



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Fundação Instituída nos termos da Lei 5.152 de 21/10/1966 - São Luís - MA

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

Curso de Matemática – Licenciatura

Rianderson Pereira Correa

A Realidade Aumentada No Ensino De Matemática: desenvolvendo filtros de realidade aumentada para auxiliar no ensino de sólidos geométricos.

SÃO LUÍS - MA

2023

Rianderson Pereira Correa

A Realidade Aumentada No Ensino De Matemática: desenvolvendo filtros de realidade aumentada para auxiliar no ensino de sólidos geométricos.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) apresentada à Coordenadoria dos cursos de Matemática, da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciatura em Matemática.

Curso de Matemática – Licenciatura

Universidade Federal do Maranhão

Orientadora: Prof^a. Dra. Valdiane Sales Araújo

SÃO LUÍS - MA
2023

Correa, Rianderson Pereira.

A Realidade Aumentada no Ensino de Matemática :
desenvolvendo filtros de realidade aumentada para auxiliar
no ensino de sólidos geométricos / Rianderson Pereira
Correa. - 2023.

57 p.

Orientador(a): Dra. Valdiane Sales Araújo.
Monografia (Graduação) - Curso de Matemática,
Universidade Federal do Maranhão, São Luís - MA, 2023.

1. Geometria Espacial. 2. Realidade Aumentada. 3.
Sólidos Geométricos. I. Araújo, Dra. Valdiane Sales. II.
Título.

Rianderson Pereira Correa

A Realidade Aumentada No Ensino De Matemática: desenvolvendo filtros de realidade aumentada para auxiliar no ensino de sólidos geométricos.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) apresentada à Coordenadoria dos cursos de Matemática, da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciatura em Matemática.

Trabalho **APROVADO**

São Luís - MA, 21/07/2023

Profª. Dra. Valdiane Sales Araújo
DEMAT/UFMA Orientadora

Prof. Dr. Nivaldo Costa Muniz
Primeiro Examinador

Prof. Dr. Adecarlos Costa Carvalho
Segundo Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me concedido sabedoria, orientação e força ao longo desta jornada. Em segundo lugar, expresso minha profunda gratidão à minha família, cujo apoio incondicional foi fundamental para o meu sucesso.

Gostaria também de estender meus agradecimentos aos meus queridos amigos de faculdade que estiveram ao meu lado em cada etapa dessa caminhada desafiadora. Em especial, sou imensamente grato a Américo, Rafael, Yangeferson, Irlan Maycon, Gabriela Oliveira, Aline Dourado e Amanda Lúdia por seu apoio inabalável e pela parceria constante.

Não posso deixar de mencionar a professora Valdiane, cuja orientação foi de valor inestimável para o meu crescimento acadêmico. Sou grato por todos os conhecimentos adquiridos em cada disciplina cursada, bem como pelo programa de iniciação à docência, que contribuiu significativamente para minha formação.

Além disso, expresso minha sincera gratidão aos professores que deixaram uma marca positiva em minha vida acadêmica, com seu conhecimento inspirador e dedicação exemplar.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os meus outros amigos, cujo apoio constante e encorajamento foram essenciais para minha jornada. Seu suporte significou muito para mim.

A todos vocês, meu mais profundo agradecimento por serem parte importante dessa trajetória e por contribuírem para o meu crescimento pessoal e profissional.

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin (1889 - 1977)

RESUMO

A presente monografia aborda a dificuldade dos alunos em visualizar a geometria no espaço tridimensional e tem como objetivo principal desenvolver filtros de realidade aumentada para auxiliar na visualização de sólidos geométricos em três e duas dimensões. Para alcançar esse propósito, foram utilizados três softwares em conjunto: Blender, para modelagem dos seis sólidos geométricos; Photoshop, para criação visual dos filtros; e Meta Spark Studio, para programação da experiência em realidade aumentada. O tipo de rastreamento escolhido foi o de alvo que consistiu na criação de seis marcadores para sobrepor elementos virtuais ao mundo real e assim, permitir a visualização dos sólidos geométricos. A eficácia desses filtros foi avaliada por meio de um questionário aplicado a professores de matemática, visando obter feedback sobre a experiência de uso. Essa pesquisa contribuiu para a exploração de uma área do conhecimento pouco estudada, proporcionando novos insights e aprofundando o entendimento teórico sobre o tema abordado. A aplicação prática dos filtros de realidade aumentada pode oferecer soluções inovadoras para aprimorar o aprendizado de geometria e proporcionar aos alunos uma compreensão mais clara e intuitiva dos sólidos geométricos.

Palavras-Chave: Sólidos Geométricos. Realidade Aumentada. Filtros. Tecnologias. Matemática.

ABSTRACT

The present monograph addresses the students' difficulty in visualizing geometry in three-dimensional space and its main objective is to develop augmented reality filters to assist in the visualization of geometric solids in three and two dimensions. To achieve this purpose, three software were used together: Blender, for modeling the six geometric solids; Photoshop, for visual creation of filters; and Meta Spark Studio, for programming the augmented reality experience. The type of tracking chosen was target tracking, which consisted of creating six markers to superimpose virtual elements on the real world and thus allow the visualization of geometric solids. The effectiveness of these filters was evaluated through a questionnaire applied to mathematics teachers, aiming to obtain feedback on the use experience. This research contributed to the exploration of an area of knowledge little studied, providing new insights and deepening the theoretical understanding of the topic addressed. The practical application of augmented reality filters can offer innovative solutions to enhance geometry learning and provide students with a clearer and more intuitive understanding of geometric solids.

Keywords: Geometric Solids. Augmented Reality. Filters. Technologies. Mathematics.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
1 REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA.....	11
1.1 Realidade Virtual.....	12
1.2 Realidade Aumentada.....	13
2 TECNOLOGIAS NO ENSINO DE GEOMETRIA.....	20
2.1 Tecnologias Utilizadas no Ensino de Geometria.....	21
3 DESENVOLVIMENTO DOS FILTROS.....	30
3.1 Softwares Utilizados.....	30
3.2 Tipo de Rastreamento no Meta Spark Studio.....	32
3.3 Design e Concepção.....	35
3.4 Programação dos Filtros.....	37
3.5 Funcionalidades.....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
APÊNDICE — MARCADORES.....	57

INTRODUÇÃO

O estudo das figuras geométricas planas e espaciais está presente desde o momento da inserção da criança no ambiente escolar até o final da educação básica. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), é cada vez mais importante que os indivíduos desenvolvam a capacidade de observar o espaço tridimensional e desenvolver formas de se comunicar (BRASIL, 1998).

No que diz respeito ao desenvolvimento das habilidades de percepção espacial, a leitura e o uso eficaz de mapas e plantas na vida cotidiana estão na origem de inúmeras dificuldades enfrentadas por muitas pessoas (BRASIL, 1998). Os alunos expressam grandes dificuldades na visualização da geometria gráfica no espaço tridimensional. Essas dificuldades permeiam a educação básica e se estendem ao ensino superior (MOTA; PINTO; FERREIRA, 2019).

Hoje, oferecendo novas maneiras de ensinar e aprender, as tecnologias estão cada vez mais presentes para contribuir na aprendizagem dos alunos (GARCIA, 2013). A aplicação da Realidade Aumentada no ensino-aprendizagem é uma forte aliada para combater essas dificuldades de perspectiva 3D entre os discentes. Segundo Cardoso et al. (2014), a utilização dessa tecnologia é ideal para alunos que precisam abstrair conteúdos muito complexos.

Como aponta Kirner e Kirner (2011), as definições de RA se modernizaram ao longo dos anos por não ser uma criação recente e um dos motivos é a grande variedade de plataformas disponíveis. Ou seja, isso quer dizer que não está restrito apenas a uma máquina grande, mas também pode ser expandido para microcomputadores, internet e plataformas móveis. Pode-se destacar como um exemplo, a presença da realidade aumentada em vários softwares móveis, tais como as plataformas digitais.

O Instagram, Snapchat e TikTok são grandes mídias sociais que ganham destaque no que diz respeito a RA em dispositivos móveis, através dos filtros de realidade aumentada presentes em suas plataformas. Com a implementação da RA nessas plataformas digitais, o acesso a essa tecnologia tornou-se mais acessível e muito popular entre os seus usuários.

Por todos esses aspectos, é então levantado o seguinte questionamento: como o uso de um filtro de realidade aumentada no Instagram pode auxiliar no ensino-aprendizagem da perspectiva bidimensional e tridimensional dos sólidos geométricos?

Esta monografia tem como objetivo geral desenvolver um filtro de realidade aumentada para Instagram utilizando o Meta Spark Studio para auxiliar no ensino de sólidos geométricos. E como objetivos específicos:

- I. Conceituar e mostrar a diferença entre Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA);
- II. Investigar as vantagens da Realidade Aumentada no ensino de Matemática;
- III. Elaborar filtros de realidade aumentada para auxiliar no ensino de sólidos geométricos.

Ao observar as dificuldades dos alunos em relação à visualização tridimensional dos sólidos geométricos, bem como suas respectivas planificações, percebeu-se a viabilidade de desenvolver um projeto de pesquisa dando ênfase em investigar como um filtro de realidade aumentada pode se transformar em um recurso pedagógico inovador para auxiliar os professores no ensino de Geometria Espacial.

Destarte, a pesquisa tem como foco desenvolver um filtro em RA, utilizando o software Meta Spark Studio, que será posteriormente hospedado em uma conta do Instagram para uso educacional, visando auxiliar na visualização 3D e 2D dos sólidos geométricos. Atualmente o Instagram possui mais de 1 bilhão de usuários ativos em sua plataforma. Sendo assim, pelo fato de ser a rede social mais popular entre os alunos, que pode ser facilmente acessada por um dispositivo móvel, esses foram os principais motivos para a escolha desta plataforma digital como hospedeira para o projeto.

A primeira etapa deste processo foi determinada mediante pesquisas bibliográficas, visando definir o que é realidade virtual, mista e aumentada. Por pesquisa bibliográfica, entende-se, segundo Lakatos e Marconi (2003), como a reunião dos principais trabalhos de extrema importância, que já foram realizados, para coleta de dados atuais e que estão relacionados ao tema pesquisado.

A segunda etapa foi destinada ao desenvolvimento do protótipo no software Meta Spark Studio, onde ocorreu toda a programação da lógica e da interface dos filtros. Foram desenvolvidos 06 filtros, cada um correspondente aos seguintes sólidos geométricos: cilindro, cone, cubo, pirâmide, prisma retangular e prisma triangular. Os efeitos de RA foram programados para funcionarem através do rastreamento de alvo (target tracker), onde marcadores servem como um gatilho para a ativação de cada filtro. Em paralelo foram utilizados, o software de 3D, Blender, para a modelagem dos objetos tridimensionais e seus elementos que

serão animados dentro do Spark Studio. E o software de edição de imagem e design, Photoshop, para a criação dos alvos e das texturas 2D usadas para o design visual da interface do projeto.

A terceira etapa foi marcada pelo levantamento de dados por meio de questionários que foram realizados de forma on-line, com o objetivo de obter informações sobre a funcionalidade do filtro em diferentes dispositivos móveis.

Esta monografia está dividida em três capítulos. No capítulo 1, serão apresentados alguns marcos históricos, a definição de realidade virtual (RV), a de realidade aumentada (RA) e outros conceitos importantes. No capítulo 2, será discutido as tecnologias no ensino de Geometria e será abordada uma revisão de literatura de estudos correlatos sobre o uso da realidade aumentada no ensino da matemática. E por fim, no capítulo 3, será apresentado o protótipo dos seis filtros desenvolvidos.

1 REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA

Neste capítulo trataremos sobre o marco histórico da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada, além de fazer uma revisão de literatura sobre ambas tecnologias, mostrando suas definições, conceitos importantes e suas principais diferenças.

À medida que a tecnologia avança, a realidade virtual e aumentada tornaram-se mais poderosas e complexas com resultados positivos. A realidade virtual nasceu nas academias militares e na indústria do entretenimento e se tornou uma grande expansão no final do século XX (DE FARIA et al., 2014). Na década de 1930, Edward Link inventou o primeiro projeto de RV, um simulador de voo comercial, o Link Trainer. Por outro lado, o desenvolvimento da realidade virtual levou ao surgimento da realidade aumentada, com Sutherland inventando um capacete de computação gráfica interativa (KIRNER; KIRNER, 2011).

Na década de 1950, quando imaginou o “cinema do futuro”, Morton Heilig foi considerado um pioneiro na formulação e criação de sistemas imersivos. Ele desenvolveu o Sensorama (Figura 1), o primeiro dispositivo capaz de experiências imersivas inimagináveis. Foi considerada uma invenção comercialmente malsucedida, mas serviu de ideia para o desenvolvimento do que hoje é chamado de realidade virtual (TORI; KIRNER, 2006).

Figura 1: Sensorama



Fonte: Bichos Geeks, n.d.

Com a evolução da RV, a Força Aérea dos EUA criou o primeiro projeto de realidade aumentada em 1980, misturando o ambiente físico com elementos virtuais. Era um simulador

de cockpit de avião com um sistema que permitia visualizações virtuais no ambiente real (KIRNER, 2008; Apud, KIRNER; KIRNER, 2011).

A Realidade Virtual e Aumentada são influenciadas pela evolução da computação por serem tecnologias dependentes de processamento em tempo real, tanto pelo ponto de vista do software quanto do hardware (KIRNER; KIRNER, 2011). O hardware serve para auxiliar o usuário na comunicação do sistema virtual. O software atua na execução e preparação do sistema de RV (TORI; KIRNER, 2006).

Diante deste contexto, Kirner e Kirner (2011) destacam que essas tecnologias estão ficando cada vez mais populares devido à alta disponibilidade e a facilidade de uso, além de colaborar para a inovação e apresentar um grande alcance principalmente da população menos favorecida.

1.1 Realidade Virtual

A realidade virtual pode ser definida como uma tecnologia avançada que permite aos usuários mergulhar, explorar e interagir com ambientes 3D de curta duração processados por computador através de caminhos multissensoriais (BRAGA, 2001).

Para Tori e Kirner (2006) é uma interface para acessar aplicativos em execução no computador em ambientes tridimensionais em tempo real e interagir com elementos deste ambiente. Jerald (2016) compartilha da mesma ideia e considera a RV como um ambiente digital gerado por computador que pode ser experimentado e manipulado como se o ambiente fosse real.

Outra definição seria uma técnica computacional para compor a aplicação de um universo 3D interativo no qual os objetos têm uma impressão de presença espacial (BRYSON, 2013). Destarte a realidade virtual se caracteriza como uma tecnologia capaz de reproduzir um ambiente real em um universo totalmente virtual com possibilidades do usuário navegar dentro desse novo ambiente.

• Tipos de Sistemas de Realidade Virtual

O sistema de RV se classifica em dois tipos de acordo com a experiência do usuário, podendo ser imersiva e não-imersiva.

Define-se imersão como “ação de imergir” (DICIO, 2023). Cardia e Affini (2019) explicitam o conceito de imersão como uma sensação causada por uma percepção ilusória

particular. Partindo desses dois conceitos, podemos determinar que a imersão é um método de introdução de um indivíduo a um ambiente particular, seja real ou imaginário.

Consoante Kirner e Kirner (2011) a realidade virtual com sistema imersivo fornece uma sensação de presença no mundo virtual, colocando o usuário totalmente no domínio do aplicativo, interagindo com seus objetos e sentindo suas reações por meio de dispositivos multissensoriais. Os sistemas imersivos são a realidade virtual tradicional. Nele, os usuários usam capacetes de realidade virtual, luvas, rastreadores e outros acessórios com o objetivo de ter interatividade e sensação de presença (PIOVESAN et al., 2011).

A RV não-imersiva foi projetada apenas para acessar o ambiente virtual sem isolamento do mundo real (OLIVEIRA, 2019). A realidade virtual não-imersiva transfere a parte do usuário para o campo de aplicação (KIRNER; KIRNER, 2011). Em conformidade com Tori, Hounsell e Kirner (2019) em sistemas não-imersivos são utilizados computadores e notebooks e projetores. Portanto, os usuários continuam a se sentir no mundo real.

