

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

VINICIUS GOUVEIA DE ANDRADE

**O DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO RA.GEO:
CONTRIBUIÇÕES DA REALIDADE AUMENTADA PARA O ENSINO DE
GEOMETRIA ESPACIAL**

Jataí
2017

VINICIUS GOUVEIA DE ANDRADE

**O DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO RA.GEO:
CONTRIBUIÇÕES DA REALIDADE AUMENTADA PARA O ENSINO DE
GEOMETRIA ESPACIAL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Educação para Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Linha de pesquisa: Fundamentos, metodologias e recursos para a Educação para Ciências e Matemática.

Sublinha de pesquisa: Educação Matemática.

Orientador: Dr. Adelino Cândido Pimenta.

Jataí
2017

Autorizo, para fins de estudo e de pesquisa, a reprodução e a divulgação total ou parcial desta dissertação, em meio convencional ou eletrônico, desde que a fonte seja citada.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

AND/des	<p>Andrade, Vinicius Gouveia de. O desenvolvimento do aplicativo RA.Geo: contribuições da realidade aumentada para o ensino de geometria espacial [manuscrito] / Vinicius Gouveia de Andrade. -- 2017. 95 f.; il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Adelino Cândido Pimenta. Dissertação (Mestrado) –IFG – Câmpus Jataí, Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática, 2017. Bibliografias. Apêndices.</p> <p>1. Ensino de Geometria. 2. Realidade aumentada. 3. Objeto de aprendizagem. I. Pimenta, Adelino Cândido. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.</p> <p>CDD 005.43</p>
---------	--

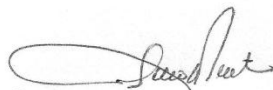
VINÍCIUS GOUVEIA DE ANDRADE

**O DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO RA.GEO: CONTRIBUIÇÕES DA
REALIDADE AUMENTADA PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL**

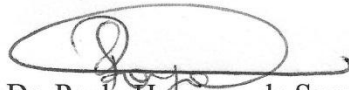
Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Educação para Ciências e Matemática.

Esta dissertação foi defendida e aprovada, em 1º de dezembro de 2017, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

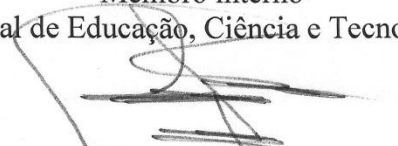
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Adelino Cândido Pimenta
Presidente da banca / Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás



Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza
Membro Interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás



Prof. Dr. Clarimar José Coelho
Membro externo
Pontifícia Universidade Católica de Goiás

RESUMO

Esta pesquisa trata do desenvolvimento de um recurso didático com base na tecnologia da Realidade Aumentada para o ensino de Geometria Espacial. Por permitir que objetos virtuais tridimensionais se sobreponham a imagens do mundo real, de modo a complementá-la e possibilitar a extração de novas informações, esta foi a tecnologia escolhida para propor uma solução às dificuldades encontradas na aprendizagem de Geometria Espacial relacionadas à falta do desenvolvimento da habilidade de visualização e do uso exclusivo do livro didático de matemática em sala de aula, uma vez que ele pode não ser a ferramenta mais adequada para se trabalhar conteúdos que abordam as três dimensões. Com o objetivo de desenvolver um aplicativo destinado a dispositivos móveis para ser usado juntamente com o livro didático de matemática, esta pesquisa adotou a metodologia INTERA de desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem para amparar cada etapa da sua construção, desde o seu planejamento até a sua validação. Para que fosse avaliado por alunos e professores, o aplicativo desenvolvido, chamado de RA.Geo, foi aplicado em uma aula de matemática do Ensino Médio de uma escola estadual da cidade de Jataí – Goiás. A análise dos dados produzidos durante esta aplicação mostrou que a Realidade Aumentada, empregada em dispositivos móveis e utilizada como recurso didático, pode contribuir com a aprendizagem de Geometria Espacial.

Palavras-chave: Ensino de Geometria. Realidade Aumentada. Objeto de Aprendizagem.

ABSTRACT

This research deals with the development of a didactic resource based on Augmented Reality technology for the teaching of spatial geometry. By allowing three-dimensional virtual objects to overlap an image of the real world, in order to complement it and make possible the extraction of new information, this was the technology chosen to propose a solution to the difficulties encountered in learning spatial geometry related to the lack of development of the visualization ability and the exclusive use of the classroom math textbook, as it may not be the most appropriate tool for working on content that addresses the three dimensions. In order to develop an application software for mobile devices to be used in conjunction with the math textbook, the INTERA methodology of learning object development was adopted to support each stage of its construction, from its planning to its validation . In order to be evaluated by students and teachers, the developed application software, called RA.Geo, was applied in a high school mathematics class at a state school in the city of Jataí - Goiás. The analysis of the data produced during this application showed that the Augmented Reality, used in mobile devices and used as didactic resource, can bring benefits to the learning of spatial geometry.

Keywords: Teaching Geometry. Augmented Reality. Learning Object.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplos de poliedros encontrados no cotidiano	19
Figura 2 – Poliedros regulares	21
Figura 3 – Exemplo de Pirâmide e Prisma	21
Figura 4 – Esquema conceitual de um sistema de RA	24
Figura 5 – Exemplo de Realidade Aumentada	25
Figura 6 – Exemplo de objeto de instrução	35
Figura 7 – Exemplo de objetos de prática	36
Figura 8 – Etapas da metodologia INTERA	39
Figura 9 – Atribuição entre imagem do livro e objeto virtual	46
Figura 10 – Marcadores fiduciais do RA.Geo	47
Figura 11 – Esquema de criação do RA.Geo	50
Figura 12 – Printscreens do RA.Geo: exemplos de Prismas	52
Figura 13 – Printscreens do RA.Geo: diferentes pontos de vista	53
Figura 14 – Printscreen do RA.Geo: Menu de opções	54
Figura 15 – Alunos utilizando o aplicativo RA.Geo em sala de aula	62
Gráfico 1 – Respostas dos alunos ao questionário de avaliação do RA.Geo	66
Figura 16 – Prototipação do RA.Geo	82
Figura 17 – Printscreens do RA.Geo: apresentação	85
Figura 18 – Printscreens do RA.Geo: apresentação	86
Figura 19 – Printscreen do RA.Geo: Menu de opções	86
Figura 20 – Conteúdo do arquivo de metadados do RA.Geo	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição das atividades dos papéis da metodologia INTERA	38
Quadro 2 – Membros e papéis do projeto RA.Geo	43
Quadro 3 – Elementos do padrão de metadados Dublin Core	57
Quadro 4 – Excerto de um diálogo realizado em sala de aula.	65
Quadro 5 – Relatório de Análise de Contexto	79
Quadro 6 – Documento de Especificação de Requisitos	80
Quadro 7 – Marcadores de RA e objetos virtuais: exemplos de Prismas	87
Quadro 8 – Marcadores de RA e objetos virtuais: tipos de Prismas	88
Quadro 9 – Marcadores de RA e objetos virtuais: Planificação de Prismas	89
Quadro 10 – Plano de Testes do RA.Geo	91
Quadro 11 – Plano de Avaliação do RA.Geo	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três dimensões
ARToolkit	Augmeted Reality Tool Kit
BIOE	Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem
CERV	Comissão Especial de Realidade Virtual
FLARToolkit	Flash Augmeted Reality Tool Kit
IDE	Integrated Development Environment
IEEE	Institute of Electrical and Eletronics Engineers
IFG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
INTERA	Inteligência, Tecnologias Educacionais e Recursos Acessíveis
LTSC	Learning Techonology Standars Committee
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
MEC	Ministério da Educação
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
NMC	New Media Consortium
OEI	Organização dos Estados Ibero-americanoso
RA	Realidade Aumentada
RELPE	Rede Latinoamericana de Portais Educacionais
ROA	Repositório de Objetos de Aprendizagem
RV	Realidade Virtual
Secomp	Semana da Computação
SBC	Sociedade Brasileira de Computação
SRV	Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFABC	Universidade Federal do ABC
XML	eXtensible Markup Language
WRVA	Workshop de Realidade Virtual e Aumentada

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 A GEOMETRIA.....	13
1.1 A importância do ensino de Geometria.....	13
1.2 O pensamento geométrico e a importância da visualização	14
1.3 Tecnologias para o ensino de Geometria.....	17
1.4 O conteúdo de Poliedros e Prismas.....	19
1.5 Algumas considerações sobre o ensino de Geometria Espacial	21
2 A REALIDADE AUMENTADA	23
2.1 Aspectos tecnológicos da Realidade Aumentada.....	23
2.2 Aspectos educacionais da Realidade Aumentada.....	27
2.3 Algumas considerações sobre a Realidade Aumentada.....	29
3 OS OBJETOS DE APRENDIZAGEM.....	31
3.1 Definição de Objetos de Aprendizagem	31
3.2 Características de Objetos de Aprendizagem.....	32
3.3 Classificação de Objetos de Aprendizagem	34
3.4 Metodologias para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem	36
3.4.1 <i>A metodologia INTERA</i>	<i>37</i>
3.5 Algumas considerações sobre os Objetos de Aprendizagem.....	40
4 O APLICATIVO RA.GEO	42
4.1 O Projeto RA.Geo.....	42
4.1.1 <i>Etapa de Contextualização</i>	<i>43</i>
4.1.2 <i>Etapa de Requisitos</i>	<i>45</i>
4.1.3 <i>Etapa de Arquitetura</i>	<i>47</i>
4.1.4 <i>Etapa de Desenvolvimento</i>	<i>48</i>
4.1.5 <i>Etapa de Testes e Qualidade</i>	<i>54</i>
4.1.6 <i>Etapa de Disponibilização</i>	<i>55</i>
4.1.7 <i>Etapa de Avaliação</i>	<i>59</i>
4.2 Validação do RA.Geo	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICES	77

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma análise da utilização da tecnologia da Realidade Aumentada sobre o ensino de Geometria Espacial. Por permitir a união entre objetos virtuais e uma imagem do mundo real, esta foi a tecnologia escolhida para desenvolver um recurso didático com o objetivo de apoiar o aprendizado em sala de aula.

A aprendizagem de Geometria é fundamental para desenvolver nos alunos um tipo especial de pensamento chamado de pensamento geométrico e, por este motivo, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática (PCN), ela possui forte relevância social, evidente caráter prático e é necessário para quase todas as atividades realizadas no cotidiano (BRASIL, 1997, p. 39,40).

Portanto, pesquisar formas de melhorar o ensino de Geometria, também chamado de educação geométrica, é importante para contribuir com a aprendizagem nas escolas e, conseqüentemente, para o desenvolvimento intelectual dos indivíduos que ali estão. Porém, para que esta aprendizagem aconteça, Pavanello (1993) argumenta que é necessário trabalhar com atividades que tenham a visualização como nível inicial de construção do conhecimento.

Se a visualização, que é definida por Fainguelernt (1996) como a habilidade capaz de gerar representações mentais de um objeto de estudo e dela extrair novas informações, é fundamental para o processo de aprendizagem, os professores deveriam utilizar recursos e criar estratégias para que ela aconteça em sala de aula.

Contudo, de acordo com Bicalho (2013), Jahn e Bongiovanni (2009) e Pais (2006), é justamente na falta do desenvolvimento da visualização que o ensino de Geometria Espacial encontra um dos seus maiores obstáculos. Estes autores afirmam que as páginas de um livro, por serem planos bidimensionais, não são adequadas para o estudo de conteúdos que necessitam da compreensão da tridimensionalidade, como é o caso do estudo de Poliedros/Prismas, e por este motivo, elas não deveriam ser a única ferramenta de apoio ao trabalho do docente.

As tecnologias surgem neste contexto como uma possível solução à necessidade de desenvolver e aprimorar a visualização de objetos geométricos em sala de aula. Uma vez que as ferramentas tecnológicas com maior capacidade de projeção tridimensional podem criar melhores representações visuais para favorecer a visualização, conforme afirmam Bucioli e Lamounier (2014), elas poderiam ser

adaptadas de forma a incrementar livros didáticos para melhorar o estudo de temas relacionados à representação das três dimensões.

Diante esta possibilidade, a Realidade Aumentada aplicada no ensino de Geometria Espacial se apresenta como uma possível solução a ser investigada. Esta tecnologia, que é caracterizada pela capacidade de gerar objetos virtuais 3D sobre uma imagem do mundo real, com o auxílio de algum dispositivo tecnológico (KIRNER; KIRNER, 2008), pode trazer várias vantagens para a educação, conforme apontam Yaoyuneyong et al. (2011), Kaufmann e Schmalstieg (2002), Rodrigues et al. (2010) e Cardoso (2014). Entretanto, ainda são poucos os trabalhos que demonstram como ela pode ser empregada para incrementar livros didáticos de Geometria e, assim, contribuir para o seu aprendizado.

Ademais, se esta tecnologia ainda pode apresentar melhores resultados quando empregada em dispositivos móveis (como *tablets* e *smartphones*), conforme afirmam Henrysson (2007) e Lima (2010), é preciso investigar como eles podem ser utilizados de forma a contribuir com este processo.

Fundamentada nestas afirmações, e nos argumentos de outros autores que compuseram o referencial teórico desta dissertação, esta pesquisa se desenvolveu a partir da seguinte questão-problema:

Quais são as contribuições de um aplicativo de Realidade Aumentada, desenvolvido para dispositivos móveis, utilizado como Objeto de Aprendizagem para o processo de ensino de Geometria Espacial?

Para que fosse possível realizar uma análise e encontrar respostas a esta questão, foi proposto o desenvolvimento de um Objeto de Aprendizagem denominado RA.Geo: um *software* aplicativo baseado na tecnologia da Realidade Aumentada destinado à dispositivos móveis para ser usado juntamente com o livro didático de matemática, com a finalidade de demonstrar aos discentes objetos virtuais tridimensionais referentes ao conteúdo de Poliedros/Prismas.

Este *software* foi aplicado em duas aulas de matemática do segundo ano do Ensino Médio de uma escola estadual para ser avaliado por alunos e professores quanto as suas contribuições para a melhoria do ensino de Geometria Espacial.

A opção pelo conteúdo de Poliedros/Prismas ocorreu pelo fato de nele ser necessário trabalhar a visualização em três dimensões, assim como em outros tópicos da Geometria Espacial. Portanto, a análise do uso de um *software* de Realidade Aumentada aplicada sobre o conteúdo de Poliedros/Prismas também pode ser estendida a outros

conteúdos de Geometria Espacial que, da mesma forma, trabalhem com o estudo de objetos tridimensionais e que necessitam do processo de visualização para o seu aprendizado.

Para o desenvolvimento do RA.Geo foram escolhidos o ambiente de desenvolvimento Unity3D e a biblioteca Vuforia, além de outras ferramentas necessárias à criação de animações tridimensionais, como o Blender. A metodologia INTERA de desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem também foi utilizada para amparar todas as etapas de construção deste recurso didático, desde seu planejamento até a fase de validação.

Para apresentar o conteúdo desta pesquisa, essa dissertação foi organizada em cinco capítulos. Primeiramente, no capítulo 1, foram apresentados os argumentos dos autores que defendem a importância do ensino de Geometria Espacial, a necessidade do desenvolvimento do pensamento geométrico e a importância de trabalhar a visualização em sala de aula. Foi por meio da relação entre estes fatores que se tornou possível a elaboração da problemática desta pesquisa.

O capítulo 2 contém os aspectos técnicos e pedagógicos da Realidade Aumentada. As vantagens advindas da aplicação desta tecnologia na educação somadas aos benefícios providos pelos dispositivos móveis indicou uma provável solução ao problema encontrado.

No terceiro capítulo, foram descritos os conceitos e as características necessárias para o desenvolvimento de um Objeto de Aprendizagem. A adoção de cada uma das etapas da metodologia INTERA, detalhadas neste capítulo, possibilitou a criação de um recurso didático que possuísse os padrões de qualidade necessários tanto para a sua disponibilização quanto para a sua aplicação em sala de aula.

Por fim, no último capítulo foram apresentados os percursos metodológicos trilhados durante o desenvolvimento da pesquisa. Estão presentes nesta seção os detalhes de cada etapa do desenvolvimento do RA.Geo e a análise do trabalho realizado em sala de aula, a qual possibilitou a sua validação para o ensino de Geometria Espacial.

1 A GEOMETRIA

Este capítulo tem o objetivo de apresentar e relacionar as ideias dos teóricos que defendem o ensino de Geometria, o desenvolvimento do pensamento geométrico e a importância da visualização para o seu aprendizado.

Também serão apresentados os argumentos dos autores que sustentam a necessidade de utilizar Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para o ensino de Geometria Espacial. O emprego das TIC, para além das vantagens citadas por eles, possibilita trabalhar de forma mais adequada conteúdos que abordam a tridimensionalidade, como é o caso do conteúdo de Poliedros/Prismas, o qual foi escolhido para ser o tema do Objeto de Aprendizagem desenvolvido nesta pesquisa.

1.1 A importância do ensino de Geometria

Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática, o ensino de Geometria tem por objetivo o desenvolvimento da compreensão do mundo em que vivemos para aprender a descrevê-lo, representá-lo e nos localizarmos nele. Este mesmo documento afirma que o trabalho com noções geométricas contribui para a aprendizagem de números e medidas, o que caracteriza “forte relevância social, com evidente caráter prático e utilitário”, porquanto “na vida em sociedade, as grandezas e as medidas estão presentes em quase todas as atividades realizadas” (BRASIL, 1997, p. 40).

De forma semelhante, muitos autores também defendem a importância de ensinar Geometria, mesmo desde os primeiros anos escolares. Lorenzato (1995, p. 5) afirma que os conceitos geométricos podem esclarecer situações abstratas, facilitando a comunicação do conhecimento matemático, além de promover a observação e a exploração das formas que rodeiam as crianças. O autor justifica a necessidade do ensino de Geometria ao expor que:

um indivíduo sem esse conteúdo, nunca poderia desenvolver o pensar geométrico, ou ainda, o raciocínio visual, além de não conseguir resolver situações da vida que forem geometrizadas. Não poderá ainda utilizar-se da Geometria como facilitadora para a compreensão e resolução de questões de outras áreas do conhecimento humano (LORENZATO, 1995, p. 5).

Lorenzato (1995, p. 5) ainda lembra que pesquisas psicológicas indicam que a aprendizagem de Geometria é necessária ao desenvolvimento da criança, uma vez que

ela aprimora a capacidade de percepção visual que é indispensável para realizar certas atividades escolares, profissionais ou sociais.

Para Pavanello (1993, p. 11), a Geometria desenvolve a capacidade de abstrair, projetar e transcender o que foi compreendido. Segundo a autora, essas habilidades são essenciais para que níveis mais altos de abstração possam ser alcançados, o que é fundamental para a continuidade da aprendizagem de matemática. Ademais, a aprendizagem de Geometria Espacial pode desenvolver nos alunos a capacidade de resolução de problemas do cotidiano e o reconhecimento de propriedades e formas geométricas e, ainda, favorecer o desenvolvimento de um pensamento crítico e autônomo.

Portanto, com base nas afirmações dos autores citados, pode-se concluir que a aprendizagem de Geometria é fundamental tanto para a vida acadêmica quanto para a social. E investigar formas de melhorar o ensino justifica a necessidade de se realizar pesquisas nesta área.

Para mais, Pavanello (1993, p. 4) ainda acrescenta que o ensino de Geometria pode contribuir para a formação do aluno ao desenvolver nele um tipo particular de pensamento: o pensamento geométrico. Este permite o desenvolvimento da “arte da especulação” e a investigação do “espaço intelectual” que é a base do raciocínio hipotético-dedutivo necessário para a aprendizagem de qualquer outra área da ciência.

1.2 O pensamento geométrico e a importância da visualização

Quando consideramos a Geometria nas diversas situações do cotidiano, estamos fazendo uso do pensamento geométrico. As capacidades de se orientar espacialmente, de observar diferentes ângulos, de descrever e representar o espaço são, entre outras, evidências do pensamento geométrico.

Ness (2007) define o pensamento geométrico como a capacidade de ver, de observar e de refletir sobre objetos no espaço e suas relações e transformações. O autor afirma que este tipo de raciocínio inclui criar, observar e transformar imagens, responder questões relacionadas com elas e saber utilizar o mesmo raciocínio em outras operações mentais.

Este tipo de pensamento é necessário para ler mapas e tabelas, seguir direções, fazer diagramas e imaginar objetos descritos oralmente. De acordo com Ness (2007), um indivíduo sem o pensamento geométrico desenvolvido encontra dificuldades em

comunicar sobre as posições e relações entre objetos, dar e receber indicações para percorrer um caminho e imaginar as alterações que ocorrerão ao se dividir uma imagem, além de encontrar vários outros obstáculos para situações que requerem noções geométricas.

Desenvolver este pensamento nos alunos é um desafio para todos os docentes que atuam em Educação Matemática. Para auxiliar este trabalho, existem muitas publicações sobre formas de desenvolver o pensamento geométrico. Peres e Freitas (2013, p. 174) citam alguns pesquisadores, como van Hiele (1986), Duval (1995), Fainguelernt (1996) e Parsysz (2001), que propõem a progressão na aprendizagem através de níveis de compreensão que descrevem as características do processo de raciocínio em Geometria.

Apesar dos diferentes padrões, características ou métodos apresentados por estes autores, todos defendem a importância da visualização para a aprendizagem de Geometria. Para os van Hiele (1986, apud PERES; FREITAS, 2013), o desenvolvimento do pensamento geométrico ocorre durante cinco etapas: visualização, análise, dedução informal, dedução formal e rigor. Para Duval (1995), o desenvolvimento do aprendizado de Geometria passa pelas etapas de visualização, construção e raciocínio. Já Parsysz (2001, apud PERES; FREITAS, 2013) também considera que, para além da visualização, é fundamental que os professores trabalhem com vistas à desenvolver a percepção tridimensional em sala de aula.

Fainguelernt (1996, p. 57) define a visualização como a habilidade capaz de perceber, representar, transformar, isolar, rotacionar, descobrir, gerar, refletir e comunicar sobre as informações visuais de um objeto de estudo. De acordo com o autor, ao olhar para um sólido geométrico, a capacidade de visualização permite gerar representações mentais e ter controle sobre elas de forma a ser possível extrair novas informações do objeto imaginado. Dessa forma, a visualização não é apenas o ato de ver, mas está relacionada à capacidade de analisar o que se percebe, trabalhando o contato visual físico e o mental, simultaneamente.

Percebe-se, portanto, que a visualização é a base da construção do pensamento geométrico e que a aprendizagem de Geometria depende da capacidade de visualização de cada aluno. Porém, de acordo com Bicalho (2013, p. 14), existe uma dificuldade neste processo:

Visualizar é uma das habilidades mais importantes para o desenvolvimento do aluno com relação aos conceitos da Geometria

Espacial. Contudo, um professor típico dispõe (e usa) apenas o livro texto como ferramenta didática para o ensino deste assunto. Sendo mídias bidimensionais, a página de um livro ou o quadro-negro não são os instrumentos mais adequados para se treinar visualização. O emprego de materiais concretos se põe como uma excelente alternativa para explorar o assunto. Outra abordagem promissora é o uso de recursos computacionais: modelos tridimensionais podem ser manuseados virtualmente na tela de um computador, construindo assim uma ponte entre a representação planar (quando o sólido está estático na tela do computador) e o modelo concreto (quando o usuário interage com o sólido) (BICALHO, 2013, p. 14).

De modo semelhante, Jahn e Bongiovanni (2009), consideram que a representação de figuras tridimensionais no livro didático constitui uma das principais razões relacionadas às dificuldades da aprendizagem de Geometria Espacial:

Uma das principais razões está relacionada à questão da representação figural dos objetos tridimensionais no plano. De fato, um objeto representado no papel não corresponde à formação da imagem mental que se tem do objeto. Por exemplo, sabemos que todas as faces de um cubo são quadradas, mas representamos algumas de suas faces por paralelogramos. Sabemos que a base de um cone circular é um círculo, mas a representamos por uma elipse. Retas reversas não se intersectam, mas as suas representações no plano são retas concorrentes ou paralelas. As faces de uma Pirâmide triangular estão em 4 planos distintos, mas numa folha de papel são representadas num único plano. Portanto, há um conflito entre o que é visto no espaço e o que é representado em um suporte bidimensional. (JAHN; BONGIOVANNI, 2009, p. 50).

Logo, apesar de o livro ainda ser a ferramenta preferida para a aprendizagem (PASARÉTI, 2011, p. 7), e na educação matemática ser em muitos casos “o único instrumento de apoio ao trabalho do docente” (DANTE, 1996, p. 1), o ensino de Geometria Espacial pode ser prejudicado pela falta de meios de representar, no papel, as reais dimensões de um objeto.

De fato, se o desenvolvimento do pensamento geométrico advém da habilidade de visualização, é fundamental que sejam investidos esforços para que ela aconteça. Se os processos mentais de isolar, rotacionar, transformar e refletir sobre um objeto geométrico são importantes para a aprendizagem, as figuras planas de um livro não deveriam ser o único instrumento de apoio ao trabalho docente. Conteúdos que abordam a tridimensionalidade, como Prismas e Pirâmides, por exemplo, necessitam de um trabalho diferenciado para garantir que o aluno desenvolva sua percepção espacial.

