



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ-UESPI  
CAMPUS ALEXANDRE ALVES DE OLIVEIRA  
BACHARELADO EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

**DANILO BORGES DA SILVA**

**USO DA REALIDADE AUMENTADA COMO METODOLOGIA NO ENSINO DE  
GEOMETRIA ESPACIAL: FERRAMENTA ARGeo**

Parnaíba  
2011

Biblioteca UESPI: PHB  
Registro Nº. M 402  
CDD 006.6  
CUTTER 5 586 u  
V EX 04  
Data 05 104 11  
Visto: [assinatura]

**DANILO BORGES DA SILVA**

**USO DA REALIDADE AUMENTADA COMO METODOLOGIA NO ENSINO DE  
GEOMETRIA ESPACIAL: FERRAMENTA ARGeo**

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Ciências da Computação da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Campus Prof. Alexandre Alves de Oliveira, como parte das exigências da disciplina de Estágio Supervisionado, requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Computação.

Orientador: Dario Brito Calçada

Parnaíba

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA  
CÁTIA REGINA FURTADO DA COSTA CRB-3/1109

S586u Silva, Danilo Borges da.

Uso da realidade aumentada como metodologia no ensino de geometria espacial: ferramenta Argeo. / Danilo Borges da Silva. – Parnaíba, 2011.  
59 f.

Monografia de conclusão de curso de Bacharelado em Ciências da Computação, Universidade Estadual do Piauí, Parnaíba, 2011.

Orientador: Prof. Esp. Dario Brito Calçada.

1. Computação gráfica – Matemática. 2. Geometria espacial – Matemática. 3. Realidade aumenta – Metodologia. 4. Argeo – Ferramenta. I. Título.

CDD – 006.6

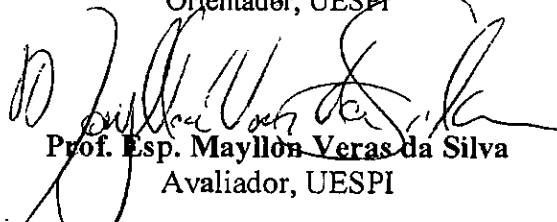



## Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso

Aos dezenove dias do mês de fevereiro de dois mil e onze, às 08h30, no Laboratório de Informática do Campus Prof. Alexandre Alves Oliveira - UESPI realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso do aluno **Danilo Borges da Silva**, intitulado **Uso da Realidade Aumentada como Metodologia no Ensino de Geometria Espacial: ferramenta Argeo**, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação. A Banca Examinadora foi presidida pelo Prof. Dario Brito Calçada e composta pelos membros efetivos os professores Mayllon Veras da Silva e Daniel Lima Sousa. Aberta a sessão pública, o candidato teve a oportunidade de expor seu trabalho. Após a exposição, o aluno foi arguido oralmente pelos membros da Banca Examinadora. Em seguida, em sessão reservada e nos termos do Regulamento Geral dos Trabalhos de Conclusão de Curso da UESPI, os membros da Banca realizaram a avaliação do candidato, que obteve nota 9,0 (nove pontos) sendo, portanto, **aprovado**. Nada mais havendo a tratar, eu, Prof. Dario Brito Calçada, lavrei a presente Ata que será lida e assinada por mim, pelos demais membros da Banca Examinadora e pelo candidato. Parnaíba (PI), 19 de março de 2011.

### Banca Examinadora

  
Prof. Esp. Dario Brito Calçada  
Orientador, UESPI

  
Prof. Esp. Mayllon Veras da Silva  
Avaliador, UESPI

  
Prof. MsC. Daniel Lima Sousa  
Avaliador, UESPI

### Candidato

  
Danilo Borges da Silva

Aos meus pais, irmã, família e a família que escolhemos,  
os amigos, por todo apoio que deram na minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me conceder a felicidade de cursar este curso e aos amigos que consegui por intermédio do mesmo.

Aos meus Pais, Cláudio e Dolores, que não mensuraram esforços para com os meus estudos, apoiando em todos os sentidos, e também a minha irmã Stéfani que aguentou muito meus momentos de *stress*.

A todos os meus amigos de classe que fizeram o curso se tornar agradável, sinto-me muito feliz por ter entrado nesta turma, em especial o Washington a quem devo uma grande parcela por ter tê-lo cursado e ao Flávio pelo apoio e por quebrar vários "galhos".

Aos meus amigos do curso de matemática, que quando estava pesado levar os dois cursos simultaneamente, me davam um reforço para continuar seguindo em frente e nunca desistir dos ideais, em especial a Krizya e ao coordenador Alexandro.

A toda minha família em geral em especial minha avó Benice que mesmo morando longe esteve sempre torcendo por mim.

"Nós damos forma aos nossos edifícios... depois são eles que nos moldam ."

(Winston Churchill)

## RESUMO

A computação gráfica está ajudando a sociedade em várias áreas como, por exemplo, no setor de treinamentos, publicidade e na medicina na construção de órgãos internos. Neste trabalho especificamente ela terá um papel fundamental, na educação, trazendo para a disciplina de matemática uma visão detalhada da construção de sólidos tridimensionais com o auxílio da realidade aumentada, o nome denominado a tecnologia que usa marcadores, software e hardware para trazer um objeto virtual a um ambiente real onde é possível a interação. Foi construído no trabalho uma ferramenta nomeada ARGeo que é composta de vários scripts feitos usando a linguagem de programação ActionScript 3.0 e realizado uma aula didática de matemática usando-a, aplicando logo após um questionário qualitativo do seu uso em sala. O trabalho foi sistematizado em duas partes: a construção da base de pesquisa sendo elas o ensino da matemática, computação gráfica e a construção da metodologia com realidade aumentada, a ferramenta, utilizando-a em uma aula de matemática com o assunto de geometria espacial.

Palavras chave: Matemática, Geometria Espacial, Realidade Aumentada



## ABSTRACT

Computer graphics has been helping society in various areas such as in industry training, advertising and medicine as constructions of internal organs. Specifically in this work, computer graphics will have a key role in bringing education to mathematics a detailed view of construction of three-dimensional solids with the help of augmented reality, the name given to the technology which uses tags, software and hardware so as to bring a virtual object to a real environment, where interaction is possible. A so-called ARGeo tool, which is made of several scripts designed by using the ActionScript 3.0 programming language, was created in this work. In addition, a math class was held in a didactic manner by using it, and afterwards, a qualitative questionnaire about its effectiveness in the classroom was applied. The work was divided into two parts: the construction of basic research that are mathematics teaching, computer graphics, and the construction of the methodology with augmented reality, by using it in a math class with the issue of spatial geometry.

Keywords: Math, Spatial Geometry, Augmented Reality

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>09</b>
<b>1 COMPUTAÇÃO GRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA .....</b>	<b>15</b>
2.1 Realidade Virtual .....	15
2.2 Realidade Aumentada .....	17
2.2.1 Sistema de Visão Óptica Direta .....	20
2.2.2 Sistema de Visão Direta por Vídeo .....	21
2.2.3 Sistema de Visão por Vídeo Baseada em Monitor .....	21
2.2.4 Sistema de Visão Óptica por Projeção .....	22
2.3 Ferramentas de Autoria de Realidade Aumentada .....	23
2.3.1 ARToolkit.....	23
2.3.2 FLARToolkit.....	23
<b>3 ENSINO DA MATEMÁTICA .....</b>	<b>25</b>
3.1 Realidade da Educação Brasileira.....	25
3.2 A Matemática e as Metodologias de Ensino de Geometria Espacial .....	27
<b>4 ARGEO .....</b>	<b>30</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICES</b>	

## INTRODUÇÃO

O foco deste trabalho foi problematizado por meio dos seguintes questionamentos: existem dificuldades no ensino de geometria no ensino médio? Quais são as dificuldades reportadas para o aprendizado de geometria espacial? O que fazer para sanar estes possíveis empecilhos? São perguntas comuns, trazidos tanto por parte dos profissionais de matemática quanto dos alunos; vislumbrando uma possibilidade de solução surgiu a idéia de estudar uma forma viável para se resolver estes problemas.