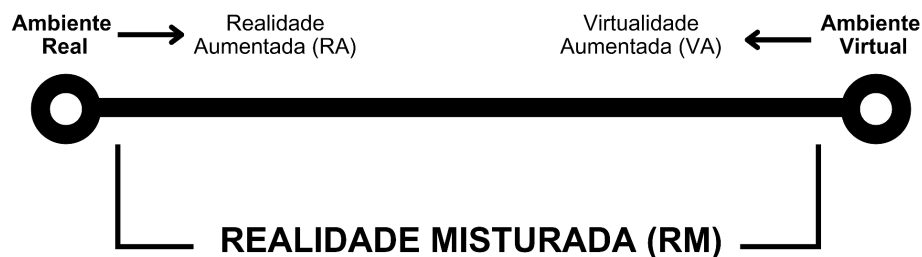
A diferença mais óbvia entre realidade virtual imersiva e não imersiva é o nível de imersão fornecido pelo software e hardware trabalhando juntos em cada plataforma (PAES; ARANTES, 2015). Avanços em multimídia e realidade virtual, potencializados por computadores mais potentes, permitem a integração de vídeo e ambientes virtuais interativos em tempo real (KIRNER; TORI, 2006). De acordo com De Campos e Sampaio (2005) a interação com um ambiente virtual é imersiva se as imagens forem exibidas para fazer o usuário crer que está imerso no ambiente, e não-imersiva se as imagens foram exibidas na tela do computador.

1.2 Realidade Aumentada

Antes de partirmos para a definição de realidade aumentada, vamos entender o contexto que essa tecnologia está inserida. A RA se encontra em um contexto mais amplo, sendo um caso particular da Realidade Misturada (Ilustrado na Figura 2) (KIRNER; TORI, 2006).

De acordo com Hounsell, Tori e Kirner (2020) a Realidade Misturada (RM) está situada em um ponto intermediário entre a realidade completamente virtual (onde tudo é gerado por computador e não há elementos do mundo físico) e a realidade física como a conhecemos (onde percebemos o mundo por meio dos nossos sentidos e não há elementos virtuais sobrepostos). Ou seja, a Realidade Misturada mescla elementos virtuais e físicos, criando uma experiência que combina o melhor dos dois mundos.

Figura 2 - Diagrama de Transição do Real para o Virtual



Fonte: Milgram e Kishino (1994)

O diagrama de Milgram (1994), segundo a Figura 2, mostra a transição do real para o virtual. É notório que existem dois tipos extremos de ambientes na área da realidade aumentada, o mais próximo do real, o de RA, e o mais próximo do virtual, o de virtualidade aumentada. O ambiente de realidade aumentada é aquele em que o usuário permanece no mundo real e são inseridos elementos virtuais a ele. Enquanto o ambiente de VA imerge o usuário em um ambiente totalmente virtual, onde é enriquecido com elementos reais (SANTÉE; GOMES, 2011).

Um ambiente virtual é uma imagem da realidade e comporta informações sobre a forma, cor e grandeza dos objetos e seu desempenho (DE CAMPOS; SAMPAIO, 2005). Em outros casos o ambiente virtual constitui-se de um modelo abstrato que não apresenta nenhuma referência ao mundo real, além disso, estão presentes certos atributos associados a objetos no espaço virtual. Dependendo da capacidade de movimentação de cada objeto virtual, eles podem ser classificados como estáticos ou dinâmicos (TORI; KIRNER, 2006).

- **Virtualidade Aumentada (VA)**

A virtualidade aumentada é uma variação da realidade misturada que se concentra na inserção de elementos reais em um ambiente predominantemente virtual (HOUNSELL; TORI; KIRNER, 2020). Em outras palavras, enquanto a RM tem em vista integrar elementos virtuais e reais em um mesmo espaço, a VA foca em adicionar elementos reais em um ambiente virtual previamente criado. Ambas as tecnologias utilizam dispositivos eletrônicos para permitir a interação do usuário com esses elementos.

- **Definição de Realidade Aumentada**

A realidade aumentada é um campo de investigação dentro da ciência da computação que lida simultaneamente com a incorporação da realidade e elementos virtuais ou dados gerados por computador (CARDOSO et al., 2014). Silveira (2010) define como estudos que combinam capturas de imagens em movimento e computação. Para Kirner e Tori (2006), funciona em tempo real, utilizando alguns equipamentos tecnológicos, para enriquecer o ambiente real com objetos virtuais.

Outra definição que pode ser citada é a de Azuma et al. (2001), que descreve que um sistema AR aumenta o mundo real com objetos virtuais (gerados por uma máquina computacional) que parecem conviver no próprio espaço que o mundo real. Ainda de acordo com Azuma et al. (2001) é destacado que há três características importantes para determinar um sistema de RA, que são:

1. A execução interativa no preciso momento;
2. Harmonização dos objetos virtuais e reais no ambiente real do usuário;
3. Mantém entre si objetos virtuais e reais.

A Realidade aumentada é a tendência de estender telas de computador para ambientes face à face (SILVEIRA, 2010). Desse modo, Kirner e Tori (2006) afirmam que enquanto o objetivo da realidade virtual é colocar o usuário em um ambiente virtual, a realidade aumentada mantém a presença do usuário no mundo real, melhorando a qualidade da imagem e a interação do usuário.

- **Realidade Aumentada em Dispositivos Móveis**

Papagiannakis et al. (2008) define um sistema de AR móvel como capaz de reconhecer e mapear o ambiente real em que o usuário está e, em seguida, colocar objetos virtuais nesse ambiente de maneira realista.

Por exemplo, em um aplicativo de RA móvel que permite aos usuários visualizar móveis em sua casa antes de comprá-los, o sistema de realidade aumentada móvel usa a câmera do dispositivo móvel para captar imagens do ambiente real, como uma sala de estar, e, em seguida, coloca imagens dos móveis virtuais no ambiente físico para que o usuário possa visualizá-lo em escala e em contexto.

Os sistemas AR móvel usam um dispositivo móvel como uma janela para o mundo misturado, onde o usuário pode observar o ambiente real e informações virtuais sobrepostas

nesse ambiente. Além disso, esses sistemas utilizam os sensores e recursos disponíveis em dispositivos móveis, como câmera, microfones, giroscópio e GPS, para coletar informações do ambiente real e integrá-las com as informações virtuais (HOUNSELL; KIRNER, 2020).

Esses tipos de sistemas são comumente utilizados em jogos, publicidade, educação, turismo e outras aplicações interativas que permitem que os usuários interajam com o mundo real de uma forma mais imersiva e envolvente.

- **Funcionamento da Realidade Aumentada**

A realidade aumentada funciona capturando informações do ambiente real, processando essas informações para gerar objetos virtuais e sobrepondo esses objetos ao ambiente real por meio de dispositivos específicos. Sobre a maneira de trazer os objetos virtuais para o ambiente real, Kirner e Kirner afirma que:

Uma maneira de trazer os objetos virtuais para o espaço físico do usuário é usando uma webcam que captura as imagens dinâmicas do ambiente físico, deixando que o computador introduza elementos virtuais nessas imagens e mostre o resultado para o usuário em monitores, projeções ou capacetes, gerando a sensação de realismo ao ambiente híbrido (KIRNER; KIRNER, 2011, p. 15).

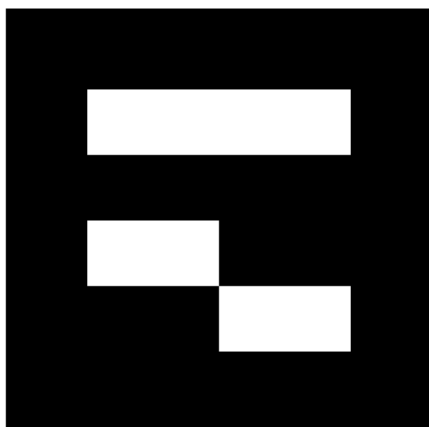
Segundo o que foi citado acima, o autor afirma que um sistema AR necessita de alguns componentes básicos, como, câmera e lentes, sensores e computação. Além disso, também é necessário o uso de um dispositivo para fazer o rastreamento e haver essa integração dos objetos virtuais no cenário físico do usuário. Sendo assim, a RA pode ser classificada em dois tipos, de acordo com a forma do rastreamento utilizado, podendo ser baseada em marcadores ou RA sem marcadores (HOUNSELL; TORI; KIRNER, 2020).

Na RA baseada em marcadores, utiliza câmera de dispositivos (como o smartphone, por exemplo) para capturar imagens do ambiente físico e inserir os elementos virtuais no mesmo. Como aponta Cardoso et al. (2014), marcadores são figuras ou símbolos que servem como pontos de referência que permitem ao software AR determinar a posição e a orientação da câmera em relação ao mundo real.

Esses marcadores (imagens alvo) são utilizados para identificar objetos e superfícies no ambiente e, assim, posicionar corretamente os objetos virtuais. É comumente usado em leitura de QR code e em filtros do Instagram, Snapchat e TikTok. Em resumo, um marcador de RA é representado por qualquer imagem 2D que serve de gatilho para ativar uma

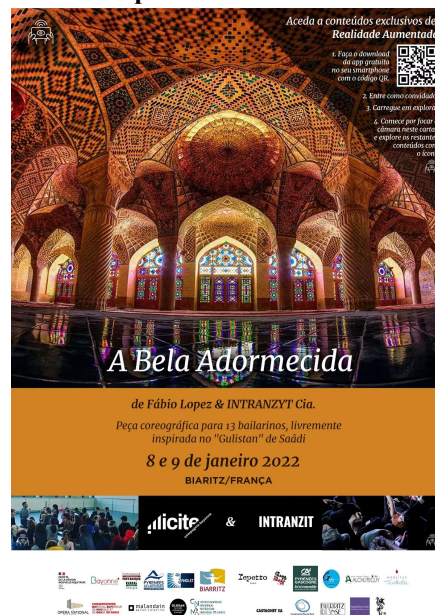
experiência em realidade aumentada, com o objetivo de inserir objetos virtuais no mundo real. Na Figura 3 e 4 são apresentados exemplos de marcadores que podem ser utilizados em uma experiência de realidade aumentada.

Figura 3 - Exemplo de Marcador



Fonte: Wikidex, 2012

Figura 4 - Exemplo de Marcador mais recente



Fonte: YouX, 2022

Já na realidade aumentada sem marcadores, não são utilizadas câmeras para integrar os objetos virtuais no cenário, mas sim sensores de posição e orientação dos dispositivos. Esses sensores fundamentam-se no hardware de qualquer dispositivo, sendo eles GPS, acelerômetros, giroscópios e magnetômetros, por exemplo. Outrossim, a RA sem marcadores pode ser subdividida em quatro tipos: de localização, projeção, sobreposição e de contorno (HOUNSELL; TORI; KIRNER, 2020).

A RA de localização funciona utilizando um GPS e um giroscópio para identificar pontos físicos e localizar os usuários no mundo real. Essa abordagem é comumente usada em jogos e aplicativos de entretenimento, como o Pokémon Go (Figura 6). Na RA de projeção é utilizado projetores de luzes, que funcionam como um holograma interativo, recriando imagens de tamanho real ou não em superfícies planas. A RA baseada em sobreposição (como mostra a Figura 7) tem como objetivo representar a visão original de objetos reais em virtuais. Esse tipo de tecnologia é utilizada comumente em sites de lojas de móveis, que funciona como uma amostra virtual do móvel que o cliente deseja adquirir e ao apontar a câmera do seu dispositivo móvel você consegue posicionar em qualquer lugar da sua casa.

Figura 6 - Imagem do Jogo Pokémon Go

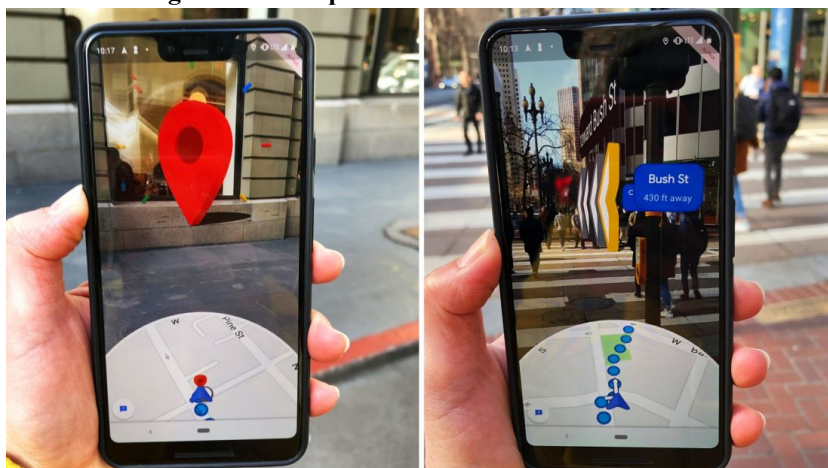
Fonte: Pokémon Go Brasil, 2016

Figura 7 - Exemplo de RA baseada em sobreposição

Fonte: iPlace Blog, 2020

Enquanto isso, na RA baseada em contorno é utilizada câmeras especiais que ajudam a mostrar detalhes que o olho humano não conseguem enxergar, especificando objetos e facilitando diversas situações (SOFTTEK, 2021). Um exemplo da utilização desse tipo de tecnologia são os sistemas de navegação, como o Live View do Google Maps, apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Exemplo de RA baseada em contorno.



Fonte: CNN, 2019.

Dentre esses dois tipos de realidade aumentada que foram apresentadas, a mais utilizada é a RA com uso de marcadores, por se tratar de uma implementação economicamente viável. Conforme Zorzal e Silva (2020, p. 103), “sistemas que utilizam identificadores fiduciais possuem várias vantagens: marcadores podem ser impressos de forma rápida e econômica, fazendo-se uso de material encontrado em qualquer escritório”. Os benefícios que foram citados ao longo do capítulo são diversos, porém é importante ressaltar que existem alguns desafios e limitações para a implementação de um sistema de realidade aumentada, principalmente na educação. Isso será discutido ao longo desta monografia.

2 TECNOLOGIAS NO ENSINO DE GEOMETRIA

A geometria é uma área da matemática que está presente no cotidiano do ser humano desde o início da história da humanidade, sendo concebida como resposta às necessidades de sociedades antigas, como a egípcia e a babilônica, cujos conhecimentos permitiam medir suas terras e observar acontecimentos astrais.

Miranda e Silva (2021) abordam a geometria como um ramo da matemática que explica o espaço no qual o homem está inserido, desde os formatos de elementos básicos do dia a dia até informações mais complexas do nosso sistema solar. Para Silva (2023, p. 1) “a Geometria é o estudo das formas dos objetos presentes na natureza, das posições ocupadas por esses objetos, das relações e das propriedades relativas a essas formas”.

Pelas definições citadas anteriormente percebe-se o quão importante a geometria é para o desenvolvimento do pensamento humano do mundo em que vive. Por isso, Rogenski e Pedroso (2019, p. 3) afirmam que “é fundamental reconhecer o que está presente no mundo físico e visualizar aquilo que é apresentado tridimensionalmente, para avançar na construção de conceitos dentro da geometria e no entendimento dessas informações visuais”. Portanto, é necessário que o ensino da geometria esteja cada vez mais presente nos currículos escolares.

Desde a base escolar é importante estimular o pensamento geométrico e suas devidas construções, porquanto a compreensão dessas ideias serão importantes no entendimento dos alunos em outros conteúdos na etapa final do ensino básico (ROGENSKI; PEDROSO, 2019). Sendo assim, entender diferentes conteúdos matemáticos está diretamente ligado a ter um pensamento bem estruturado em relação à geometria. Além disso, a geometria está presente em todo lugar, entretanto a sua integração com outras disciplinas é imprescindível.

Compartilhando do mesmo pensamento, Miranda e Silva (2021, p. 9) destacam que “fornecer ao aluno a capacidade de compreender que a geometria tem diversas utilidades práticas e que cada um faz dela um uso diferente em seu dia a dia permite entender que um mesmo conhecimento geométrico pode ter diferentes utilidades”. Todavia, é importante destacar que o ensino de geometria é uma área carente de assimilação do conteúdo pelos discentes referente a geometria ter sido praticamente excluída há alguns anos do currículo escolar (BARBOSA, 2003).