O mesmo problema ainda é apontado por Pais (2006, p. 13) que, em seu estudo sobre estratégias de ensino de Geometria em livros didáticos de matemática, alertou que o ensino da Geometria Espacial é limitado à “representação plana” de imagens, o que

nem sempre corresponde às expectativas de demonstrar as reais dimensões de um objeto. O autor ainda lembra que os ilustradores de livros didáticos recorrem à “utilização do recurso da cor para incrementar as técnicas do desenho em perspectiva, pela qual fica ressaltada a terceira dimensão do conceito representado” (PAIS, 2006, p. 13), o que nem sempre é suficiente para a total compreensão por parte do discente.

Independente do conteúdo a ser abordado em sala de aula, é importante que o professor elabore atividades e crie estratégias de ensino que tenham a visualização como nível inicial de construção do conhecimento, pois a progressão de um nível de compreensão para o outro, de acordo com a teoria de van Hiele (1986, apud PERES; FREITAS, 2013), depende da forma com que os conteúdos são expostos aos discentes. Isto faz com que o docente seja o responsável pelo progresso cognitivo dos alunos ao definir tarefas que façam com que eles desenvolvam o pensamento geométrico com base na visualização.

Para o ensino de Geometria, existem diversos materiais didáticos que possibilitam a construção de conhecimentos por meio da visualização. Os professores podem utilizar dobraduras, mosaicos, diagramas, Tangram¹ e outros objetos manuseáveis. Também é possível usar *softwares* educativos e várias outras tecnologias adaptadas para apoiar o processo de ensino e aprendizagem.

1.3 Tecnologias para o ensino de Geometria

É possível encontrar na Internet uma grande variedade de *softwares* destinados ao apoio do ensino de matemática. No caso da Geometria, de acordo com Aguiar (2015), os *softwares* mais aplicados em pesquisas no Brasil, até o ano de 2015, são aqueles utilizados para explorar representações visuais de sólidos geométricos e proporcionar melhor visualização tridimensional. O autor lista o Calques3D², o Cinderella³, o Cabri3D⁴ e o Geogebra⁵ como sendo os *softwares* de educação geométrica mais mencionados entre os pesquisadores.

Além de *softwares*, existem diferentes ferramentas tecnológicas que podem ser utilizadas no ensino. Barrero (2015) cita os computadores, os televisores, os projetores

¹ Tangram é um quebra-cabeça de origem chinesa formado por sete peças que podem ser manipuladas para formarem diferentes figuras.

² Mais informações sobre o Calques3D estão disponíveis em <http://www.calques3d.org>

³ Mais informações sobre o Cinderella estão disponíveis em <https://www.cinderella.de>

⁴ Mais informações sobre o Cabri3D estão disponíveis em <https://cabri.com/en/>

⁵ Mais informações sobre o Geogebra estão disponíveis em <https://www.geogebra.org/>

de vídeo, os dispositivos móveis (*smartphones* e *tablets*) e a Internet como sendo as tecnologias mais utilizadas por professores em sala de aula. Bucioli e Lamounier (2014) ainda lembram que no caso das projeções tridimensionais, a estereoscopia, a holografia e a Realidade Aumentada são as tecnologias que podem garantir melhores resultados relacionados à representação das três dimensões.

Independente do tipo de tecnologia empregada, as TIC voltadas ao ensino de Geometria proporcionam experiências que dificilmente seriam reproduzidas com lápis e papel. Jonassen (2007) explica que isto acontece porque as ferramentas tecnológicas geram representações visuais de determinados objetos de forma mais real e adequada para o seu estudo e, para além da agilidade na resolução de contas e da facilidade de manipulação de objetos, permitem desenvolver a habilidade da visualização, a qual é fundamental para o desenvolvimento do pensamento geométrico.

Ainda segundo Jonassen (2007), as tecnologias de representação visual também ajudam a representar ideias e, assim, facilitam a interpretação e compreensão de conceitos. Ademais, conforme o autor, “o raciocínio que se desenvolve por meio do visual contribui com a construção de significados e facilita a formação e modificação de conjecturas⁶” (JONASSEN, 2007, p. 29), as quais são muito importantes para o aprendizado de Geometria.

Mecina (2010) ainda lembra que existem outras vantagens na adoção de *softwares* no ensino de Geometria como, por exemplo, o aumento da motivação e do interesse dos alunos, a possibilidade de uma aprendizagem mais interativa, participativa e colaborativa e a possibilidade da aprendizagem por investigação e descoberta.

Portanto, fundamentado nas afirmações dos autores citados, é possível relacionar a utilização de TIC no ensino de Geometria com a melhoria da educação geométrica. E, se o raciocínio que se desenvolve por meio do visual favorece o aprendizado, conforme exposto por Jonassen (2007), as tecnologias que fornecem mais qualidade de imagem, mais detalhes e maior capacidade de projeção tridimensional podem aumentar as chances de aprendizagem de conteúdos da Geometria Espacial.

Contudo, para a melhoria do ensino, é notável a necessidade de todo professor criar estratégias didáticas, adotar metodologias e escolher recursos tecnológicos que priorizem o desenvolvimento da habilidade da visualização, independente do conteúdo a ser trabalhado.

⁶ Conjecturas são hipótese, pressupostos, supostas verdades que ainda não foram provadas e que precisam ser testadas, demonstradas e refinadas.

1.4 O conteúdo de Poliedros e Prismas

Conforme as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+) para Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (BRASIL, 2002), as competências matemáticas que um aluno deve desenvolver durante o Ensino Médio, de forma a possibilitar a integração dos saberes científicos e culturais, estão estruturadas em três temas:

- Tema 1: Álgebra: números e funções;
- Tema 2: Geometria e medidas;
- Tema 3: Análise de dados.

O estudo de poliedros está previsto no segundo item, na qual as formas bidimensionais e tridimensionais, planificações e suas representações fazem parte da realidade dos alunos devido à quantidade de objetos encontrados na vida cotidiana.

Figura 1 - Exemplos de poliedros encontrados no cotidiano



Fonte: elaborado pelo autor

Os poliedros são encontrados facilmente no dia a dia nos formatos das embalagens, nas construções prediais, nas artes plásticas e em várias outras áreas. De acordo com Mialich (2013, p. 11), os poliedros são elementos utilizados em pesquisas e possuem aplicações práticas como, por exemplo, no design industrial (onde se usa a planificação de poliedros), na computação gráfica (onde é usado como malha de controle para a representação de superfícies suaves), na biologia (no estudo de cristais, moléculas, vírus) e até na meteorologia (onde se usa cálculos baseados em malhas de icosaedro).

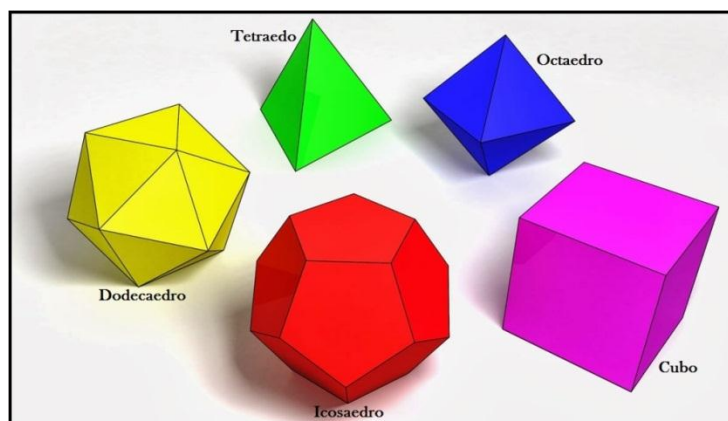
Historicamente, os poliedros despertaram interesse de filósofos e outros estudiosos. Mello (2010, p. 109) conta que os poliedros sempre fizeram parte do arsenal de magos e alquimistas, os egípcios os usavam na demarcação de terras para a agricultura e os gregos os estudaram exaustivamente.

Porém, não se sabe ao certo quando e como se iniciou o interesse por estes sólidos. Mialich (2013, p. 12) afirma que o que se conhece de mais antigo na história destes objetos vem de fontes egípcias, chinesas e babilônicas. Existem registros no papiro de Rhind⁷ sobre problemas relativos ao declive de faces de uma Pirâmide; o papiro de Moscovo⁸ apresenta fórmulas para calcular o volume do tronco de uma Pirâmide e também existem tábuas babilônicas que contém problemas de cálculo de volume de alguns tipos de sólidos em formato poliédrico.

De forma resumida, os poliedros são sólidos geométricos cujas superfícies são formadas apenas por polígonos planos como triângulos, quadriláteros, pentágonos, etc. Costuma-se nomear um poliedro conforme a quantidade de faces que esses poliedros possuem como, por exemplo, tetraedro: 4 faces; pentaedro: 5 faces; hexaedro: 6 faces; e assim por diante.

Assim como todas as figuras geométricas, os poliedros possuem critérios de classificação definidos por suas características mais importantes. A sua classificação é feita de acordo com o número de bases, polígono das bases, inclinação das arestas, entre outros elementos. Os poliedros regulares, por exemplo, que também são chamados de poliedros de Platão⁹ (Figura 2), devem possuir todas as suas faces formadas por polígonos regulares e congruentes, isto é, com mesma forma e tamanho.

Figura 2 - Poliedros regulares



Fonte: elaborado pelo autor

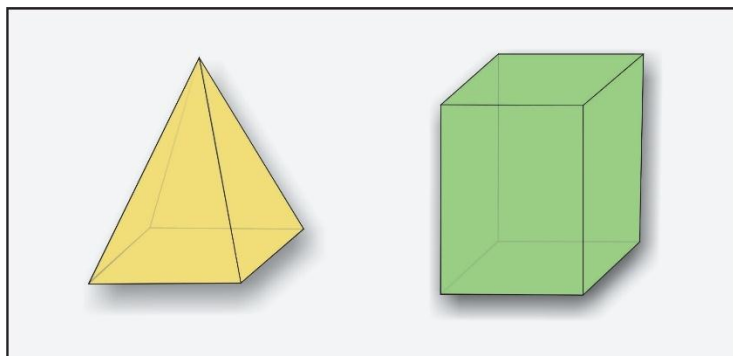
⁷ O papiro de Rhind é um documento egípcio de 1650 a.C., no qual é possível encontrar a resolução de 85 problemas de frações, aritmética, equações, trigonometria e Geometria.

⁸ O papiro de Moscovo é um documento egípcio de 1850 a.C., o qual contém 25 problemas matemáticos.

⁹ Os sólidos de Platão são poliedros regulares cujo todas as faces são polígonos regulares. Platão, filósofo grego de 347 a.C., teria estabelecido relações entre as classes de poliedros e a construção do universo associando o cubo, o icosaedro, o tetraedro, o octaedro e o dodecaedro, respetivamente, aos elementos terra, água, fogo, ar e, o último, ao universo.

Dentro do conjunto de todos os poliedros, existem dois grupos importantes: as Pirâmides, que possuem apenas uma base poligonal; e os Prismas que possuem duas bases congruentes e paralelas em planos distintos. A Figura 3 ilustra uma Pirâmide, à esquerda, e um Prisma, à direita.

Figura 3 – Exemplo de Pirâmide e Prisma



Fonte: elaborado pelo autor

A aprendizagem do conteúdo de Prismas, assim como de toda a Geometria Espacial, depende muito da habilidade da visualização para a compreensão de suas propriedades e características. Para auxiliar este processo existem vários *softwares* e diferentes tecnologias, como as citadas na seção 1.3, que permitem trabalhar os sólidos geométricos de modo a ter a visualização como nível inicial de construção do conhecimento. Cabe ao professor escolher o recurso que mais se adapta a sua metodologia e que mais favorece o aprendizado em sala de aula.

1.5 Algumas considerações sobre o ensino de Geometria Espacial

Este capítulo apresentou os argumentos de alguns autores que defendem a importância do ensino de Geometria. As muitas afirmações sobre os benefícios advindos da aprendizagem desta ciência indicam a relevância acadêmica e social das pesquisas que buscam contribuir com a melhoria do seu ensino.

Ao analisar tais argumentos, é possível relacionar a aprendizagem de Geometria Espacial com o desenvolvimento do pensamento geométrico que, por sua vez, se inicia com o desenvolvimento da habilidade da visualização.

Se a visualização, que pode ser entendida como a capacidade de criar representações mentais de um objeto de estudo e controlá-la de forma a ser possível extrair novas informações, é fundamental para o processo de aprendizagem, os professores devem trabalhar para que ela aconteça em sala de aula.

Porém, de acordo com Bicalho (2013), Jahn e Bongiovanni (2009) e Pais (2006), é justamente na falta do desenvolvimento da habilidade da visualização que o ensino de Geometria Espacial encontra um dos seus maiores obstáculos. Se os livros não são adequados para o estudo de conteúdos que necessitam da compreensão da tridimensionalidade, como é o caso do estudo de poliedros e Prismas, eles não deveriam ser a única ferramenta de apoio ao trabalho do docente.

As TIC surgem neste contexto como uma possível solução à necessidade de aprimorar a visualização em sala de aula. Se as tecnologias com maior capacidade de projeção tridimensional, como a Realidade Aumentada, podem criar melhores representações visuais, conforme afirmam Bucioli e Lamounier (2014), é possível que elas entreguem à educação geométrica os recursos didáticos mais adequados para apoiar a aprendizagem de conteúdos que necessitam da habilidade da visualização.

2 A REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia em expansão. Em poucos anos foi possível vê-la sair dos laboratórios e dos ambientes restritos à técnicos para tomar lugar nos escritórios, nas prateleiras dos supermercados, na mesa do café da manhã. E não poderia ser diferente no ambiente educacional (YAOYUNYONG et al., 2011).

Para compreender como a RA pode ser aplicada à educação, este capítulo foi dividido em duas seções. Primeiramente será apresentado, de forma resumida, os conceitos e aspectos técnicos necessários para o entendimento das etapas de desenvolvimento de um *software* de RA.

Em seguida, serão apresentados os principais fatos e concepções acerca da utilização desta tecnologia no meio educacional. Por meio de revisão bibliográfica foi possível encontrar tendências, vantagens e possibilidades para a aplicação da RA na educação.

2.1 Aspectos tecnológicos da Realidade Aumentada

Realidade Aumentada consiste em uma técnica avançada de interface computacional que permite a sobreposição de objetos virtuais sobre uma imagem do mundo real. Considerada uma variante da Realidade Virtual (RV), a RA suporta uma visualização de maneira altamente realista, incrementando a percepção do usuário no uso de uma interface de computador (DUARTE et al., 2005). Enquanto a Realidade Virtual transporta o usuário para um ambiente completamente sintético, a RA apenas aprimora o ambiente real (ANAMI, 2013).

Kirner e Kirner (2008, p. 7, tradução nossa) definem a RA da seguinte forma:

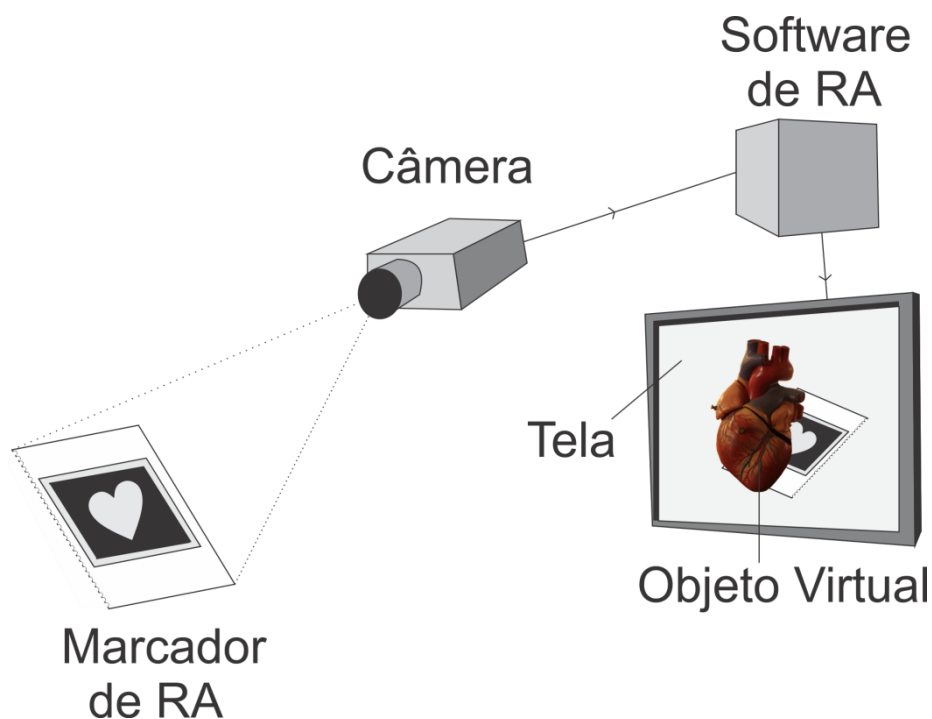
Realidade Aumentada é a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptado para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais.

Em outras palavras, a tecnologia RA permite que sobre uma imagem do mundo real, filmada por uma câmera e projetada em uma tela, apareçam objetos virtuais devidamente programados. Tais objetos podem ser figuras bidimensionais, animações em 3D, textos, setas ou qualquer outro conteúdo digital que complemente a imagem real, aumente a quantidade de informações sobre ela e/ou possibilite a interação entre o usuário e o que ele vê.

Segundo Megahed (2014, p. 37), a primeira invenção que contemplou esta tecnologia é atribuída ao engenheiro Tom Caudell que em 1992 criou um método que poderia mostrar virtualmente partes internas de uma aeronave (cabos e outras estruturas elétricas) sem a necessidade de abrir sua fuselagem. Depois vieram telas e capacetes que mostravam informações básicas aos pilotos.

Com o passar dos anos a RA se tornou mais simples, prática e funcional. Hoje, em poucas etapas, é possível criar um *software* e configurá-lo para que um objeto virtual apareça na tela, sobre uma imagem do mundo real, assim que um símbolo for detectado por uma câmera, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Esquema conceitual de um sistema de RA



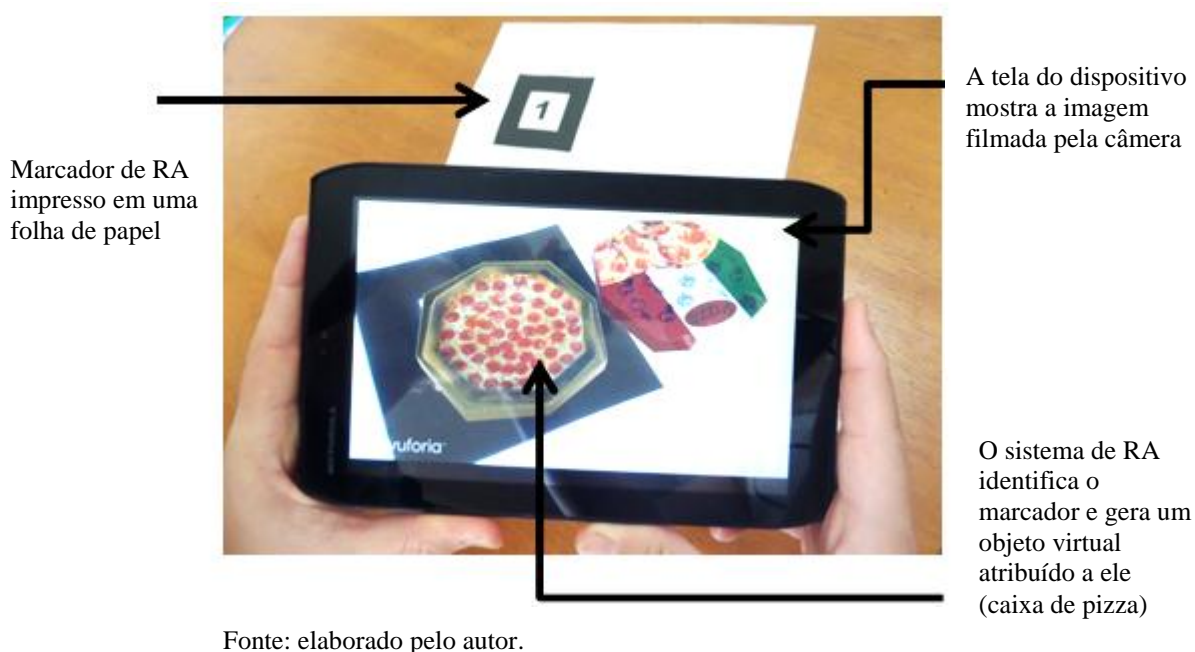
Fonte: elaborado pelo autor

Conforme é apresentado na Figura 4, uma câmera (que pode ser uma webcam, uma filmadora, uma câmera de *smartphone*, etc) filma uma imagem do mundo real (uma folha de papel) que contém um símbolo qualquer (um quadro com a figura de um coração). A este símbolo é dado o nome de marcador de RA. O *software*, responsável por receber a imagem da câmera, processá-la e enviá-la para a tela, identifica este marcador, localiza em sua base de dados o objeto virtual atribuído a ele (um modelo tridimensional de um coração) e faz aparecer na tela, sobre a imagem do mundo real, um objeto virtual.

Um marcador de RA, conforme Cardoso et al. (2014, p. 332), é um símbolo ou uma figura previamente cadastrada no *software* de RA que “ao serem impressos e inseridos fisicamente diante de uma câmera serão identificadas e irão disparar eventos programados”. Tais eventos, neste caso, são comandos internos que fazem aparecer na tela, e na posição desejada, objetos virtuais.

A Figura 5 mostra um exemplo real de um *software* de RA em funcionamento: a câmera de um *tablet* filma uma folha que contém um marcador de RA (figura com o número 1 impressa no papel) e mostra, na tela, uma caixa de pizza em três dimensões (objeto virtual atribuído a este marcador).

Figura 5 – Exemplo de Realidade Aumentada



Para que aconteça a sobreposição de objetos virtuais sobre uma cena do mundo real, como na Figura 5, é necessário trabalhar com ferramentas que possibilitem a criação de *softwares* com a tecnologia da RA. Geralmente, um dos primeiros passos para a construção de um *software* de RA é a escolha de um ambiente de desenvolvimento.

Um ambiente de desenvolvimento, também chamado de IDE (*Integrated Development Environment*) é um programa de computador que integra várias ferramentas para o desenvolvimento de *softwares*. Nele, é possível encontrar ferramentas para apoiar as etapas de construção de um novo *software*, desde a escolha da linguagem de programação até a realização dos testes finais. Eclipse, Netbeans e

Unity3D são exemplos de IDE que podem ser utilizados para trabalhar com bibliotecas de RA.

Na área da ciência da computação, o termo biblioteca é usado para fazer referência a um conjunto de subprogramas¹⁰ usados no desenvolvimento de *softwares*. Em geral, a biblioteca escolhida para o desenvolvimento de um *software* é importada para dentro do IDE onde irá se unir às demais ferramentas existentes e completar o conjunto de ferramentas necessárias. Vuforia, ARtoolkit e FLARToolkit são exemplos de bibliotecas usadas para subsidiar o desenvolvimento de *softwares* de RA.

De forma generalizada e resumida, após a escolha de um IDE e de uma biblioteca, um *software* de RA pode ser desenvolvido executando as seguintes etapas:

1. Uma figura escolhida para ser um marcador de RA é digitalizada, importada e cadastrada no IDE;
2. Um objeto virtual (um modelo 3D, por exemplo) é importado para o IDE e atribuído ao marcador de RA já cadastrado;
3. Utilizando as ferramentas disponíveis no IDE, juntamente com alguma linguagem de programação, são feitas as telas, os menus e demais configurações para que o objeto virtual importado apareça na tela assim que a câmera filmar a figura cadastrada.
4. Por fim, é preciso gerar o instalador do *software* criado de acordo com a plataforma desejada.

O termo plataforma faz referência à combinação entre o hardware do equipamento, no qual será instalado o *software* desenvolvido, e o sistema operacional que ele possui. No Unity3D, por exemplo, é possível gerar instaladores para as plataformas PC/Windows, Mac/iOS, BlackBerry, Mobile/Android, entre outras.

O desenvolvimento de *softwares* de RA para plataformas móveis (*Mobile Devices*), como *tablets* e *smartphones*, representa forte tendência entre os desenvolvedores desta tecnologia, conforme Henrysson (2007, p. 23). De acordo com o autor, a RA encontrou nos dispositivos móveis um grande aliado para sua disseminação entre o público geral. As vantagens da RA nestes dispositivos vão além da mobilidade. Neles, a inserção de objetos virtuais sobre uma imagem do mundo real ocorre de forma mais natural e intuitiva, já que o usuário pode posicionar o seu *tablet* (ou qualquer outro dispositivo) diretamente sobre uma cena do mundo real, aproximando-o, inclinándolo e

¹⁰ Subprograma é um programa pequeno que auxilia um programa maior a resolver uma tarefa específica, geralmente de forma automática, rápida e imperceptível ao usuário.

buscando o melhor ângulo possível, diferentemente do que ocorreria caso o *software* de RA estivesse instalado em um *Desktop*¹¹ (HENRYSSON; 2007, p. 28).

Ademais, a opção de destinar um *software* de RA para um dispositivo móvel é a opção mais óbvia quando a possibilidade de movimento da câmera é um requisito fundamental, como é o caso de aplicativos¹² que incentivam o usuário a explorar outros pontos de vista e construir o seu próprio conhecimento (LIMA, 2010, p. 69).

Independente da plataforma escolhida, ainda é provável que durante a etapa de desenvolvimento de um *software* de RA seja necessário utilizar *softwares* de edição de imagens, modeladores 3D, animadores gráficos ou outras ferramentas que auxiliarão a criação dos objetos virtuais. O domínio de uma linguagem de programação também é fundamental para criar as opções dos menus, programar os modos de interação com o usuário e desenvolver outras funções adicionais desejadas ao *software*.