Sabe-se que os professores lecionam este conteúdo (geometria espacial) utilizando quadro e giz ou pincel e quadro de acrílico, ou seja, utilizando-se de representações planares para representar objetos tridimensionais, tornando o assunto abstrato e dificultando a visualização dos destes objetos, como é abordado por Melo (2011). Uma alternativa no intuito de sanar este problema seria utilizar metodologias que tirassem esta abstração, utilizando ferramentas direcionadas ao estudo de objetos tridimensionais, como por exemplo levar um cubo para sala de aula e extrair o máximo de informações relevantes ao seu estudo em sala de aula fazendo um complemento no ensino deste sólido, porém tem-se vista da grande resistência dos profissionais em utilizar estes recursos. Um outro fato relevante é que a mudança de metodologia de trabalho influi diretamente na atenção e disposição do aluno, tornando a aula mais atrativa e conseqüentemente facilitando o aprendizado.

Tendo em vista esta problemática e aspectos veio a ideia de em volta do

tema realidade aumentada construir algo similar a uma metodologia objetivando o ensino de geometria espacial batizado de ARGeo, pelo autor deste trabalho, surgindo para ser uma ferramenta que pode ser empregada e utilizada facilmente, de livre acesso e que contribua para o aprendizado do aluno na disciplina de matemática. Esta ferramenta não vem para ser restrita ao uso do profissional e sim para a sociedade que tenha disponível os utensílios básicos para seu acesso.

Aparece o seguinte questionamento: Porque o uso de realidade aumentada? Uma das razões está em ser um recurso da computação gráfica bem atual tornando-se uma das maiores revoluções no campo publicitário e decorrente disso gera um grande fascínio na sua construção, permite uma fácil manipulação e principalmente produz uma capacidade de manipulação de sólidos tridimensionais o que é requisito necessário para se caracterizar produto desta tecnologia.

Construiu-se então uma ferramenta de trabalho que reunisse um conjunto de aplicações de realidade aumentada, onde cada uma destas trouxesse um sólido como, por exemplo, uma pirâmide ou um cubo, para ser utilizado em sala durante a aula e que pode ser utilizado em qualquer lugar por qualquer pessoa, desde que disponha dos recursos mínimos para sua utilização.

Após a construção do *software* foi realizado uma aula experimental utilizando-o e disposto um questionário aos alunos, para fundamentar os resultados esperados com os obtidos deste trabalho.

Esta monografia está dividida em cinco partes: em Computação Gráfica

esta colocada o seu significado para a atualidade, bem como suas tendências; na Realidade Virtual e Aumentada é apresentado os conceitos destas tecnologias em especial a segunda que é o tema deste trabalho; Ensino da Matemática é caracterizada por trazer questões importantes quanto a situação do ensino da disciplina no país; ARGeo aborda a implementação da ferramenta ou pode-se dizer conjunto de softwares ou aplicações que juntos fazem parte desse todo, abordando também sua aplicação e os resultados colhidos; e as considerações finais e os possíveis trabalhos futuros.

## 1 COMPUTAÇÃO GRÁFICA

A Computação Gráfica (CG) está se tornando um item necessário na vida da população, em praticamente tudo ela está presente, contribuindo de diferentes maneiras, na nossa forma de interagir com as pessoas, ou mesmo interagir com o mundo virtual e o próprio mundo real. Ultimamente temos visto as últimas evoluções que são mais evidentes como, por exemplo, o surgimento das TVs de alta definição (*high definition*), os computadores e placas gráficas de última geração sendo constantemente ultrapassadas em pouco tempo, tudo isso contribuindo para a geração de uma interação cada vez mais real com o ser humano. Segundo a ISO (*International Standards Organization*) a CG pode ser definida como sendo um conjunto de métodos e técnicas utilizadas para converter um conjunto de dados para um dispositivo gráfico, via computador.

Segundo Pinho (2011), dois fatores foram fundamentais para o desenvolvimento da CG que conhecemos hoje:

a) O desenvolvimento dos circuitos integrados durante a década de 70. O que barateou os equipamentos eletrônicos e houve a popularização das máquinas.

b) A popularização de aplicativos prontos e integrados. Este item se explica devido ao fato que antigamente os fabricantes de computadores na época construíam as máquinas e colocavam um sistema operacional e os usuários tinham que construir os aplicativos (*softwares*).

Mas o que de fato se consiste a CG? É uma área que engloba três grandes subáreas. Segundo Azevedo (2006), são elas:

a) Síntese de Imagens - considera a criação sintética das imagens, as representações visuais de objetos criados pelo computador a partir das especificações geométricas e visuais de seus componentes. Pode também ser descrita como Visualização Computacional, principalmente quando se preocupa com a representação gráfica da informação, de forma a facilitar o entendimento de

conjuntos de dados de alta complexidade.

b) Processamento de Imagens – considera o processamento das imagens na forma digital e suas transformações visando, por exemplo, melhorar ou realçar suas características visuais.

c) Análise de Imagens – considera as imagens digitais e as analisa para obtenção de características desejadas; conhecida também como Reconhecimento de Padrões, busca isolar e identificar os componentes de uma imagem a partir de sua representação visual.

Um fator que deixa bem evidente o que seria CG é a união de dois elementos , a matemática e a arte.

"A computação gráfica é matemática e arte. É uma ferramenta de concepção de arte, assim como o piano ou o pincel. Esta ferramenta proporciona um maior poder de abstração, ajudando na criação de imagens complexas e em muitos casos não imaginadas. A relação entre luz, tempo e movimento constitui a base desta que poderia ser classificada como uma arte tecnológica. A computação gráfica pode ser encarada como uma ferramenta não convencional que permite ao artista transcender das técnicas tradicionais de desenho e modelagem." (AZEVEDO, 2006, p. 3)

Ele foi poético ao descrever o envolvimento da matemática e arte, e referenciar as pessoas que trabalham com CG como artistas. Alguns autores sem perda de generalidade, além das subáreas citadas acima, colocam mais duas, referenciadas acima são elas:

a) Modelagem - Visto em uma disciplina específica de Matemática como Equações Diferenciais Ordinárias (EDO), vemos a questão de modelagem de processos físicos por fórmulas matemáticas. Levando para o meio da CG, essa modelagem é um processo muito custoso, devido as transformações matemáticas que estão envolvidas no processo, modelar estes dados de forma que transmitam a informação ou no caso a imagem pretendida envolve um conhecimento mínimo de matemática, principalmente assuntos que envolvam álgebra, cálculo diferencial e geometria.

b) Animação - O problema de visualizar o movimento de objetos é conhecido como Animação ou Visualização de Movimento. Esse problema surge quando introduzimos o fator tempo (alguns autores chamam o tempo de 4ª dimensão), isto é, os dados variam com o tempo e além do problema de modelar a geometria e a topologia dos dados, temos que fazer também a modelagem do movimento que consiste em descrever o movimento dos objetos. O resultado de uma animação é uma sequência de imagens (*frames*), que é chamada genericamente por vídeo.

Visto alguns fatos interessantes que cabiam ser mostrados sobre conceitos da CG a seguir veremos algumas de suas realidades.



## 2 REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA

As chamadas realidades em CG visam distinguir o campo em que a mesma está inserida, possuindo dois extremos a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Real, entre elas, conhecidas como Realidade Misturada (RM), temos a exemplo:

a) Virtualidade Aumentada – segundo Kinner (2008a), é a inserção de representações de elementos reais no mundo virtual, usando a interface que permite ao usuário interagir com o ambiente virtual.

b) Hiper-realidade – segundo Tiffin (2001), é a capacidade tecnológica de combinar realidade virtual, realidade física, inteligência artificial e inteligência humana, integrando-as de forma natural para acesso do usuário.

c) Realidade Diminuída - Wolfgang Broll, da Universidade Técnica de Ilmenau, Alemanha, criou o conceito de realidade diminuída: em vez de adicionar, a técnica apaga elementos do mundo real, fazendo parecer na câmera como se o objeto não existisse na cena.

### 2.1 Realidade Virtual

A Realidade Virtual surge num contexto de evolução tecnológica que é acompanhada pelo desenvolvimento da parte de hardware. Segundo Sherman e Craig (2003), esta evolução ainda está em curso e se reflete, por exemplo, nas diversas definições encontradas para-a tecnologia.

Para Burdea e Coiffet (2003), a RV é uma interface de alta tecnologia, que envolve simulação em tempo real e interação, através de múltiplos canais sensoriais. Estas modalidades sensoriais são: visual, auditiva, tátil, olfativa e gustativa.

Para Sherman e Craig (2003), a RV é um meio composto de simulações computacionais interativas, que compreendem a posição e as ações do participante e substituem ou potencializam a resposta para um ou mais de seus sentidos, dando a sensação de se estar, mentalmente, imerso ou presente em uma simulação (um mundo virtual).