Com foco na Geometria Espacial, Barbosa (2003) menciona que a maioria dos materiais visuais geométricos apresentados às crianças, mesmo vivendo num mundo tridimensional, são bidimensionais. Sendo assim, dando espaço a novas dificuldades no

ensino e aprendizagem. E de modo a preencher essas lacunas, é necessário a implementação de novas metodologias de ensino para substituir ou complementar o ensino tradicional, principalmente no ensino da Geometria Espacial.

Atualmente no Brasil o principal modelo de ensino presente nas escolas é o tradicional. Diversas pesquisas, como a de Santos e Leal (2021), mostram que esse método é ultrapassado e considerado defeituoso, por ser um ensino marcado de aulas expositivas e dialogadas com o professor exercendo apenas um papel de transmissor de conhecimento. O método tradicional apresenta um conhecimento chamado de estático, por ser usada a prática da memorização através da repetição. Isso acaba despertando o desinteresse dos estudantes em relação às aulas.

Por outro lado, implementar novos métodos de ensino é transformar esse conhecimento estático em um conhecimento dinâmico. Picinin e Teixeira (2019, apud DEWAY, 1950; FREIRE, 2006; ROGERS, 1973; NOVACK, 1999) salientam ser crucial focar a aprendizagem no estudante, incorporando sua participação ativa, fomentando sua motivação e promovendo uma comunicação constante com ele para superar a educação bancária. Deste modo, o professor passa a exercer o papel de mediador de conhecimento em vez de transmissor, e o aluno se torna protagonista da própria aprendizagem.

Vivemos em uma era em que a tecnologia está sendo amplamente aplicada em diversos setores, e a educação não é exceção. O conceito de tecnologia, conforme o dicionário Oxford Languages (2023), é definido como “teoria geral e/ou estudo sistemático sobre técnicas, processos, métodos, meios e instrumentos de um ou mais ofícios ou domínios da atividade humana” ou ainda “qualquer técnica moderna e complexa”.

Em sua pesquisa, Garcia (2013, p. 27) ressalta que “o principal objetivo de ensino-aprendizagem por meio da tecnologia é formar alunos mais ativos, de modo que o educador e a tecnologia se tornem mediadores desse processo”. Assim, incorporar a tecnologia no contexto educacional implica em adotar uma abordagem inovadora de ensino-aprendizagem. Portanto, aproveitar as ferramentas tecnológicas para melhorar a experiência educacional, é facilitar o processo de aprendizagem dos alunos.

2.1 Tecnologias Utilizadas no Ensino de Geometria

A nova geração de alunos é conhecida como Geração Alpha por estarem cada vez mais familiarizados com novas tecnologias. Conforme Bilk et al. (2020, p. 227) “a Geração

Alpha é conectada e interage com o próximo em um período onde praticamente tudo é digital, ou seja, feito com a tecnologia e com uma velocidade de informação sem precedentes”.

Segundo Rogenski e Pedroso (2019), a inserção de recursos tecnológicos nas escolas é indispensável. Para Martins et al. (2020) os professores desde o início da sua formação devem receber habilidades e conhecimentos a respeito das tecnologias educacionais para se tornarem professores atualizados e capazes de utilizarem essas novas ferramentas em suas práticas docentes.

As formas de ensinar geometria estão sendo debatidas cada vez mais. Conforme a pesquisa de Miranda e Silva (2021), o ensino de geometria pode ser estimulado através da contribuição das tecnologias proporcionando um aprendizado distinto do que estamos acostumados a ver. Pouzadas et al. (2020) realizaram uma pesquisa cujo objetivo era analisar, nas atividades desenvolvidas por professores de matemática, os desafios e potencialidades no uso de tecnologias digitais no ensino de geometria. Os resultados obtidos mostram que o uso dos recursos tecnológicos é essencial para auxiliar na contextualização da geometria em sala de aula.

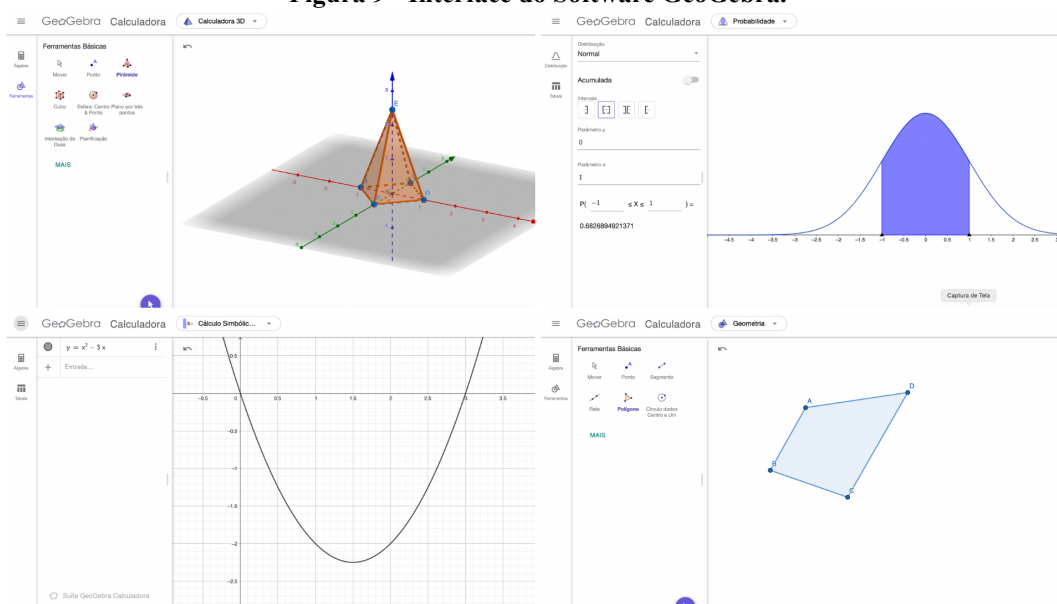
Existem diversas tecnologias disponíveis para auxiliar no ensino de geometria, abrangendo uma variedade de recursos tecnológicos, como softwares educativos, aplicativos interativos e jogos educacionais, uso da realidade aumentada, entre outros. A seguir, serão exploradas algumas dessas tecnologias, destacando suas características e contribuições para o aprendizado dos estudantes.

- **Softwares Educativos no Ensino de Geometria**

Como afirma Bona (2009 apud SANTOS et al., 2012, p. 2) “há uma grande variedade de softwares educativos disponíveis que podem contribuir significativamente para o processo ensino-aprendizagem”. Em relação ao ensino de geometria há uma grande gama de softwares que podem ser utilizados como facilitadores no ensino de conceitos geométricos.

Um software de destaque é o *GeoGebra*, um programa de matemática dinâmica que integra recursos de geometria, álgebra e cálculo. Ele se destaca por ser gratuito e compatível com desktops, tablets e dispositivos móveis. Com o *GeoGebra*, os usuários conseguem criar e manipular diversos objetos matemáticos, como pontos, vetores, segmentos de reta, retas, funções e figuras geométricas. Além disso, sua interface é amigável e intuitiva, tornando seu uso mais acessível e fácil para os usuários.

Figura 9 - Interface do Software GeoGebra.



Fonte: Elaborado pelo autor.

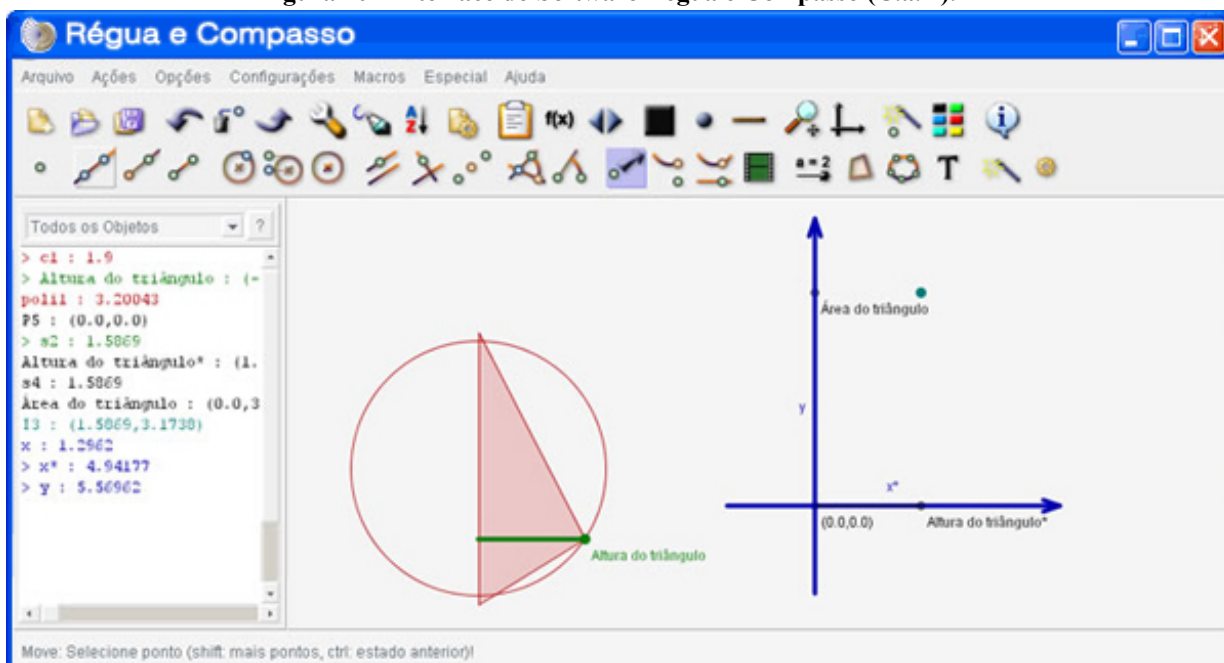
Conforme a investigação realizada por Sousa, Azevedo e Alves (2021), foi demonstrado por meio de uma abordagem didática como a utilização de construções geométricas em 3D para visualização de projeções ortogonais contribui para a compreensão e o aprimoramento da habilidade espacial dos alunos. Os resultados obtidos foram altamente favoráveis, indicando que o *GeoGebra* possui um considerável potencial para estimular o desenvolvimento do pensamento geométrico dos estudantes.

No estudo conduzido por Scalabrin e Mussato (2020), foi proposta uma atividade de investigação exploratória com o uso do software *GeoGebra*, visando ensinar os conceitos relacionados a Pirâmides. O propósito dessa atividade era permitir que os estudantes compreendessem os princípios geométricos das pirâmides por meio de visualizações gráficas, construções e manipulações realizadas no software. Os resultados revelaram que a adoção dessa abordagem despertou o interesse dos alunos pelo aprendizado da geometria espacial, proporcionando uma melhor visualização e manipulação dos objetos com o auxílio do software.

Além do *GeoGebra*, há uma variedade de outros softwares educacionais disponíveis úteis para o ensino de geometria. Um exemplo é o uso do software *Régua e Compasso*, utilizado no ensino de geometria plana. Couto e Júnior (2021) propuseram uma abordagem de ensino inovadora que visa promover o aprendizado geométrico durante os anos finais do Ensino Fundamental. Através do uso do software *Régua e Compasso*, os estudantes foram

capazes de criar construções geométricas diretamente na tela do computador, o que resultou em aulas mais dinâmicas e no desenvolvimento de habilidades importantes.

Figura 10 - Interface do Software Régua e Compasso (C.a.R.).



Fonte: Unesp, 2022.

A diversidade de softwares disponíveis é vasta e abrangente, sendo praticamente impossível listá-los todos. Nesse contexto, optamos por destacar dois softwares específicos que se mostraram relevantes para o ensino de Geometria. Na seção seguinte, iremos explorar aplicativos e jogos que estão contribuindo para o processo de ensino-aprendizagem da Geometria.

● Aplicativos e Jogos no Ensino de Geometria

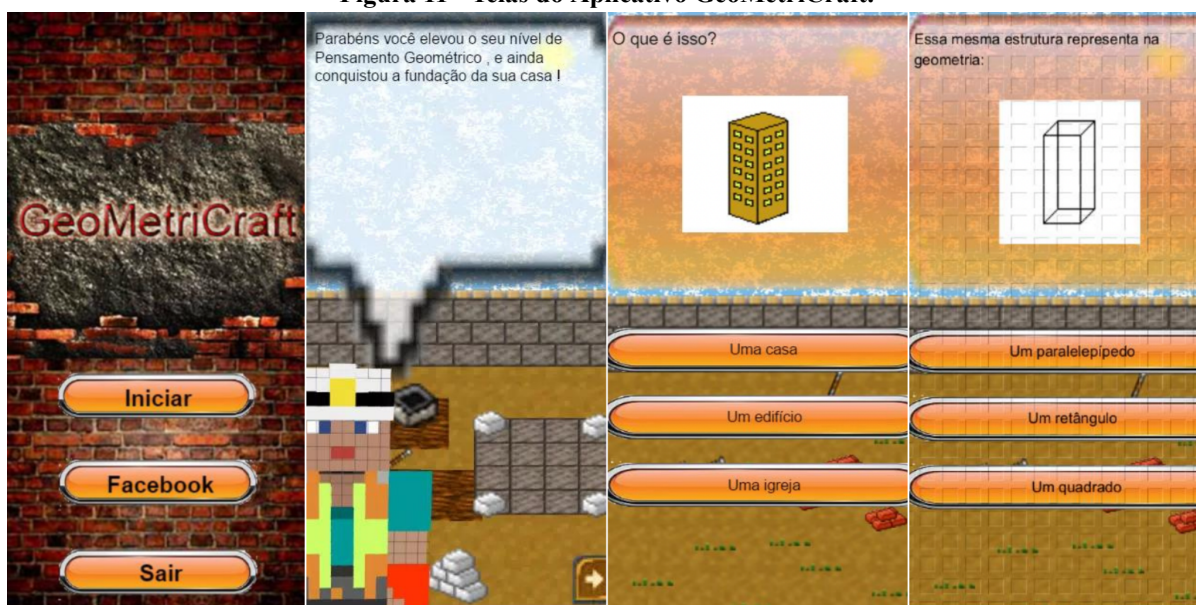
Consoante Prensky (2012 apud SANTOS; PRADO, 2021, p. 289), “os Jogos Digitais aparecem como grande tendência da aprendizagem, pois possibilitam engajar as crianças e jovens, de forma ativa, colaborativa e social”. Uma abordagem para a utilização educacional de jogos é começar identificando os títulos disponíveis no mercado que atendam aos objetivos de ensino e aprendizagem (STUDART, 2015 apud FERREIRA et al., 2020). Dessa forma, serão expostos a seguir jogos e aplicativos utilizados para o ensino de Geometria.

Teixeira, Victor e Silva (2017), conduziram uma pesquisa em que foi empregado o aplicativo *GeoMetriCraft* com o propósito de estimular o aprendizado de geometria entre os alunos do ensino fundamental, explorando a construção civil para apresentar conceitos

relacionados a sólidos e polígonos. Os resultados revelaram um aumento significativo do interesse dos estudantes pelo assunto, demonstrando que o aplicativo se mostrou eficaz como uma ferramenta motivacional para promover a aprendizagem dos alunos.

O *GeoMetriCraft* é um aplicativo em formato de jogo com o intuito de promover e fortalecer a conexão entre o ensino e a aprendizagem, enfatizando a relevância da contextualização dos sólidos geométricos com o dia a dia dos estudantes. Além disso, oferece versatilidade para a interação entre educadores e alunos, o sistema pode ser empregado em dispositivos como smartphones, tablets, notebooks e computadores tradicionais, abrangendo diferentes formas de ensino e aprendizagem.

Figura 11 - Telas do Aplicativo GeoMetriCraft.



Fonte: eduCAPES, 2018.