2.2 Aspectos educacionais da Realidade Aumentada

É possível que a RA apresente grande potencial em todas as áreas onde a rápida transferência de informação é importante. Porém, de acordo com Yaoyuneyong et al. (2011), Anami (2013) e Rodrigues et al. (2010), é na educação que esta tecnologia contribui de maneira mais significativa ao permitir o processo de exploração, descoberta, observação e construção de novo conhecimento, oferecendo ao aprendiz a oportunidade de melhor compreensão do objeto de estudo.

Para que essa construção de novo conhecimento aconteça de forma mais eficiente, Cardoso et al. (2014, p. 331) lembra que é necessário ver o “teórico aplicado de maneira prática”, ou seja, fazer com o que antes era visto apenas no papel, passe a ser visto em “imagem e movimento”. E este é um dos fatores que fazem com que a RA seja uma tecnologia promissora para a educação ao possibilitar a interação entre o plano e estático com o virtual em movimento.

¹¹ *Desktop* é um tipo de computador pessoal destinado para o uso em local fixo, geralmente sobre uma mesa devido ao seu tamanho e requisitos de energia, geralmente caracterizado por ter seu gabinete fisicamente separado do seu monitor de vídeo.

¹² *Software* Aplicativo, ou simplesmente aplicativo, como será tratado doravante, é um tipo de *software* que auxilia o usuário a realizar uma atividade específica. Por exemplo, uma calculadora para realizar contas matemáticas, um editor de texto para escrever textos ou, no caso de aplicativos educacionais, um *software* para auxiliar o estudo de um determinado conteúdo.

De fato, o emprego da RA no ambiente educacional tem crescido constantemente. De acordo com o New Media Consortium¹³ (NMC), responsável por identificar e compreender as tecnologias emergentes que prometem ter um impacto significativo em vários setores ao redor do mundo e, inclusive, impactar positivamente a aprendizagem e a educação, a RA já teria uso generalizado nos *campi* universitários dos Estados Unidos até o ano de 2015 (NMC, 2011, p. 7).

No Brasil, conforme Cardoso et al. (2014), o uso da RA na educação, apesar de crescente, ainda é pequeno e precisa ser mais pesquisado e divulgado, pois “a utilização dessa tecnologia estimula e facilita a aquisição do conhecimento por parte do praticante” e, no caso do ensino, pode “ajudar o docente em suas práticas educacionais possibilitando diversas maneiras de ensinar” (CARDOSO et al. 2014, p. 331-332).

O autor ainda afirma que o uso dessa tecnologia se adapta muito bem a conteúdos cuja abstração se torna muito complexa. “Esse recurso tecnológico torna-se extremamente eficiente por possuir a capacidade de exibir objetos, com uma grande riqueza de detalhes, no contexto solicitado pelo docente”, sem depender apenas da capacidade de imaginação do aluno que, por ser subjetiva, pode gerar informações imprecisas (CARDOSO et al., 2014, p. 332).

Outras vantagens da RA aplicada à educação, citadas por Yaoyuneyong et al. (2011, p. 127), são:

- Potencial para envolver, estimular e motivar os alunos à explorar objetos de diferentes ângulos;
- Capacidade de ajudar os alunos a visualizar conteúdos do mundo real que não estão totalmente disponíveis (como na astronomia e na geografia);
- Possibilidade de desenvolver a imaginação e a criatividade dos alunos;
- Facilidade de criar uma aprendizagem autêntica de acordo com vários estilos de aprendizagem.

Ainda existem muitos benefícios que podem ser percebidos quando esta tecnologia é aplicada em uma área específica. A introdução da RA na matemática, por exemplo, pode eliminar uma das grandes dificuldades do aluno que, segundo Kaufmann e Schmalstieg (2002, p. 37), é conseguir visualizar um complexo objeto de estudo tridimensional da Geometria Espacial.

¹³ O NMC é uma organização internacional sem fins lucrativos dedicado a explorar a utilização de novas tecnologias com foco no aprendizado. Seus relatórios podem ser acessados em <http://www.nmc.org/nmc-horizon>.

Aliás, a relação entre as dificuldades de aprendizagem de Geometria Espacial e a falta do desenvolvimento da habilidade da visualização, já foram apontados por Bicalho (2013), Jahn e Bongiovanni (2009) e Pais (2006) no capítulo 3. De acordo com estes autores, o livro didático não é suficiente para apoiar o ensino de conteúdos que abordam a tridimensionalidade.

Para solucionar problemas como este, Yaoyuneyong et al. (2011, p. 127), sugerem a utilização de *softwares* de RA para incrementar os livros impressos, pois, segundo estes autores, a sobreposição de objetos virtuais sobre uma página de um livro pode trazer novas informações, permitir melhor visualização, possibilitar a interatividade e despertar o interesse pela exploração e construção do próprio conhecimento.

2.3 Algumas considerações sobre a Realidade Aumentada

Após ler as obras dos autores que compuseram o referencial teórico deste capítulo, foi possível observar que existem fatores bem definidos:

1. há vantagens na aplicação da tecnologia da RA sobre a educação (Yaoyuneyong et al. (2011), Anami (2013), Rodrigues et al. (2010), Cardoso (2014) Kaufmann e Schmalstieg (2002));
2. há vantagens quando a tecnologia da RA é usada em dispositivos móveis (Henrysson (2007), Lima (2010));
3. há possibilidades de incrementar os livros didáticos com objetos virtuais gerados por *softwares* de RA (YAOYUNYONG et al., 2011).

Ao relacionar estes fatores com o problema do desenvolvimento da habilidade da visualização e, em consequência, da aprendizagem de Geometria Espacial, conforme exposto por Bicalho (2013), Jahn e Bongiovanni (2009) e Pais (2006) no capítulo 2, foi possível traçar um caminho para esta pesquisa.

Se por um lado existem dificuldades na aprendizagem devido à representação figural de sólidos geométricos tridimensionais em um plano bidimensional, como é o caso dos livros impressos, por outro as vantagens da aplicação da RA sobre a educação, potencializadas pelas vantagens trazidas pelos dispositivos móveis, constituíram uma provável solução a ser investigada.

Foi diante deste contexto que esta pesquisa propôs a criação do Objeto de Aprendizagem denominado RA.Geo, um aplicativo destinado à dispositivos móveis

para ser usado juntamente com o livro didático de matemática, com a finalidade de mostrar aos alunos objetos virtuais tridimensionais referentes ao conteúdo de Poliedros/Prismas.

Para o desenvolvimento deste recurso didático, foram escolhidos a biblioteca Vuforia e o IDE Unity3D. A Vuforia foi escolhida por ter apresentado satisfatória capacidade de identificação de marcadores de RA, permitindo usar as próprias figuras do livro didático como marcadores responsáveis por fazer aparecer objetos virtuais sobre elas. Já o Unity3D foi escolhido por ser um ambiente de desenvolvimento próprio para o trabalho com objetos tridimensionais, contendo maior quantidade de ferramentas específicas para este fim. A forma simples que o Unity3D possibilita a criação de *softwares* para dispositivos móveis também foi fator determinante para a sua utilização.

Por fim foram escolhidos os dispositivos móveis e o sistema operacional *Android*¹⁴ como plataforma nativa do Objeto de Aprendizagem desenvolvido. Esta escolha ocorreu por este ser o sistema mais presente nos *smartphones* dos alunos da turma na qual seria aplicado o recurso didático criado.

A preferência pelo desenvolvimento exclusivo para dispositivos móveis também se deu pelo fato de estes estarem disponíveis a qualquer momento, junto aos alunos e dentro da sala de aula, o que descartou a necessidade de deslocar os alunos para um laboratório de informática. Ademais, por serem aparelhos de uso particular, os *tablets* e *smartphones* podem ser usados em qualquer lugar, seja em casa durante o estudo individual ou, por exemplo, em uma biblioteca durante um estudo em grupo, descartando, inclusive, a necessidade de conexão à internet.

¹⁴ Android é um sistema operacional desenvolvido pela empresa Google destinado, principalmente, à *tablets* e *smartphones*.

3 OS OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Desde o surgimento da Internet, é crescente o número de pessoas que a utilizam para compartilhar conhecimento. Conforme ela foi evoluindo, também foram sendo criados, aprimorados e disponibilizados novos conteúdos educacionais para trabalhar diferentes conceitos e componentes curriculares.

É o caso dos Objetos de Aprendizagem que são utilizados para apoiar o trabalho dos professores e possibilitar diferentes maneiras de aprender. A criação e disponibilização deles é cada vez mais frequente e são muitos os pesquisadores que buscam compreender as suas vantagens e criar novos meios de melhorar o ensino (BRAGA et al., 2014).

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos, as classificações e as características técnicas e pedagógicas necessárias para a concepção de um novo Objeto de Aprendizagem.

Também serão expostos nesta seção os principais componentes da metodologia INTERA, a qual foi escolhida para amparar o processo de criação do aplicativo desenvolvido nesta pesquisa.

3.1 Definição de Objetos de Aprendizagem

O termo Objetos de Aprendizagem (OA) é utilizado desde o início dos anos 2000 para descrever materiais didáticos desenvolvidos para apoiar o processo de ensino e aprendizagem. Nesta época, o Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (*Institute of Electrical and Eletronics Engineers - IEEE*) criou um comitê para desenvolver padrões de tecnologia educacional denominado *Learning Techonology Standars Committee* (LTSC). Este comitê elaborou o seguinte conceito sobre OA:

Um Objeto de Aprendizagem é definido como uma entidade, digital ou não digital, que pode ser usada, reusada ou referenciada durante o ensino com suporte tecnológico. Exemplos de ensino com suporte tecnológico incluem sistemas de treinamento baseados no computador, ambientes de aprendizagem interativa, sistemas instrucionais auxiliados por computador, sistemas de ensino a distância e ambientes de aprendizagem colaborativa. Exemplos de Objetos de Aprendizagem incluem conteúdo multimídia, conteúdos instrucionais, objetos de ensino, *software* instrucional e *software* em geral (IEEE, 2002).

De modo semelhante, outros autores definiram tais objetos evidenciando os aspectos de reuso e de interatividade, porém, para eles, o formato digital é uma característica fundamental. Wiley (2002), por exemplo, define um OA como “qualquer recurso digital que pode ser utilizado para suporte ao ensino”. Braga et al. (2014) cita as imagens, os vídeos, os *softwares*, as animações e outros conteúdos digitais como exemplos de objetos que podem ser utilizados na aprendizagem, desde que estes possam ser reutilizados em diferentes momentos.

Estes autores também lembram que por serem desenvolvidos com fins educacionais, os OA podem cobrir diversas modalidades de ensino como presencial, híbrida ou a distância. Ainda podem ser empregados na educação formal, corporativa ou informal e se apresentarem como unidades de pequena extensão e fácil manipulação podendo ser combinados com outros objetos educacionais ou qualquer outra mídia digital. Além disso, um Objeto de Aprendizagem pode ter usos variados, pois o seu conteúdo pode ser alterado e ainda ter sua interface modificada para se adaptar a outros módulos.

3.2 Características de Objetos de Aprendizagem

Apesar das discussões sobre OA estarem relacionadas com o cenário acadêmico, existe um esforço de algumas instituições de tecnologia em criar e divulgar padrões metodológicos e técnicos para o desenvolvimento destes objetos. A padronização do desenvolvimento de materiais educacionais ajuda a assegurar a presença de algumas características em todos os OA.

Mendes (2004) lembra que a grande quantidade de pesquisas relacionadas aos OA dificulta uma unânime caracterização e há até falta de consenso em relação ao termo “Objeto de Aprendizagem”. Por outro lado, há concordância entre os estudiosos que os OA devem ter um propósito educacional estabelecido que estimule a reflexão do estudante e que tenha sido desenvolvido de maneira a serem facilmente reutilizados em outros contextos de aprendizagem.

Do ponto de vista tecnológico, Mendes (2004) afirma que embora existam autores que citem outras características, pode-se afirmar que as mais importantes são:

- **Reusabilidade:** o objeto deve ser desenvolvido de forma a garantir a sua reutilização por inúmeras vezes, em diferentes contextos e para diferentes propósitos, independente do ambiente de aprendizagem;

- Granularidade: o objeto deve apresentar a possibilidade de trabalhar o conteúdo de ensino em pedaços, fragmentado em pequenas unidades, de forma a facilitar a sua reusabilidade;
- Acessibilidade: é a característica dos OA poderem ser acessados em repositórios na internet. A acessibilidade está ligada ao fato dos objetos serem identificados pelos metadados, deixando-os mais fáceis de serem localizados;
- Usabilidade: o software deve ser de fácil navegação, apresentar qualidade dos recursos e conter menus de informações;
- Durabilidade: possibilidade de continuar a ser usado, independente da mudança de tecnologia, de forma a evitar a obsolescência;
- Interoperabilidade: habilidade de operar através de uma variedade de *hardwares*, sistemas operacionais e *browsers*;
- Metadados: possuir informações que os descrevam permitindo que sejam facilmente localizados por mecanismos de busca.

Por outro lado, existem aspectos pedagógicos aos quais os OA devem seguir. Tais aspectos pedagógicos, segundo Lima et al. (2013) são grupos de elementos que podem estar presentes nos OA para auxiliar a aprendizagem e o ensino, apoiando a produção de conhecimento no processo educativo de alunos e professores, afinal, se a finalidade do desenvolvimento destes está ligada diretamente à aprendizagem é importante destacar características que são anexadas ao OA quando eles são utilizados para compor o cenário educacional.

Dessa forma, ao tratar dos aspectos pedagógicos, Lima et al. (2013) relacionam as seguintes características aos OA:

- Reusabilidade: pode ser integrado a um novo escopo pedagógico ou ser utilizado por distintos tipos de alunos e diferentes contextos;
- Interatividade: deve apresentar a possibilidade de interação do estudante com o conteúdo de alguma forma;
- Autonomia: deve apresentar a possibilidade de independência pessoal e papel ativo do estudante ao dar ênfase à interatividade e ao controle do aprendiz encorajando-o à exploração;
- Pertinência ao programa curricular: possui pertinência ao conteúdo trabalhado em sala de aula, pode possuir semelhança com o conteúdo apresentado em livros didáticos.

- Aprendizagem cooperativa: os usuários podem trocar ideias para construir uma aprendizagem colaborativa.
- Ações metacognitivas: Cria condições que possibilitam uma reflexão sobre o que se está fazendo, instiga o confronto de ideias, a imaginação e a verificação de hipóteses.

Lima et al. (2013) ainda lembram que tais características pedagógicas são desejáveis, ou seja, dependendo do contexto ou da sua finalidade, um Objeto de Aprendizagem pode não conter todas elas, mas ainda pode ser uma boa ferramenta para apoiar o ensino em sala de aula.

3.3 Classificação de Objetos de Aprendizagem

Os OA podem ser classificados de diferentes formas dependendo do critério de classificação a ser escolhido. Eles podem, por exemplo, serem categorizados de acordo com o grau de multimodalidade¹⁵, com o nível de complexidade ou até o nível de atenção necessária por parte do usuário.

Classificar um OA é necessário antes mesmo do seu próprio desenvolvimento para que sejam definidas as tecnologias empregadas, a forma de abordar os assuntos e até os objetivos que se pretende alcançar ao utilizá-lo. De forma resumida e generalizada, Gonzalez (2005) propõe a classificação para OA em objetos de instrução, objetos de colaboração, objetos de prática e objetos de avaliação.

Os objetos de instrução, conforme o autor, também chamados de objetos de apresentação, têm o propósito de apenas transmitir certo conceito. São objetos destinados ao apoio da aprendizagem que podem conter lições em modo de vídeo, imagem, textos, seminários, webconferências, artigos, etc. Esse tipo de objeto utiliza mensagens sequenciais para fazer a transmissão de conhecimento, com o mínimo possível de interatividade. Gonzalez (2005) cita o objeto “Solvente no motor, como estragar seu carro¹⁶”, representado na Figura 6, como exemplo deste tipo de OA. Nele é apenas mostrada uma história na qual os personagens conversam sobre um carro que apresentou defeito e o motivo seria o teor de álcool do combustível (conteúdo proposto pelo objeto).

¹⁵ Multimodalidade é uma característica dos ambientes de aprendizagem que utilizam simultaneamente dois ou mais modos de apresentação, como verbal e não verbal, por exemplo.

¹⁶ Disponível em: http://www.labvirtq.fe.usp.br/simulacoes/quimica/sim_qui_solventenomotor.htm

Figura 6 – Exemplo de objeto de instrução



Fonte: LabVirt – USP

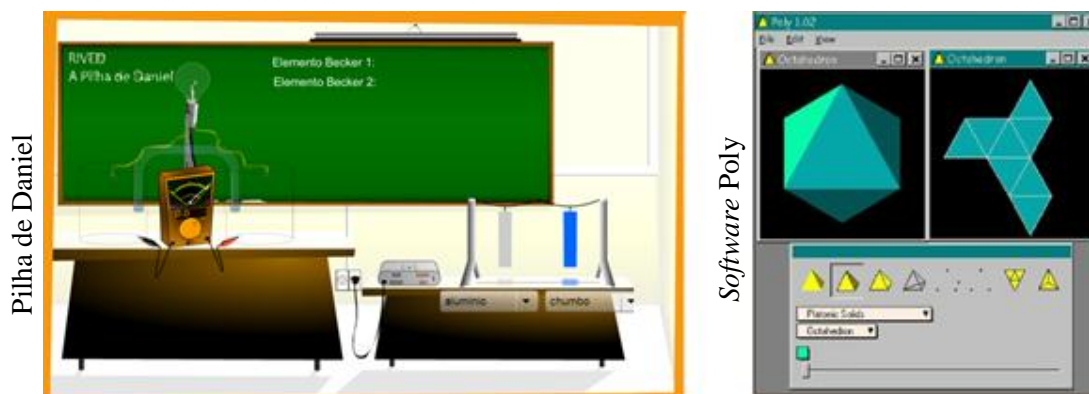
Os objetos de colaboração são objetos para a comunicação em ambientes de aprendizagem colaborativa podendo promover o intercâmbio entre aprendizes e monitores por meio de chats, fóruns, reuniões on-line, etc. Exemplos deste tipo de objeto são os ambiente virtuais de aprendizagem como o Atutor ou o Moodle no qual todos os participantes podem trocar experiências e promover um aprendizado colaborativo.

Os objetos de prática são objetos destinados à autoaprendizagem que geralmente possuem alta interação com o aprendiz. São objetos que objetivam a construção do próprio conhecimento e que podem conter simuladores práticos ou conceituais, laboratórios on-line ou atividades de investigação. Gonzalez (2005) afirma que neste tipo de OA podem conter simulações de sistemas ou procedimentos que permitem aos alunos obter ou manipular os dados de uma determinada situação, como é caso do objeto Pilha de Daniel¹⁷ (Figura 7), ou também podem conter modelos conceituais que permitem a visualização de um mesmo sólido de diferentes pontos de vista, como é o caso do objeto Poly¹⁸ (Figura 7).

¹⁷ Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/18002/pilha.swf>

¹⁸ Disponível em: <http://www.peda.com/poly/>

Figura 7 – Exemplo de objetos de prática



Fonte: Portal do Professor

Por fim, Gonzalez (2005) ainda apresenta a categoria dos objetos de avaliação que possuem a função de avaliar o nível de conhecimento de um aprendiz podendo ser uma pré-avaliação, uma avaliação de proficiência ou uma certificação. Um exemplo deste tipo de objeto pode ser encontrado em sites de provas *online* como, por exemplo, o site <http://somatematica.com.br/online.php> no qual é possível simular a realização de testes de acordo com o conteúdo escolhido.

3.4 Metodologias para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem

O desenvolvimento de um OA é uma área interdisciplinar e não pode ser considerado um processo trivial. Ele pode envolver a participação de diferentes profissionais como professores, programadores, designers, músicos, gerentes de projeto e muitos outros dependendo do tipo do projeto e do tamanho do produto final (BRAGA, 2015).

Consequentemente é importante usar metodologias apropriadas para organizar, padronizar e facilitar a comunicação entre as partes envolvidas neste processo. Braga (2015, p. 24) lembra que a adoção de metodologias inadequadas ou a não adoção de uma metodologia pode gerar objetos que não atendam as necessidades de aprendizagem ou que possuem baixa qualidade técnica. Segundo ela:

os OA podem ser desenvolvidos de várias formas, sem seguir regras ou padrões. Contudo, para garantir que os OA sejam eficazes para o aprendizado e possam ser reutilizados parcial ou integralmente para atividades, esses devem ser produzidos segundo critérios e processos tecnológicos e pedagógicos (BRAGA et al. 2012, p. 2).

Conforme a autora, atualmente existem vários critérios e processos para o desenvolvimento de OA. Existem metodologias que são baseadas em abordagens para a

elaboração de conteúdos instrucionais com ênfase na parte pedagógica (como o modelo ADDIE¹⁹ e o Processo RIVED²⁰) e outras que são baseadas em processos de desenvolvimento de software com ênfase na parte técnica (como o processo SOPHIA²¹ e o processo RUP²²). Mas ainda é necessário difundir metodologias que equilibrem a área técnica e a área pedagógica (BRAGA, 2015, p. 27).

Com base nessa necessidade, o grupo de pesquisa INTERA da Universidade Federal do ABC (UFABC) propôs uma metodologia inspirada em processos de desenvolvimento de software e em modelos de desenvolvimento de conteúdo instrucional. A metodologia INTERA para desenvolvimento de OA é considerada por Dotta (2013, p. 314) como a mais adequada para questões técnicas e de reuso de OA, além de “abordar de forma adequada a questão pedagógica”.

Braga (2015, p. 29) afirma que a metodologia INTERA “deve ser considerada um arcabouço de processos para o desenvolvimento de qualquer tipo de conteúdo digital utilizado para a aprendizagem”, independente da sua granularidade, tamanho ou complexidade.

3.4.1 A metodologia INTERA

A metodologia INTERA (Inteligência, Tecnologias Educacionais e Recursos Acessíveis) para desenvolvimento de OA foi inspirada em metodologias de desenvolvimento de *software* e no modelo ADDIE para desenvolvimento de conteúdos instrucionais, além de ser amparada no guia PMBOK²³ para gerenciamento de projetos.

Independente do tamanho do projeto ou do tipo do OA, a metodologia INTERA possui os seguintes componentes: fases, papéis, etapas e artefatos.

As fases são os períodos a que as etapas de metodologia podem pertencer. São elas: inicial, intermediária e de transição. Os artefatos são os dados gerados durante todo o processo, desde documentos a códigos fonte. Os papéis descrevem as funções de cada pessoa e cada uma pode assumir mais de um papel.

¹⁹ O modelo ADDIE é um padrão de Design Instrucional para criação de cursos e treinamentos. Em inglês a sigla significa Analysis (Análise), Design (Desenho), Development (Desenvolvimento), Implementation (Implementação) e Evaluation (Avaliação).

²⁰ O processo RIVED é um modelo de desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem proposto pela Secretaria de Educação a Distância do Ministério da Educação.

²¹ O processo Sophia é um processo de produção de Objetos de Aprendizagem proposto por Pessoa e Benitti (2008).

²² O RUP, de propriedade da empresa IBM, é um processo de desenvolvimento de *software* que fornece técnicas para aumentar a produtividade de uma equipe de desenvolvedores.

²³ PMBOK (Project Management Body of Knowledge) é um conjunto de práticas utilizadas na gestão de projetos muito difundido entre os profissionais de Tecnologia da Informação.

São considerados papéis na metodologia INTERA: analista, gestor de projetos, designer de interface, designer técnico, equipe de desenvolvimento e Equipe de Teste, conforme quadro 1.

Quadro 1 – Descrição das atividades dos papéis da metodologia INTERA

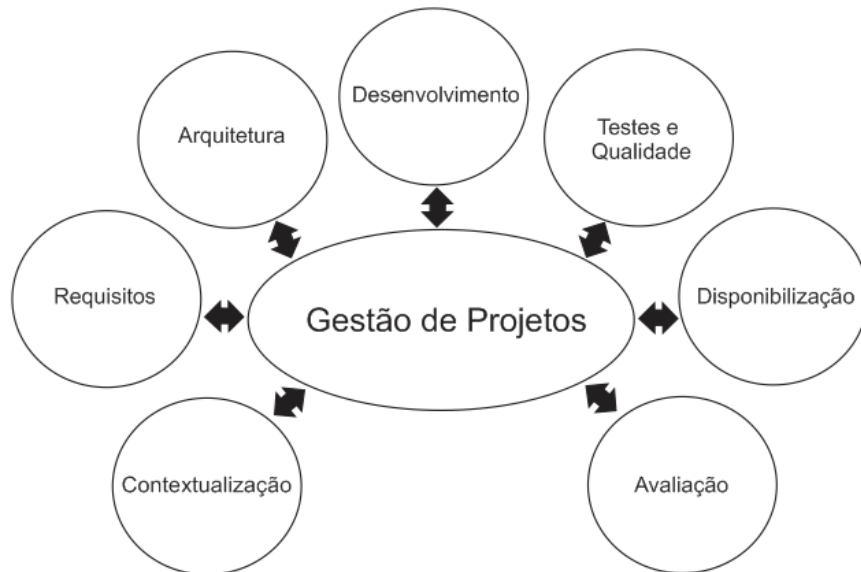
Papel	Descrição das atividades
Analista	Responsável por fazer o levantamento e análise do contexto e dos requisitos do OA. Também é responsável por elaborar o planejamento da qualidade e dos testes do OA.
Gestor de projetos	Responsável por planejar e gerenciar o projeto de desenvolvimento do OA. Faz parte de suas atribuições: manter a comunicação entre a equipe, acompanhar o cronograma, o escopo e o custo do projeto,
Designer de interface	Projeta os componentes de interface do OA de forma a potencializar o entendimento do conteúdo a partir do uso de linguagens e formatos variados (hipertexto, da mixagem e da multimídia).
Designer Técnico	Responsável pelas escolhas tecnológicas para o desenvolvimento do OA, de acordo com seu contexto e requisitos. Exerce a função de um consultor técnico e necessita ter formação na área de computação ou similar
Equipe de desenvolvimento	Responsável pelo desenvolvimento ou produção do OA.
Equipe de testes	Responsável por realizar diferentes tipos de testes ao longo do desenvolvimento do OA. Faz parte de suas atribuições testar as funcionalidades, a acessibilidade, a confiabilidade etc.