Para Vince (2004), a RV pode ser entendida como uma forma de navegação e manipulação de ambientes 3D, elaborados por computador. O usuário pode navegar andando, correndo, ou até mesmo sobrevoando o ambiente virtual, e explorar pontos de vistas que seriam impossíveis no mundo real. Mas, o benefício real da RV, consiste na habilidade de tocar, animar, pegar e reposicionar o objeto virtual, além de criar novas configurações.

De acordo com Tori e Kirner (2006) a RV é uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário a movimentação (navegação) e a interação, em tempo real, em um ambiente tridimensional, podendo fazer uso de dispositivos multisensoriais, para atuação ou *feedback*.

A modelagem de ambientes virtuais, com o auxílio das linguagens como por exemplo, VRML (Virtual Reality Modeling Language) , e ferramentas de autoria, permitem ao usuário a visualização de ambientes tridimensionais e a manipulação e interação neste ambiente, a manipulação dos objetos. Os objetos virtuais podem ser animados, ou disparados por eventos.

A interação do usuário com o ambiente virtual é um dos aspectos mais importantes da interface, além de permitir em tempo real assumir as reações e movimentos de um personagem ou de um ambiente. Segundo os conceitos citados pelos autores a capacidade do *feedback* e a reação no usuário na cena virtual caracterizam a potencialidade desta tecnologia.

Burdea e Coiffet (2003) introduzem mais um requisito para os sistemas de RV. Para os autores, além de interação e imersão, para que o sistema de RV possa ser eficaz, é necessário “um terceiro i”, sendo ele a imaginação. A introdução deste

requisito se justifica pela necessidade de que, para que um sistema de RV seja eficaz, invariavelmente, ele terá de ser usado por um usuário para suprir determinada necessidade. A imaginação do usuário seria uma medida importante para se deixar sentir imerso no ambiente virtual, e assim passar a interagir com o ambiente programado. A imaginação é referida ainda pelos autores, como a capacidade da mente em perceber coisas não existentes.

## 2.2 Definições de Realidade Aumentada

Pode-se entender o surgimento da RA a partir da utilização dos conceitos de RV, em necessidade específica. Quando Caudell e Mizell (1992) aplicaram os conceitos de RV no auxílio à montagem de aviões, perceberam que as modificações realizadas no sistema alteravam os paradigmas iniciais de uma aplicação em RV. Perceberam, também, que, ao inserirem objetos virtuais no campo de visão do usuário, a partir do uso de HMD's (*head mounted display*), fazendo com que o real e o virtual coexistissem na visualização da aplicação, de forma que os objetos virtuais viessem a incrementar as informações observadas pelo usuário, estavam, na verdade, desenvolvendo uma aplicação do que chamaram de Realidade Aumentada. Para os autores, a RA era definida a partir das tecnologias que usavam para a implementação do sistema: "O acesso a esta tecnologia é habilitado pelo uso de *head mounted display*, combinado com um sensor de posição da cabeça e sistema de registro da área de trabalho. Esta tecnologia é usada para 'aumentar' a área de visão do usuário, com informações necessárias à performance de determinado trabalho; Por isso, nos referimos a esta tecnologia como 'realidade aumentada'" (CAUDELL; MIZELL, 1992).

Existem como na RV, diferentes definições que os autores dão para definir o que é realidade aumentada. A seguir vêm-se algumas destas definições.

Milgram (1994), um dos primeiros a definir o termo, afirma que a RA é a mistura de mundos reais e virtuais, em algum ponto da realidade/virtualidade contínua, que conecta ambientes completamente reais a ambientes completamente

virtuais.

Para Azuma (1997), a RA é uma variação da RV, com a diferença de que, no caso da RV, o usuário é completamente imerso no ambiente virtual. Enquanto imerso, o usuário não pode ver o mundo real à sua volta. Em contraste, a RA permite ao usuário ver o mundo real, com objetos virtuais sobreposto ou combinados ao mundo real. Assim, a RA deve suplementar a realidade, ao invés de substituí-la completamente.

Para Insley (2003), a RA é uma melhoria do mundo real com textos, imagens e objetos virtuais, gerados por computador. O mundo virtual pode variar na complexidade, desde objetos simples como textos, sons e imagens, até objetos virtuais complexos com aparência de objetos reais.

Sherman e Craig (2003) definem a RA como um tipo de Realidade Virtual, na qual objetos sintéticos (virtuais) são desenhados nos objetos reais ou sobrepostos a eles. Os autores ressaltam ainda que, esta tecnologia é usada, normalmente, para fazer com que informações imperceptíveis se tornem perceptíveis aos usuários.

Ma e Choi (2007), por sua vez, definem a Realidade Aumentada a partir da comparação com a Realidade virtual. Para os autores, a primeira diferença é o nível de imersão, maior em RV pelo fato do usuário ter de ser totalmente transportado para o ambiente virtual, enquanto, na RA, o ambiente real é que é incrementado por objetos virtuais. Outra diferença apontada é no grau de liberdade de movimentos. Enquanto na RV, o usuário experimenta o mundo virtual normalmente limitando-se ao espaço de uma sala, onde os aparelhos necessários para a simulação estão instalados, na RA, o mesmo pode ter maior liberdade de locomoção e movimentação, proporcionadas pela própria característica da tecnologia, de poder utilizar menos dispositivos especiais.

Para Kirner (2007), a RA é definida pela inserção de objetos virtuais no ambiente físico e mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para

visualizar e manipular os objetos reais e virtuais.

Segundo Azuma (1997), existem importantes observações sobre as necessidades que um sistema deve suprir para que possa ser denominado como um sistema de Realidade Aumentada. Para o autor, estes sistemas são aqueles que apresentam as seguintes características:

- a) Combina real e virtual;
- b) Possibilita interatividade em tempo real;
- c) Apresenta registro espacial 3D.

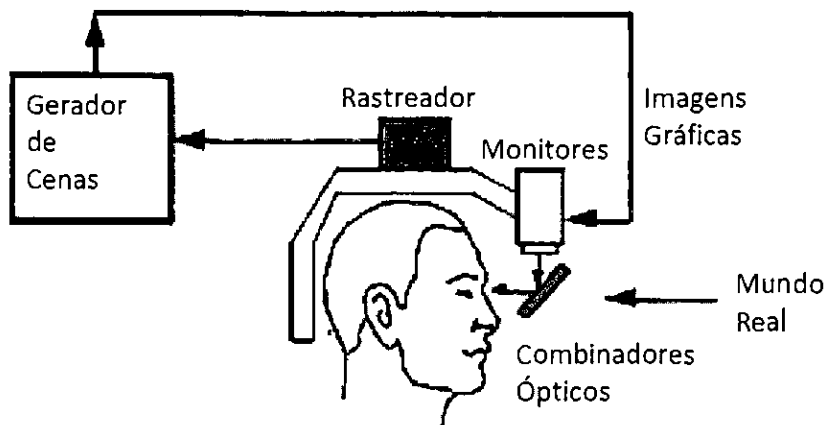
Apesar das diversas definições, numa análise mais ampla, observamos que todos os autores têm em comum o consenso de que a RA trata do mundo real como ponto de partida para uma experiência, a qual leva o usuário a experimentar o mundo virtual. A interface tem aí a sua maior diferença em relação à Realidade Virtual. Enquanto a RV tem, como premissa, a necessidade de levar o usuário ao ambiente virtual e fazer com que, ali, ele interaja com os objetos programados e passe a perceber este mundo virtual como seu próprio mundo, a Realidade Aumentada prevê que não seja retirada do usuário a consciência de que ele está em seu ambiente real, mas traz para o ambiente real, os objetos tridimensionais necessários para que a interação ocorra.

Observando-se este fato e, de acordo com a definição de um sistema de RA apresentado por Azuma (1997), podemos inferir que a concretização de um sistema de RA é possível com a utilização de dispositivos simples. Um sistema de RA pode ser completamente configurado, fazendo-se uso de apenas um computador, uma webcam e marcadores, além dos softwares específicos, não sendo necessário, obrigatoriamente, o emprego de dispositivos especiais. Abaixo, apresentamos uma definição dos quatro tipos mais comuns de sistemas implementados com RA.