Queiros et al. (2022) adotaram em sua pesquisa o jogo *Enigmas de Yucatàn* como uma ferramenta digital para avaliar sua eficácia no contexto educacional, oferecendo situações didáticas voltadas para o ensino de transformações geométricas espaciais. A sequência didática foi implementada com seis professores de matemática e onze estudantes do Ensino Médio, que utilizaram o jogo e, posteriormente, preencheram um formulário de avaliação. Os resultados dessa pesquisa revelaram que o jogo está conforme as normas estabelecidas, sendo reconhecido tanto pelos professores quanto pelos alunos como uma ferramenta relevante para o ensino de transformações espaciais.

Figura 12 - Telas do Jogo Enigmas de Yucatàn.



Fonte: Queiros et al., 2022.

Enigmas de Yucatàn é um jogo com o objetivo de proporcionar uma experiência educacional envolvente e interativa, com foco no ensino de transformações geométricas espaciais. Ele foi projetado para oferecer desafios e situações didáticas que estimulam os jogadores a aplicarem conceitos matemáticos relacionados a transformações de formas e figuras no espaço. O jogo visa promover a compreensão e a prática dessas transformações, permitindo aos jogadores desenvolver habilidades geométricas de forma lúdica e contextualizada, com o objetivo final de aprimorar o aprendizado dos alunos nesse importante tópico matemático.

- **Realidade Aumentada no Ensino de Geometria**

A realidade aumentada se destaca cada vez mais como uma ferramenta poderosíssima para aperfeiçoar a transmissão de conhecimento matemático. Através da conciliação de elementos virtuais com o ambiente físico, essa tecnologia concede a visualização mais concreta e interativa de definições matemáticas. De acordo com Cruz-Cunha et al. (2010, p. 170):

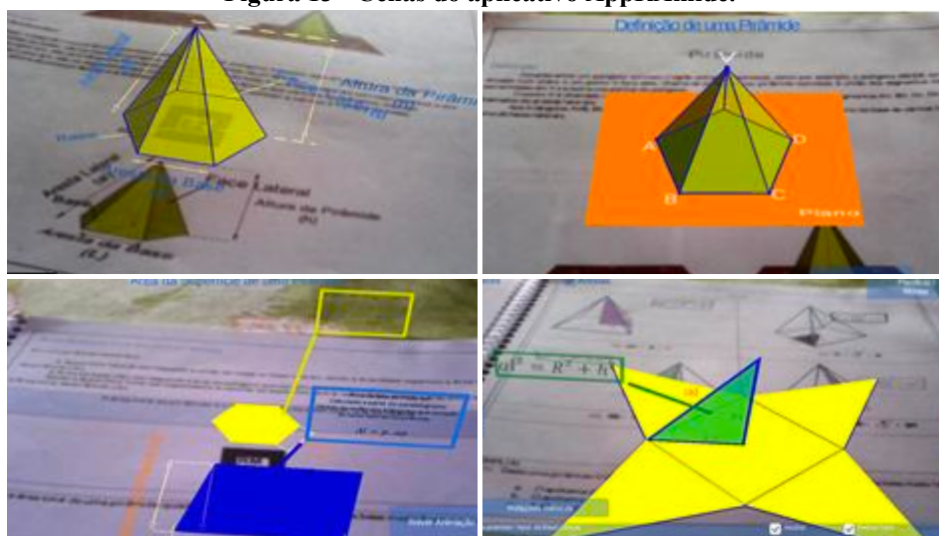
Na educação, a possibilidade de simular situações e experiências, que de maneira real não seriam possíveis, possibilita uma aprendizagem de forma mais intuitiva e interativa. Mais precisamente, imaginar um problema complexo de matemática ou geometria pode ser uma das principais dificuldades de um estudante. Nesse contexto, a RA pode afigurar-se como

uma ferramenta alternativa no suporte ao ensino e no ultrapassar dessas dificuldades.

Conforme citado acima, o autor afirma que a utilização da RA no ensino de matemática pode ser uma estratégia promissora para melhorar a compreensão dos estudantes e tornar o aprendizado mais interessante e envolvente. Vários estudos têm sido realizados para avaliar os efeitos da RA na compreensão dos conceitos matemáticos pelos alunos. Nesta seção, serão revisados alguns desses estudos e suas principais descobertas.

Macedo, Silva e Buriol (2016) desenvolveram um aplicativo utilizando realidade aumentada via dispositivos móveis, chamado *AppRAmide*, para o estudo de geometria espacial. Para alcançar o objetivo, foi feito um experimento conduzido em uma aula sobre pirâmides em uma turma do ensino médio. E por meio de questionários foram levantadas observações sobre o funcionamento do aplicativo. Os principais resultados obtidos referente ao uso do aplicativo em sala foram: a motivação e a interação dos alunos em relação ao conteúdo ministrado.

Figura 13 - Cenas do aplicativo AppRAmide.

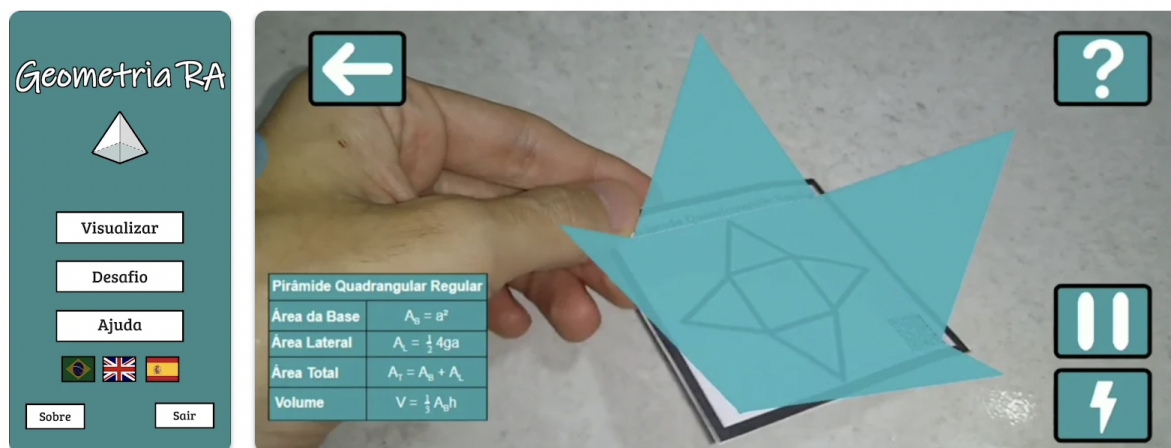


Fonte: Macedo; Silva; Buriol, 2023.

Um estudo conduzido por Gomes et al. (2019) apresentou o aplicativo educativo GeometriAR, que usa a tecnologia de RA para reproduzir sólidos geométricos 3D a partir de imagens de figuras planas, para auxiliar no ensino-aprendizagem da geometria espacial. Uma pesquisa com professores de matemática foi realizada para confirmar a validade do aplicativo, considerando aspectos gerais, de uso e pedagógico. Através dos resultados obtidos, foi

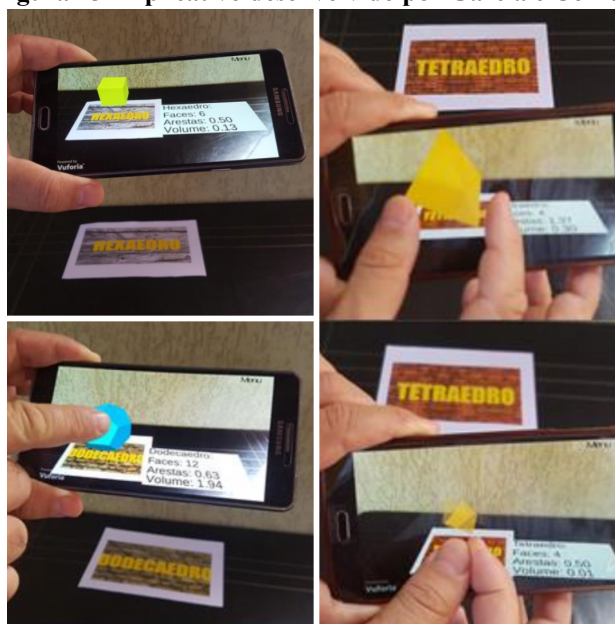
concluído que o aplicativo pode ser utilizado como ferramenta pedagógica para auxiliar no ensino de geometria espacial.

Figura 14 - Aplicativo GeometriAR (Geometria RA)



Fonte: Google Play, 2023.

Figura 15 - Aplicativo desenvolvido por Garcia e Correia



Fonte: Garcia e Correia, 2023.

Garcia e Correia (2019) desenvolveram um aplicativo na plataforma Android que aborda o tema dos sólidos regulares e apresentaram os resultados de uma pesquisa que explora o uso e o desenvolvimento de aplicativos de Realidade Aumentada para dispositivos móveis em aulas de Matemática na Educação Básica. A pesquisa foi realizada com professores de matemática em exercício e discentes de licenciatura em matemática, por meio de um questionário. Assim, evidencia-se o interesse dos professores em utilizar ferramentas tecnológicas inovadoras.

Entretanto, foi relatado estarem despreparados para tal. Pois 60% dos professores que já atuam na área responderam que já tiveram contato com aplicativo em dispositivo móvel pelo menos uma vez durante a sua prática docente, mas no questionário estes mesmos educadores fizeram uma autorreflexão negativa em relação ao seu domínio e conhecimento sobre recursos tecnológicos (GARCIA; CORREIA, 2019)

Considerando as tecnologias mencionadas anteriormente, a opção selecionada para o desenvolvimento do objetivo central desta monografia foi a Realidade Aumentada. No próximo capítulo, serão fornecidos mais detalhes sobre a criação de um recurso tecnológico destinado a auxiliar no ensino de sólidos geométricos, por meio da utilização de Filtros de Realidade Aumentada (AR) no Instagram.

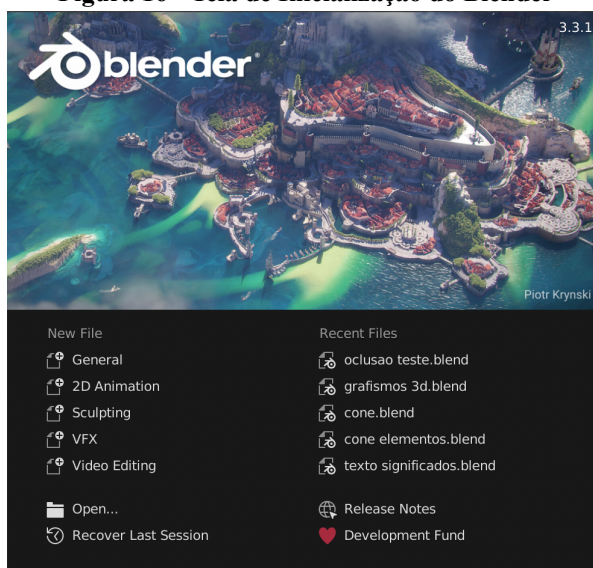
3 DESENVOLVIMENTO DOS FILTROS

Neste capítulo será apresentado todo o processo de criação dos filtros de realidade aumentada, desde a modelagem dos sólidos geométricos em 3D até a programação da lógica do filtro. Ainda neste capítulo, serão mostrados os softwares utilizados para a construção dos filtros, o tipo de rastreamento, o design e concepção e a funcionalidade dos efeitos de RA.

3.1 Softwares Utilizados

Durante todo o processo de desenvolvimento dos filtros foram utilizados 03 (três) softwares em paralelo. Sendo eles, o *Blender* para a produção de elementos em 3D, o *Adobe Photoshop* para a criação dos elementos 2D e o *Meta Spark Studio* para fazer a programação dos filtros.

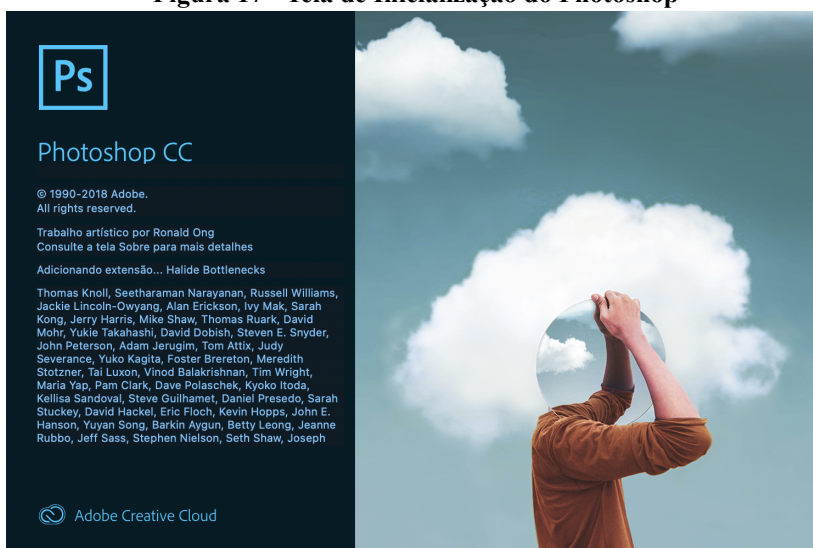
Figura 16 - Tela de Inicialização do Blender



Fonte: Elaborado pelo autor

O *Blender* é um software de código aberto disponibilizado gratuitamente para seus usuários. O programa oferece suporte para todas as etapas de produção de projetos em 3D, incluindo modelagem, rigging, animação, simulação, renderização, composição e rastreamento de movimento, além de edição de vídeo e criação de jogos. Compatível com diversos sistemas operacionais, como Linux, Windows e Macintosh, o Blender apresenta uma interface que utiliza a tecnologia OpenGL para proporcionar uma experiência de uso uniforme e eficiente.

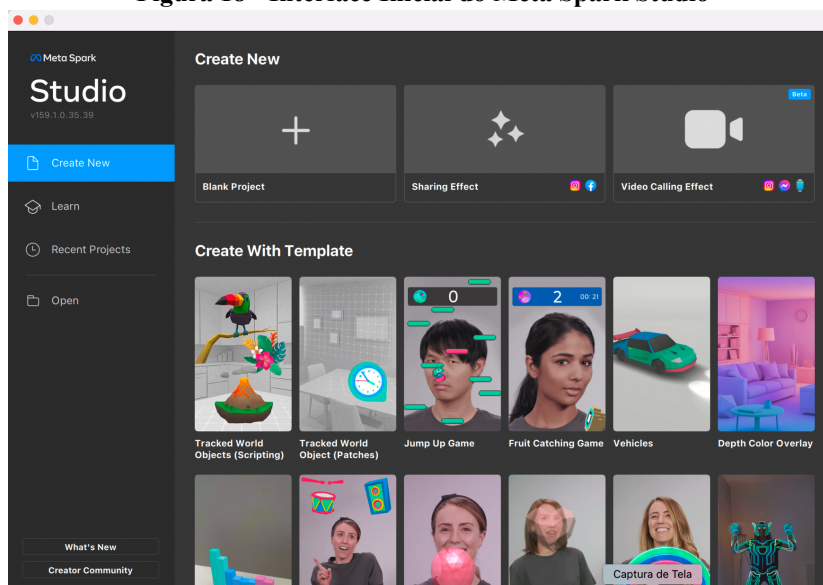
Figura 17 - Tela de Inicialização do Photoshop



Fonte: Elaborado pelo autor

O Adobe Photoshop é o principal software para editores de imagens raster bidimensionais, desenvolvido pela Adobe Systems. Amplamente reconhecido como líder de mercado em software de imagem profissional, é considerado o programa padrão para trabalho de pré-impressão e imagem digital profissional. Na Figura 18 é apresentada a interface do software.