Fonte: Adaptado de Braga (2014, p. 30)

As etapas, por sua vez, são coleções de atividades relacionadas em uma mesma área de interesse. Cada uma delas é dividida em três elementos: as entradas que são as informações ou os artefatos necessários ao desenvolvimento; as práticas que são as técnicas usadas para a produção do OA; e as saídas que são as informações ou artefatos gerados no final de cada etapa. A saída de uma ou mais etapas geralmente é a entrada das etapas subsequentes.

Ao todo, a metodologia INTERA possui sete etapas consecutivas que são integradas pela gestão de projetos, conforme a Figura 8.

Figura 8 – Etapas da metodologia INTERA



Fonte: Adaptado de Braga (2015, p. 32)

Na etapa de contextualização é necessário definir o contexto pedagógico do OA na qual é preciso descrever as condições gerais de uso do objeto assim como seu público alvo, ementa, cenário, modalidade de ensino, objetivo de aprendizagem, etc.

Na etapa de requisitos é feito o levantamento do que necessita ter no OA, suas características técnicas e pedagógicas.

A arquitetura é a etapa de esboço do OA. Nesta etapa são definidas as tecnologias mais adequadas para o seu desenvolvimento, os padrões a serem adotados, e os componentes de reuso que devem ser criados.

Desenvolvimento é a etapa em que o OA e todos seus componentes de reuso (manuais, guia de instalação, etc) são criados.

Na etapa de testes e qualidade é feito as validações das características técnicas, como acessibilidade e usabilidade, juntamente com as validações das características pedagógicas levantadas anteriormente. Geralmente, os testes são realizados pelos próprios gestores do projeto auxiliados por professores convidados.

A etapa de disponibilização é reservada para viabilizar o acesso ao OA desenvolvido, assim como sua documentação. A sua publicação em repositórios destinados a este fim é fundamental para garantir a característica de reusabilidade.

Por fim, na etapa de avaliação ocorre a aplicação do objeto em sala de aula, com o objetivo principal de avaliar as suas contribuições para o aprendizado. De acordo com Braga (2015), a avaliação de um material educacional se faz necessária quando se pretende utilizá-lo

no ensino e tal avaliação não se restringe apenas a testes e verificações de defeitos de funcionamento, mas também a observações sobre a viabilidade de seu uso, a facilidade de manipulação, entre outros.

A metodologia INTERA considera que um Objeto de Aprendizagem pode ser considerado válido para a aprendizagem se a sua aplicação em sala de aula obter resultados positivos, ou seja, se durante a etapa de avaliação for possível observar que o OA atingiu os objetivos desejados (BRAGA, 2015).

De modo semelhante, Fernandes et al. (2009, p8) afirmam que envolver no processo avaliativo os usuários do material a ser avaliado é muito importante para garantir que certos fatores sejam considerados para qualificação destes recursos. Porém, diferentemente da metodologia INTERA, a qual impõe a etapa de avaliação somente após a disponibilização do OA, Fernandes et al. (2009, p. 8) sugerem que testar o objeto desenvolvido na escola ou em um grupo de usuários selecionados, antes mesmo de publicá-lo em repositórios da Internet, pode “elucidar muitas percepções”.

De fato, se o OA desenvolvido for disponibilizado antes de ser aplicado em uma sala de aula, mesmo tendo sido aprovado na etapa de testes, a sua validação final pode não ser satisfatória, pois é durante a aplicação em um ambiente real (sala de aula), com sujeitos legítimos (alunos) que podem surgir detalhes a serem corrigidos ou, ainda, opções a serem incrementadas.

E para fins de validação de um OA em sala de aula, Silva (2011, p. 51) cita uma técnica que tem sido muito apreciada por retornar uma resposta rápida e possuir custo baixo. O autor a chama de técnica da “observação dos usuários na prática”. Nela, por meio de observações, questionários e entrevistas, é possível solicitar as opiniões dos usuários, as quais podem ser bastante úteis para conhecer a qualidade final do objeto que foi desenvolvido.

3.5 Algumas considerações sobre os Objetos de Aprendizagem

Neste capítulo foram apresentados os conceitos e as características técnicas e pedagógicas mais importantes, segundo Mendes (2004) e Lima et al. (2013), para a padronização de OA. Tais características foram observadas durante todo o processo de concepção do OA desenvolvido nesta pesquisa, assim como as classificações propostas por Gonzalez (2005), que fizeram com que ele fosse criado com os mesmos objetivos de um OA do tipo objeto de prática.

A metodologia INTERA de desenvolvimento de OA, proposta pelo grupo de pesquisa da UFABC, foi escolhida para amparar todo o processo de criação, desde o planejamento até a validação do *software* desenvolvido. Esta escolha ocorreu devido às indicações de autores como Dotta (2013) e Braga et al. (2014), que afirmam ser a metodologia mais adequada para questões técnicas e de reuso de OA, além de ser adequada para a questão pedagógica.

Por fim, com base nos argumentos de Fernandes et al. (2009) e Silva (2011), a aplicação do OA em sala de aula constituiu a forma escolhida para realizar a etapa de avaliação. Como sugerido por eles, as observações e os questionários foram os meios escolhidos para gerar dados com a finalidade de validar o objeto desenvolvido.

As fases, papéis e artefatos utilizados durante o trabalho de criação do OA, bem como o detalhamento das etapas de contextualização, requisitos, arquitetura, desenvolvimento, testes, disponibilização e avaliação estão descritos no capítulo 4, destinado a apresentar os percursos metodológicos de toda a pesquisa.

4 O APLICATIVO RA.GEO

O RA.Geo, acrônimo para Realidade Aumentada na Geometria, é um aplicativo que usa a tecnologia da Realidade Aumentada para ser utilizado como recurso didático no ensino de Geometria Espacial. Desenvolvido como produto educacional desta pesquisa, ele foi aplicado em uma sala de aula de um colégio público para que fosse possível analisar as suas contribuições para a aprendizagem.

Entre as principais características deste *software* estão a possibilidade de gerar projeções em 3D sobre o próprio livro didático adotado pela instituição de ensino (o que descarta a necessidade de elaboração de novo material a ser levado para a sala de aula); a possibilidade de exibir objetos tridimensionais em formato de animação (o que permite a construção de novo conhecimento por meio da visualização de “imagem e movimento” (CARDOSO et al., 2014, p. 331)); e a sua compatibilidade com dispositivos móveis (o que descarta a necessidade do acesso à Internet ou a utilização de um laboratório de informática).

Os detalhes e as técnicas utilizadas no desenvolvimento do RA.Geo, desde a fase inicial de planejamento até a sua avaliação realizada em sala de aula, serão descritos nas seções seguintes.

4.1 O Projeto RA.Geo

A metodologia INTERA de desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem foi a metodologia escolhida para amparar todas as etapas de execução do projeto de criação deste recurso didático. Conforme exposto no capítulo anterior, para que sejam garantidas as características e as qualidades necessárias a um OA, ela sugere que eles sejam criados observando sete etapas consecutivas que se interagem com a gestão do projeto.

De acordo com a metodologia INTERA, a escolha dos membros que formarão a equipe de criação do OA, assim como a definição das funções de cada um deles, é uma das primeiras tarefas a serem realizadas ainda na fase inicial de planejamento do trabalho. Essa definição é importante para que sejam compreendidas, durante a execução de todo o projeto, quais são as responsabilidades de cada um, já que as funções de cada papel são devidamente descritas e documentadas.

Também é comum, como afirma Braga et al. (2014, p. 49), que em um projeto de desenvolvimento de um novo OA existam vários papéis para um mesmo membro, já que cada

projeto pode ter diferentes realidades, podendo ser de pequenas dimensões e contar com poucos recursos financeiros.

O projeto de desenvolvimento do RA.Geo contou com a participação de três pessoas, aqui definidas como Professor A, Professor B e Pesquisador. O quadro 2 apresenta o papel de cada membro da equipe, conforme as responsabilidades previstas na seção 3.4.1 do capítulo anterior (página 39).

Quadro 2 – Membros e papéis do projeto RA.Geo

Membro	Papéis	Formação
Pesquisador	Analista, Gestor de Projetos, Designer Técnico, Designer de Interface e Programador	Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistema
Professor A	Testador	Licenciado em Matemática
Professor B	Testador	Licenciado em Matemática

Fonte: elaborado pelo autor.

A escolha dos professores participantes deste projeto ocorreu de forma espontânea, ou seja, de acordo com o interesse de participação de cada um. O Professor A, além de compor a equipe de testes, se disponibilizou a aplicar o OA em sala de aula, oferecendo uma de suas aulas de matemática para que ele também pudesse ser testado e avaliado por uma turma de alunos de um colégio público.

Ao Professor B, que pertencia a outra instituição de ensino, coube a tarefa de testar o RA.Geo utilizando diferentes plataformas tecnológicas (*tablets, smartphones, notebook*) juntamente com diferentes livros didáticos de matemática. As atividades realizadas por cada um dos professores, a aplicação do OA em sala de aula, e os detalhes de cada uma das etapas do projeto RA.Geo serão descritas nas seções seguintes.

4.1.1 Etapa de Contextualização

A Contextualização é a primeira etapa do trabalho de construção de um novo OA. Ela define o início do processo de criação e dá orientações iniciais que serão base para a

execução das próximas etapas. Por isso, primeiramente, foi feito um levantamento das informações acerca dos objetivos pedagógicos, do contexto e do cenário em que o Objeto de Aprendizagem a ser desenvolvido seria inserido.

Tais informações foram registradas de modo a compor um documento chamado de Relatório de Análise de Contexto. Este documento reuniu as informações básicas relacionadas ao contexto do OA a fim de que fossem conhecidas pelos demais membros do projeto para que todos soubesse a quem se destina, qual o problema que ele pretendia solucionar e como ele poderia auxiliar a aprendizagem. Este relatório, que constitui o primeiro artefato exigido pela metodologia INTERA, pode ser consultado no apêndice A.

Na etapa de contextualização coube definir que o RA.Geo seria projetado para ser um aplicativo destinado à dispositivos móveis que, apoiado pela tecnologia da Realidade Aumentada, permitiria a geração de projeções tridimensionais de objetos geométricos sobre o próprio livro didático de matemática. Para construir essa definição foram considerados os argumentos dos autores que compuseram o referencial teórico acerca dos benefícios da RA aplicada à educação, das vantagens resultantes da união entre os dispositivos móveis e a RA e dos problemas relacionados ao uso exclusivo do livro didático no ensino de Geometria Espacial.

Para contribuir com o desenvolvimento da habilidade da visualização e, assim, possibilitar a construção de novo conhecimento, o RA.Geo deveria possibilitar a autoaprendizagem permitindo que o aluno interagisse com o aplicativo e explorasse o seu próprio ponto de vista. Neste sentido, e de acordo com a classificação proposta por Gonzalez (2005), o RA.Geo foi projetado para ser um OA do tipo “objeto de prática”, o qual se caracteriza por possibilitar a investigação, a simulação e a interação com usuário. De modo a favorecer a autoaprendizagem, também foi definido que o RA.Geo, uma vez instalado em um dispositivo móvel, poderia ser utilizado em qualquer lugar, seja na escola ou em casa. Ou seja, o cenário de uso do OA estaria para além da sala de aula, independente de onde o aluno estiver.

Contudo, para que fosse possível avaliar as suas contribuições como recurso didático, fazia-se necessária a sua aplicação em sala de aula. Em vista disso, ficou determinado que o público alvo do OA seriam estudantes do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Jataí - Goiás, uma vez que os conteúdos relacionados à Geometria Espacial geralmente são trabalhados no segundo ano deste nível de ensino. Os detalhes da aplicação do RA.Geo em sala de aula estão organizados na seção 4.1.7 que trata da etapa de avaliação do OA.

Além das informações relacionadas ao cenário de aplicação do RA.Geo, coube contextualizar que o tema a ser abordado no recurso didático se limitava ao conteúdo de Poliedros/Primas, uma vez que, para o seu aprendizado, é necessário desenvolver a habilidade da visualização, que é o principal objetivo pedagógico do RA.Geo.

4.1.2 Etapa de Requisitos

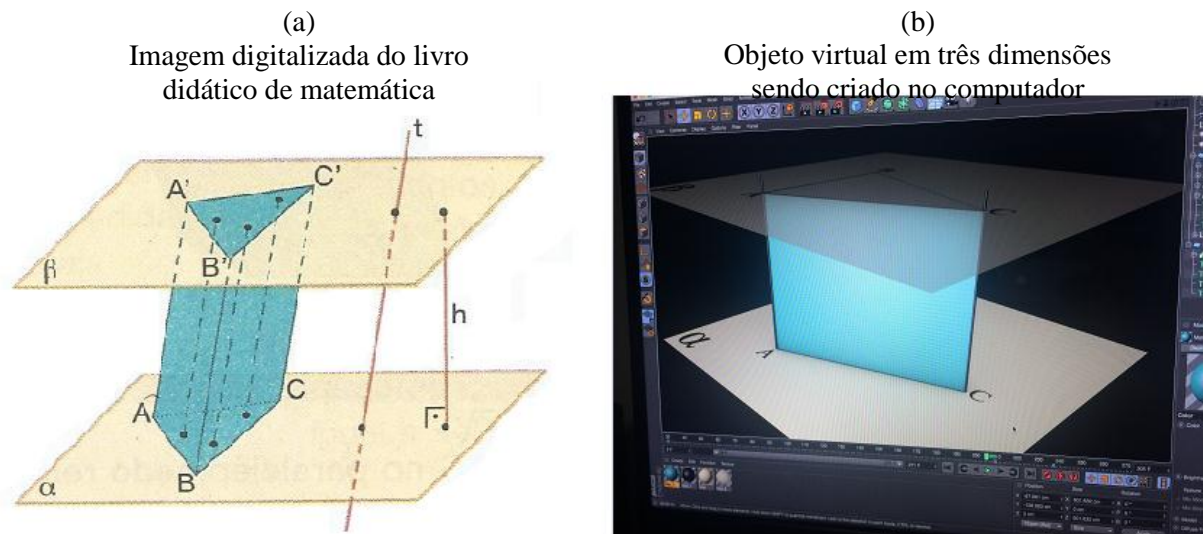
Após definir o público alvo e o contexto de aplicação do RA.Geo, iniciou-se a etapa de levantamento de requisitos, na qual é necessário reunir informações sobre o que é desejável conter no OA. Esta etapa, na prática, é um complemento à etapa anterior, porém, enquanto na contextualização é necessário analisar os aspectos externos relacionados ao ambiente na qual será inserido o OA, na etapa de requisitos existe a preocupação em registrar as funcionalidades, o conteúdo e outras características internas.

Tais informações foram registradas no Documento de Especificação de Requisitos, que é o segundo artefato a ser gerado na metodologia INTERA. Nele, devem ser registrados os requisitos de funcionalidade, de interface, de disponibilidade, de acessibilidade e de licenciamento, além de outros requisitos que possam ser desejáveis ao RA.Geo que será desenvolvido. O documento referente aos requisitos idealizados para o RA.Geo pode ser consultado no apêndice B.

Acerca dos requisitos de funcionalidade, definiu-se que o RA.Geo atuaria juntamente com o livro didático de matemática utilizado em sala de aula, uma vez que todos os alunos do colégio escolhido para a sua aplicação possuíam um exemplar distribuído pela própria instituição de ensino. Dessa forma, e com o objetivo de manter a característica pedagógica da pertinência ao programa curricular, como propõe Lima et al.(2013), seriam cadastradas no OA algumas das imagens presentes nas páginas referentes à seção de Poliedros/Primas. Tais imagens iriam fazer com que aparecessem, na tela do dispositivo, animações de objetos virtuais tridimensionais semelhantes às ilustrações do livro.

Para exemplificar, a Figura 9 traz à esquerda (a) uma imagem do livro requisitada a ser cadastrada no OA e, à direita (b), o objeto virtual que deveria ser atribuído a ela.

Figura 9 – Atribuição entre imagem do livro e objeto virtual



Fonte: (a) Souza (2013, p. 79); (b) elaborado pelo autor.

Porém, para aprimorar o desenvolvimento da habilidade da visualização e permitir a construção de novo conhecimento, fazia-se necessário que o RA.Geo também apresentasse animações de outros sólidos geométricos que não eram ilustrados pelo livro, ou seja, era preciso conter outros exemplos relacionados aos conceitos que eram apresentados pelo autor. Em vista disso, foi requisitado que para cada ilustração do livro cadastrada no OA seria disponibilizada a opção de mostrar outros objetos virtuais relacionados a ela. Por exemplo, para a ilustração referente à formação conceitual de um Prisma de base triangular (Figura 9 - a) também seria necessário criar objetos virtuais de Prismas de base quadrangular, pentagonal e hexagonal.

Quanto ao livro didático a ser contemplado pelo aplicativo, foram selecionados dois livros de matemática do Ensino Médio sugeridos pelos professores A e B²⁴. Para manter a característica de reusabilidade necessária aos OA, conforme propõe Mendes (2004), também deveriam ser disponibilizados, juntamente com o aplicativo, marcadores fiduciais de RA²⁵ para permitir que o RA.Geo pudesse ser utilizado mesmo sem o livro didático ou até em outras turmas que utilizem diferentes livros ou estejam em diferentes contextos. A Figura 10 mostra os marcadores fiduciais de RA cadastrados no RA.Geo que estão disponíveis para *download* em sua página *Web*.

²⁴ Livros sugeridos pelos professores: Novo Olhar Matemática (SOUZA, 2013) e Matemática Paiva (PAIVA, 2015).

²⁵ Marcadores fiduciais de RA são imagens que contém características visuais fáceis de serem extraídas, como números ou formas geométricas. Geralmente contornados por uma borda retangular externa, eles são facilmente reconhecidos pelos *softwares* de RA.

Figura 10 – Marcadores fiduciais do RA.Geo



Fonte: elaborado pelo autor.

A fim de manter a característica de durabilidade e acessibilidade listadas por Mendes (2004), foi requisitado que o RA.Geo fosse publicado na Internet para que pudesse estar acessível há qualquer momento e em diferentes lugares. Para isso, deveria ser criada uma página *Web*²⁶ para disponibilizá-lo para *download*, juntamente com seus itens de reuso (guias, manuais, metadados, etc) e, para que pudesse ser disponibilizado de forma livre e gratuita, também foi requisitado que o OA obtivesse uma licença adequada (os detalhes sobre a disponibilização e o licenciamento do RA.Geo estão organizados na seção 4.1.6 que trata da etapa de disponibilização do OA).

Observando as características pedagógicas de interatividade, de autonomia e de ações metacognitivas, relacionadas por Lima et al. (2013), foi requisitado que o RA.Geo oferecesse opções de interatividade ao usuário. Portanto, na etapa de desenvolvimento, deveriam ser adicionadas funções que permitissem aos alunos explorar diferentes pontos de vista, de modo a desenvolver a visualização e incentivar a exploração do objeto virtual. Para isso, deveriam ser criadas opções como girar o objeto virtual, aproximar a câmera para visualizar mais detalhes e tocar a tela para reiniciar uma animação ou fazer um objeto ser criado novamente. As opções de interatividade implementadas no RA.Geo estão descritas na seção 4.1.4 que trata da etapa de desenvolvimento do aplicativo.

4.1.3 Etapa de Arquitetura

Após reunir os requisitos internos desejáveis ao OA, foi necessário projetar como eles seriam apresentados ao usuário, isto é, como seria feita a organização das telas, das funções, dos botões e de toda a interface entre o aplicativo e o aluno. Por isso, era necessário criar um esboço do OA e relacionar as suas principais definições técnicas.

²⁶ A página oficial do RA.Geo pode ser acessada em <http://www.rageo.servverti.com.br>

Entre os diferentes tipos de esboços recomendados pela metodologia INTERA para diferentes tipos de OA, foi escolhido o esboço do tipo “protótipo” recomendado para a criação de *softwares* educacionais. Os protótipos são representações funcionais do OA e devem conter as principais funcionalidades desejadas a ele. Com base na prototipação sugerida por Braga et al. (2014, p. 96), foi feito um rascunho do *layout* das telas do RA.Geo e listadas algumas definições técnicas a serem observadas durante a etapa de desenvolvimento. Estes elementos constituíram o terceiro artefato do projeto do RA.Geo e podem ser consultados no apêndice C.

De modo resumido, conforme é apresentado na figura 16, após instalar o aplicativo no dispositivo móvel, é possível clicar em seu ícone para abrir a sua tela principal. Nesta tela é possível ver a imagem sendo filmada pela câmera em tempo real, sobre a qual deverão aparecer os objetos virtuais. Também é possível localizar o ícone de uma lanterna, que tem a função de acender o *flash* do dispositivo no caso do ambiente não ter iluminação suficiente.

Para manter a característica de usabilidade técnica desejável a um OA, como relaciona Mendes (2004), também foi projetado um menu de opções que contém, além da possibilidade de escolha de outros objetos virtuais, a opção de abrir uma página de ajuda e informações acerca do RA.Geo.

Quanto às principais características técnicas relacionadas ao *layout* e à interface do aplicativo, foram relacionadas opções de foco instantâneo da câmera e aumento automático de contraste de imagem, o que facilita a identificação rápida de marcadores de RA impressos em folhas de papel. Também ficou definido que a resolução da imagem da câmera seria a maior possível, de acordo com as capacidades técnicas do dispositivo, de modo que ela ocupasse toda a tela, favorecendo a visualização tanto da imagem real quanto do objeto virtual.

4.1.4 Etapa de Desenvolvimento

Na metodologia INTERA, a etapa de desenvolvimento consiste na criação do OA em si, ou seja, na construção daquilo que foi arquitetado e na implantação dos requisitos que foram levantados. Por este motivo, os artefatos gerados anteriormente foram fundamentais para subsidiar o trabalho do programador responsável pelo desenvolvimento e entrega do OA projetado. Ademais, por ser uma etapa essencialmente técnica e que pode ser realizada de diversas formas, dependendo da natureza do OA, a INTERA não define técnicas, ferramentas ou padrões a serem seguidos.

No caso do desenvolvimento do RA.Geo foram utilizadas as seguintes tecnologias e ferramentas: *Blender*, *Unity3D*, *Vuforia* e linguagem de programação C#.

Blender é um *software* livre de modelagem, animação e pós-produção tridimensional, disponível para várias plataformas, e muito utilizado para criar objetos 3D, texturas, composições, renderizações, edições de vídeo e outras aplicações interativas como jogos e apresentações virtuais (BLENDER, 2017).

Unity3D é um ambiente de desenvolvimento integrado que fornece recursos para a criação de jogos e vários outros conteúdos interativos (UNITY, 2017). Também utilizado para criação de *softwares* de RA, ele possui duas versões principais, sendo uma versão proprietária para fins comerciais e outra versão gratuita, com recursos limitados, que fora utilizada no desenvolvimento do RA.Geo.

Vuforia é uma biblioteca de desenvolvimento de *software* para aplicações de Realidade Aumentada criada pela empresa *Qualcomm Inc.* (VUFORIA, 2017). Também disponibilizada como extensão para o *Unity3D*, ela oferece suporte para criação de aplicativos para plataformas móveis, como o *Android*.

C# é uma linguagem de programação²⁷ criada pela empresa *Microsoft* para diversos tipos de aplicações que executam sobre uma plataforma *.NET Framework*²⁸. Por ser moderna, segura e orientada à objetos²⁹, ela é uma das linguagens de programação mais utilizadas no mundo (MICROSOFT, 2017).

A escolha pelo *Unity3D* ocorreu por ele ser um ambiente de desenvolvimento próprio para o trabalho com objetos tridimensionais, contendo maior quantidade de ferramentas específicas para este fim. A forma simples que o *Unity3D* possibilita a criação de *softwares* para dispositivos móveis também foi fator determinante para a sua utilização. A *Vuforia* foi escolhida por ter apresentado satisfatória capacidade de identificação de marcadores de RA, permitindo usar as próprias figuras do livro didático como marcadores responsáveis por fazer aparecer objetos virtuais sobre elas.

Já o *Blender* e a C# foram escolhidos por serem a fermenta de modelagem 3D e a linguagem de programação mais conhecidas pelo programador do RA.Geo, além de serem adequadas para o desenvolvimento deste projeto por fornecer, respectivamente, opções de exportação de dados compatível com o *Unity3D* e recursos para a criação de funções específicas para *softwares* de RA.