### 2.2.1 Sistema de Visão Óptica Direta

Estes sistemas dizem respeito àqueles implementados com a característica de permitir, ao usuário, a visualização dos objetos virtuais sobre o ambiente real, através de visualização direta, o que pode ser obtido por meio dos dispositivos como os HMDs, que fornecem a visualização combinada das cenas diretamente no espaço alvo de atuação da aplicação (TORI; KIRNER, 2006).

A principal vantagem destes sistemas é o grau de imersão alcançado, pois o usuário terá sempre o *feedback* do objeto virtual sendo desenhado em frente aos seus olhos, quando olhar para determinado ponto, previamente conhecido pelo sistema. Por outro lado, o uso destes dispositivos de visualização - que podem ser *Optical see through* ou vídeo *see-through* (AZUMA, 1997) -, além de encarecerem a aplicação, a tornam, por conseguinte, menos atrativa para grande parcela da população. A figura 1 ilustra uma representação do esquema deste sistema e na figura 2 vê-se um destes dispositivos.



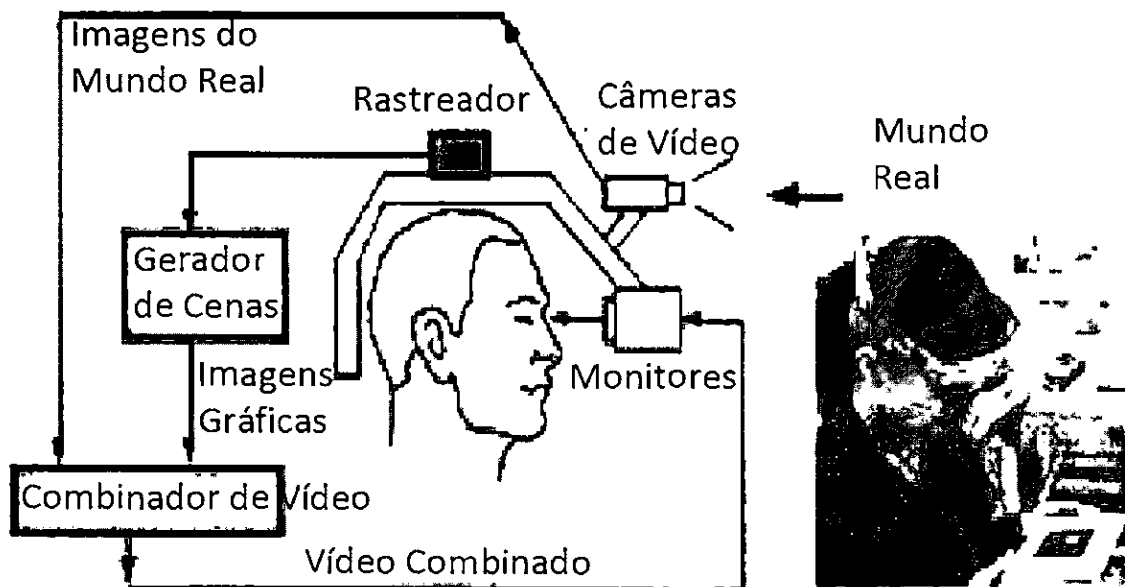
**Figura 1:** Diagrama do sistema de visão óptica direta. Fonte: AZUMA, 1997.



**Figura 2:** Dispositivos de visão óptica direta. *Fonte: SILVA, 2004.*

### 2.2.2 Sistema de Visão Direta por Vídeo

O sistema de visão por vídeo baseado em monitor utiliza uma webcam para capturar a cena real. Depois de capturada, a cena real é misturada com os objetos virtuais gerados por computador e apresentada no monitor. O ponto de vista do usuário normalmente é fixo e depende do posicionamento da *webcam*. A figura 3 traz o diagrama deste sistema.



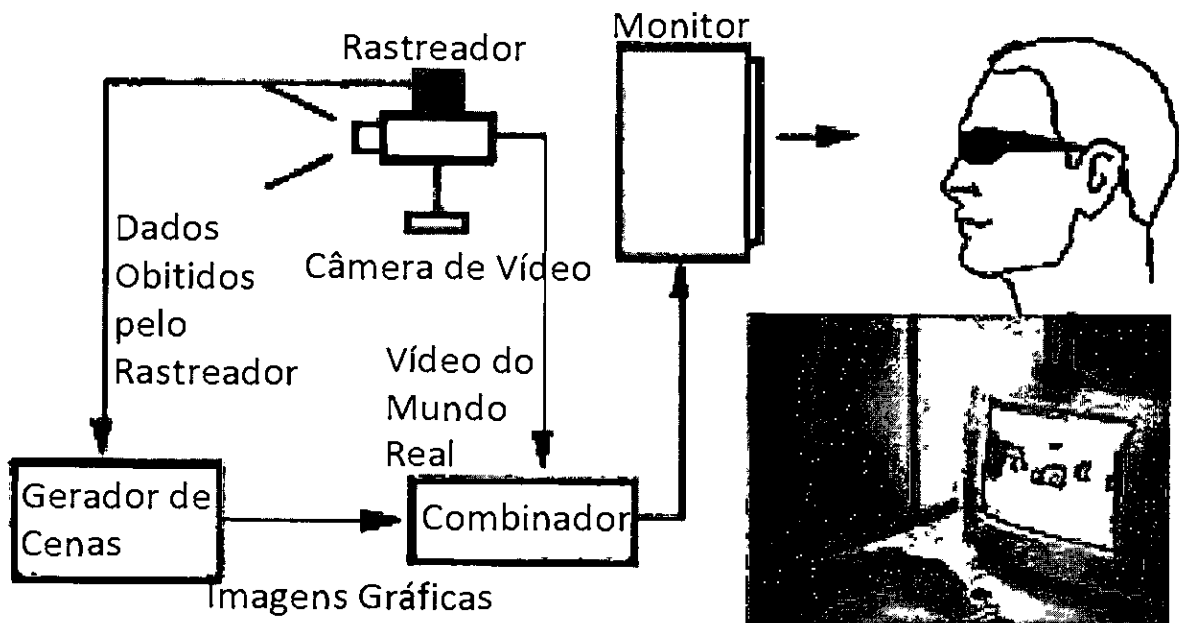
**Figura 3:** Diagrama do sistema de visão direta por vídeo. *Fonte: AZUMA, 1997; e um modelo de dispositivo. Fonte: SUTHAULT, 2002.*

### 2.2.3 Sistema de Visão por Vídeo Baseada em Monitor

Os sistemas implementados com visão indireta, ou baseados em monitor, como também são conhecidos, são aqueles que permitem ao usuário interagir com o objeto virtual sem, no entanto, que este seja desenhado em seu campo de visão, tal como acontece no sistema com visualização direta. Por não utilizar dispositivos especiais de visualização, neste sistema, o usuário precisa olhar para a tela, onde o objeto está sendo mostrado, para que possa observá-lo.

É bastante comum o uso de sistema de visualização indireta em aplicações de RA. Desta maneira, o sistema se torna ainda mais acessível, pois, por não utilizar dispositivos especiais, apresenta um barateamento significativo em seu custo final.

A principal desvantagem, porém, está no fato de apresentar baixo (ou nenhum) grau de imersão, visto que o usuário só terá interação com os objetos 3D, quando estiver olhando para a tela onde o ambiente real, captado por uma webcam, é apresentado “aumentado” por objetos virtuais. Se o usuário olhar para o lado, já não verá mais a aplicação de RA, perdendo a característica de imersão. Vê-se na figura 4 o diagrama deste sistema.



**Figura 4:** Diagrama e dispositivo do sistema de visão por vídeo baseado em monitor.  
Fonte; AZUMA, 1997.



#### 2.2.4 Sistema de Visão Óptica por Projeção

O sistema de visão óptica por projeção utiliza superfícies do ambiente real, onde são projetadas imagens dos objetos virtuais, cujo conjunto é apresentado ao usuário que o visualiza sem a necessidade de nenhum equipamento auxiliar. Embora interessante, esse sistema é muito restrito às condições do espaço real, em função da necessidade de superfícies de projeção.

### 2.3 Ferramentas de Autoria de Realidade Aumentada

Existem diversas ferramentas para o desenvolvimento de aplicações de RA. Nas seções a seguir, serão apresentados dois exemplos destas ferramentas: o ARToolKit e o FLARToolKit.