Figura 18 - Interface Inicial do Meta Spark Studio



Fonte: Elaborado pelo autor

Desenvolvido pela Meta, anteriormente conhecida como Facebook, o *Spark AR Studio* é um software projetado para criar efeitos de realidade aumentada (AR) para aplicativos e dispositivos da Meta. O programa apresenta uma galeria de modelos prontos para uso,

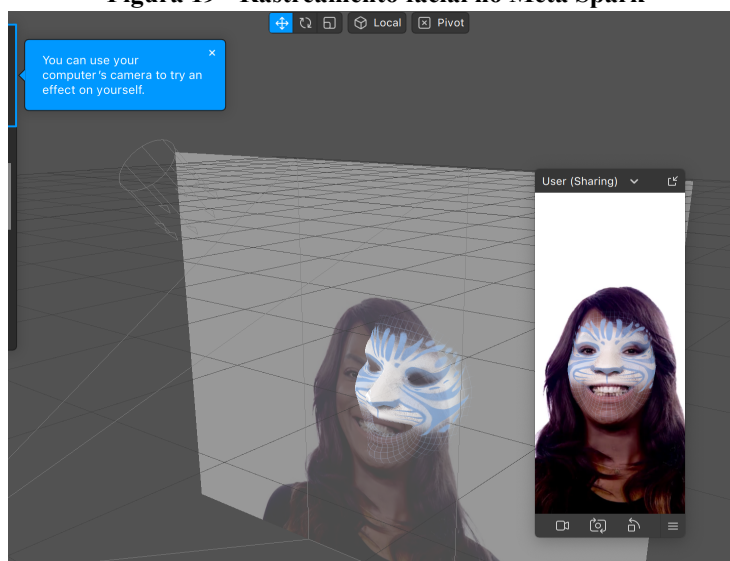
permitindo ao usuário criar seus próprios efeitos a partir de uma base já existente, além de oferecer a possibilidade de criar efeitos totalmente personalizados a partir do zero.

3.2 Tipo de Rastreamento no Meta Spark Studio

O software *Meta Spark Studio* conta com quatro tipos de rastreamento: o facial (Face Tracker), de plano (Plane Tracker), de alvo (Target Tracker), de corpo (2D Body Tracking) e de mão (Hand Tracking).

O rastreamento facial, ou conhecido como *Face Tracker*, é um tipo de rastreamento utilizado para a criação de efeitos que utilizam pontos do rosto do usuário. Como, por exemplo, para criação de efeitos de máscara facial. Este tipo de rastreamento é muito utilizado para o desenvolvimento de efeitos de beleza, como maquiagens ou efeitos de acessórios no rosto do usuário.

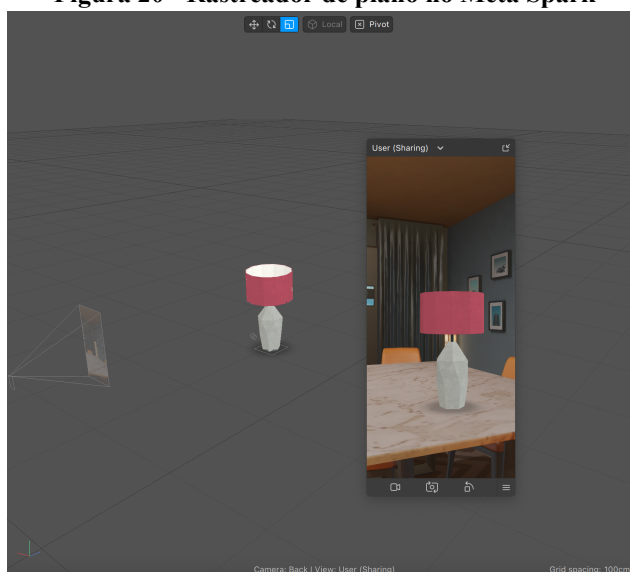
Figura 19 - Rastreamento facial no Meta Spark



Fonte: Elaborado pelo autor.

O rastreamento de plano ou *Plane Tracker*, é usado para gerar um efeito de realidade aumentada, permitindo a inserção de objetos tridimensionais nos ambientes das pessoas. Um rastreador de plano identificará uma superfície plana no mundo real, semelhante a um piso onde uma mesa pode ser colocada, por exemplo. Os efeitos que utilizam esse tipo de rastreamento são perceptíveis exclusivamente através da câmera localizada na parte traseira do dispositivo.

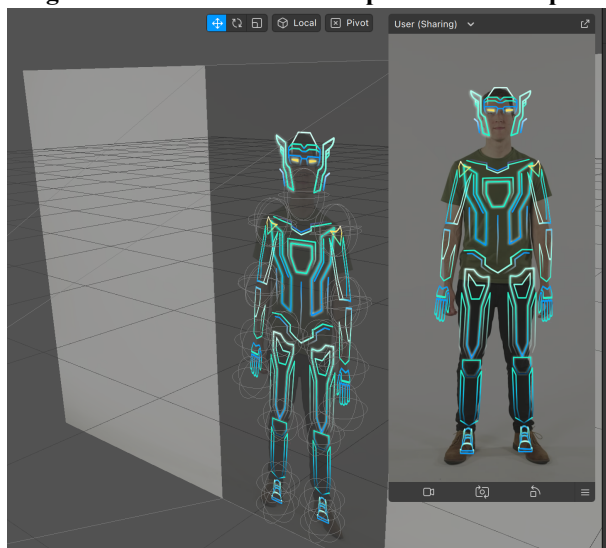
Figura 20 - Rastreador de plano no Meta Spark



Fonte: Elaborado pelo autor.

O próximo rastreador é o de 2D corporal, ou *2D Body Tracking*, essa tecnologia é utilizada para gerar efeitos que acompanham o movimento de um ou vários corpos do usuário. Isso significa que os efeitos serão aplicados de forma dinâmica, seguindo os movimentos do corpo ou corpos detectados pelo sistema de rastreamento. Isso permite criar interações imersivas e realistas, onde os efeitos se adaptam aos movimentos do usuário em tempo real.

Figura 21 - Rastreador 2D corporal no Meta Spark



Fonte: Elaborado pelo autor.

O *Hand Tracking*, ou rastreamento de mão, esse tipo de rastreamento é utilizado para criar um efeito que seja acionado e respondido aos movimentos da mão de uma pessoa. Isso significa que o sistema será capaz de detectar os gestos e posições da mão do usuário e, com

base nisso, aplicar um efeito correspondente. Isso permite uma interação mais intuitiva e imersiva, onde o efeito é controlado pelo movimento da mão, proporcionando uma experiência envolvente e personalizada.

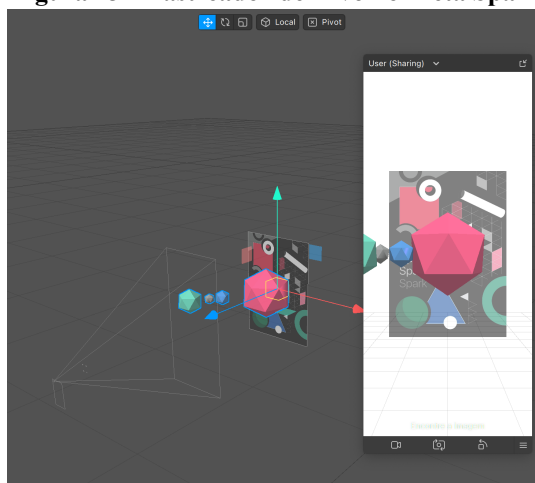
Figura 22 - Rastreador de mão no Meta Spark



Fonte: Elaborado pelo autor.

O último rastreamento presente no software da Meta é o mais importante para esta monografia. Denominado de Target Tracker, ou rastreador de alvo, o recurso de rastreamento de alvo disponível no Meta Spark Studio é empregado para ativar um efeito específico quando a câmera é direcionada para uma imagem presente no mundo real, como um pôster de um filme. Isso significa que o sistema consegue reconhecer e acompanhar a imagem-alvo em tempo real, permitindo a sobreposição de elementos adicionais, animações ou interações relacionadas à imagem em questão.

Figura 23 - Rastreador de Alvo no Meta Spark



Fonte: Elaborado pelo autor.

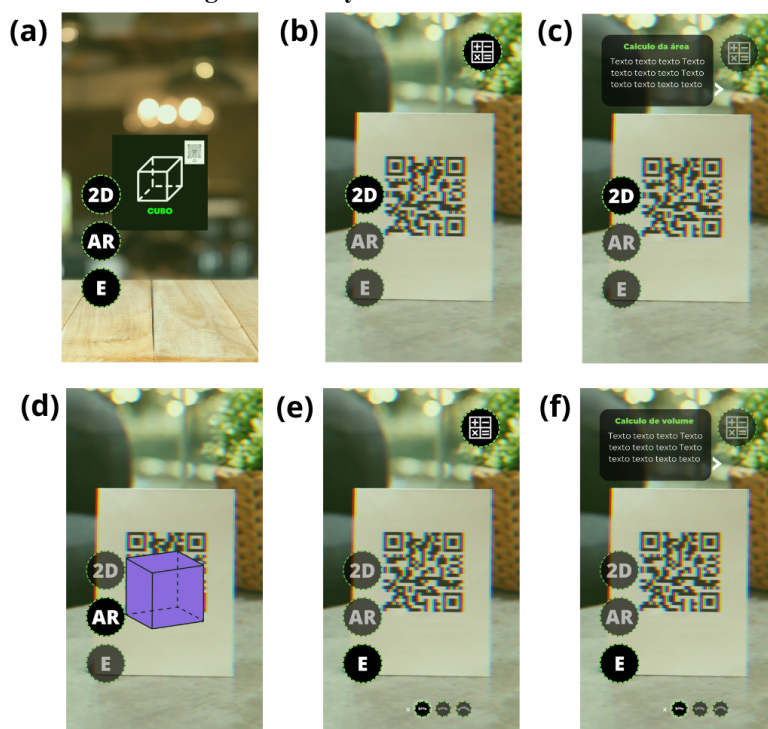
Essa funcionalidade proporciona uma experiência imersiva e interativa, onde a câmera se torna uma porta de entrada para um mundo virtual associado à imagem identificada.

3.3 Design e Concepção

Durante a construção do protótipo, priorizou-se a criação de um layout intuitivo e fácil de usar, visando proporcionar uma experiência agradável ao usuário. Os ativos necessários foram criados utilizando os softwares Adobe Photoshop e Blender. O Adobe Photoshop foi utilizado para desenvolver o design dos filtros em formato 2D, enquanto o Blender foi empregado na construção e modelagem dos objetos tridimensionais. Essa abordagem permitiu criar elementos visuais atraentes e de alta qualidade, garantindo que o protótipo seja visualmente atraente e capaz de transmitir efetivamente as funcionalidades desejadas aos usuários.

Antes de iniciarmos a criação dos elementos e sua programação, foi elaborado um protótipo do design como referência para desenvolver os elementos 2D. Na Figura 24, podemos visualizar o layout concebido para abranger todas as telas presentes nos filtros desenvolvidos.

Figura 24 - Layout das telas dos filtros



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar a Figura 24a, podemos reconhecer a representação da tela inicial dos filtros, a qual é a primeira tela que o usuário irá visualizar. Nessa tela, é apresentada uma imagem de exemplo do marcador, para ativar os elementos virtuais programados para serem exibidos ao usuário. Além disso, uma mensagem instrucional será exibida na tela, orientando o usuário a procurar a imagem alvo ou o marcador específico para ativar o filtro.

Na Figura 24b e 24c, podemos visualizar a representação da primeira tela dos efeitos. Essa tela é acessada por meio de um botão com um ícone contendo a sigla 2D, conforme mostrado na Figura 24b. Após o clique nesse botão, um novo botão com um símbolo das quatro operações é exibido ao usuário. Ao clicar nesse botão, um retângulo flutuante é apresentado, contendo informações sobre as fórmulas para o cálculo da área do sólido geométrico em questão, como exemplificado na Figura 24c.

Quando o botão com a sigla AR é clicado, como mostrado na Figura 24d, ele direciona o usuário para a segunda tela, cujo objetivo é exibir o sólido geométrico em três dimensões. A terceira tela é exibida quando o usuário toca no terceiro botão, representado pela letra E. Ao tocar neste botão, um novo botão será ativado na parte superior da tela, contendo as fórmulas para o cálculo do volume do sólido em exibição. Além disso, serão apresentados os elementos que compõem aquele sólido.

Os filtros do cone e do cilindro apresentam uma característica distinta em comparação aos outros efeitos: eles incluem uma tela exclusiva, denominada tela 4. Essa tela tem como finalidade mostrar ao usuário uma animação que ilustra a construção desses sólidos de revolução. Sólidos de revolução são objetos tridimensionais formados a partir da rotação de uma figura plana em torno de um eixo específico. No caso do cone, um triângulo é rotacionado, enquanto no caso do cilindro, um retângulo é rotacionado. A tela 4 fornece uma representação visual da construção progressiva desses sólidos durante o processo de rotação, permitindo ao usuário compreender melhor a formação do cone e do cilindro. A Figura 25 exemplifica o layout dessa tela.

Figura 25 - Layout da tela 4 dos filtros do cone e cilindro



Fonte: Elaborado pelo autor.

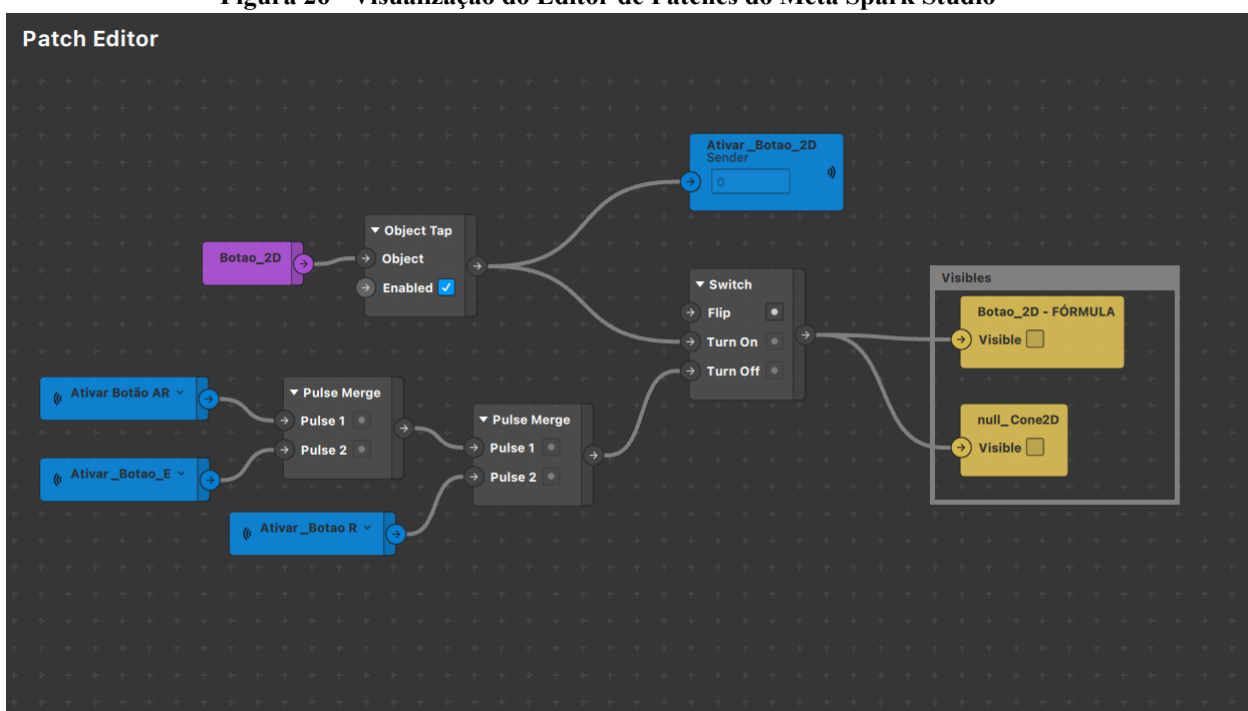
Na seção 3.5 deste capítulo, serão apresentados os resultados da modelagem dos seis sólidos geométricos utilizando o software Blender, relevantes para os objetos virtuais tridimensionais abordados. Além disso, serão exibidas todas as funcionalidades dos filtros, incluindo suas animações e outros aspectos importantes. Na próxima seção, será explorado o processo de programação dessas telas nos filtros, proporcionando uma compreensão detalhada de como foram desenvolvidas.

3.4 Programação dos Filtros

O *Meta Spark Studio* conta com três tipos de programação: visual, SparkSL e Scripting. Neste projeto toda a programação da lógica dos filtros foi realizada através da programação visual por patches.