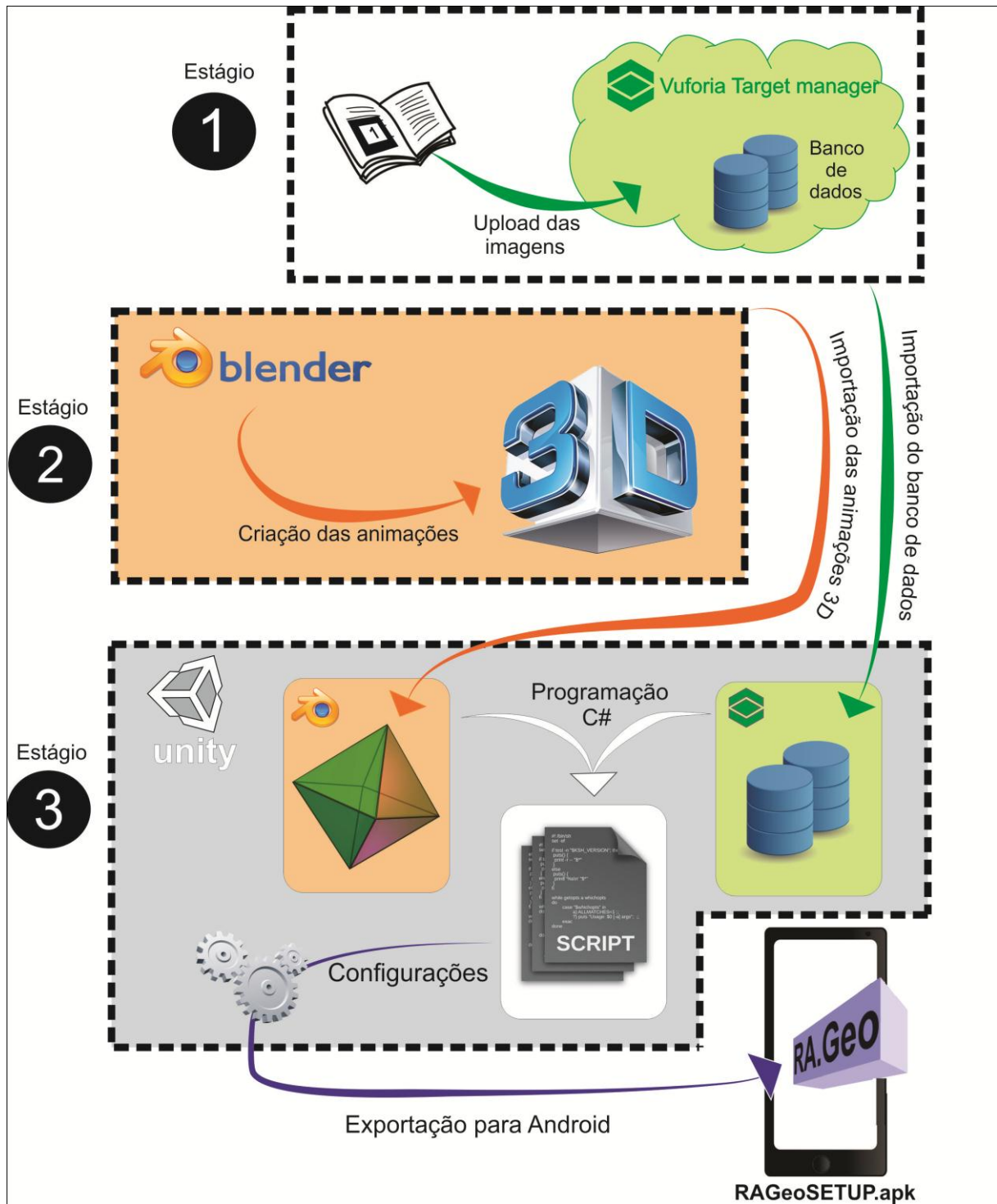
²⁷ Linguagem de programação é um conjunto de códigos utilizados para enviar instruções para um equipamento computacional.

²⁸ *.NET Framework* é uma plataforma de execução de sistemas, criado pela empresa *Microsoft*, responsável por gerenciar os aplicativos destinados a ela.

²⁹ A orientação à objetos é um método de programação utilizado no desenvolvimento de aplicações e na modelagem de sistemas.

De forma resumida, a Figura 11 apresenta um esquema do emprego destas ferramentas em cada estágio de desenvolvimento do RA.Geo.

Figura 11 – Esquema de criação do RA.Geo



Fonte: elaborado pelo autor.

Inicialmente, no estágio 1, as imagens dos livros didáticos requisitadas no Documento de Especificação de Requisitos (apêndice B), juntamente com os marcadores

fiduciais de RA criados (Figura 10), foram digitalizadas e cadastradas em um banco de dados *on line* chamado de *Vuforia Target Manager*. Esta base de dados é responsável por armazenar e codificar cada uma das imagens a serem utilizadas em um projeto de RA. Após o cadastro das imagens, foi possível exportar o banco de dados, com todas as informações relacionadas a elas.

No estágio 2, o *Blender* foi utilizado para modelar as animações tridimensionais requisitadas no Documento de Especificação de Requisitos (apêndice B). As animações modeladas também foram exportadas de modo a serem utilizadas no *Unity3D*.

Por fim, no terceiro estágio, o ambiente de desenvolvimento *Unity3D* foi utilizado para o desenvolvimento do RA.Geo. Este trabalho ocorreu de acordo com as seguintes etapas:

1. Primeiramente, a biblioteca *Vuforia* foi instalada dentro do *Unity3D*. Para fazer essa instalação, foi necessário adquiri-la como extensão própria para este ambiente de desenvolvimento, o que é fornecido gratuitamente em sua página na Internet. Esta etapa é necessária para que as ferramentas específicas para o desenvolvimento de *softwares* de RA (fornecidas pela *Vuforia*) se agrupem com outras ferramentas próprias para o desenvolvimento de aplicativos com conteúdo tridimensional (fornecidas pelo *Unity3D*);
2. Após esta instalação, foi possível fazer a importação do banco de dados gerado pela *Vuforia Target Manager* para dentro do *Unity3D*. Com essa importação, todas as imagens cadastradas na base de dados ficaram disponíveis para que o programador as utilizassem no RA.Geo;
3. As animações tridimensionais modeladas no *Blender* também foram importadas para dentro do *Unity3D* para que fossem relacionadas com as imagens disponíveis no banco de dados importado anteriormente. Esse relacionamento, feito dentro do *Unity3D*, foi necessário para que o RA.Geo apresentasse as animações corretas assim que as imagens fossem filmadas pela câmera do dispositivo móvel;
4. Por meio da linguagem C# foram criados *scripts*³⁰ para controlar os eventos internos relacionados à interação do usuário como, por exemplo, a opção de reiniciar uma animação, acender a lanterna e acessar o menu. Por fim, foram feitas algumas configurações acerca da plataforma selecionada para execução do RA.Geo, como escolha da resolução padrão, posicionamento da tela, formato do instalador, entre outros.

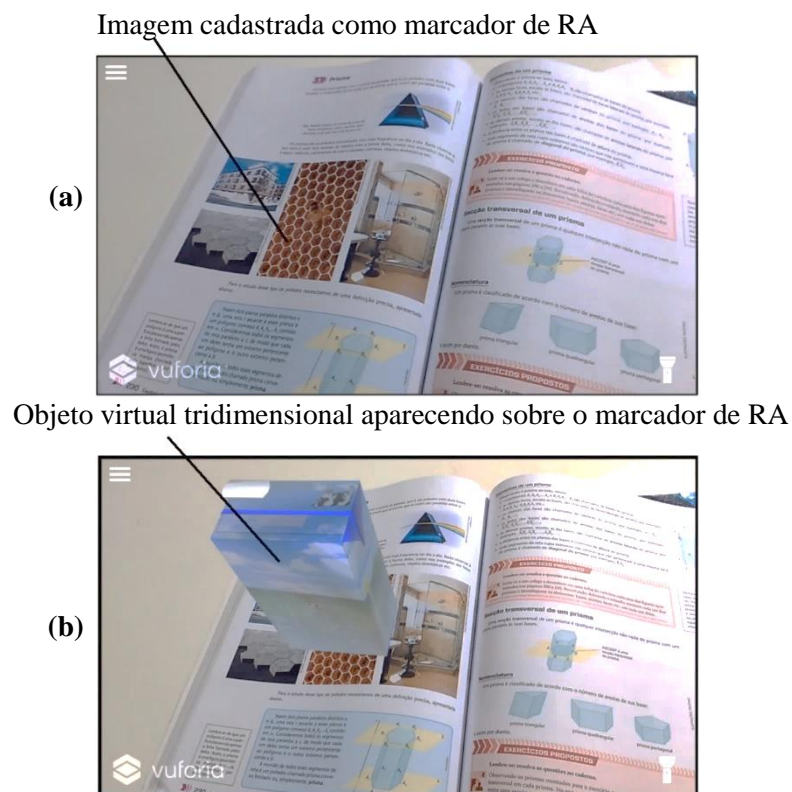
³⁰ *Script* é um arquivo de texto, criado com alguma linguagem de programação, que contém uma série de comandos e instruções a serem executadas por um programa de computador.

Ao final do estágio 3 foi gerado um instalador para dispositivos móveis com plataforma *Android* contendo todos os elementos criados e as configurações realizadas durante a etapa de desenvolvimento. A este instalador foi dado o nome de *RAGeoSETUP.apk*.

Após executar o *RAGeoSETUP.apk* em um *smartphone*, o gerenciador de aplicativos do *Android* irá fazer a instalação automática do RA.Geo e criar um novo ícone na área de trabalho. Ao clicar neste ícone, o RA.Geo fará uma breve exibição das marcas *Unity3D* e *Vuforia*, uma vez que foram utilizadas as versões gratuitas destas ferramentas e, em seguida, irá mostrar na tela a imagem filmada pela câmera do dispositivo.

Sobre esta imagem irão aparecer objetos virtuais assim que o aplicativo as reconhecerem. Para exemplificar, a Figura 12 mostra dois *printscreens*³¹ da tela de um *smartphone* na qual, com o RA.Geo aberto, é mostrada a imagem filmada por sua câmera posicionada sobre a página de um livro didático de matemática (a) e, logo em seguida, sobre a mesma imagem aparece um objeto virtual tridimensional (b, caixa de leite) modelado e atribuído a uma figura presente nesta página.

Figura 12 – *Printscreens* do RA.Geo: exemplos de Prismas



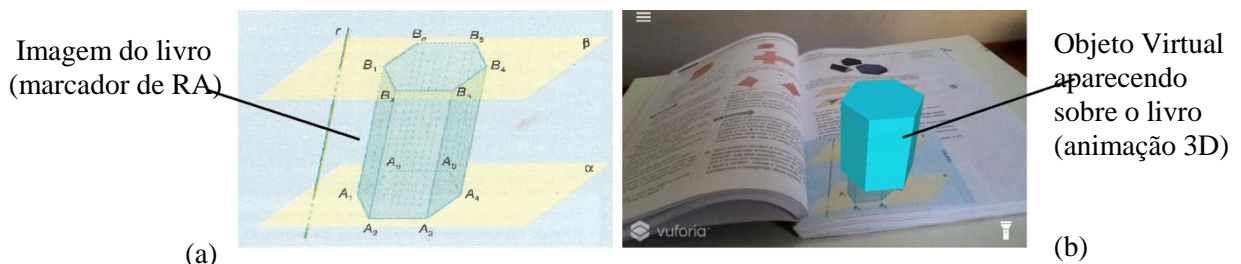
Fonte: elaborado pelo autor.

³¹ *Printscreen* é uma captura, em formato de imagem, de tudo o que está aparecendo na tela do dispositivo em um determinado momento.

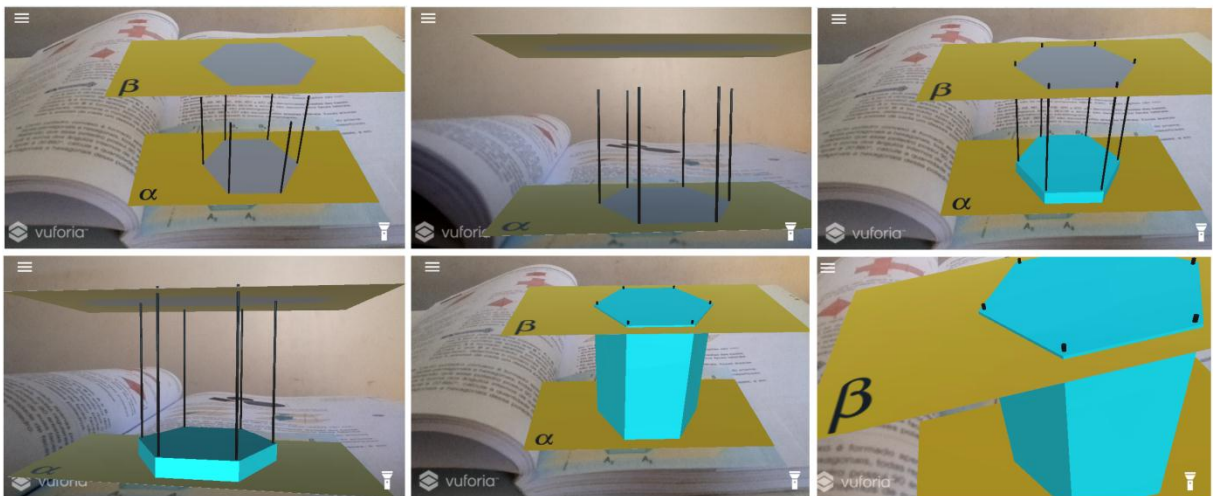
Esta aparição de objetos virtuais sobre o livro didático acontece porque durante o estágio 1 de desenvolvimento do RA.Geo, foi digitalizada e cadastrada no banco de dados da *Vuforia Target Manager* uma imagem presente nesta página que, ao ser filmada e reconhecida pelo aplicativo, faz aparecer sobre ela um objeto virtual tridimensional modelado no *Blender*, durante o estágio 2. No apêndice D pode ser consultada uma apresentação geral do RA.Geo bem como a relação entre as imagens digitalizadas e cadastradas como marcadores de RA com seus respectivos objetos virtuais tridimensionais presentes no aplicativo.

Todos estes objetos foram criados em formato de animação, ou seja, de imagem em movimento, a qual permite melhor visualização das três dimensões. Ainda com o objeto virtual tridimensional apresentado na tela, também é possível movimentar ou aproximar a câmera sobre o livro para obter diferentes pontos de vista. Para exemplificar, a Figura 13 mostra uma imagem de um livro didático de matemática (a), cadastrada como marcador de RA, e alguns *printscreens* de diferentes momentos e pontos de vista da animação 3D atribuída a ela (b).

Figura 13 – Printscreens do RA.Geo: diferentes pontos de vista



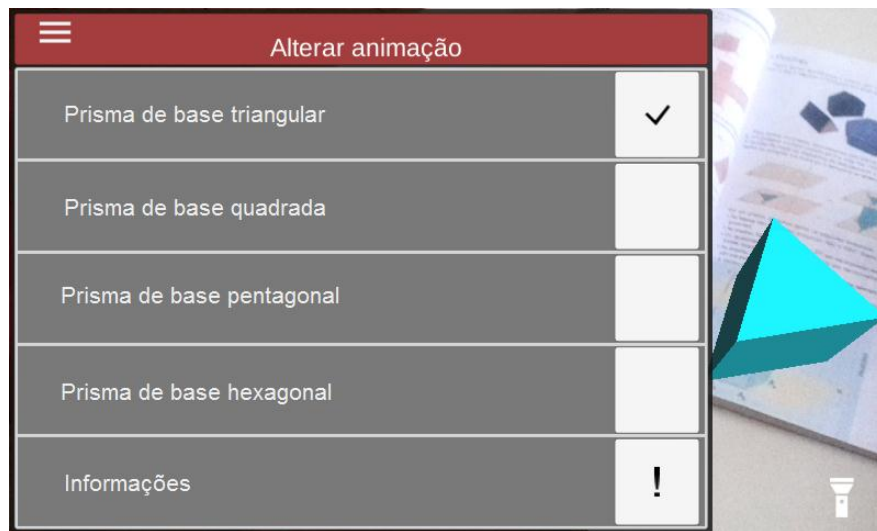
Printscreens de momentos da animação:



Fonte: (a) Paiva (2015, p. 200); (b) elaborado pelo autor.

Ao todo foram criadas doze animações, distribuídas entre os nove marcadores cadastrados. Para visualiza-las foi criado um menu que oferece as opções disponíveis para cada um deles, conforme mostra a Figura 14.

Figura 14 – Printscreen do RA.Geo: Menu de opções



Fonte: elaborado pelo autor.

Ainda foram criados outros menus que ficam disponíveis somente quando marcadores de RA cadastrados são identificados. Nestes menus estão presentes opções de animações tridimensionais referentes aos exemplos de Prismas encontrados no cotidiano, exemplos de construção conceitual de um Prisma e exemplos de planificações de Prismas, conforme solicitado na etapa de requisitos.

4.1.5 Etapa de Testes e Qualidade

A metodologia INTERA sugere que os testes com o OA recém-criado devem ser feitos logo após a etapa de desenvolvimento, antes do seu uso efetivo com os aprendizes. Para garantir equilíbrio técnico e pedagógico, esta etapa deve ser feita visando dois objetivos: mostrar se o Objeto de Aprendizagem faz aquilo que foi proposto (foco no conteúdo pedagógico) e descobrir possíveis defeitos de funcionalidade (foco na parte técnica).

Para atender a estes objetivos foi criado um documento chamado de Plano de Testes, disponível no apêndice E, no qual constam algumas perguntas sugeridas por Braga et. al. (2014, p. 131) para guiar os testes técnicos e pedagógicos de um OA. Este documento, que constituiu o quarto artefato do projeto do RA.Geo, foi entregue aos professores A e B,

juntamente com os demais artefatos gerados nas etapas anteriores, para que fosse respondido e retornado para o programador, responsável pelas correções necessárias.

De modo geral, todos os professores avaliaram positivamente os itens relacionados ao teste técnico. As poucas observações estavam relacionadas com o fato do RA.Geo funcionar em diferentes plataformas, com diferentes *hardwares*, mas somente se o sistema operacional presente neles fosse *Android*. Também foi observado, pelo professor B, que seria interessante ter na página *Web* do RA.Geo o mesmo conteúdo presente no menu de informações/ajuda do aplicativo. Para atender a este último comentário, foi disponibilizado na página *Web*, juntamente com o manual de instalação, um guia contendo as informações sobre como utilizar o RA.Geo.

Quanto ao teste de conteúdo houve indicações, dos dois professores, relacionadas à inserção de novos conteúdos no RA.Geo. O Professor A observou que, apesar de ser destinado ao ensino de Prismas, também “seria interessante adicionar o conteúdo de Pirâmides, que é pequeno e semelhante ao conteúdo de Prismas”. O professor B comentou que também poderiam ser adicionados objetos virtuais para ajudar a visualizar o conceito de volume de um Prisma.

Tais observações acerca da inserção de novos conteúdos, assim como a possibilidade de ser instalado em outras plataformas foram consideradas como sugestões a serem implementadas em versões futuras do RA.Geo, interessando neste momento apenas a sua aprovação na etapa de testes e qualidade acerca do atual escopo.

4.1.6 Etapa de Disponibilização

De acordo com Mendes (2004), a reusabilidade é uma das principais características relacionadas a um OA. A capacidade de reutiliza-lo em vários momentos e em diferentes contextos permite que ele contribua com a aprendizagem por tempo indeterminado e em situações que nem mesmo o seu autor poderia prever.

Para a metodologia INTERA, a disponibilização correta de um OA possui ligação direta com a característica da reusabilidade e, por este motivo, a sua publicação na Internet é fundamental para que professores os encontrem e os utilizem em suas salas de aula. (BRAGA et al., 2014, p. 139).

Para que o RA.Geo pudesse ser publicado na Internet, foi criada uma página *Web*³² na qual é possível fazer o seu *download* e de seus componentes de reuso, como manual de instalação e guia do usuário. Neste *site*, o aplicativo foi disponibilizado com a extensão .apk, própria para instalação automática em plataformas com sistema operacional *Android*.

Para que fosse possível permitir a sua cópia e redistribuição para diferentes fins, foi necessário a obtenção de uma licença de *software* que informasse ao usuário sobre os direitos de utilização do RA.Geo. De forma a garantir que a sua aquisição e utilização fosse livre para qualquer indivíduo, foi obtida a licença “*Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International* (CC BY-NC-SA 4.0)³³”. Desta licença sabe-se que:

1. *Creative Commons* (CC): é uma organização sem fins lucrativos que provê um conjunto de licenças de direitos autorais, com validade internacional, de forma simples e padronizada para dar ao público da Internet permissão para utilizar e compartilhar um trabalho criativo, como vídeos, músicas, *softwares*, entre outros (COMMONS, 2017a);
2. *Attribution* (BY): deve-se dar o crédito apropriado ao criador do material sempre que for distribuí-lo ou modifica-lo (COMMONS, 2017b);
3. *NonCommercial* (NC): não é permitido o uso deste material para fins comerciais (COMMONS, 2017b);
4. *ShareAlike* (SA): a modificação deste material é permitida desde que se distribua as suas novas versões sob a mesma licença da versão original (COMMONS, 2017b).

Para além do licenciamento e publicação na Internet, a metodologia INTERA recomenda que um OA seja depositado em repositórios criados especificamente para este fim. A disponibilização de um OA em um Repositório de Objetos de Aprendizagem (ROA) permite o correto armazenamento e compartilhamento destes, uma vez que, além de armazenar, os ROA também exercem funções de organização, classificação e disponibilização *on line* (BRAGA et al., 2014, p. 141). Ademais, de acordo com Ochoa e Durval (2009), tornar os OA disponíveis nestes repositórios é uma ação facilitadora para promover a aprendizagem, visto que o ato de publicar é o responsável por permitir a disseminação destes conteúdos educacionais.

Entre os vários repositórios disponíveis na Internet, a INTERA cita o Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE) como sendo um ROA de grande visibilidade para diferentes tipos de OA. O BIOE é um repositório criado pelo Ministério da Educação

³² A página *Web* do RA.Geo pode ser acessada em <http://www.rageo.serverti.com.br>

³³ A licença obtida para o RA.Geo pode ser consultada pelo *link*: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

(MEC) em parceria com o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), com a Rede Latinoamericana de Portais Educacionais (RELPE), com a Organização dos Estados Ibero-americanos (OEI) e algumas universidades brasileiras. A publicação de novos OA em seu banco de dados depende de um cadastro, realizado no próprio *site*, e do envio de metadados juntamente com o próprio OA (BRAGA et al., 2014, p. 141).

Os metadados são informações técnicas e pedagógicas sobre o próprio OA. Eles permitem uma descrição adequada das informações que podem ser úteis tanto para os usuários que forem utiliza-lo quanto para a correta catalogação dele em um repositório. O BIOE utiliza o padrão de metadados *Dublin Core*³⁴ para catalogar os seus conteúdos. Este padrão, em sua versão mais simples, exige o preenchimento de quinze informações básicas sobre o OA.

Apoiado pelo manual de normas para definição de metadados do BIOE (AFONSO, 2010) e pelo guia de uso do *Dublin Core* (CORE, 2017), tais informações foram extraídas do RA.Geo para compor o quadro de elementos de metadados, como mostra o quadro 3.

Quadro 3 - Elementos do padrão de metadados *Dublin Core*

Elemento	Descrição	RA.Geo
<i>Title</i>	Nome pelo qual o recurso é formalmente conhecido.	RA.Geo
<i>Creator</i>	Nome do Autor (pessoa ou organização).	Vinicius Gouveia de Andrade
<i>Subject</i>	Assunto expresso em palavras-chave.	Realidade Aumentada; Geometria Espacial; Prismas.
<i>Description</i>	Texto livre com descrição do conteúdo.	<i>Software</i> aplicativo baseado na tecnologia da Realidade Aumentada destinado aos dispositivos móveis para ser usado juntamente com o livro didático de matemática, com a finalidade de demonstrar aos discentes objetos virtuais tridimensionais referentes ao conteúdo de Poliedros/Prismas.
<i>Publisher</i>	Nome do editor responsável pela publicação do recurso.	Vinicius Gouveia de Andrade
<i>Contributor</i>	Nome de organizações que colaboraram com o projeto.	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), Câmpus Jataí.
<i>Date</i>	Data de criação do recurso (AAAA-MM-DD).	2017-07-22

Fonte: elaborado pelo autor.

³⁴ *Dublin Core* é um padrão de metadados utilizado para descrever objetos digitais como vídeos, imagens, *software*, entre outros.

Quadro 3 - Elementos do padrão de metadados *Dublin Core*

(Continuação)

Elemento	Descrição	RA.Geo
<i>Type</i>	Classificação ou categoria do recurso.	Objeto de Prática
<i>Format</i>	Tipo da mídia ou formato digital em que se encontra o recurso.	Instalador em formato .apk.
<i>Identifier</i>	Endereço eletrônico em que o recurso está disponibilizado.	http://www.rageo.serverti.com.br/
<i>Source</i>	Origem do recurso, caso este seja derivado de outro.	--
<i>Language</i>	Código do idioma de origem em duas letras, seguido pelo código do país em duas letras.	Pt-br.
<i>Relation</i>	Relações do recurso com outros materiais, caso houver.	--
<i>Coverage</i>	Local de criação do recurso.	Jataí, Goiás, Brasil.
<i>Rights</i>	Informações sobre direitos autorais.	<i>Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)</i>

Fonte: adaptado de Core (2017).

Com base neste quadro foi construído, durante a etapa de disponibilização, o quinto artefato do projeto de desenvolvimento do RA.Geo: o arquivo de metadados, disponível no apêndice F. Este artefato representa o conteúdo do arquivo XML³⁵ gerado para a sua publicação no BIOE ou em qualquer outro repositório que utilize o mesmo padrão de metadados.