#### 2.3.1 ARToolKit

O ARToolKit é uma biblioteca de desenvolvimento de aplicações de RA, bastante popular dentre os pesquisadores da área (ARTOOLKIT, 2009). Isto acontece pelo fato da biblioteca fornecer soluções de rastreamento 3D, em tempo real, com baixo custo computacional (LEPETIT; FUA, 2005). Além disso, o ARToolKit é amplamente utilizado por ser distribuído, livremente, para fins não comerciais, incentivando a liberdade para os usuários executarem, estudarem e modificarem os códigos disponíveis na biblioteca, de acordo com as suas necessidades (SANTIN, 2008).

O rastreamento óptico oferecido pelo ARToolkit possibilita extrair, de forma rápida, a posição e orientação de padrões marcadores, apenas com o uso de um computador e uma webcam, apresentando-se como uma alternativa bastante promissora, no que diz respeito à potencialidade de desenvolvimento de aplicações com baixo custo.

#### 2.3.2 FLARToolKit

Realidade Aumentada ganhou, ultimamente, os blogs e fóruns na web, principalmente depois do lançamento da API FLARToolkit, desenvolvida pelo japonês Saqoosha. Ela possibilita a implementação de Realidade Aumentada usando Action Script, o que torna o recurso acessível a muitos desenvolvedores na web.

Devido ser uma API muito recente ainda não possui uma documentação, o seu desenvolvedor ainda esta construindo, o funcionamento é o mesmo do ARToolkit, porém a aplicação funciona diretamente no *browser*, fazendo-se necessário do adobe flash instalado no mesmo, uma *webcam* e a marca de detecção. Esta será a ferramenta usada para construção das aplicações na seção 4 veremos mais afundo esta API.

### 3 ENSINO DA MATEMÁTICA

É de fundamental importância observar como o ensino da matemática encontra-se atualmente para verificar onde o problema está instalado, com o intuito de poder traçar uma forma de resolver este problema, tendo em vista que o ensino desta disciplina nunca foi fácil, os índices de reprovação é alto e as médias não são das excelentes. Então onde está o problema? No aluno, no professor ou mesmo na sociedade?

Mas o que o ensino da matemática tem a ver com este trabalho? A resposta é muito simples, sem entendermos a situação em que está instalado a problemática, como saber o resultado que se espera alcançar com este trabalho. Dito estas breves palavras, se verá em que será aplicada a computação, como em várias áreas esta não seria ausente de um auxílio computacional, especificamente de computação gráfica.

#### 3.1 Realidade da Educação Brasileira

A educação hoje vista como um importante meio de ascensão social, está sendo ainda mais valorizada atualmente. Hoje a educação é tratada com mais seriedade sendo designada a ela uma parte substancial da receita do estado e do governo federal, porém ainda é muito carente de assistência no que concerne a melhorias de trabalho do professor. Não perdendo o foco para adentrar em fatores políticos, se resume que esta classe profissional não é muito valorizada ainda, sendo este um dos motivos para a falta de motivação para os profissionais desempenharem melhor o seu papel.

"A educação pode ser tratada como um processo de descoberta, de observação, de exploração e de construção do conhecimento. No processo de ensino-aprendizagem tem-se constatado dificuldades de aprendizado em conteúdos onde não possível presenciar o processo da forma que o mesmo acontece. Nesses casos cabe ao professor usar recursos que permitam ao aluno conhecer algo abstrato e perceber sua ligação com o real. Os métodos de ensinios tradicionais baseados em quadro negro e aulas dialogadas podem tornar esse processo cansativo e desmotivar os alunos causando falhas no processo de ensino-aprendizagem."(OLIVEIRA et al., 2011)

Como dito acima podemos resumir que só existe processo de ensino-aprendizagem eficaz se alguém vem a aprender. Os mapas conceituais oferecem aos estudantes uma visão entre as partes e o todo conceitual, sua proposta de trabalho fundamenta-se na Psicologia Cognitiva de Ausubel, que estabelece que a aprendizagem ocorre por assimilação de novos conceitos e proposições na estrutura cognitiva do aluno. Novas ideias e informações são aprendidas, medida que existam pontos de ancoragem. Diante desse cenário, percebe-se que o próprio indivíduo constrói o seu conhecimento e que os mapas conceituais são apenas instrumentos para tornar significativa a aprendizagem, estabelecendo assim ligação entre o novo conceito e conceitos que o indivíduo já possui (NAKAMOTO, 2005).

Estes mapas conceituais em suma são os caminhos ao qual o indivíduo se fundamenta para constituir o caminho para o conhecimentos, sem uma base consolidada este ficará deriva com novas informações, isso na realidade é o que muitos profissionais na educação encaram, alunos que não tem uma boa base que deveria ser adquirida em séries anteriores e não conseguem acompanhar a disciplina no ano corrente. Segundo Paz (2011), levando diretamente este assunto a matemática, entre as deficiências apontadas como resultado na crise do ensino, destaca-se a competência matemática do aluno que não vem correspondendo às séries que estes pertencem, o que decorre naturalmente dos professores estarem a se queixar de que os níveis de conhecimentos matemáticos dos seus alunos não condizem à sua série escolar.

A meta do MEC é que em 2022 a educação brasileira esteja ao nível da educação dos países desenvolvidos. Este ano será o bicentenário da independência, e coloca como slogan: "não existe independência sem educação de qualidade para todos". Temos ciência do quanto à educação no Brasil deve melhorar, principalmente se tratando de educação pública. A questão não se ataca só no âmbito da escola, está também na sociedade, no papel desempenhado pelos pais, afinal de contas para existir educação de qualidade todos devem cooperar.

Vários planos de ação foram estabelecidos, com o intuito de melhorar a educação, a exemplo temos o Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE) que surgiu com várias intenções, uma delas foi a inclusão das metas de qualidade para a

educação básica, fazendo parte destas, no sentido de contribuir para que escolas e secretarias de educação se organizem no atendimento aos alunos e, conseqüentemente, criem uma base sobre a qual as famílias possam se apoiar para exigir uma educação de maior qualidade. O plano ainda prevê acompanhamento e assessoria aos municípios com baixos indicadores de ensino. (CAIADO, 2011)

Nota-se que a educação brasileira encontra-se aquém da educação dos países desenvolvidos, no entanto com a participação de todos este processo se encaminhará mais rapidamente, quando tomarmos a responsabilidade da situação e desempenharem um papel de agentes ativos desta transformação da sociedade.

### 3.2 A Matemática e as Metodologias de Ensino de Geometria Espacial

Destacando a disciplina de matemática, esta polêmica disciplina, existe uma carência de materiais didáticos para o ensino e os que existem não são usados com a frequência que deveriam ser, o que faz dela uma disciplina inerte e imutável. Tem-se conhecimento que a matemática aprendida com um bom desenvolvimento de abstração e paciência sana as possíveis dificuldades que muitos alunos têm; o que diferencia os profissionais, professores, são as formas como estes levam ao aluno o entendimento da disciplina. Um assunto que força bastante este nível de abstração é a geometria espacial.

O ensino da matemática adota varias metodologias de trabalho entre elas quatro que englobam sem perda de generalidade as outras: etnomatemática, modelagem, resolução de problemas e história da matemática. Todas estas propostas metodológicas são ótimas pelo impacto que geram em sala de aula se usadas de forma correta. Para cada assunto ensinado exige uma abordagem a depender do nível de conhecimento em que a classe se encontra.

D' Ambrósio (2005, p.9) situa a etnomatemática como uma subárea da História da Matemática e da Educação Matemática, "com uma relação muito natural com a Antropologia e as Ciências da Cognição".

D' Ambrósio (1997, p. 29), escreve que "a história da matemática é um

elemento fundamental para se perceber como teorias e práticas matemáticas foram criadas, desenvolvidas e utilizadas num contexto específico de sua época”.

De acordo com Bassanezi (2004), a modelagem matemática “consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”. (p.16)

Segundo Burak (2011), um problema não deve ser confundido com um exercício de aplicação, que em muitos momentos possui mecanismos que o resolva de forma direta. A resolução de um problema deve levar o aluno, em primeiro lugar, a uma pesquisa matemática de ordem social e historicamente relevante. O autor descreve que se um problema não gerar um impacto para a vida do aluno, este será ineficaz no seu aprendizado, ou seja, uma resolução de problemas esta inserida em uma meio de levar para o meio matemático algo real que esta inserido no cotidiano do aluno.