Os patches do Spark Studio permitem adicionar interatividade, animação e lógica aos efeitos. Além disso, também pode ser usado para a criação de materiais. Os patches atuam como blocos de construção visuais e cada patch serve a uma função diferente. E quando conectados formam gráficos que enviam e recebem informações de outros patches em que estão conectados entre si para alternar comandos no efeito, conforme mostrado na Figura 26.

Figura 26 - Visualização do Editor de Patches do Meta Spark Studio

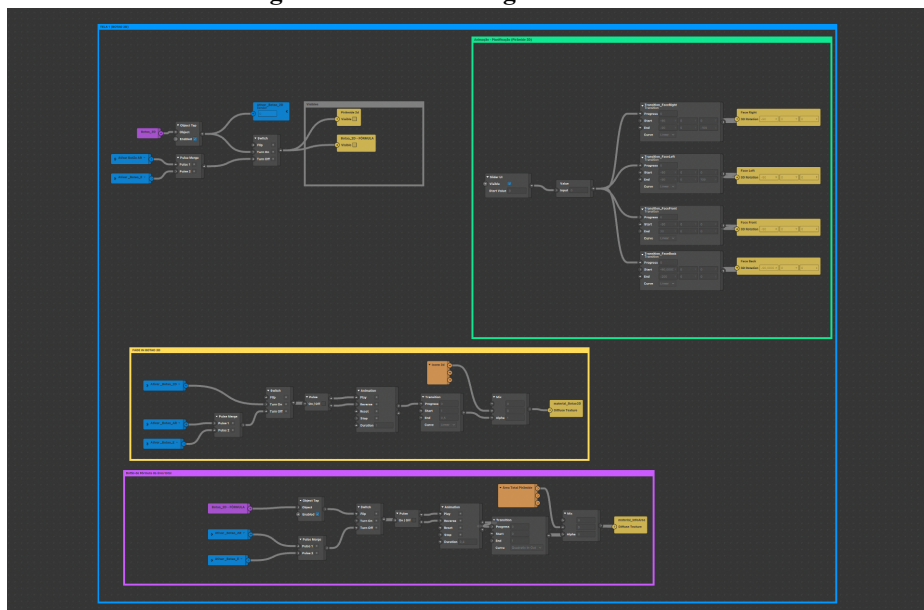


Fonte: Elaborado pelo autor

O projeto foi dividido em cinco conjuntos de elementos gráficos chamados “patches”, responsáveis por partes distintas do programa: inicialização, tela 1, tela 2, tela 3 e tela 4 (filtros do cone e cilindro). Cada conjunto possui uma lógica de programação específica para determinar eventos durante a execução dos efeitos, como a inicialização do programa, interação com elementos na tela 1, manipulação visual na tela 2, exibição de informações na tela 3 e aplicação de filtros especiais no cone e cilindro na tela 4. Em suma, o projeto consiste em diferentes conjuntos de patches com lógicas programadas para realizar ações específicas em momentos determinados, proporcionando os efeitos desejados.

No conjunto de gráficos de inicialização, representado pela Figura 27, encontramos os gráficos de instrução e animação inicial. No gráfico de instrução, é aplicada uma lógica que utiliza o patch condicional “If then else” e os patches de operadores lógicos “and” e “or” para estabelecer uma condição. Quando essa condição é satisfeita, ou seja, quando é identificada a abertura do efeito, é exibida uma mensagem na tela solicitando ao usuário que encontre o marcador. Ao apontar a câmera do dispositivo para o marcador, os objetos virtuais correspondentes serão visualizados. Essa sequência de ações permite que o usuário interaja e explore os elementos virtuais presentes no ambiente.

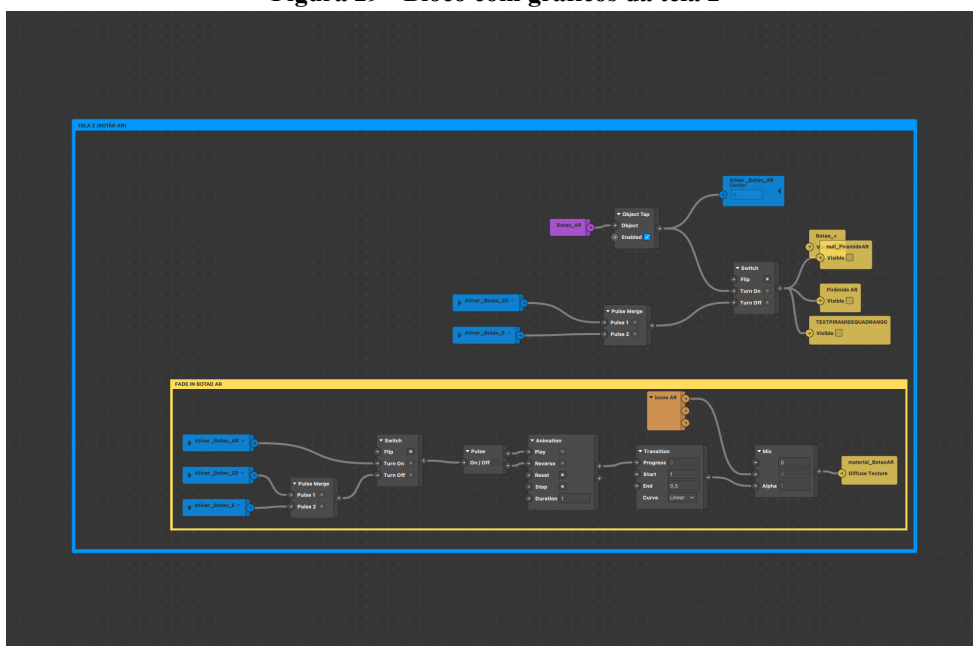
Figura 28 - Bloco com gráficos da tela 1



Fonte: Elaborado pelo autor

A programação da tela 2 é composta por um número menor de gráficos de patches em comparação à tela 1, conforme a Figura 29. Nesse conjunto de gráficos, existem apenas dois subgráficos. O primeiro subgráfico identifica o toque no segundo botão, representado pela sigla *AR*, enquanto o segundo subgráfico faz o oposto. Foi implementada uma lógica que detecta quando os outros botões são acionados e, se isso for verdadeiro, desativa a visibilidade dos elementos presentes na tela que foi clicada anteriormente.

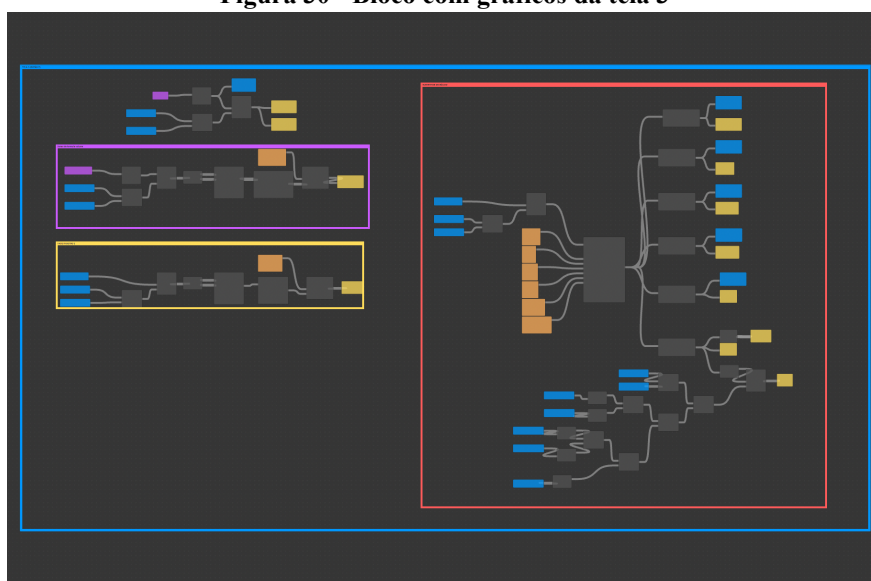
Figura 29 - Bloco com gráficos da tela 2



Fonte: Elaborado pelo autor

É perceptível na Figura 30 que a programação da tela 3 apresenta o conjunto mais extenso de gráficos em comparação às outras telas dos filtros. A lógica dos gráficos na tela 3 é representada por quatro subgráficos. O principal gráfico de interação é associado ao botão 3, identificado pela sigla *E*. Ao detectar um toque nesse botão, a tela de elementos do sólido geométrico em exibição é ativada. Além disso, a tela 3 inclui um novo botão que, quando pressionado, exibe a fórmula para o cálculo do volume do sólido. Há também botões flutuantes na parte inferior da tela, conhecidos como Picker UI, em que cada botão é programado para mostrar os elementos do sólido, como vértices, faces, base, entre outros.

Figura 30 - Bloco com gráficos da tela 3



Fonte: Elaborado pelo autor

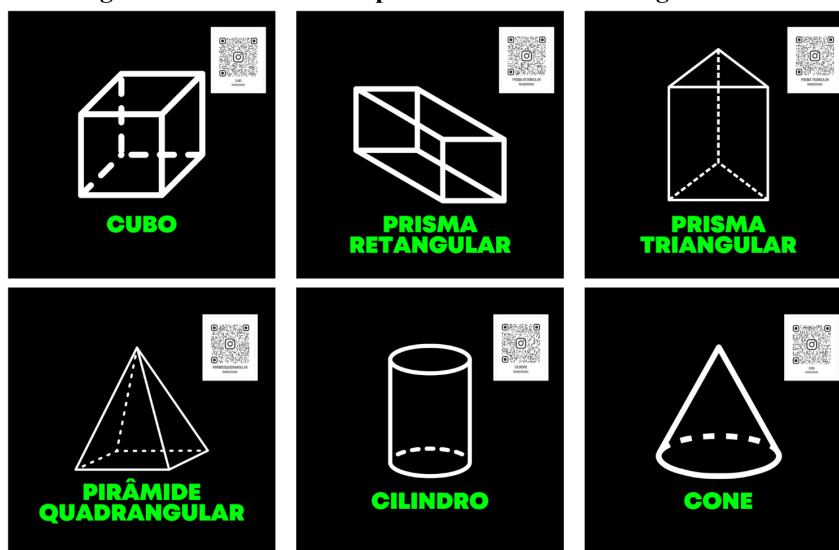
No último conjunto de gráficos (exclusivo dos filtros de cone e cilindro), segundo a Figura 31, existem 4 (quatro) tipos de lógicas representadas por subgráficos. A primeira lógica, assim como nas demais, diz respeito à interação com o botão que permite o acesso à tela 4. Essa lógica é composta por um mecanismo que reconhece quando o botão é ativado e exibe dois novos botões: um representado pelo ícone “i” e outro com um símbolo de reprodução (“play”).

Portanto, essa foi a base da lógica de programação implementada nos 6 (seis) filtros de realidade aumentada desenvolvidos no Meta Spark Studio. Na próxima seção, serão apresentados os detalhes de cada uma das funcionalidades presentes nos efeitos, fornecendo uma compreensão mais aprofundada do seu funcionamento.

3.5 Funcionalidades

Durante a programação dos efeitos no Meta Spark Studio, foram definidos marcadores específicos para cada sólido geométrico, como na Figura 33. Esses marcadores são utilizados para ativar os filtros quando a câmera do dispositivo aponta para eles. Ao direcionar a câmera para um marcador correspondente a um sólido geométrico específico, o filtro relacionado a esse sólido é ativado, proporcionando uma experiência interativa ao usuário. Dessa forma, o efeito reconhece os marcadores pré-definidos e desencadeia os filtros apropriados para exibir os objetos virtuais tridimensionais associados aos sólidos geométricos.

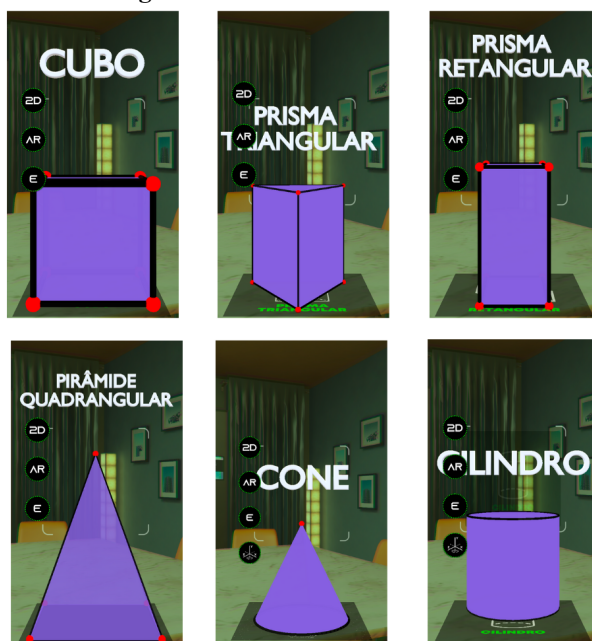
Figura 33 - Marcadores representando cada sólido geométrico



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a inicialização e reconhecimento do marcador, o efeito exibe três opções de tela nos filtros do cubo, prisma retangular, prisma triangular e pirâmide quadrangular. Além disso, nos filtros do cone e cilindro, é exibida uma tela exclusiva para cada um deles. Essas opções são acessadas mediante botões, como mencionado nas seções anteriores. Você pode visualizar esse funcionamento na Figura 34.

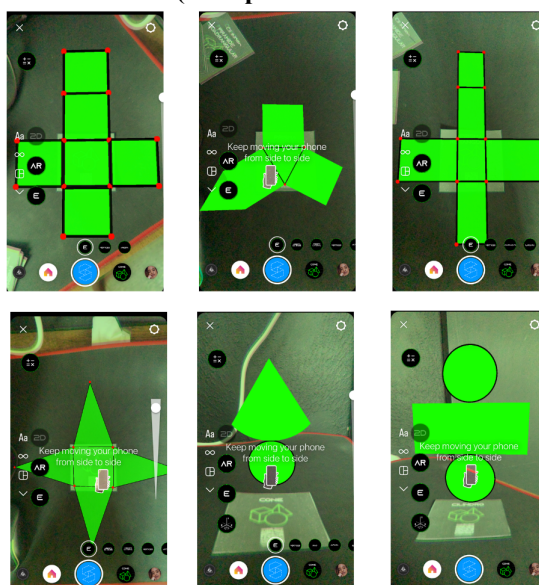
Figura 34 - Tela inicial dos filtros



Fonte: Elaborado pelo autor

Acesse a tela 1 dos filtros ao clicar no primeiro botão com a sigla 2D. Nessa tela, o objetivo principal é mostrar ao usuário a animação da planificação dos sólidos, ou seja, a visualização bidimensional dos sólidos geométricos. O controle dessa animação é feito através de um slider (controle deslizante) presente no canto direito da tela. Ao deslizar o controle para cima, o usuário pode desfazer o sólido até atingir sua forma planificada. Na Figura 35, são apresentadas capturas de tela de todas as planificações referentes a cada sólido em cada um dos filtros.

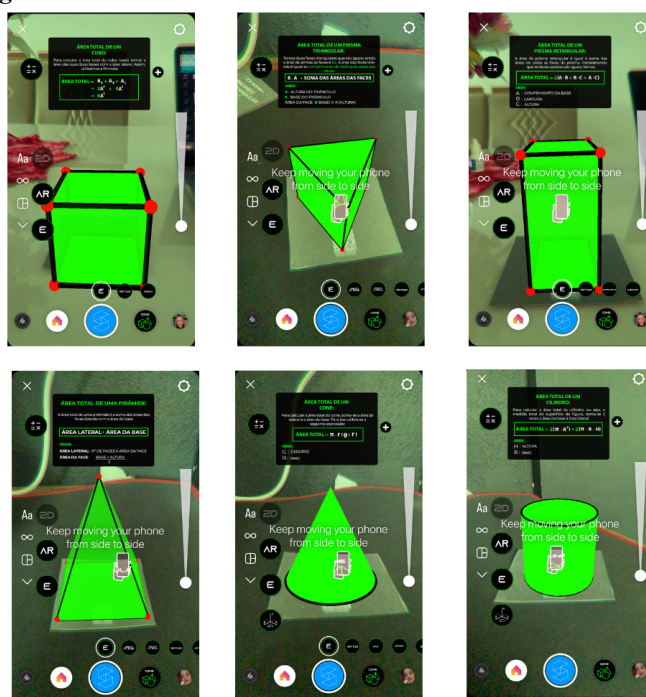
Figura 35 - Tela um (vista planificada dos sólidos no filtro)



Fonte: Elaborado pelo autor

Além disso, na Figura 36, podemos observar a presença de um novo botão no canto superior esquerdo da tela, representado por um ícone com as quatro operações matemáticas. Esse botão tem a função de mostrar ao usuário como realizar o cálculo da área total daquele sólido específico. Em alguns casos, é possível encontrar um botão menor, representado pelo símbolo de adição (+), cujo objetivo é exibir outros cálculos necessários para chegar ao cálculo da área total do sólido, como o cálculo da área lateral e da área da base.