Contudo, de acordo com os argumentos de Fernandes et al. (2009, p. 8), que propõem a realização da disponibilização do OA somente após a sua avaliação, decidiu-se por aplicar o RA.Geo em uma turma de alunos do Ensino Médio de uma escola pública antes de publicá-lo em repositórios na Internet. Portanto, apesar de estar tecnicamente pronto para ser enviado a um ROA, a sua disponibilização somente acontecerá após a sua avaliação e validação.

³⁵ XML é uma linguagem de marcação utilizada para criar arquivos que contém informações organizadas sobre diversos tipos de materiais digitais.

4.1.7 Etapa de Avaliação

Na metodologia INTERA, a avaliação é a última etapa na qual o OA desenvolvido é aplicado em sala de aula para ser avaliado sob a perspectiva pedagógica. Para Braga et al. (2014, p. 158) esta avaliação deve ser realizada em três fases: (1) fazer uma atividade pré-avaliativa para diagnosticar o nível de conhecimento dos alunos e suas dificuldades relacionadas ao aprendizado do conteúdo; (2) aplicar o OA desenvolvido em sala de aula e, por fim, (3) fazer uma pós-avaliação na qual os alunos podem realizar novas atividades ou responder questionários para coletar opiniões acerca do recurso utilizado.

De modo a complementar esta proposta, Silva (2011, p. 51) sugere que durante a fase de pós-avaliação seja utilizada a técnica da “observação dos usuários na prática”, ou seja, da observação dos alunos utilizando o OA durante a aula, para que seja possível coletar maiores informações sobre a qualidade final do objeto que foi desenvolvido. Conforme o autor, esta coleta de dados deve ser feita por meio de questionários ou entrevistas para que docentes e discentes expressem suas opiniões acerca da sua validade tanto para a aprendizagem quanto para o ensino.

Portanto, com base no modelo proposto por Braga et al. (2014, p. 160) e nos instrumentos de coleta de dados sugeridos por Silva (2011, p. 51), foi elaborado o último artefato do ciclo de trabalho do projeto do RA.Geo: o Plano de Avaliação, disponível no apêndice G.

Este documento foi elaborado em conjunto com o Professor A, o qual disponibilizou uma de suas aulas de matemática para realizar esta etapa de avaliação. Nele foram descritas as atividades a serem realizadas em cada fase da avaliação do RA.Geo. De modo resumido, na fase de pré-avaliação, seria ministrada pelo Professor A uma aula de 45 minutos para a apresentação do conteúdo de Prismas. Em uma segunda aula, já na fase de aplicação do OA, o Pesquisador faria a apresentação do RA.Geo e pediria aos alunos que o utilizassem para rever o conteúdo apresentado. Por fim, seriam aplicados questionários aos alunos para coletar as suas opiniões sobre o OA avaliado. A seguir serão apresentados o local, os sujeitos e os detalhes do trabalho realizado em sala de aula.

A escola escolhida para a aplicação do produto educacional foi o Colégio Estadual João Roberto Moreira. Ele oferece ensino fundamental, médio e técnico para cerca de 630 alunos, conforme censo escolar feito no ano de 2016, e conta com um quadro de 71 funcionários. Com mais de 40 anos na cidade de Jataí, o colégio possui 15 salas de aula e um laboratório de informática com internet banda larga e 20 computadores. Também possui

biblioteca e quadra de esportes que são utilizados pelos alunos que residem em 8 bairros próximos à escola.

A turma do segundo ano do Ensino Médio do Colégio Estadual João Roberto Moreira (turma 2A/2016), na qual foi feita a aplicação do produto educacional, é composta por 25 alunos que têm entre 13 e 15 anos de idade. Segundo o Professor A, a turma se destaca na escola por serem atentos e dedicados e, também, por terem as melhores notas desta disciplina entre as demais classes de aula. Outro fator interessante é que todos possuíam aparelho celular e demonstravam ter conhecimentos e habilidades para a utilização de *tablets* e *smartphones*, os quais foram utilizados durante o trabalho em sala de aula.

Nesta turma, foram realizadas duas aulas de quarenta e cinco minutos cada. A primeira foi destinada para que o professor A fizesse a apresentação do conteúdo de Prismas como faria usualmente, usando apenas o livro didático e o quadro negro. Neste período o Pesquisador se manteve em sala apenas como observador a fim de compreender como o docente trabalhava com um conteúdo tridimensional no qual o desenvolvimento da visualização é fundamental para a aprendizagem. Também se fazia necessário, naquele momento, observar as principais dificuldades que os alunos enfrentavam neste processo.

Ao início da aula, o professor solicitou que os alunos abrissem o livro no capítulo de Poliedros e localizassem a página referente ao conteúdo de Prismas. Feito isso, ele iniciou uma breve leitura e começou a fazer anotações no quadro negro sobre as definições que eram apresentadas no livro didático.

Juntamente com essas anotações, o docente também transcrevia para o quadro negro as imagens contidas no livro didático que serviriam para ilustrar os conceitos e definições que eram tratados naquele momento. Nos desenhos feitos com régua e giz era possível identificar um esforço empreendido na tentativa de fazer com que seus traços ganhassem uma perspectiva tridimensional, necessária para a compreensão do conteúdo que estava sendo abordado.

Com o objetivo de exemplificar o conteúdo apresentado pelo livro didático e os desenhos feitos no quadro negro, o professor A também utilizava alguns objetos reais como livros, carteiras, caixas descartáveis, celulares e outros materiais que poderiam apresentar semelhança com aquilo que fora desenhado. Para dar mais exemplos, também era comum solicitar que os alunos imaginassem determinado objeto, que não estava presente em sala de aula, como uma embalagem, uma parte de um automóvel ou uma edificação próxima à escola.

Concluída a apresentação de todo o conteúdo e sanadas todas as dúvidas apresentadas pela classe, foi solicitado aos alunos que fizessem os exercícios sugeridos pelo

livro didático sobre o conteúdo de Prismas. Os exercícios traziam questões sobre classificação de Prismas, medidas de seus componentes, cálculo de sua área e determinação de suas dimensões.

Ao resolvê-los, os alunos questionavam ao professor sobre a identificação da base de um Prisma, a relação entre as dimensões de seus componentes e questões relacionadas ao cálculo de áreas de polígonos. Tais questões faziam com que o docente escrevesse fórmulas matemáticas no quadro negro ou desenhasse outros tipos de Prismas para exemplificar o que era solicitado nos exercícios.

Chegando ao fim da primeira aula, o professor questionou aos alunos quais eram as dificuldades que encontraram para entender o conteúdo de Prismas, que tinha acabado de ser trabalhado. Entre as maiores dificuldades apontadas pelos alunos, estava o fato de relacionar objetos reais com os desenhos trazidos no livro didático e assim fazer a identificação correta de suas propriedades.

No início da segunda aula, os alunos foram informados que participariam de uma pesquisa de mestrado sobre a utilização da tecnologia da RA no ensino de Geometria Espacial e, por isso, havia sido solicitado em encontros passados que fizessem o *download* e a instalação de um aplicativo em seus *smartphones*. Neste momento se iniciava a segunda fase do Plano de Avaliação do RA.Geo, na qual o OA desenvolvido é aplicado em sala de aula para ser avaliado pelo seu público alvo.

Após a preparação dos aparelhos e a confirmação de que todos tinham acesso ao aplicativo, foi feita, pelo Pesquisador, a exibição de um vídeo³⁶ de apresentação do RA.Geo contendo exemplos de como ele poderia ser utilizado, as funções dos menus, o modo de posicionar a câmera sobre as imagens, o modo de rotacionar o aparelho para visualizar todos os ângulos das animações e a forma de usar o aplicativo sem o livro didático, entre outros. Ainda orientados pelo Pesquisador, os alunos foram convidados a abrir o RA.Geo e posicionar seus aparelhos sobre a imagem localizada na primeira página da seção de Prismas, conforme mostra a Figura 15.

³⁶ Disponível na página *Web* do aplicativo RA.Geo ou em: <https://youtu.be/heNkm6-O0ok>

Figura 15 - Alunos utilizando o aplicativo RA.Geo em sala de aula.



Fonte: elaborado pelo autor.

Neste momento, sobre a imagem filmada pela câmera, apareceram objetos virtuais, em formato de animação tridimensional, que exemplificavam Prismas encontrados no cotidiano. Com o auxílio do Pesquisador, os alunos conseguiram interagir com os objetos virtuais aproximando a câmera, reiniciando as animações, e movimentando o *smartphone* para obter outros pontos de vista, além de visualizarem outras animações 3D no menu de opções.

Ainda na mesma página, sobre a figura que demonstrava a criação conceitual de um Prisma, os alunos puderam ver a animação de cada um dos componentes citados pelo autor do livro, de forma que todos eles se interagem para formar, no final, um Prisma tridimensional idêntico à ilustração impressa.

A aula seguiu alternando entre leituras de parágrafos do livro, anotações no quadro negro e visualizações de outras animações presentes no RA.Geo. No fim da aula, quando todos já haviam explorado o conteúdo disponível no aplicativo, os alunos foram convidados a responder algumas questões sobre a utilização do aplicativo durante a aula de matemática.

Cada discente recebeu um questionário que continha sete questões sobre a sua experiência com o RA.Geo. O questionário para alunos, disponível no apêndice H, teve o objetivo de coletar dados para subsidiar a validação do aplicativo desenvolvido para auxiliar a aprendizagem de Geometria Espacial.

Também foram distribuídos questionários para dois docentes, um para o professor A, que ministrou as aulas nas quais foi aplicado o RA.Geo em sala de aula, e outro para o Professor B, que participou da etapa de testes. De maneira semelhante ao primeiro questionário entregue aos alunos, este último (disponível no apêndice I) também trazia questões sobre a tecnologia da RA e sobre o aplicativo usado em sala de aula, porém com foco sobre o ensino.

Os resultados e a análise dos dados coletados durante a aplicação do RA.Geo em sala de aula serão detalhados na próxima seção referente a sua validação.

4.2 Validação do RA.Geo

O processo de validação de um OA geralmente é atribuído a sua aprovação, pelo seu público alvo, em sala de aula. Na literatura há autores, como Vaughan (1993 apud AMANTE; MORGADO, 2001) e Johnson (1992 apud AMANTE; MORGADO, 2001), que consideram o trabalho da aplicação do objeto, seja com uma turma de alunos ou com um grupo de professores, a forma mais autêntica de validar um OA.

Para Amante e Morgado (2001, p. 29), por exemplo, um OA pode ser considerado válido se, durante a etapa de avaliação, “pode-se constatar que ele funcionou como previsto, se foi adequado ao público alvo, se cumpriu os objetivos visados e se apresentou as características técnicas, funcionais, didáticas e de design requisitas”.

De acordo com Costa (1998, p. 4) um OA é válido se foi possível verificar, em sala de aula, “que a aplicação funciona”, “que é adequada aos objetivos estabelecidos” e “que corresponde ao produto desejado sobre cada um dos diferentes pontos de vista em que pode ser analisado (técnicos, didáticos, estéticos, etc.)”.

Para a metodologia INTERA, utilizada durante a construção do RA.Geo, a validação de um OA não é uma fase avulsa do ciclo de produção, mas uma análise da evolução de cada uma de suas etapas, ou seja, dos resultados positivos que foram obtidos durante o desenvolvimento do recurso. Neste contexto, a INTERA considera um OA válido sob dois pontos de vista:

1. Validação técnica: na qual os resultados da etapa de testes e qualidade validam o OA sob o ponto de vista técnico (BRAGA et al., 2014, p. 128);
2. Validação pedagógica: na qual os resultados da etapa de avaliação o validam pedagogicamente ao demonstrar que foram atingidos os objetivos pedagógicos, que apresentou facilidade de uso por parte do aluno e que houve interatividade (BRAGA et al., 2014, p. 157).

Acerca da validação técnica, durante a quinta etapa do projeto o RA.Geo foi submetido a dois tipos de testes, um referente a sua funcionalidade técnica e outro referente ao seu conteúdo pedagógico. Nos dois casos foram observados os artefatos gerados durante as etapas anteriores que documentaram o contexto, os requisitos e a arquitetura desejada ao aplicativo. As informações presentes nestes documentos subsidiaram a etapa de

desenvolvimento e apoiaram os testes realizados pelos professores que avaliaram positivamente o RA.Geo por conter todos os requisitos de funcionalidade, de conteúdo, de interface com o usuário, de acessibilidade, de acesso e de licenciamento levantados durante a segunda etapa do projeto.

Quanto ao teste de conteúdo, os professores aprovaram o aplicativo desenvolvido por entenderem que o conteúdo pedagógico está correto e atualizado, que ele é adequado ao seu público-alvo e que os exemplos nele apresentados são realistas e adequados para o ensino. Houve ainda, após a etapa de testes, a sua adequação a um padrão de metadados exigido por alguns repositórios de OA, deixando-o apto a ser disponibilizado e reutilizado por muitas vezes, em diferentes contextos.

Portanto, com base nestes resultados e fundamentado no método de validação proposto pela metodologia INTERA, o RA.Geo pode ser considerado válido sob o ponto de vista técnico.

Para possibilitar a sua validação pedagógica, durante a etapa de avaliação foram coletados dados por meio de observações em sala de aula, anotações de campo e de questionários entregues aos alunos e professores (disponíveis nos apêndices H e I, respectivamente). A seguir, serão apresentados os resultados e a análise destes dados sobre o ponto de vista dos discentes sujeitos desta pesquisa. Para preservar a identidade deles, cada um foi identificado por um número aleatório.

Ao levar o RA.Geo e, conseqüentemente, a tecnologia da Realidade Aumentada para uma aula de Geometria Espacial, a ideia inicial foi a de que ela poderia contribuir com o desenvolvimento da habilidade da visualização. Além disso, esperava-se que a aplicação do RA.Geo em uma turma de alunos jovens e inseridos em um cotidiano informatizado despertasse a curiosidade e o interesse pelo que estava sendo estudado, afinal o primeiro benefício da tecnologia da RA em ambientes de ensino e aprendizagem, conforme Yaoyuneyong et al. (2011, p. 127), é o potencial para se envolver, estimular e motivar os alunos a explorar objetos de diferentes ângulos.

Essa foi a primeira expectativa concretizada durante a aplicação do RA.Geo em sala de aula. As animações tridimensionais geradas pelo aplicativo surpreenderam e despertaram o interesse dos alunos de forma a incitá-los a explorar os objetos virtuais por conta própria. Este envolvimento por parte dos estudantes também pode ser observado em alguns relatos escritos no questionário respondido após o término da aula: “a Realidade Aumentada é uma tecnologia muito interessante porque incentiva o aluno a buscar as informações que ele quer saber” (trecho da resposta do aluno 13 à questão 1); “é um bom recurso para fazer o aluno se

interessar em explorar todos os lados de um objeto” (trecho da resposta do aluno 21 à questão 2).

No questionário entregue ao final da etapa de avaliação, todos os discentes afirmaram que a tecnologia da RA pode auxiliar o aluno a visualizar de forma mais real os objetos tridimensionais e contribuir com o aprendizado de Geometria Espacial (análise das respostas da questão 1). Uma evidência de que o RA.Geo contribuiu com o desenvolvimento da visualização em sala de aula pode ser constatado na fala de uma aluna durante a sua utilização: “se eu tivesse usado o aplicativo antes de resolver os exercícios na primeira aula, não teria te questionado sobre qual era a base do Prisma daquele exercício” (fala da aluna 13 direcionada ao professor). Logo após, questionada sobre a capacidade de identificação da base e de outros elementos que formam um Prisma, a mesma aluna respondeu: “sim, agora consigo identificar a base de qualquer outro Prisma porque a animação que rodou no celular foi montando o objeto elemento por elemento, de um jeito que fica fácil imaginar a criação de qualquer outro Prisma” (fala da aluna 13).

De modo semelhante, durante um diálogo realizado entre dois alunos, pode-se observar que o RA.Geo auxiliou o desenvolvimento da visualização ao apresentar uma animação referente à planificação de sólidos geométricos, conforme é apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Excerto de um diálogo realizado em sala de aula

Aluno 22 - “Olha este hexaedro sendo planificado (posicionando o seu *smartphone* sobre o livro didático), o exercício que pedia para calcular a área estava pedindo para somar cada uma dessas faces que está mostrando aqui”.

Aluno 20 - “Então, agora o próximo exercício que pedir a área não precisa usar aquela fórmula esquisita, a gente pode tentar imaginar essa planificação aí e somar cada uma dessas faces”.

Fonte: elaborado pelo autor.

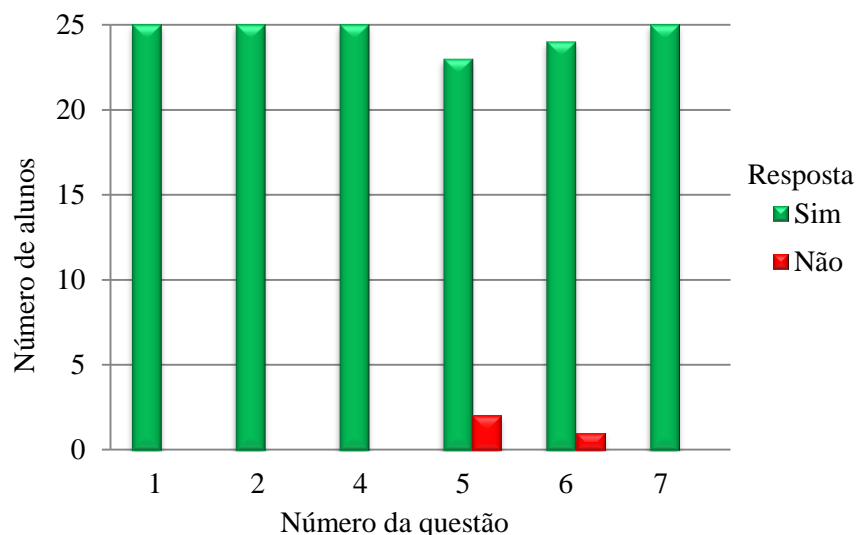
Neste diálogo pode conter indícios de que existiu na fala destes alunos um raciocínio novo, gerado pela capacidade de visualizar o que foi apresentado de forma virtual, compreender as propriedades destes objetos e gerar novo conhecimento útil para próximos desafios. Duval (1995, p. 48) afirma que a construção deste raciocínio ocorre por meio de atividades exploratórias, em que “os alunos descobrem os conceitos geométricos por meio de experimentação, observação e manipulação, em uma postura investigativa”.

Para além do desenvolvimento da visualização proporcionado pelo RA.Geo, a possibilidade de interação entre o objeto virtual e o usuário se mostrou uma vantagem para os alunos. Um deles, ao se referir à possibilidade de posicionar a câmera para ampliar, buscar novos ângulos ou escolher outras animações semelhantes, afirmou que “esta tecnologia é muito interessante porque deixa a gente mexer no objeto virtual da forma que a gente quer, diferente do que acontece em um vídeo, por exemplo.” (fala do aluno 21). E essa capacidade de interatividade se constitui em um dos principais objetivos da Realidade Aumentada: usar objetos virtuais 3D como ferramentas para aumentar a percepção e interação de usuários (ANAMI, 2013, p. 32).

Quanto à possibilidade do RA.Geo auxiliar o aprendizado do conteúdo de Prismas (questão 2), a aluna 14 respondeu ao questionário dizendo “sim, pois é um programa muito simples de usar e que traz muitas informações que ajudam o aluno a entender o que está estudando”. O aluno 20 relatou que o RA.Geo auxilia a aprendizagem deste conteúdo ao afirmar que “a forma que o aplicativo foi criado, deixando o aluno afastar, aproximar e girar o celular facilita muito a visão de todos os ângulos”.

De modo a representar numericamente as respostas dos alunos ao questionário entregue na etapa de avaliação, o Gráfico 1 mostra as respostas dos 25 alunos às questões dispostas no apêndice H.

Gráfico 1 – Respostas dos alunos ao questionário de avaliação do RA.Geo



Fonte: elaborado pelo autor.

Sobre a questão de número 3, a maioria das sugestões feitas pelos alunos para a melhoria do aplicativo se concentravam em pedir novas animações e projeções de outros sólidos geométricos que estavam ilustrados no livro didático. Um aluno comentou em sala de

aula que o livro didático é o único recurso utilizado para estudar geometria e, “se o aplicativo possuísse várias outras animações de todo o conteúdo do capítulo, seria muito importante para ajudar os estudos” (fala do aluno 11).

Logo, sob o ponto de vista dos alunos, o RA.Geo se mostrou um recurso útil para o ensino de Geometria Espacial ao possibilitar uma nova forma de visualizar os objetos de estudo e de construir o próprio conhecimento geométrico. Ademais, a capacidade de envolver e despertar o interesse dos alunos somado a facilidade de uso e à possibilidade de interação entre usuário e tecnologia, conforme apontado por eles, fez deste aplicativo uma ferramenta interessante para a aprendizagem.

De modo semelhante à pesquisa realizada com os alunos, também foram distribuídos questionários aos dois professores participantes do projeto de desenvolvimento do RA.Geo (disponível no apêndice I). A análise das respostas entregues por eles serão descritas a seguir.

Referente às possibilidades da inserção da tecnologia da Realidade Aumentada no ensino de Geometria Espacial, os professores afirmaram que podem existir contribuições tanto para o ensino quanto para a aprendizagem. O professor B relatou que a RA “é capaz de gerar imagens com uma riqueza de detalhes maior do que outros programas” (trecho da resposta do professor B à questão 1). O outro docente lembrou que a forma com que a Realidade Aumentada gera os objetos virtuais faz com que “a visualização do objeto estudado permite que o aluno construa o seu próprio conhecimento geométrico necessário para trabalhar os conteúdos atuais e subsequentes” (trecho da resposta do professor A à questão 1).

Se a Realidade Aumentada utilizada como recurso didático durante as aulas de matemática auxiliou o processo de visualização e a construção do conhecimento geométrico, como afirmou o professor A, é possível que ela tenha contribuído diretamente com o desenvolvimento do pensamento geométrico de alguns alunos, uma vez que, conforme Duval (1995, p. 45), este tipo de pensamento “se desenvolve pelas etapas de visualização e, em seguida, da construção do próprio conhecimento”.

Sobre o RA.Geo, os professores se manifestaram favoráveis a sua utilização em sala de aula. O professor A afirmou que a “sua forma de apresentação é atrativa, interativa e dinâmica. Algo realmente próximo do aluno e que permite realizar conexões entre os conceitos que são apresentados” (resposta do professor A à questão 2). O professor B lembrou que o RA.Geo pode ser facilmente utilizado na escola ou em casa porque “como o aplicativo não precisa estar conectado à internet e está instalado no aparelho de cada aluno, ele pode ser usado tanto na sala de aula quanto em qualquer outro lugar, o que o torna bastante útil para os estudos” (resposta do professor B à questão 4).

De modo semelhante às respostas encontradas nos questionários entregues aos discentes, os professores sugeriram, na questão 3, alterações relacionadas à inserção de novos objetos virtuais que poderiam complementar o conteúdo apresentado pelo livro didático de matemática. Igualmente, os dois também responderam positivamente às questões referentes à facilidade de uso do RA.Geo, à organização e clareza das informações presentes nele e à possibilidade de interação entre usuário e aplicativo.

Portanto, se alunos e professores concordaram que o RA.Geo atingiu seus objetivos pedagógicos ao contribuir com o desenvolvimento da visualização durante a aula de matemática, se afirmaram que ele apresentou facilidade de uso e que existiu interatividade entre o OA e seu público-alvo, pode-se considerar que ele também é válido sobre o ponto de vista pedagógico.

Considerado tecnicamente e pedagogicamente válido, sob os fundamentos da metodologia INTERA, e tendo concluído satisfatoriamente todas as etapas do ciclo de produção de Objetos de Aprendizagem, conclui-se que o RA.Geo pode trazer contribuições para alunos e professores e, portanto, ser considerado válido para o ensino de Geometria Espacial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao observar o trabalho realizado na aula de Geometria Espacial foi possível verificar que realmente existem dificuldades relacionadas ao uso exclusivo do livro didático e, conseqüentemente, à falta do desenvolvimento da visualização. Se por um lado alguns alunos possuem dificuldades de compreender as características de um objeto tridimensional ilustrado em uma folha de papel, por outro, o docente pode não conseguir repassar essas informações por falta de material de apoio adequado ao ensino.

Durante a aplicação do RA.Geo em sala de aula, pode-se observar o esforço do professor em tentar demonstrar aos seus alunos que o estudo de Prismas depende, primeiramente, da compreensão da tridimensionalidade e, em muitos casos, da capacidade de imaginá-los no mundo real. As falas registradas durante a aula e as respostas de alguns alunos ao questionário, mostram que também existem, por parte deles, a necessidade de compreender melhor o objeto de estudo a fim de gerar novo conhecimento útil para solucionar novos problemas.

Ao apresentar para uma turma de alunos do Ensino Médio um Objeto de Aprendizagem que possibilitou trabalhar com objetos virtuais em três dimensões foi possível constatar que as tecnologias apropriadas para a representação de conteúdo tridimensional, como a Realidade Aumentada, possuem potencialidades para contribuir com a melhoria do ensino de Geometria Espacial. Contudo, a fim de identificá-las, o trabalho de desenvolvimento do RA.Geo e a análise de sua utilização em sala de aula visou responder a seguinte questão: *quais são as contribuições de um aplicativo de Realidade Aumentada, desenvolvido para dispositivos móveis, utilizado como Objeto de Aprendizagem para o processo de ensino de Geometria Espacial?*

A princípio, a análise dos dados coletados com a finalidade de validar o aplicativo desenvolvido mostraram que as contribuições do RA.Geo foram equivalentes às vantagens advindas da aplicação da RA na educação em geral. Semelhante aos apontamentos de Yaoyuneyong et al. (2011, p. 127), pôde-se perceber, em sala de aula, que o RA.Geo também possuiu “potencial para estimular e motivar os alunos à explorar objetos de diferentes ângulos” e apresentou “capacidade de ajudar os alunos a visualizar conteúdos do mundo real que não estão totalmente disponíveis”.