No livro de Biembengut/Hein (2005), vê-se que:

“a modelagem matemática é o processo que envolve a obtenção modelo... Nessa perspectiva, um conjunto de símbolos e relações matemáticas que procura traduzir, de alguma forma, um fenômeno em questão ou problema de situação real, denomina-se modelo matemático.” (p.12)

Para Barbosa (2001, apud DCE), “a modelagem matemática é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade”. ( p.6)

A proposta é inserir nos campos metodológicos a realidade aumentada no intuito de potencializar o aprendizado do aluno, especificamente no assunto de Geometria Espacial.

O ensino da Geometria sempre apresentou grandes dificuldades. As causas dos desafios são muitas, conforme relatos dos professores que a ministraram na metade do século passado. Podemos destacar como fatores importantes a Lei 5692/71, que retirou a obrigatoriedade do ensino de Desenho e

também o despreparo de muitos professores. Estes, mesmo que bem intencionados, acabam reduzindo o estudo desta disciplina simples memorização mecânica de construções geométricas, sem apresentar o conteúdo fundamental para o verdadeiro domínio deste ramo de conhecimento, que consiste em definir no espaço tridimensional as diferentes figuras planas e os sólidos geométricos e suas relações entre si. (LIMA et. al., 2007)

É relevante observar que são muitos os desenvolvimentos na área das novas tecnologias digitais que competem para um melhor desempenho dos alunos, segundo Lima et. al (2007), a revolução das Novas Tecnologias Digitais representa uma excelente oportunidade para se repensar a educação e substituir as metodologias e estratégias arcaicas, que ficaram congeladas no tempo. A eficiência da aprendizagem nas universidades e na capacitação de profissionais muito baixa se utilizarmos os métodos tradicionais. É preciso portanto, modernizar a educação para acompanhar as enormes transformações na área da neurologia, da cognição e da tecnologia da informação ocorridas nos últimos 20 anos. Este novo contexto favorece também a reflexão e a reformulação das metodologias de ensino praticadas nas escolas.

Existe uma grande diferença entre as geometrias estudadas, a Geometria Espacial (GE) trabalhada, atualmente, desvinculada dos conceitos de Geometria Plana (GP), visto que os professores pressupõem o domínio deste conteúdo pelos alunos. No entanto, deve haver relação entre os conteúdos já vistos e o proposto (MORACO; PIROLA, 2005). No entanto esta desvinculação é indiretamente uma ponte, pois no estudo da GE se utiliza muito os conhecimentos de áreas da GP, entre outros contextos.

Reforçando a questão da abstração, o estudo de Geometria Espacial é de suma importância para o desenvolvimento da capacidade de abstração, resolução de problemas práticos do cotidiano, estimar e comparar resultados, reconhecer propriedades das formas geométricas (BRASIL, 2006).

## 4 ARGeo

A ferramenta metodológica ARGeo - *Augmented Reality for Geometry*, ou seja, Realidade Aumentada para Geometria, foi desenvolvida para o auxílio ao ensino de matemática especificamente no assunto de geometria especial.

A idéia é simples. Tem-se conhecimento pelo que foi visto que a disciplina de matemática por ser um pouco abstrata leva os alunos a não compreenderem facilmente algum determinado assunto devido a ausência ou pouca relevância de um material concreto no intuito de facilitar o aprendizado do mesmo. Todavia é fato que poucos profissionais se interessam por procurar uma metodologia, que segundo o dicionário Aurélio se constitui de um conjunto de métodos, regras e postulados utilizados em determinada disciplina e sua aplicação.

Para que haja uma forma de facilidade ao mostrar determinado assunto ao educando e que ele veja o mesmo de forma mais fácil permitindo constituir uma base suficiente para resolver os possíveis problemas que lhe virão na sua vida pessoal é necessário o uso de uma boa metodologia. Porque acima de todos os fatos tem-se ciência do quanto à matemática é útil e nos utilizamos dela sem que percebamos.

ARGeo surge como mais uma ferramenta metodológica de ensino, não vem somente com o intuito de ser um material do professor em sala de aula, pode ser usada pelos alunos e extensível a toda sociedade. Restringindo ao profissional de matemática será utilizada como complemento na aplicação de um assunto entre eles, por exemplo, pirâmides, facilitando a visualização da construção deste sólido e na sua representação algébrica que por decorrência promove uma melhor assimilação de área e volume do mesmo. Levando para o aluno e a sociedade temos que será útil para recapitulação de disciplina de exercícios e não deixa de ser uma forma interativa de aprendizagem, já que permite ao usuário a manipulação livre do objeto 3D.

Usar realidade aumentada no ensino não é novidade, muitos autores entre eles: Zorzal et. al (2011), Souza (2011), Kirner (2007), escreveram artigos

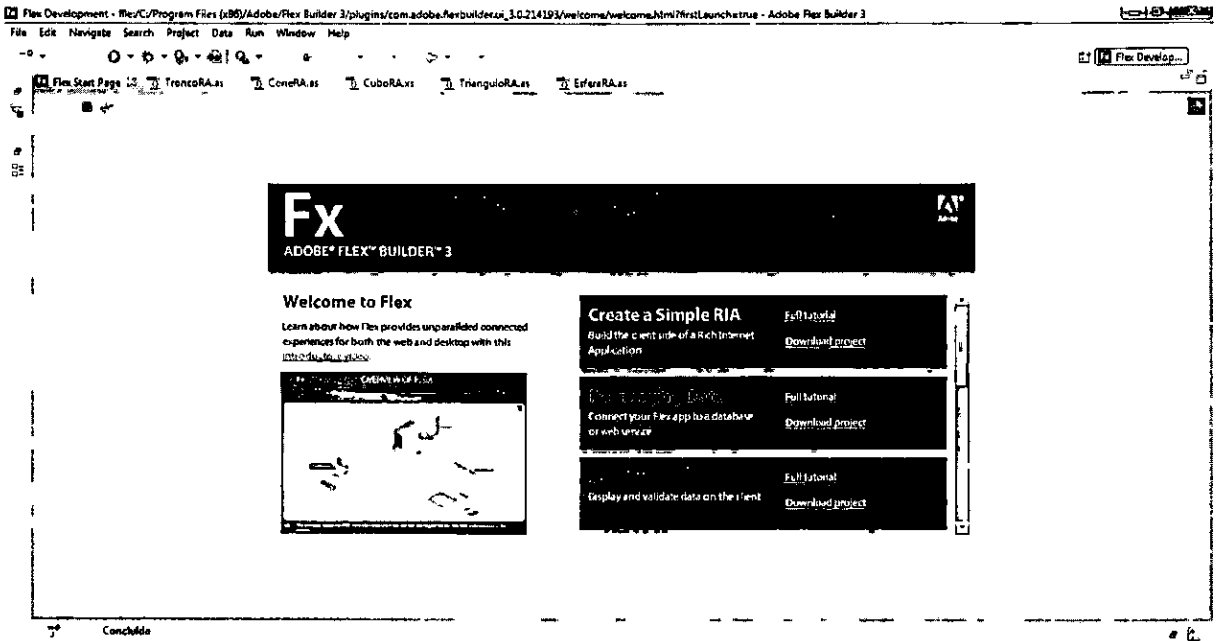


ressaltando o aumento na aprendizagem dos alunos, todavia em todos os casos eles utilizam como principal ferramenta o ARToolKit para realizarem seus projetos, ou seja, seus projetos são voltados mais para sistemas *desktop*, em consequência disso são poucos os que tem acesso a eles. Diferentemente foi utilizado neste trabalho o FLARToolKit, criada por Saqoosha, por uma simples razão: como um dos objetivos do projeto é ser de acesso livre a todos nada melhor que a internet para promover esta questão tornando possível a utilização desta ferramenta. A linguagem de programação escolhida foi ActionScript 3.0, utilizada principalmente para aplicações RIA (do inglês: RIA: *Rich Internet Applications* (Aplicações Ricas de Internet)) da plataforma Flash.

Outra ferramenta também usada é o PaperVision3D, que é basicamente, um pacote de classes que oferece diversas ferramentas para simular efeitos de três dimensões (3D), simulando o efeito óptico tridimensional manipulando apenas as propriedades de objetos bidimensionais.

E por fim, mas não menos importante, temos o software livre que foi usado para a construção dos modelos tridimensionais o Blender 2.5 Beta.