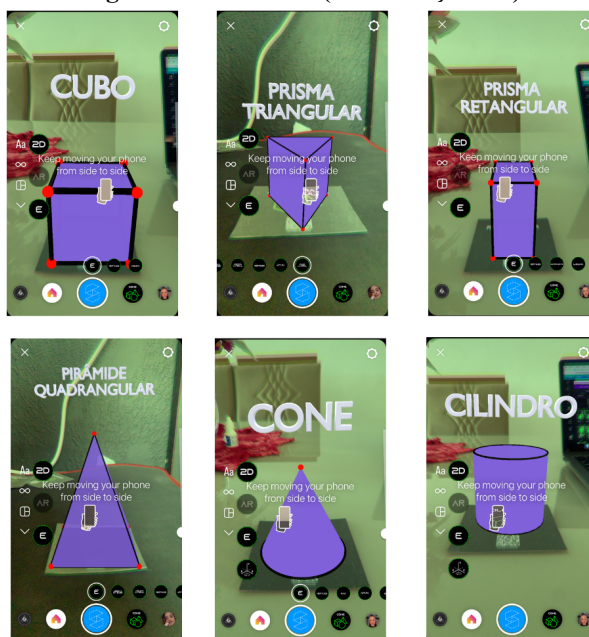
Figura 36 - Botão com as fórmulas da área total de cada sólido



Fonte: Elaborado pelo autor

A próxima tela pode ser acessada através do segundo botão, que possui um ícone com a sigla AR. Seu objetivo é exibir o sólido geométrico já construído em sua forma tridimensional. Além disso, nessa tela, é apresentada a nomenclatura do sólido. Essa é considerada a tela mais simples entre os filtros, uma vez que seu propósito é apenas trabalhar na visualização em 3D. Você pode conferir um exemplo desta tela na Figura 37.

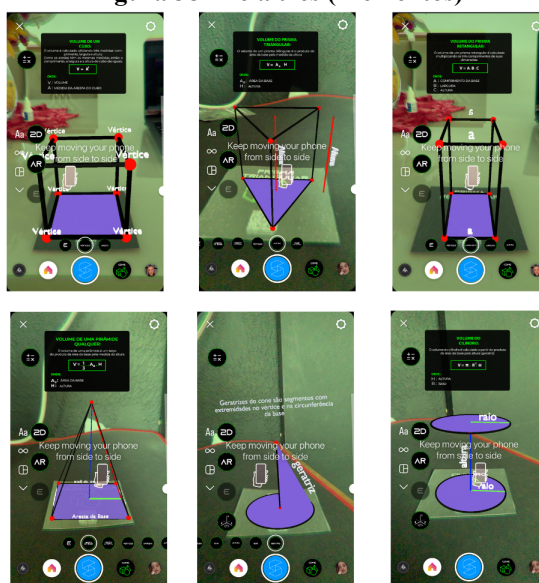
Figura 37 - Tela dois (Visualização 3D)



Fonte: Elaborado pelo autor

A terceira tela é ativada ao clicar no botão com o ícone “E”, que representa a palavra “elementos”. O objetivo principal dessa tela é apresentar aos usuários os elementos que compõem a construção do sólido. Além disso, há botões flutuantes chamados “Pick UI” localizados no canto inferior da tela. Ao arrastar da direita para a esquerda, podemos alternar entre diferentes elementos presentes nos sólidos, como vértices, arestas, faces, e outros. Também há um botão no canto superior esquerdo que exibe a fórmula para o cálculo do volume do sólido que está sendo visualizado. Veja na Figura 38.

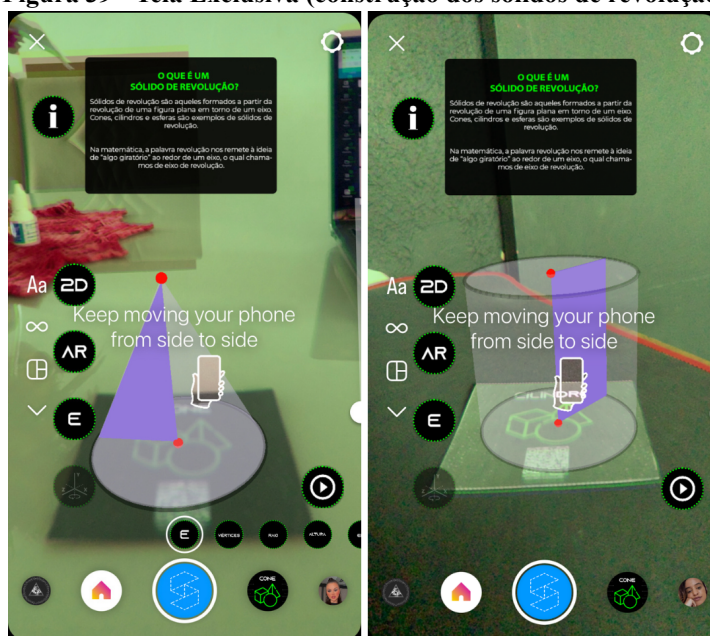
Figura 38 - Tela três (Elementos)



Fonte: Elaborado pelo autor

A última funcionalidade, presente apenas nos filtros do cone e do cilindro (sólidos de revolução), é a quarta tela. Ao abrir a quarta tela, é possível observar que no filtro do cone há um triângulo retângulo visível, enquanto no filtro do cilindro é exibido um retângulo. Seu principal objetivo é demonstrar ao usuário como um sólido de revolução é construído. Nessa tela, existem dois novos botões. O primeiro é representado pelo ícone “i”, que vem da palavra “informação” e visa fornecer uma explicação breve sobre o que é um sólido de revolução. O segundo botão é representado pelo ícone de “play”, com a função de iniciar a animação da construção do sólido. Essa animação ocorre por meio da rotação de um plano (sendo um triângulo retângulo, no caso do cone, e um retângulo no caso do cilindro) em torno de um eixo, resultando na formação do sólido, conforme mostra a figura 39.

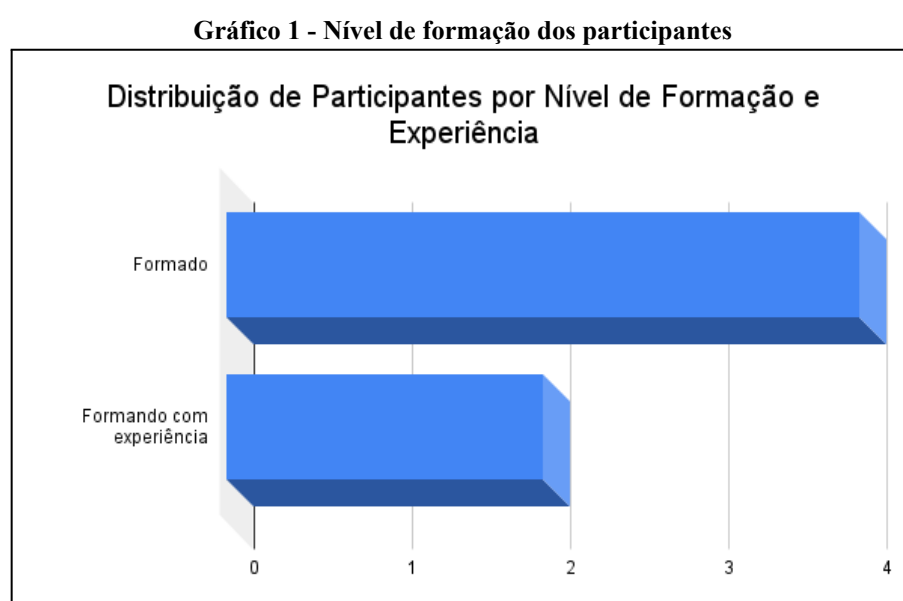
Figura 39 - Tela Exclusiva (construção dos sólidos de revolução)



Fonte: Elaborado pelo autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi elaborado um questionário com o objetivo de analisar a eficácia dos filtros desenvolvidos nesta monografia para o ensino de geometria. A pesquisa contou com a colaboração de 6 participantes que foram divididos em dois grupos: o primeiro grupo era composto por professores de matemática formados e atuantes, enquanto o segundo grupo consistia em estudantes de graduação em matemática atualmente em exercício. Isso é evidenciado no Gráfico 1.



Fonte: Elaborado pelo autor

As perguntas do questionário foram divididas em dois blocos. O primeiro bloco teve como objetivo coletar dados demográficos dos participantes, enquanto o segundo bloco foi destinado à coleta de informações sobre a análise dos filtros desenvolvidos. A análise dos dados revelou que o público entrevistado é composto por 50% de mulheres e 50% de homens, com uma média de idade entre 21 e 45 anos. Dos participantes, 5 possuíam nível de graduação e 1 possuía nível de pós-graduação.

Quando questionados se tiveram algum contato prévio com a tecnologia de realidade aumentada, três dos entrevistados responderam afirmativamente, enquanto os demais relataram não ter tido contato. Os resultados encontrados se aproximam dos de Garcia e Correia (2019), pois 50% dos professores relataram ter tido algum contato com tecnologias em dispositivos móveis pelo menos uma vez. Aqueles que já haviam experimentado a RA

compartilharam brevemente suas experiências com esse tipo de tecnologia, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Experiências anteriores com a RA

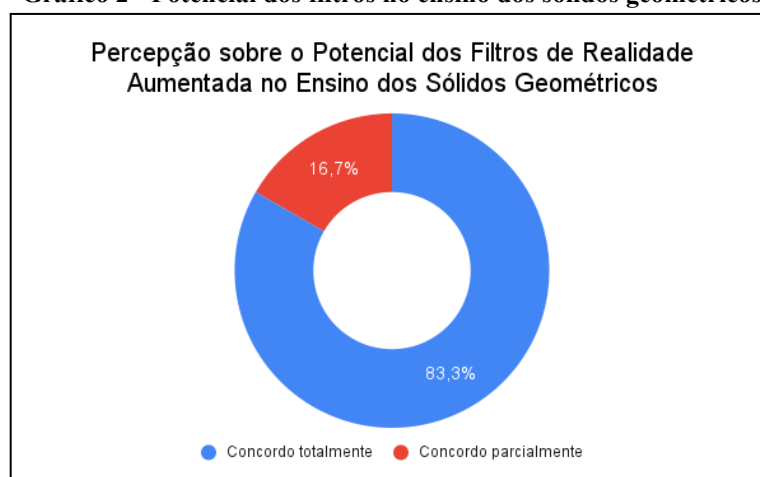
Experiências anteriores com Realidade Aumentada no Contexto Educacional dos Participantes	
Participante	Respostas dos Participantes
1	Não
2	Em 2021, um material didático da editora Positivo utilizou qr codes com realidade aumentada como método de ensino. Esses qr codes relacionavam ambientes, figuras e objetos aos conteúdos estudados, proporcionando uma experiência imersiva aos alunos. Além disso, foram desenvolvidos jogos com base nessas experiências imersivas.
3	Não
4	Não
5	Lousas com animações 3D e óculos com animações de RA
6	Um breve contato, pois alguns livros didáticos já trazem esta opção.

Fonte: Elaborado pelo autor

Foi solicitado aos participantes que responderam ter tido experiência prévia com a RA que relatassem quais aplicativos ou recursos foram utilizados durante as aulas. O participante 2 mencionou ter utilizado aplicativos de realidade aumentada, além do software Geogebra. O participante 5 utilizou a lousa digital, que exibia animações em 3D para visualização de uma planta baixa, assim como para explorar os elementos dos sólidos geométricos. Já o participante 6 relatou ter utilizado o aplicativo AVA Sae Digital em atividades que visavam aprimorar a compreensão do imaginário do aluno.

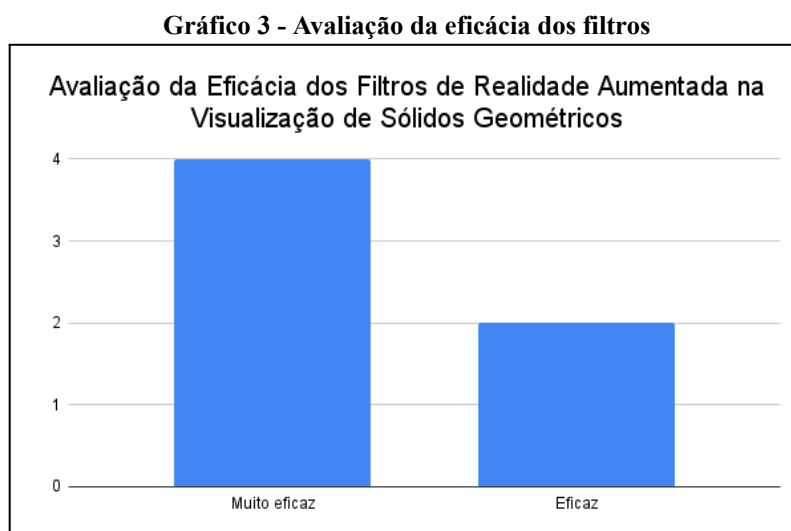
O segundo bloco do questionário, que visava avaliar os filtros, era composto por 10 perguntas. A pergunta 1 tinha como objetivo coletar a opinião dos participantes sobre o potencial do uso de filtros de realidade aumentada no ensino dos sólidos geométricos. Dos 6 entrevistados, 5 responderam que concordam totalmente com a afirmação de que a utilização dos filtros pode tornar o ensino mais atrativo e engajar os alunos no ensino de geometria espacial. Um participante concordou parcialmente, como mostrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Potencial dos filtros no ensino dos sólidos geométricos



Fonte: Elaborado pelo autor

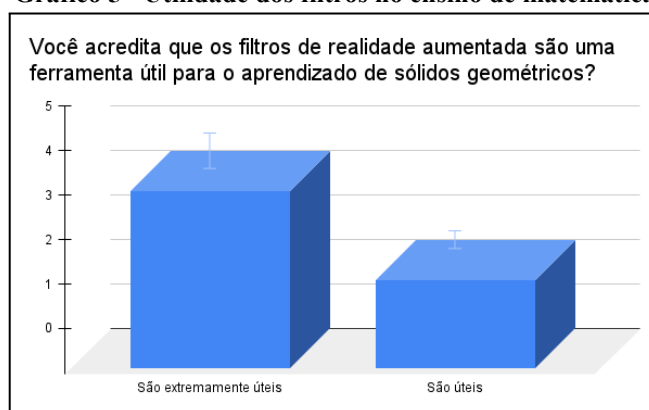
Em relação à avaliação da capacidade dos filtros em auxiliar na visualização dos sólidos geométricos, foram obtidos resultados extremamente positivos. Dos 6 entrevistados, 66,7% afirmaram que os filtros são muito eficazes na visualização tridimensional e bidimensional dos sólidos geométricos, como mostra o Gráfico 3.