Estas afirmações podem ser feitas diante o interesse demonstrado pelos alunos ao interagir com o RA.Geo em busca de explorar diferentes pontos de vista dos objetos virtuais que eram projetados. Tais objetos simulavam sólidos geométricos que dificilmente estariam

disponíveis em uma sala de aula e, portanto, incapazes de serem visualizados pelos estudantes.

Ao motivar a exploração destes objetos virtuais, o RA.Geo também possibilitou a “descoberta, observação e construção de novo conhecimento”, que é uma das vantagens apontadas por Rodrigues et al. (2010, p. 87) para a aplicação da RA na educação. O diálogo realizado entre os alunos durante a aula (Quadro 4, página 74) revelou que, por meio da visualização de animações tridimensionais, aqueles alunos puderam observar, nos objetos virtuais, novas informações que foram base para gerar conhecimento útil para próximos desafios.

Pôde-se perceber que, semelhante a uma das vantagens listadas por Cardoso et al. (2014, p. 331), o RA.Geo também é capaz de “ajudar o docente em suas práticas educacionais” ao facilitar a demonstração das três dimensões de um objeto e, assim, das suas propriedades e características. O trabalho do professor, realizado durante a etapa de avaliação do aplicativo, em demonstrar e exemplificar o que o livro didático ilustrava, pôde ser substituído, e com maior precisão, pelos objetos virtuais que eram apresentados na tela dos dispositivos de cada aluno.

Essa proximidade entre aluno e objeto de estudo, promovido pelo RA.Geo, também se mostrou uma vantagem para além daquelas levantadas pelo autores referenciados nesta pesquisa. A possibilidade de visualizar e explorar sólidos geométricos nos *smartphones* dos próprios alunos, sob o contexto apresentado pelo livro didático, permitiu a independência necessária para que cada discente buscasse as informações que lhe eram relevantes. Ademais, a mobilidade possibilitada por estes aparelhos foi determinante para permitir que cada aluno explorasse o seu próprio ponto de vista e manipulasse os objetos virtuais conforme lhe era necessário.

A interatividade proporcionada pelo RA.Geo juntamente com o formato de animação 3D escolhido para a apresentação dos objetos virtuais, se mostraram como fatores que também podem contribuir com o ensino ao possibilitar uma aprendizagem mais descontraída, que estimula o envolvimento do aluno e permite o desenvolvimento da autonomia de cada um deles.

Para que possam ser identificadas novas contribuições do RA.Geo para o ensino de Geometria Espacial, recomenda-se, como trabalho futuro, o desenvolvimento de novas versões que abordem diferentes temas como Pirâmides, Cilindros, Esferas e outros conteúdos tridimensionais que, de forma semelhante ao trabalhado nesta pesquisa, necessitem do desenvolvimento da visualização para a sua aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, Maria da Conceição L. **Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE):** normas para a definição dos metadados. Universidade de Brasília, Brasília: CESPE/UnB, MEC, 2010. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/retrievefile/normas>>. Acesso em: 25 set. 2017.
- AGUIAR, Emanuella Senff de. **Um panorama das pesquisas em tecnologia educacional dos programas de pós-graduação Stricto sensu em Educação Matemática do Brasil.** Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em matemática). Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville, SC, 2015. Disponível em: http://www.matematica.joinville.udesc.br/files/TGR/2015_1/TGR_Emanuella.pdf. Acesso em: 01 set. 2017.
- AMANTE, L. & MORGADO, L. Metodologia de concepção e desenvolvimento de aplicações educativas: O caso dos materiais hipermídia. In: **Revista Discursos: Língua, cultura e sociedade.** v. 3, n. especial, p. 27-44. Lisboa, Portugal, 2001. Disponível em: <http://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/4348/1/L%C3%BAcia%20Amante_Lina%20Morgado.pdf>. Acesso em: 27 set. 2017.
- ANAMI, Beatriz Milho. **Boas práticas de realidade aumentada aplicada à educação.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR, 2013. Disponível em: <<http://www.uel.br/cce/dc/wp-content/uploads/TCC-BeatrizAnami-BCC-UEL-2013.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2017.
- BARRERO, Patrícia da Silva. **A integração das TIC no contexto do programa de aprendizagem no transporte:** possibilidades e realizações. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Tecnologias Educacionais). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/10672/BARRERO%2C%20PATRICIA%20DA%20SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 set. 2017.
- BICALHO, Jossara Bazílio de Souza. **Um estudo sobre poliedros e atividades para o ensino de matemática:** Geometria da bola de futebol e pipa tetraédrica. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissional em Matemática). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2013. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6456/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 21 mar. 2017.
- BLENDER, Foundation. **About Blender.** Disponível em: <https://docs.blender.org/manual/en/dev/getting_started/about/index.html>. Acesso em: 14 set. 2017.
- BRAGA, Juliana Cristina; DOTTA, Silvia; PIMENTEL, Edson; STRANSKY, Beatriz. Desafios para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem reutilizáveis e de qualidade. In: Workshop de desafios da computação aplicada à educação, 2012, Curitiba. **Anais do ...** Curitiba, 2012. p. 90-99. Disponível em: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/desafie!/2012/0025.pdf>. Acesso em: 01 set. 2012
- BRAGA, Juliana Cristina (org.). **Objetos de Aprendizagem: Introdução e Fundamentos.** Santo André: Editora UFABC, 2014. Disponível em: <<http://pesquisa.ufabc.edu.br/intera/wp-content/uploads/2015/12/objetos-de-aprendizagem-v1.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2017.

_____, Juliana Crisitna. **Objetos de Aprendizagem: Metodologia de Desenvolvimento**. Santo André: Editora UFABC, 2015. Disponível em: <<http://pesquisa.ufabc.edu.br/intera/wp-content/uploads/2015/12/objetos-de-aprendizagem-v2.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2017.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: matemática**. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro03.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2016.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2017.

BUCIOLI, Arthur Augusto Bastos; LAMOUNIER, Edigard Afonso Júnior. Visualização de ambientes virtuais com simulação de projeção holográfica. In: Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, 2014, Marília, SP. **ANAIS DO WRVA'14**, 2014. Disponível em: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wrva/2014/025.pdf> Acesso: 01 set. 2017.

CARDOSO, Raul G. S. et al. Uso da realidade aumentada em auxílio à educação. In: **Computer on the Beach**. 2014. Florianópolis, SC. UNIVALI. 2014. p. 330-339. 2014. Disponível em: <<http://www6.univali.br/seer/index.php/acotb/article/viewFile/5337/2794>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

COMMONS, Creative. **What we do**. 2017a. Disponível em: <<https://creativecommons.org/about/>>. Acesso em: 25 set. 2017.

COMMONS, Creative. **Licences**. 2017b. Disponível em: <<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>>. Acesso em: 25 set. 2017.

CORE, Dublin. **Using Dublin Core: The Elements**. Disponível em: <<http://www.dublincore.org/documents/usageguide/elements/>>. Acesso em: 25 set. 2017.

COSTA, Fernando Albuquerque. Concepção de sistemas de formação multimídia: elaboração de um Guião de Autor. In: **Atas do 3º Simpósio Investigação e Desenvolvimento de Software Educativo**. Universidade de Évora, Lisboa - Portugal, 1998. Disponível em: <<http://www.minerva.uevora.pt/simposio/comunicacoes/fcosta/guiautor.htm> >. Acesso em: 27 set. 2017.

DANTE, Luiz Roberto. Livro didático de matemática: uso ou abuso? **Em Aberto**. Brasília, ano 16, n. 69, p. 82-97. jan/mar, 1996. Disponível em: <<http://www.rbep.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/view/2068/2037>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

DOTTA, Silvia; BRAGA, Juliana Cristina; PIMENTEL, Edison. Metodologia INTERA para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem. In: II Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Campinas, SP, 2013. **Anais do...** Disponível em: <https://www.academia.edu/5288265/Metodologia_INTERA_para_o_desenvolvimento_de_Objeto_de_Aprendizagem?auto=download>. Acesso em: 01 set. 2017.

DUARTE, Márcio; CARDOSO, Alexandre; LAMOUNIER JR, Edgard. O Uso de Realidade Aumentada no Ensino de Física. In: **II Workshop de Realidade Aumentada - WRA2005**. Unimep, Piracicaba, SP. Setembro, 2005. Disponível em: <<http://www.ckirner.com/download/anais/WRA2005-Anais/WRA2005-1-24.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

DUVAL, Raymond. Registros de representações semiótica e funcionamento cognitivo da compreensão em Matemática (1995) In: MACHADO, Silvia Dias Alcântara. **Aprendizagem em Matemática: registros de representação semiótica**. Campinas: Papirus, 2003.

FAINGUELERNT, Estela Kaufman. **Representação do conhecimento geométrico através da informática**. Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia de Sistemas e Computação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 1996. Disponível em: <<http://www.cos.ufrj.br/uploadfile/1339609295.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

FERNANDES, Alisandra Cavalcante et al. Modelo para Qualidade de Objetos de Aprendizagem: da sua concepção ao uso em sala de aula. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, Florianópolis, SC, 2009. **Anais do...** Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1182/1085>>. Acesso em: 01 set. 2017.

GONZALES, Alvarez Angeles. **Conjuntos Difusos de Objetos de Aprendizaje**. Tese de doutorado (Escola de Informática). Instituto de Informática de la Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile, 2005. Disponível em: <<http://www.inf.uach.cl/lalvarez/documentos/Conjuntos%20Difusos%20de%20LO.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2017.

HENRYSSON, Anders. **Bringing Augmented Reality to Mobile Phones**. Tese de Pós-Doutorado. Departamento de Ciência e Tecnologia da Universidade de Linköpings. Suécia, Linköpings, 2007. Disponível em: <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:16967/FULLTEXT01.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2017.

IEEE. **Standard for Learning Object Metadata - 1484.12.1-2002**. 2002. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1032843/>>. Acesso em: 01 set. 2017.

JAHN, Ana Paula; BONGIOVANNI, Vincenzo. **Computador na sala de aula: Algumas possibilidades do software Cabri 3D para o estudo da Geometria Espacial**. Revista do Professor de Matemática, v. 69, p. 50-54, 2009. Disponível em: <<http://cienciaparaeducacao.org/publicacao/jahn-a-p-bongiovanni-vincenzo-computador-na-sala-de-aula-algumas-possibilidades-do-software-cabri-3d-para-o-estudo-da-Geometria-espacial-revista-do-professor-de-matematica-v-69-p-50-54-2/>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

JONASSEN, David. **Computadores: Ferramentas Cognitivas**. Porto: Porto Editora, 2007.

KAUFMANN, Hannes; SCHMALSTIEG, Dieter. Mathematics And Geometry Education With Collaborative Augmented Reality. In: **ACM Siggraph 2002 conference abstracts and applications**. Nova York – Estados Unidos da América, 2002. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.13.1057&rep=rep1&type=pdf&embedded=true>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

KIRNER, Claudio; KIRNER, Tereza G. Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization. In: SHEIKH, Assim El; AJEELI, Abid T. A.; ABU-TAIEH, Evon M. **Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications**. IGI Publishing.

Hershey – Estados Unidos da América, 2008. cap. XIV, p. 391-319. Disponível em: <<http://www.irma-international.org/viewtitle/28994/>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

LIMA, João Paulo Silva do Monte. **Realidade Aumentada sem marcadores multiplataforma utilizando rastreamento baseado em modelo**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ufpe.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/2292/arquivo2815_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 set. 2017.

LIMA, Laura A.F.; ALONSO, Kátia M.; MACIEL, Cristiano. Análise da Qualidade em Objetos de Aprendizagem: reflexão sobre aspectos pedagógicos. In: Workshop do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 2013, Campinas. **Anais do ...** Campinas, 2013, p.61-70. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/2655/2309>>. Acesso em: 01 set. 2017.

LORENZATO, Sérgio. Porque não ensinar Geometria? **A educação matemática em revista** – SBEM – nº4 . Unicamp, Campinas – SP. 1995.

MECINA, Adoración Peña. **Enseñanza de la geometría con TIC en educación secundaria obligatoria**. Tese de Doutorado. Uiniversidade Nacional de Educación a Distancia. Facultad de Educación – Departamento de Didáctica. Madri, 2010. Disponível em: <<http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:Educacion-Apena/Documento1.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2016.

MEGAHED, Naglaa Ali. Augmented Reality Based-Learning Assistant for Architectural Education. In: **EduRe Journal: International Journal on Advances in Education Research**. 2014. v. 1, n. 1, p. 35-50. Disponível em: <http://edure.org/EduReJournalVol1N1/EduRe_V1_I1_P3.pdf>. Acesso em 10 abr. 2015.

MELLO, Hilton Andrade de. **Geometria nas artes**. 2010. Disponível em: <http://www.hamello.com/PDF/livro_pt.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2017.

MIALICH, Flávia Renata. **Poliedros e Teorema de Euler**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. São José do Rio Preto - SP. 2013. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94273/mialich_fr_me_sjrp.pdf?sequence=1>. Acesso em: 21 mar. 2017.

MICROSOFT, Corporation. **.NET Programming Languages**. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/net/learn/languages>>. Acesso em: 15 set. 2017.

NESS, Daniel; FARENGA, Stephen J. **Knowledge under Construction: the importance of play in developing children's spatial and geometric thinking**. Maryland/ Lanham - USA: Rowman & Littlefield publishers. 2007.

NMC. Horizon Report: Museum Edition. [S.I.] **2011-horizon-report-museum.pdf**. 2011. Disponível em <<http://www.nmc.org/pdf/2011-horizon-report-museum.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2016.

PAIS, Luiz Carlos. Estratégias de ensino de Geometria em livros didáticos de matemática em nível de 5ª a 8ª série do ensino fundamental. In: **Anais da 29ª Reunião Anual da ANPED**,

GT19 – Educação Matemática, Caxambu – MG. 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/emanped/paginas/conteudo_producoes/docs_29/estrategias.pdf>. Acesso em 10 abr. 2015.

PAIVA, Manoel. **Matemática Paiva**. Vol. 2. São Paulo: Moderna, 2015.

PARSYSZ, B. **Articulation entre perception et deduction dans une demarche géométrique en PE1**. Extrait du colloque de la COPIRELEM – Tours, 2001.

PASARÉTI, Otília et al. Augmented Reality in education. In: **INFODIDACT - Informatika Szakmódszertani Konferencia**. Szombathely - Hungria, Abril - 2011. Disponível em: <http://people.inf.elte.hu/tomintt/infodidact_2011.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2015.

PAVANELLO, Regina Maria. O abandono do ensino de Geometria no Brasil: causas e consequências. In: **Zetetiké – Revista de Educação Matemática**. v. 1, n. 1, p. 7-18, 1993.. Disponível em: <<https://www.fe.unicamp.br/revistas/ged/zetetike/article/view/2611/2353>>. Acesso em: 06 jan. 2016.

PERES, Thalitta Fernandes de Carvalho; FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Matemática no Ensino Médio: ensino para a formação de conceitos e desenvolvimento dos alunos. **Práxis Educativa (Brasil)**. vol. 8, núm. 1, p. 173-196. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná. 2013.

PESSOA, Marcello de Castro; BENITTI, Fabiane Barreto Vavassori. Proposta de um Processo para Produção de Objetos de Aprendizagem. In: **Revista Hífen**. v.32, nº 62, Uruguaiana, RS, 2008. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/fzva/ojs/index.php/hifen/article/download/4596/3483>. Acesso em: 01 set. 2017.

RODRIGUES, Claudia Susie Camargo; PINTO, Ricardo Alexandre Marquezin; RODRIGUES, Paulo Fernando Neves. Uma Aplicação da Realidade Aumentada no Ensino de Modelagem dos Sistemas Estruturais. In: **Revista Brasileira de Computação Aplicada**. Passo Fundo, 2010. v. 2, n. 2, página 81-95. Disponível em: <<http://www.upf.br/seer/index.php/rbca/article/view/971>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

SILVA, Robson Santos da. **Objetos de aprendizagem para educação a distância**. São Paulo: Novatec, 2011.

SOUZA, Joamir Roberto de. **Novo olhar Matemática**. Vol. 3. São Paulo: FTD, 2013.

TEIXEIRA, Marta Suzana Meireles. **O pensamento geométrico no 1º ano de escolaridade**. Dissertação de mestrado (Faculdade de Ciência – Departamento de Educação). Universidade de Lisboa, Lisboa – Portugal. 2008. Disponível em: <http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1278/1/19208_ulfc091311_tm_O_Pensamento_Geometrico_no_1_ano_de_escolaridade.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2016.

UNITY, Company. **Unity User Manual**. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/Manual/UnityManual.html> >. Acesso em: 14 set. 2017.

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

VUFORIA, Developer Portal. **Getting Started**. Disponível em: <<https://library.vuforia.com/getting-started>>. Acesso em: 14 set. 2017.

WILEY, David A. **Learning objects need instructional design theory**. Logan City: Emma Eccles Jones Education, 2002, p. 115-126. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 01 set. 2017.

YAOYUNYONG, Gallayanee; JOHNSON, Erik; YUEN, Steve Chi-Yin. Augmented reality: An overview and five direction for AR in education. In: **Journal of Education Tecnology Development and Exchange**. 2011. v. 4, p. 119-140. Disponível em: <<http://www.sicet.org/journals/jetde/jetde11/11-10-steve.pdf>>. Acesso em 10 abr. 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Artefato 1
Quadro 5 - Relatório de Análise de Contexto

1. Caracterização geral do RA.Geo	
1.1 Tipo do OA:	Objeto de Prática: possibilita a autoaprendizagem e possui interação com o usuário.
1.2 Objetivos pedagógicos:	Contribuir com o processo de visualização de objetos geométricos ao trazer animações tridimensionais semelhantes às ilustrações presentes no livro didático de matemática.
1.3 Área de conhecimento:	Educação Matemática
1.4 Disciplina principal:	Matemática
1.5 Ementa em que o OA se encaixa:	Geometria Espacial
1.6 Tópicos dentro da ementa:	Poliedros/Prismas
1.7 Descrição do OA:	O OA será um aplicativo para dispositivos móveis que fará uso da tecnologia da Realidade Aumentada para gerar projeções tridimensionais (em formato de animações) de objetos geométricos. Ao posicionar a câmera do dispositivo sobre uma imagem do livro didático (ou sobre qualquer marcador de RA cadastrado), o aplicativo irá reconhecê-la e mostrar animações atribuídas a ela.
1.8 Público alvo:	2º ano do Ensino Médio
1.9 Conhecimento prévio necessário:	Geometria Plana
1.10 Grau de Acessibilidade:	O OA pode ser acessado em dispositivos móveis ou em computadores (por meio de emuladores ou de Sistemas Operacionais <i>Android</i>).
1.11 Fluência tecnológica desejável:	Saber usar <i>tablets</i> ou <i>smartphones</i> .
1.12 Problema atual:	Alguns alunos possuem dificuldades de visualizar e compreender as características de um objeto geométrico tridimensional representado em um único plano, como o impresso em uma folha de papel.
1.13 Solução esperada:	Ao gerar animações tridimensionais dos objetos representados no livro, o aluno terá mais facilidade de visualizar as suas propriedades e características.
2. Reusabilidade do RA.Geo	
2.1 Disciplinas em que o OA pode ser usado:	Matemática, Artes
2.2 Tópicos dentro das disciplinas:	Poliedros/Prismas, Formas Geométricas
2.3 Componentes do OA:	Grupo de animações de construção conceitual de Prismas; grupo de animações de exemplos de Prismas; grupo de animações de planificação de Prismas.
3. Cenário de uso do RA.Geo	
3.1 Modalidade:	À distância ou presencial
3.2 Descrição do cenário:	O aluno pode utilizar o aplicativo em qualquer lugar, em sala de aula ou em casa, independente do acesso à Internet. Para utilizá-lo basta ter o livro didático ou os marcadores de RA impressos.

Fonte: adaptado da obra de Braga et al. (2014, p.62).

APÊNDICE B – Artefato 2
Quadro 6 - Documento de Especificação de Requisitos

Especificação de Requisitos do RA.Geo
<p><u>Requisitos de funcionalidade:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • O aplicativo deve ser usado junto ao livro didático ou com marcadores fiduciais de RA: os marcadores fiduciais devem ser disponibilizados para <i>download</i> junto ao aplicativo. • Devem existir opções de interatividade com o usuário: opções de reiniciar a animação, aproximar a câmera (zoom), rotacionar o objeto virtual. • O aplicativo deve conter mais de uma animação para cada ilustração do livro cadastrada: devem conter pelo menos quatro animações tridimensionais para apresentar outros exemplos que o livro não traz.
<p><u>Requisitos de Conteúdo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • As imagens dos livros didáticos a serem cadastradas no aplicativo são: <ul style="list-style-type: none"> <u>Livro: Novo Olhar Matemática (SOUZA, 2013)</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Exemplos de Prismas (pág.79) <p>Animações atribuídas: caixa de pizza, caixa de leite, pacote bolacha, pacote panetone.</p> 2. Definição de Prisma (pág.79) <p>Animações atribuídas: Prisma de base triangular, de base quadrada, de base pentagonal e de base hexagonal.</p> 3. Planificação de Prismas (pág.82) <p>Animações atribuídas: planificação de Prisma de base triangular, de base quadrada, de base pentagonal e de base hexagonal.</p> <u>Livro: Matemática Paiva (PAIVA, 2015)</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Exemplos de Prismas (pág.200) <p>Animações atribuídas: caixa de pizza, caixa de leite, pacote bolacha, pacote panetone.</p> 2. Definição de Prisma (pág.200) <p>Animações atribuídas: Prisma de base triangular, de base quadrada, de base pentagonal e de base hexagonal.</p> 3. Planificação de Prismas (pág.263) <p>Animações atribuídas: planificação de Prisma de base triangular, de base quadrada, de base pentagonal e de base hexagonal.</p>

Fonte: adaptado da obra de Braga et al. (2014, p.51).

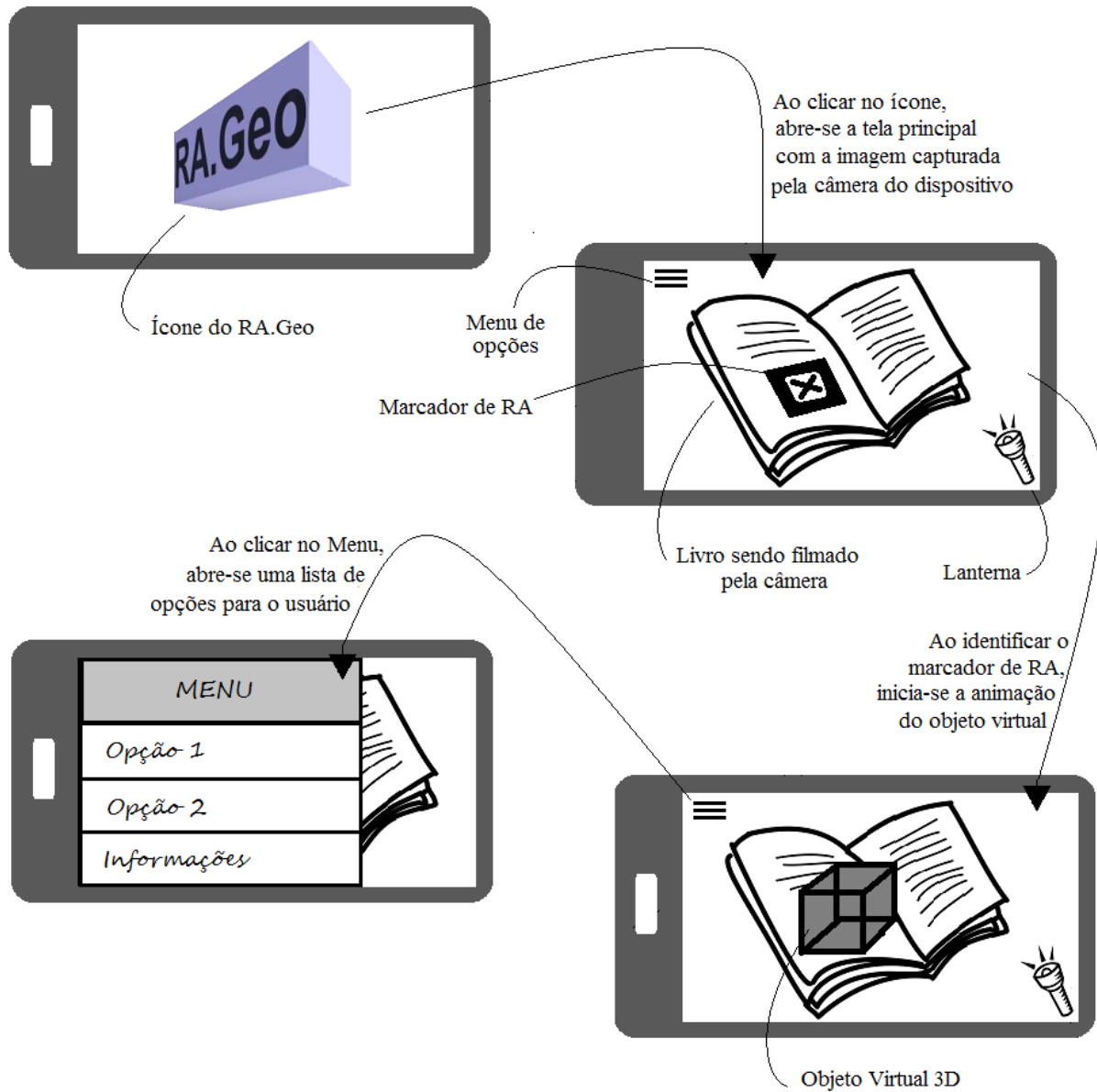
Quadro 6 - Documento de Especificação de Requisitos

(Continuação)

Especificação de Requisitos do RA.Geo (continuação)
<p><u>Requisitos de interface com o usuário:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • O aplicativo deve apresentar uma tela “limpa”, sem muitos componentes, dando prioridade para a imagem capturada pela câmera. • O menu deve conter opções de troca de animação e informações sobre o aplicativo.
<p><u>Requisitos de disponibilidade:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • O aplicativo deve ser disponibilizado para <i>download</i> em http://www.rageo.serverti.com.br • Verificar a possibilidade de cadastrá-lo em algum repositório de Objetos de Aprendizagem.
<p><u>Requisitos de acessibilidade:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • O aplicativo, após ser instalado, pode ser acessado em dispositivos móveis com o sistema operacional <i>Android</i> ou em computadores com emuladores deste sistema.
<p><u>Requisitos de acesso:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Não há controle de acesso. Usuários deverão abrir o aplicativo sem necessidade de cadastro ou <i>login</i>.
<p><u>Requisitos de licenciamento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Obter licença: <i>Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International</i> (CC BY-NC-SA 4.0)

Fonte: adaptado da obra de Braga et al. (2014, p.51).