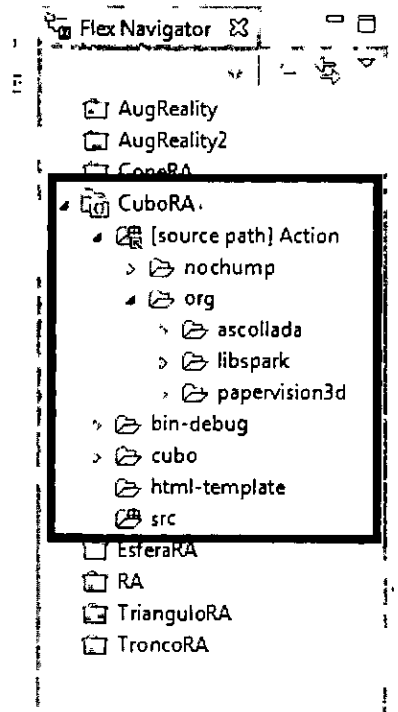
Para desenvolver o projeto foi utilizado a IDE (Integrated Development Environment) Adobe Flex Builder 3, na figura 5 tem-se a sua tela inicial, utilizada no intuito de deixar organizado os arquivos fontes, além de promover uma compilação nativa, suportando a adição de bibliotecas e arquivos, suporte a verificação de erros de sintaxe e auto-complemento de código.



**Figura 5:** Tela de início do Flex Builder

Para demonstração da criação da ferramenta ARGeo é descrita a construção de uma aplicação para geração de um sólido cúbico sendo as outras construídas de forma análoga.

Primeiramente foi realizado o download Blender 2.5, Flex Builder 3, ARToolKit Marker Generator, FLARToolKit e do Papervision3D. Após a instalação do Flex Builder 3, foi criado um projeto de action script, importando para biblioteca as duas pastas do Papervision3D nomeadas de nochump e org, dentro da pasta org insere-se uma pasta extraída do FLARToolKit nomeada de libspark e colocado como nome do projeto CuboRA. Note na figura 6, a disposição das pastas na área Flex Navigator em destaque, no *source path* está disposta as pastas adicionadas ao projeto na pasta src esta colocado o arquivo fonte do projeto no formato as bem como todos os arquivos que este arquivo chamará, a pasta bin-debug é muito útil ao final do da execução do projeto detalhado este aspecto mais adiante.

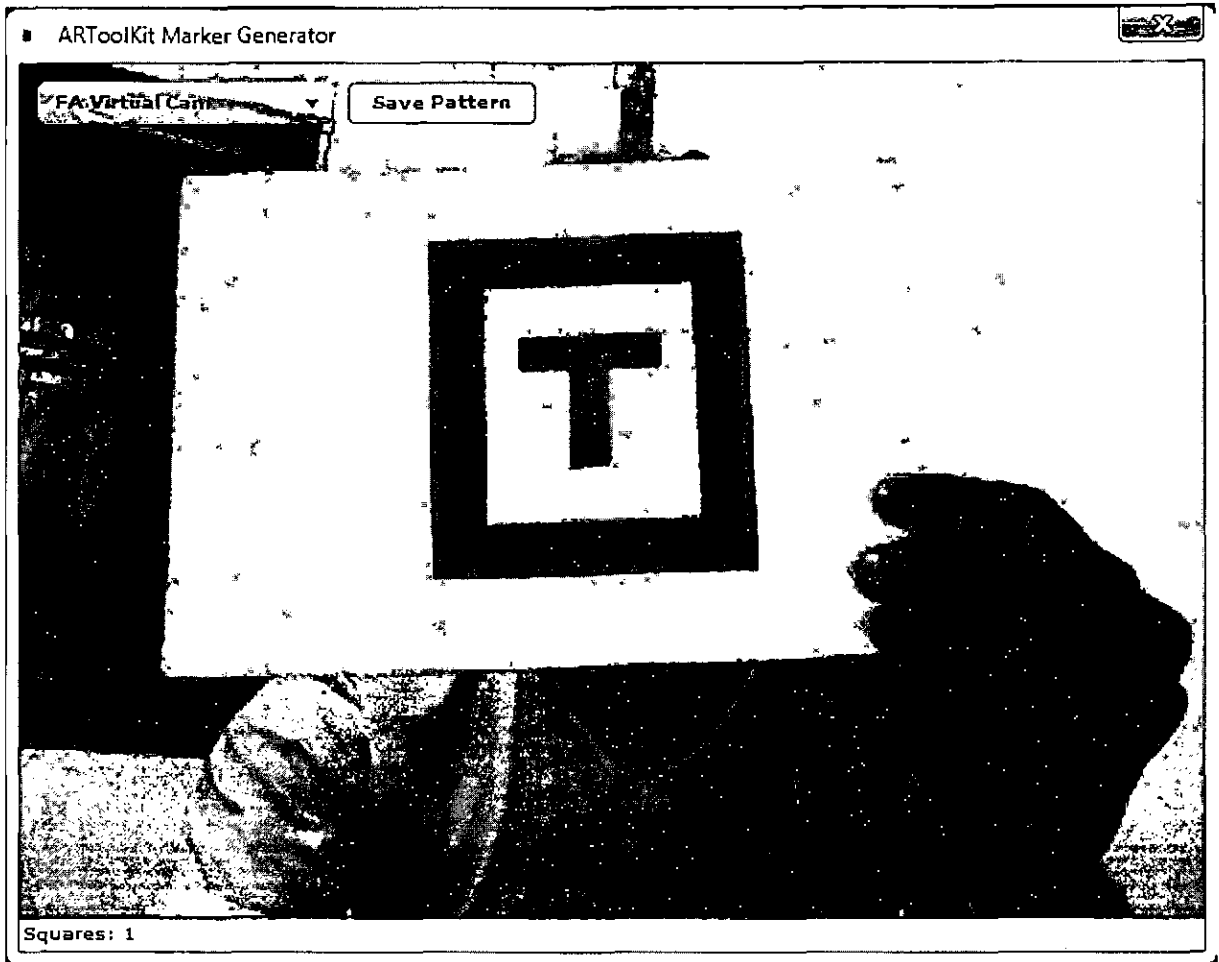


**Figura 6:** Disposição das pastas do projeto

No projeto foi inserido dois arquivos um deles está localizado na pasta extraída do FLARToolKit, precisamente no seguinte caminho `resources/Data/camera_data.dat`, e o segundo arquivo é o da marca que será gerado pelo programa ARToolKit Marker Generator, na figura 7 vê-se a marca sendo “scaneada” pelo programa ao clicar em *save pattern*, foi salvo com o nome tronco e com a extensão `pat`.

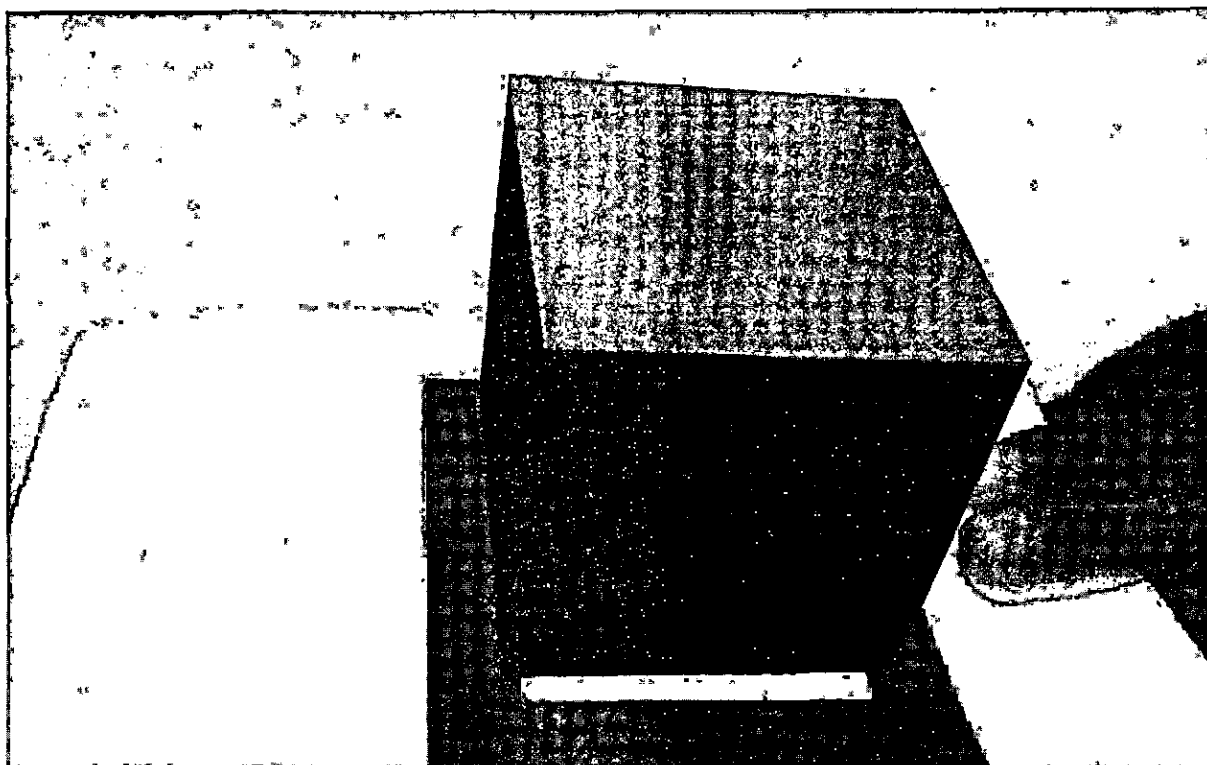
Um marcador nada mais é do que uma imagem, com características específicas, impressa sobre papel comum (figura 7). Tais características consistem em uma borda grossa na cor preta com uma imagem em seu centro. Pode-se usar qualquer símbolo para identificação das placas, obtendo-se melhores resultados quando usados símbolos assimétricos, para ajudar no processo de orientação do objeto virtual em relação às bordas do marcador (KATO et al, 2002).