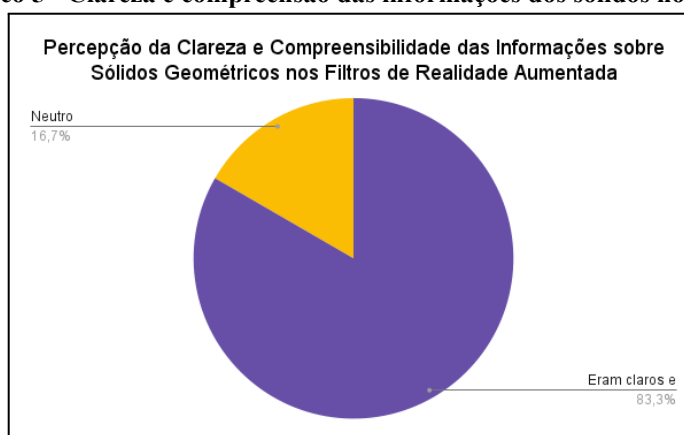
Fonte: Elaborado pelo autor

Isso valida a afirmação de Barbosa (2003) quando diz que o ensino de Geometria Espacial sem o uso apropriado de ferramentas pode resultar em dificuldades na aprendizagem. E para preencher essas lacunas, é necessário implementar novas metodologias de ensino que substituam ou complementem o ensino tradicional. Essas abordagens inovadoras visam proporcionar uma compreensão mais abrangente e concreta dos conceitos geométricos tridimensionais.

Ao avaliarem a utilidade dos filtros, 66,7% dos professores acreditam que os filtros desenvolvidos são extremamente úteis para o aprendizado de sólidos geométricos, mostrado no Gráfico 4. Conforme o Gráfico 5, em relação à apresentação das informações claras e compreensíveis sobre os sólidos geométricos, cinco professores, o equivalente a aproximadamente 83,3%, responderam que consideram as informações claras e compreensíveis, enquanto apenas um professor respondeu de forma neutra.

Gráfico 5 - Utilidade dos filtros no ensino de matemática

Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 5 - Clareza e compreensão das informações dos sólidos nos filtros

Fonte: Elaborado pelo autor

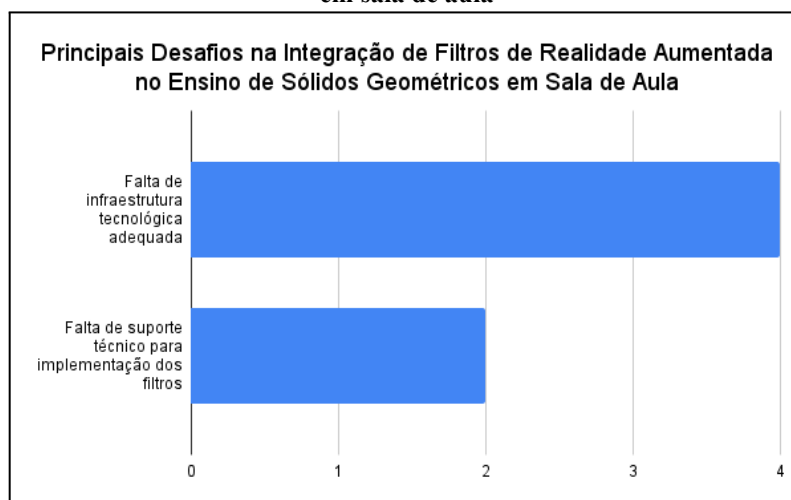
Além disso, houve unanimidade em relação à facilidade de utilização dos filtros, com 100% dos participantes concordando serem fáceis de manusear. Isso é extremamente positivo, por demonstrar que a ferramenta pode ser adotada por um público amplo, incluindo professores com diferentes níveis de habilidade tecnológica. Isso está alinhado com o objetivo proposto no design desse projeto, que era apresentar uma interface amigável e intuitiva.

Após as análises realizadas anteriormente, foi perguntado aos participantes se eles consideravam viável utilizar filtros de realidade aumentada no ensino de matemática em sala de aula. Dos 6 participantes, 4 (66,7%) afirmaram ser altamente viável, enquanto 2 (33,3%) participantes disseram ser viável. Esse resultado reforça positivamente a utilização dos filtros no processo de ensino-aprendizagem.

Após questionar sobre os principais desafios percebidos na integração dos filtros de Realidade Aumentada no ensino de sólidos geométricos em sala de aula, o Gráfico 6 revelou que aproximadamente 33,3% dos participantes indicaram a falta de suporte técnico para a implementação dos filtros como o principal obstáculo. Por outro lado, 66,7% dos

participantes apontaram a falta de infraestrutura tecnológica adequada como o principal desafio.

Gráfico 6 - Desafio na integração de Filtros de Realidade Aumentada no ensino de Sólidos Geométricos em sala de aula



Fonte: Elaborado pelo autor

Assim como observado no estudo de Garcia e Correia (2019), destaca-se a existência de uma autorreflexão negativa por parte dos professores em relação ao seu domínio de recursos tecnológicos. Isso ressalta a importância de fornecer suporte e oportunidades de capacitação adequadas aos educadores. Isso converge com o pensamento de Martins et al. (2020) que defende ser essencial na formação inicial de professores incluir componentes dedicados ao desenvolvimento de habilidades e conhecimentos em tecnologias educacionais, para garantir que os futuros educadores estejam preparados para utilizar efetivamente essas ferramentas em suas práticas pedagógicas.

Ao final, os participantes foram convidados a dar feedback sobre recursos adicionais que desejariam ver nos filtros de realidade aumentada para aprimorar o ensino de sólidos geométricos. Metade dos professores optaram pela inclusão de exercícios práticos que explorassem os conceitos dos sólidos presentes nos filtros, enquanto a outra metade preferiu uma integração dos filtros com outros aplicativos ou plataformas educacionais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta monografia teve como objetivo geral desenvolver filtros de realidade aumentada utilizando o Meta Spark Studio, a fim de auxiliar na visualização tridimensional e bidimensional dos sólidos geométricos. Com base nos resultados obtidos durante a pesquisa, é possível afirmar que o objetivo proposto foi alcançado.

É relevante ressaltar alguns dos principais resultados alcançados, com destaque para a avaliação altamente positiva realizada pelos professores participantes sobre a eficácia dos filtros de realidade aumentada na facilitação da visualização dos sólidos geométricos. Verificou-se que esses filtros proporcionam clareza e compreensão das informações de forma extremamente útil. Quanto à usabilidade, os resultados foram positivos devido à sua facilidade de manuseio, tornando-os adequados para um público com diferentes níveis de habilidades tecnológicas.

Estes resultados trazem contribuições teóricas e práticas para o ensino e aprendizagem de matemática. No âmbito das contribuições teóricas, foi abordado um tema que ainda é pouco explorado. Isso significa que a pesquisa se propôs a investigar uma área do conhecimento que carece de estudos mais aprofundados, fornecendo, assim, novos insights e expandindo o entendimento teórico sobre o assunto em questão. No que diz respeito às contribuições práticas, trata-se da aplicação desta ferramenta para auxiliar os professores de matemática nas aulas que abordam conceitos básicos de geometria espacial.

Acerca das limitações presentes neste estudo, pode-se destacar a população e amostra da pesquisa. É importante salientar que o tamanho e a representatividade da amostra podem influenciar nos resultados e generalizações que podem ser feitas a partir do estudo. Portanto, é necessário considerar que os resultados obtidos podem não ser totalmente generalizáveis para a população como um todo. Outra limitação está relacionada à aplicação prática direta com os alunos.

Posto isso, em relação às futuras investigações, recomenda-se que sejam utilizadas amostras maiores, implementação de novos recursos nos filtros e uma aplicação prática com alunos em sala de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADEU SILVEIRA, S. Realidade aumentada, aprendizagem e práticas colaborativas em espaços híbridos. **Inclusão Social**, [S. l.], v. 3, n. 2, 2010. Disponível em: <https://revista.ibict.br/inclusao/article/view/1639>. Acesso em: 21 fev. 2023.
- AZUMA, R. et al. Recent advances in augmented reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, p. 34–47, 2001.
- BARBOSA, Paula Marcia. O estudo da Geometria. **Benjamin Constant**, n. 25, 2003.
- BILK, Alan et al. A EVOLUÇÃO DO COMPORTAMENTO ORGANIZACIONAL: DESAFIOS DA GERAÇÃO ALPHA-uma revisão bibliográfica. **Revista Vitrine**, v. 1, n. 1, 2020.
- BRAGA, M. **REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA Realidade Virtual e Educação**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://joaootavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/realidadevirtual-5155c805d3801.pdf>.
- BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos: Matemática**. Brasília: MECSEF, 1998.
- BRYSON, Steve. **Virtual Reality: A definition History - A personal Essay**, 1-6, 2013.
- CARDIA, Rubens; AFFINI, Leticia Passos. Um Mergulho nos Conceitos de Imersão, Imersividade, Fotografia Imersiva e Realidade Virtual. In: **2º Congresso Internacional Media Ecology and Image Studies-O protagonismo da narrativa imagética**. 2019.
- CARDOSO, Raul GS et al. Uso da realidade aumentada em auxílio à Educação. **Anais do Computer on the Beach**, p. 330-339, 2014.
- COUTO, Cremilda Barreto; DOS SANTOS JÚNIOR, Reinaldo Acioli. O USO DA TECNOLOGIA NO ENSINO DA MATEMÁTICA: A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE RÉGUA E COMPASSO NA GEOMETRIA PLANA. **Revista Femass**, v. 4, n. 1, p. 94 a 111-94 a 111, 2021.
- CRUZ-CUNHA, Maria Manuela et al. Realidade Aumentada e Ubiquidade na Educação. **Rev. Iberoam. de Tecnol. del Aprendiz.**, v. 5, n. 4, p. 167-174, 2010.
- DE CAMPOS, J. A. S.; SAMPAIO, Fábio Ferrentini. Uma Aplicação de Realidade Virtual não Imersiva no Ensino de Astronomia. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2005. p. 103-113.
- DE CASSIO MACEDO, Alex; DA SILVA, João Assumpção; BURROL, Tiago Martinuzzi. Usando Smartphone e Realidade aumentada para estudar Geometria espacial. **RENOTE**, v. 14, n. 2, 2016.
- DE FARIA, José Weber V *et al.* Histórico da Realidade Virtual e seu uso em medicina. **Revista de medicina**, São Paulo, v. 93, n. 3, ed. 8, p. 106, 2014.

DE MIRANDA, Geisson Rodrigues; SILVA, Vilmar Costa. Geometria: uma breve história e possibilidades para o ensino. **Gnosis Carajás**, v. 1, n. 1, p. e21006-e21006, 2021.

DE SOUSA, Renata Teófilo; DE AZEVEDO, Italcândia Ferreira; ALVES, Francisco Régis Vieira. O GeoGebra 3D no estudo de Projeções Ortogonais amparado pela Teoria das Situações Didáticas. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática**, v. 14, n. 1, p. 92-98, 2021.

DOS SANTOS, Simone Maria Ferreira; LEAL, Débora Araújo. O Ensino de Matemática no Brasil com ênfase na Geometria. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 10647-10662, 2021.

DOS SANTOS, Edivaldo Pinto; PRADO, Maria Elisabette Brisola Brito. O Uso de Jogos Digitais no Ensino da Matemática: um Estudo Bibliográfico. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática**, v. 14, n. 3, p. 287-293, 2021.

GARCIA, Fernanda Wolf. A importância do uso das tecnologias no processo de ensino-aprendizagem. **Revista Educação a Distância, Batatais**, v. 3, n. 1, p. 25-48, 2013.

IMERSÃO. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/imersao/>>. Acesso em: 02/03/2023.

JERALD, Jason. **The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality** (ACM Books); Morgan & Claypool: San Rafael, CA, USA, 2016; ISBN 1970001135.

KIRNER, Claudio; KIRNER, Tereza Gonçalves. Evolução e tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. Cap**, v. 1, p. 10-25, 2011.

KIRNER, Claudio; TORI, Romero. Fundamentos de realidade virtual. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**, v. 1, p. 03-20, 2006.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. Ed. São Paulo: Atlas 2003.

MILGRAM, Paul; KISHINO, Fumio. A taxonomy of mixed reality visual displays. **IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems**, v. 77, n. 12, p. 1321-1329, 1994.

MOTA, Janine Freitas; PINTO, Rieuse Lopes; FERREIRA, Ronaldo Dias. **Visualização e pensamento geométrico na Geometria em movimento**. 2019.

OLIVEIRA, Daverton Miguel Camilo de et al. Proposta de um jogo educativo em realidade virtual imersiva no auxílio do ensino das operações matemáticas para alunos do terceiro e quarto ano do ensino fundamental. 2019.

PAES, Daniel Carneiro; ARANTES, Eduardo Marques. A realidade virtual imersiva como tecnologia de suporte à compreensão de modelos computacionais. **VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**, p. 1-12, 2015.

PICININ, Elisandra; TEIXEIRA, Adriano. Metodologias ativas no ensino de prismas. In: **Anais do XXV Workshop de Informática na Escola**. SBC, 2019. p. 1064-1068.

PIOVESAN, Sandra Dutra et al. Realidade Virtual Aplicada à Educação. **Anais do Encontro Anual de Tecnologia da Informação**, v. 1, n. 1, p. 58-58, 2011.

QUAIS são os diferentes tipos de Realidade Aumentada?. **Softtek**, 2021. Disponível em: <<https://blog.softtek.com/pt/quais-sao-os-diferentes-tipos-de-realidade-aumentada>>. Acesso em: 05 de abr. de 2023.

QUEIROS, Leandro Marques et al. Enigmas de Yucatàn: Recurso Educacional Digital para o Ensino de Geometria Espacial. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 30, p. 108-134, 2022.

RODRIGUES, Gessica Palhares et al. Realidade virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. **Educação**, v. 1, n. 3, p. 97-109, 2013.

ROGENSKI, Maria Lúcia Cordeiro; PEDROSO, Sandra Mara Dias. O Ensino da Geometria na Educação Básica: realidade e possibilidades. **Artigo. Acesso em**, v. 3, 2019.

SANTEE, Nellie Rego; GOMES, Suely de Aquino . Realidade Aumentada: Ser e Mundo. In: **III Seminário de Mídia e Cultura**, 2011, Goiânia. III Seminário de Mídia e Cultura: Cultura, Convergência e Mobilidade, 2011

SANTOS, Bruna dos et al. Software Educativo: uma ferramenta de aprendizagem da matemática na educação infantil. **DOS SANTOS, Bruna Martins et al. Software educativo: uma ferramenta de aprendizagem da matemática na educação infantil. Revista científica eletrônica de pedagogia**, 2012.

SCALABRIN, Ana Maria Mota Oliveira; MUSSATO, Solange. GEOMETRIA ESPACIAL COM O SOFTWARE GEOGEBRA: UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO DE PIRÂMIDES. **Boletim do Museu Integrado de Roraima (Online)**, v. 13, n. 01, p. 123-145, 2020.

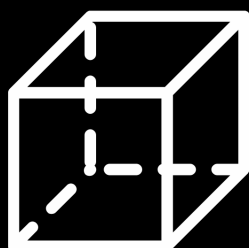
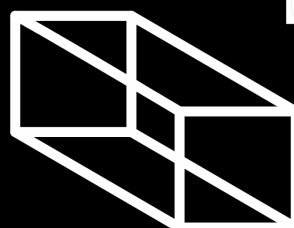
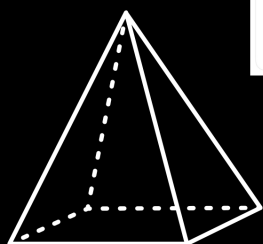
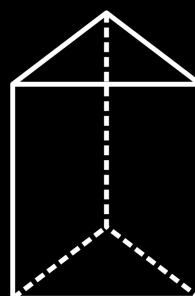
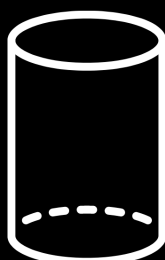
SILVA, Luiz Paulo Moreira. "O que é geometria?"; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/matematica/o-que-e-geometria.htm>>. Acesso em 17 de junho de 2023.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio. Fundamentos de realidade aumentada. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**, v. 1, p. 22-38, 2006.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020. 496p.

ZORZAL, Ezequiel R; SILVA, Rodrigo L. S. Software. In: TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020. 496p

APÊNDICE — MARCADORES

**CUBO****PRISMA
RETANGULAR****PIRÂMIDE
QUADRANGULAR****PRISMA
TRIANGULAR****CILINDRO****CONE**