APÊNDICE C – Artefato 3
 Figura 16 – Prototipação do RA.Geo



Lista de Definições Técnicas: (Parâmetros do Unity3D/Vuforia)

Câmera: Focus_Mode_ContinuousAuto; Imagem: High_Contrast_Key;

Lanterna: LightButton_On; (100%); Resolução: Natural_Resolution;

Menu: Option1_Checkbox_On.

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE D – Apresentação do Produto Educacional: RA.Geo

REALIDADE AUMENTADA

NA GEOMETRIA



VINICIUS GOUVEIA DE ANDRADE



*Programa de Pós-Graduação em
Educação para Ciências e
Matemática*

VINICIUS GOUVEIA DE ANDRADE

RA.Geo

Produto Educacional vinculado à dissertação “O desenvolvimento do aplicativo RA.Geo: contribuições da Realidade Aumentada para o ensino de Geometria Espacial”

Jataí
2017

APRESENTAÇÃO

O RA.Geo, acrônimo para Realidade Aumentada na Geometria, é um *software* aplicativo que usa a tecnologia da Realidade Aumentada para ser utilizado como recurso didático no ensino de Geometria Espacial. Este aplicativo constitui o produto educacional desenvolvido na pesquisa intitulada “O desenvolvimento do aplicativo RA.Geo: contribuições da Realidade Aumentada para o ensino de Geometria Espacial” do curso de Mestrado Profissional em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) – Campus Jataí.

Entre as principais características deste *software* estão a capacidade de gerar projeções em 3D sobre o próprio livro didático adotado pela instituição de ensino (o que descarta a necessidade de elaboração de novo material a ser levado para a sala de aula); a capacidade de exibir objetos tridimensionais em formato de animação e a sua compatibilidade com dispositivos móveis (o que descarta a necessidade do acesso à Internet ou a utilização de um laboratório de informática).

O RA.Geo, juntamente com seus manuais, pode ser obtido no site <http://rageo.serverti.com.br> ou no repositório de Objetos Educacionais da CAPES (EduCAPES) pelo endereço <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/177942>. Após realizar o *download*, é necessário instalar o pacote RA.GeoSETUP.apk em um dispositivo móvel ou em computadores/emuladores que contenham o sistema operacional *Android*.

Após executar o *RAGeoSETUP.apk* em um *smartphone* ou em um *tablet*, o gerenciador de aplicativos do *Android* irá fazer a instalação automática do RA.Geo e criar um novo ícone na área de trabalho. Ao clicar neste ícone, o RA.Geo fará uma breve exibição das marcas *Unity3D* e *Vuforia*, uma vez que foram utilizadas as versões gratuitas destas ferramentas e, em seguida, irá mostrar na tela a imagem filmada pela câmera do dispositivo.

Com o aplicativo aberto, posicione a câmera do dispositivo sobre as imagens do livro didático de matemática ou dos marcadores fiduciais de Realidade Aumentada (que podem ser obtidos juntamente com o *software*). Sobre estas imagens irão aparecer objetos virtuais assim que o aplicativo as reconhecerem.

Para exemplificar, a Figura 1 mostra dois *printscreens* da tela de um *smartphone* na qual, com o RA.Geo aberto, é mostrada a imagem filmada por sua câmera posicionada sobre a página de um livro didático de matemática (a) e, logo em seguida, sobre a mesma imagem aparece um objeto virtual tridimensional (b, caixa de leite) modelado e atribuído a

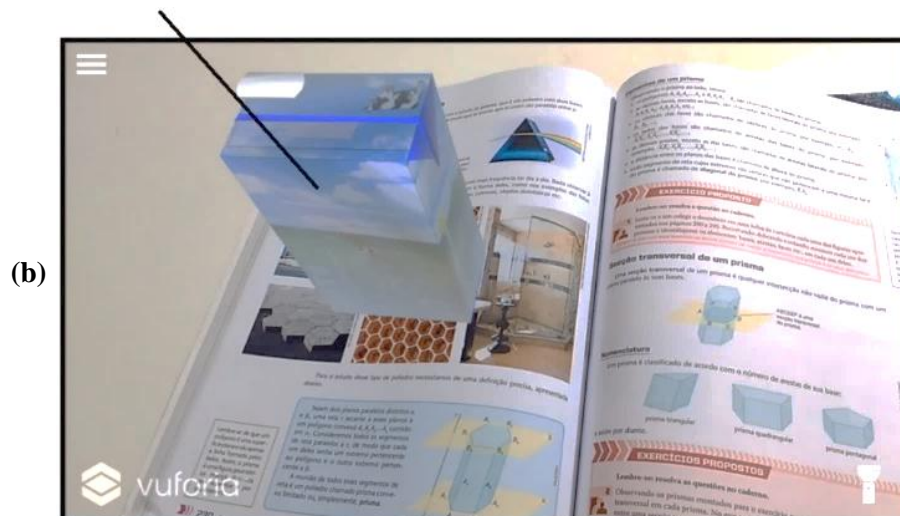
uma figura presente nesta página.

Figura 17 – *Printscreens* do RA.Geo: apresentação

Imagem cadastrada como marcador de RA



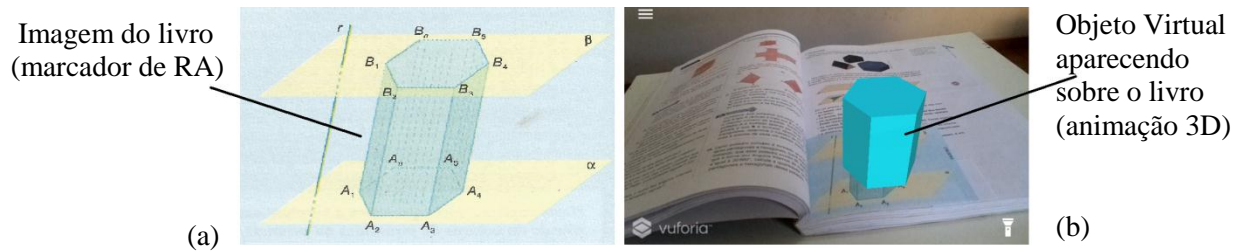
Objeto virtual tridimensional aparecendo sobre o marcador de RA



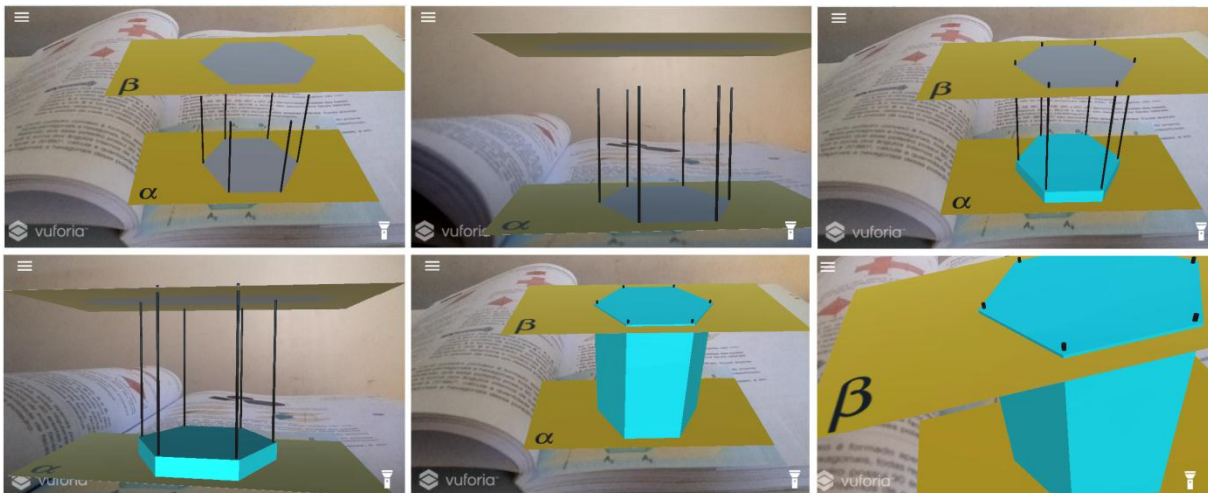
Fonte: elaborado pelo autor.

Ainda com o objeto virtual tridimensional apresentado na tela, também é possível movimentar ou aproximar a câmera sobre o livro para obter diferentes pontos de vista. Para exemplificar, a Figura 2 mostra uma imagem de um livro didático de matemática (a), cadastrada como marcador de RA, e alguns *printscreens* de diferentes momentos e pontos de vista da animação 3D atribuída a ela (b).

Figura 18 – Printscreens do RA.Geo: apresentação



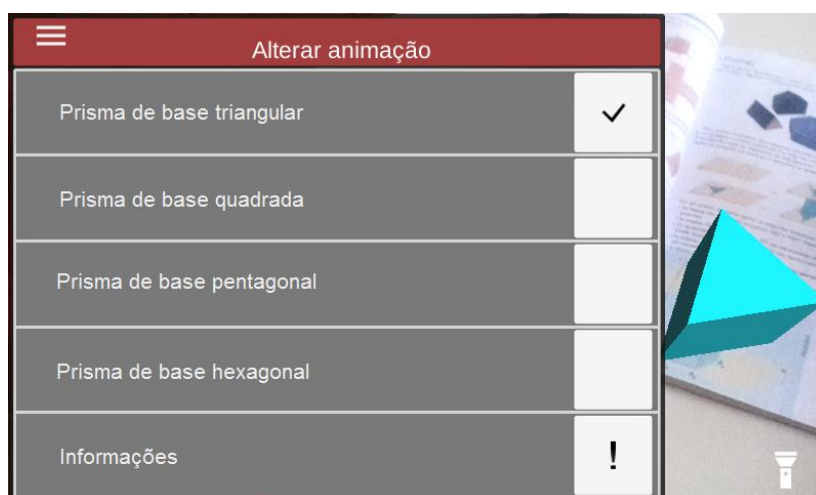
Printscreens de momentos da animação:



Fonte: elaborado pelo autor.

Ao todo foram criadas doze animações, distribuídas entre os nove marcadores cadastrados. Para visualiza-las foi criado um menu que oferece as opções disponíveis para cada um deles, conforme mostra a Figura 3.

Figura 19 – Printscreen do RA.Geo: Menu de opções



Fonte: elaborado pelo autor.

Ainda foram criados outros menus que ficam disponíveis somente quando marcadores de RA cadastrados são identificados. Nestes menus estão presentes opções de animações tridimensionais referentes aos exemplos de prismas encontrados no cotidiano, exemplos de construção conceitual de um prisma e exemplos de planificações de prismas, conforme solicitado na etapa de requisitos.

Para exemplificar como o RA.Geo pode ser utilizado, foi criado um vídeo que pode ser acessado em <https://youtu.be/heNkm6-00ok>.

O Quadro 7 mostra as imagens digitalizadas do livro didático e as respectivas animações tridimensionais atribuídas a elas.

Quadro 7 – Marcadores de RA e objetos virtuais: exemplos de Prismas

Marcadores de RA para mostrar exemplos de Prismas



Fonte: PAIVA, 2015, p.200



Fonte: elaborado pelo autor



Fonte: SOUZA, 2013, p.79

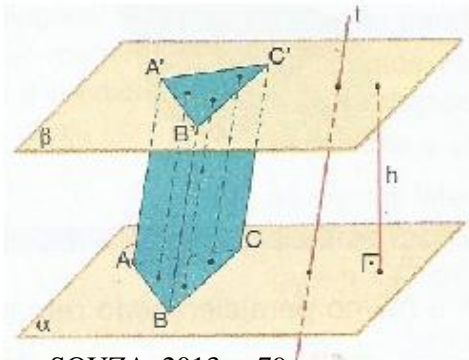
Objetos virtuais modelados para exemplificar Prismas



Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 8 – Marcadores de RA e objetos virtuais: tipos de Prismas

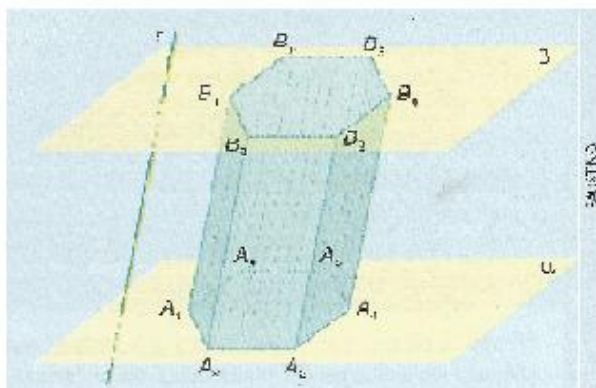
Marcadores de RA para mostrar diferentes tipos de Prismas



Fonte: SOUZA, 2013, p.79

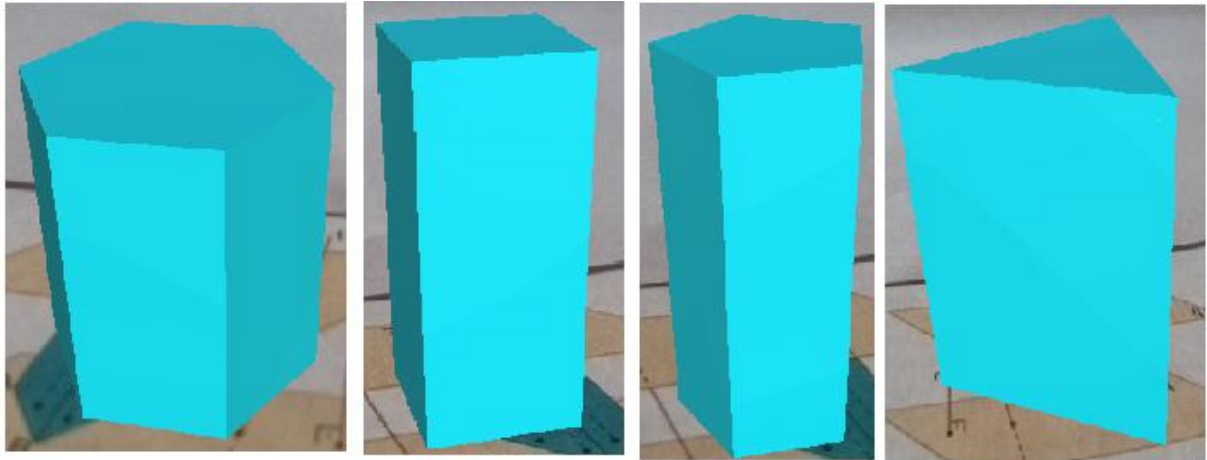


Fonte: elaborado pelo autor



Fonte: PAIVA, 2015, p.200

Objetos virtuais modelados para mostrar diferentes tipos de Prismas



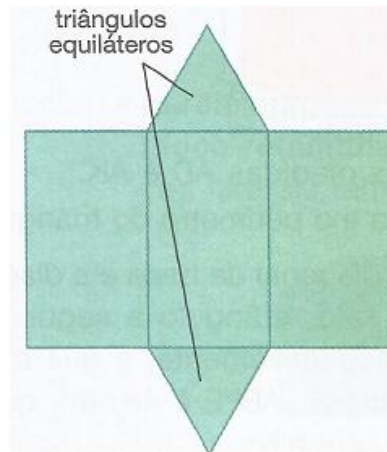
Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 9 – Marcadores de RA e objetos virtuais: Planificação de Prismas

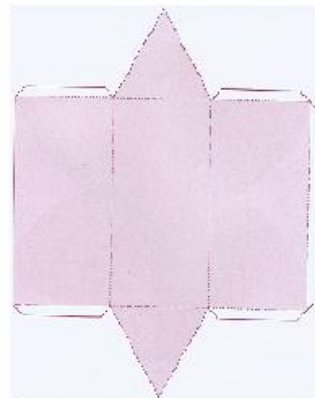
Marcadores de RA para mostrar planificações de Prismas



Fonte: elaborado pelo autor

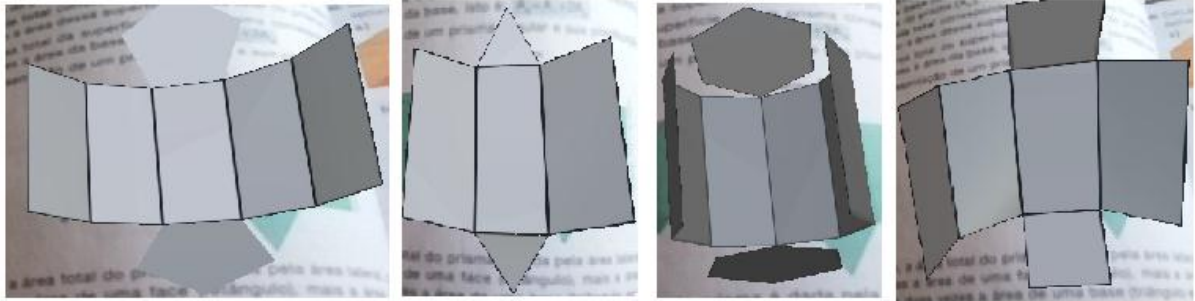


Fonte: SOUZA, 2013, p.82



Fonte: PAIVA, 2015, p.263

Objetos virtuais modelados para mostrar planificações de Prismas



Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE E – Artefato 4
Quadro 10 – Plano de Testes do RA.Geo

Teste técnico		
Quanto à Funcionalidade	Todos os requisitos (ver Documento de Especificação de Requisitos) foram atendidos?	() Sim () Não
Quanto à Acessibilidade	O RA.Geo pode ser acessado em diferentes contextos, por diversos usuários?	() Sim () Não
Quanto à Confiabilidade Técnica	As funcionalidades possuem algum defeito técnico?	() Sim () Não
Quanto à Precisão	O RA.Geo apresenta resultados precisos e dentro do esperado?	() Sim () Não
Quanto à Portabilidade	O RA.Geo funciona em diferentes plataformas?	() Sim () Não
Quanto à Instalação	O RA.Geo é fácil de ser instalado? O manual de instalação está adequado?	() Sim () Não
Quanto à Usabilidade	O RA.Geo é simples de ser usado? Possui menus de fácil acesso? Possui menu de ajuda/informações?	() Sim () Não
Quanto à Disponibilidade	O RA.Geo foi disponibilizado em repositório apropriado?	() Sim () Não
Teste de conteúdo		
<ol style="list-style-type: none"> 1. O conteúdo abordado no RA.Geo está pedagogicamente correto? 2. O conteúdo presente no RA.Geo abrange todo o conteúdo a que ele se propôs (Prismas)? 3. O conteúdo do RA.Geo é adequado ao público alvo? 4. O conteúdo do RA.Geo está atualizado? 5. Os exemplos apresentados pelo RA.Geo são realistas e adequados para o ensino? 		
Observações		

Fonte: Adaptado de Braga (2014, p.131-133)

APÊNDICE F – Artefato 5

Figura 20 - Conteúdo do arquivo de metadados do RA.Geo

```

1 <?xml version="1.0"?>
2 <metadata
3   xmlns="http://serverti.com.br/"
4   xmlns:xsi="http://ragedo.serverti.com.br/"
5   xsi:schemaLocation="http://ragedo.serverti.com.br/"
6   xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
7   <dc:title>RA.Geo</dc:title>
8   <dc:creator>Vinicius Gouveia de Andrade</dc:creator>
9   <dc:subject>Realidade Aumentada, Geometria Espacial, Prismas</dc:subject>
10  <dc:description>Software aplicativo baseado na tecnologia da Realidade Aumentada
11  destinado à dispositivos móveis para ser usado juntamente com o livro didático de
12  matemática, com a finalidade de demonstrar aos discentes objetos virtuais
13  tridimensionais referentes ao conteúdo de Poliedros/Prismas.</dc:description>
14  <dc:publisher>Vinicius Gouveia de Andrade</dc:publisher>
15  <dc:contributor>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG),
16  Câmpus Jataí.</dc:contributor>
17  <dc:date>2017-07-22</dc:date>
18  <dc:type>Objeto de Prática</dc:type>
19  <dc:format>.apk</dc:format>
20  <dc:identifier>http://www.ragedo.serverti.com.br/</dc:identifier>
21  <dc:language>Pt-br</dc:language>
22  <dc:coverage>Jataí, Goiás, Brasil.</dc:coverage>
23  <dc:rights>Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International
24  (CC BY-NC-SA 4.0)</dc:rights>
25 </metadata>

```

Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE G – Artefato 5
Quadro 11 – Plano de Avaliação do RA.Geo

Data: 08/11/2016	Disciplina: Matemática
Turma: 2º ano Ensino Médio - 2A/2016	Conteúdo: Prismas
Professor A e Pesquisador	2 aulas de 45 minutos cada
Pré-avaliação	
<p>A ser realizada durante a primeira aula pelo Professor A.</p> <p>Materiais utilizados: livro didático de matemática, giz e quadro negro.</p> <p>- Apresentar o conteúdo de Prismas (páginas 200 à 203):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conceito de Prismas; • Características de um Prisma; • Elementos de um Prisma; • Classificação e Nomenclatura dos Prismas; • Prisma Reto e Prisma Oblíquo; • Prisma Regular; • Área de um Prisma. <p>- Solicitar aos alunos que resolvam os Exercícios Propostos da página 203 (2 ao 7).</p> <p>- Após a realização dos exercícios, questionar aos alunos quais foram as dificuldades relacionadas ao aprendizado do conteúdo e aos exercícios propostos resolvidos.</p>	
Aplicação do Objeto de Aprendizagem	
<p>A ser realizada na segunda aula pelo Pesquisador.</p> <p>Materiais utilizados: livro didático, projetor de vídeo, <i>notebook</i> e <i>smartphones</i>.</p> <p>- Exibir vídeo de apresentação do RA.Geo;</p> <p>- Solicitar aos alunos que peguem seus <i>smartphones</i>, abram o RA.Geo e revisem o conteúdo apresentado na aula anterior visualizando as projeções tridimensionais distribuídas sobre as ilustrações presentes nas páginas do livro didático.</p>	
Pós-avaliação	
<p>A ser realizada no final da segunda aula.</p> <p>- Após o término do uso do RA.Geo pelos alunos, questioná-los sobre as dificuldades encontradas no uso do aplicativo, as vantagens que ele pode trazer para a aprendizagem e aplicar questionário impresso.</p>	

Fonte: Adaptado de Braga (2014, p.159)

APÊNDICE H – Adaptação do questionário distribuído aos alunos

Sobre a tecnologia da Realidade Aumentada e o aplicativo RA.Geo

1- Você acredita que a tecnologia da Realidade Aumentada pode auxiliar o aluno a visualizar de forma mais real os objetos tridimensionais e contribuir com o aprendizado de geometria espacial?

2- Você acha que o software RA.Geo pode auxiliar o aprendizado do conteúdo de Primas? Por quê?

3- Quais alterações você indicaria para melhorar o software RA.Geo?

4- Você usaria o software RA.Geo (com as alterações sugeridas) em seus estudos?

5- O software é fácil de usar? () Sim () Não

6- As informações estão claras e bem organizadas? () Sim () Não

7- O software possibilita a interatividade com o usuário? () Sim () Não

APÊNDICE I – Adaptação do questionário distribuído aos professores

Sobre o ensino de geometria espacial

1- Você acredita que a tecnologia da Realidade Aumentada pode contribuir no processo de visualização e construção do pensamento geométrico¹?

2- Você acha que o software RA.Geo pode auxiliar o aprendizado do conteúdo de Primas? Por quê?

3- Quais alterações você indicaria para melhorar o software RA.Geo?

4- Você usaria o software RA.Geo (com as alterações sugeridas) em sala de aula? Acha que os alunos também poderiam usá-lo durante seus estudos?

5- O software é fácil de usar? () Sim () Não

6- As informações estão claras e bem organizadas? () Sim () Não

7- O software possibilita a interatividade com o usuário? () Sim () Não

¹ Pensamento geométrico pode ser entendido como uma forma de pensamento matemático necessário para o desenvolvimento da visualização/percepção espacial.