Usualmente os marcadores são afixados em alguma superfície rígida, tal como um pedaço de papelão, da mesma forma como utilizado no marcador exibido pela figura 7. Este fato se dá para que seu manuseio seja fácil, o processo de identificação do marcador pelo software (CONSULARO et al, 2004).



**Figura 7:** Marcador e tela do programa que o gera

Quando executado, o FLARToolKit pode identificar o marcador, o qual é apresentado à webcam, e imprime sobre este marcador um objeto (Fig. 8). O objeto virtual é sobreposto ao marcador de forma que, quando usuário movimentar o marcador, o objeto é movido junto, dando a impressão de que ambos estão colados ou fazem parte de uma só estrutura.



**Figura 8:** Objeto sobre o marcador

A forma de rastreamento do FLARToolKit é similar ao ARToolKit, sendo este um dos maiores desafios encontrados para o desenvolvimento de aplicações de RA. A fim de conhecer sob que ponto de vista desenhar o objeto virtual, a aplicação precisa conhecer o ponto de vista em que o usuário está olhando no mundo real (ARTOOLKIT, 2009).

O processo de rastreamento pode ser descrito em seis partes:

1. A câmera captura as imagens do ambiente real, gera um vídeo e o envia para o computador;
2. O software, instalado no computador, procura em cada um dos frames do vídeo enviado, por regiões em forma de quadrados (esta etapa é chamada de busca por marcadores);
3. Se a região procurada é encontrada, o software usa algumas funções matemáticas para calcular a posição da câmera relativa ao marcador, no qual está impressa a região quadrada;

4. Uma vez que a posição da câmera é conhecida, um objeto 3D é desenhado sob a mesma posição;

5. O objeto é posicionado sobre o marcador, na posição e orientação corretas;

6. O resultado final é exibido, com o objeto virtual sobreposto ao marcador.

Na segunda etapa, a imagem capturada pela câmera de vídeo é binarizada, ou seja, os pixels são configurados como pretos, caso seu valor esteja abaixo de determinado limiar, ou como brancos, se o mesmo estiver acima deste limiar. Em seguida, o FLARToolKit procura e extrai regiões que podem ser ajustadas dentro de quatro linhas, como quadrados. Daí o fato dos marcadores obedecerem a este padrão (SEMENTILLE; BREGA; GIOVANINI, 2008).

Na terceira etapa, são calculadas a posição e a orientação do marcador, anteriormente reconhecido, em relação à câmera. A partir da geração destes valores, é obtida uma matriz 3x4, denominada "matriz transformação". Esta matriz é usada para calcular a posição das coordenadas da câmera virtual. Se as coordenadas virtuais e reais da câmera forem iguais, o modelo de computação gráfica pode ser desenhado, precisamente, sobre o marcador real (CONSULARO et al, 2004).

Na quarta etapa, o software procura identificar o marcador, procurando pelo símbolo que está no interior do quadrado, anteriormente reconhecido. Estas imagens são comparadas às imagens previamente armazenadas no sistema.

Na quinta etapa, o software, sabendo qual é o objeto virtual que se deve exibir (o objeto virtual está associado ao símbolo no interior do marcador, reconhecido na etapa anterior) e, tendo a matriz de transformação adquirida na etapa 3, usa esta matriz para alinhar o objeto 3D a seu marcador correspondente.

E finalmente, na etapa 6, o objeto virtual é renderizado no frame de

vídeo, aparecendo sobre o marcador.

Na figura 9 temos a visualização esquemática das etapas descritas anteriormente.



**Figura 9:** Representação das etapas de rastreamento. Fonte: FORTE, 2009.

Dando procedimento ao projeto com o Blender (Fig. 10) foi criado o objeto 3D. Na figura 11 vê-se a criação do cubo, que por *default* já traz consigo como primeiro objeto desenhado no blender, depois de exportar para o formato *collada* sob a extensão *dae* com o nome de cubo.dae foi inserido na pasta src do projeto. Realizado estas etapas foi adquirido os arquivos suficientes para a aplicação faltando somente editar o arquivo CuboRA, mostrado na figura 12 como ficará a pasta src no final dos passos citados acima.

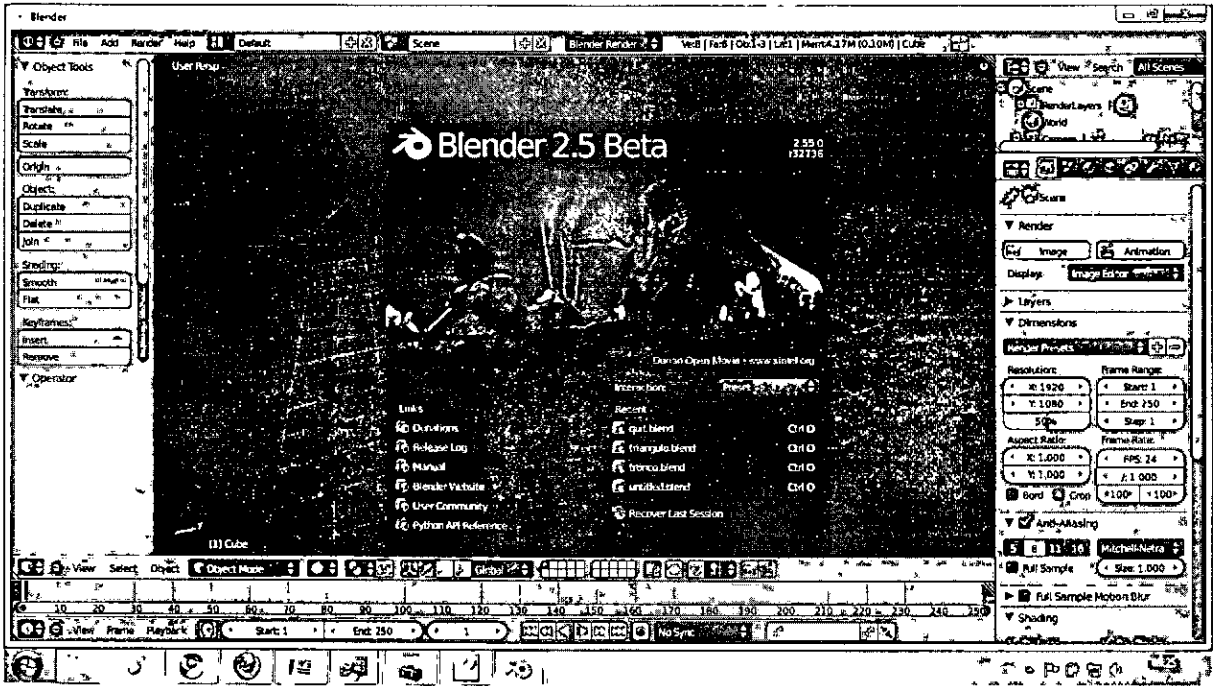


Figura 10: Tela de início do Blender

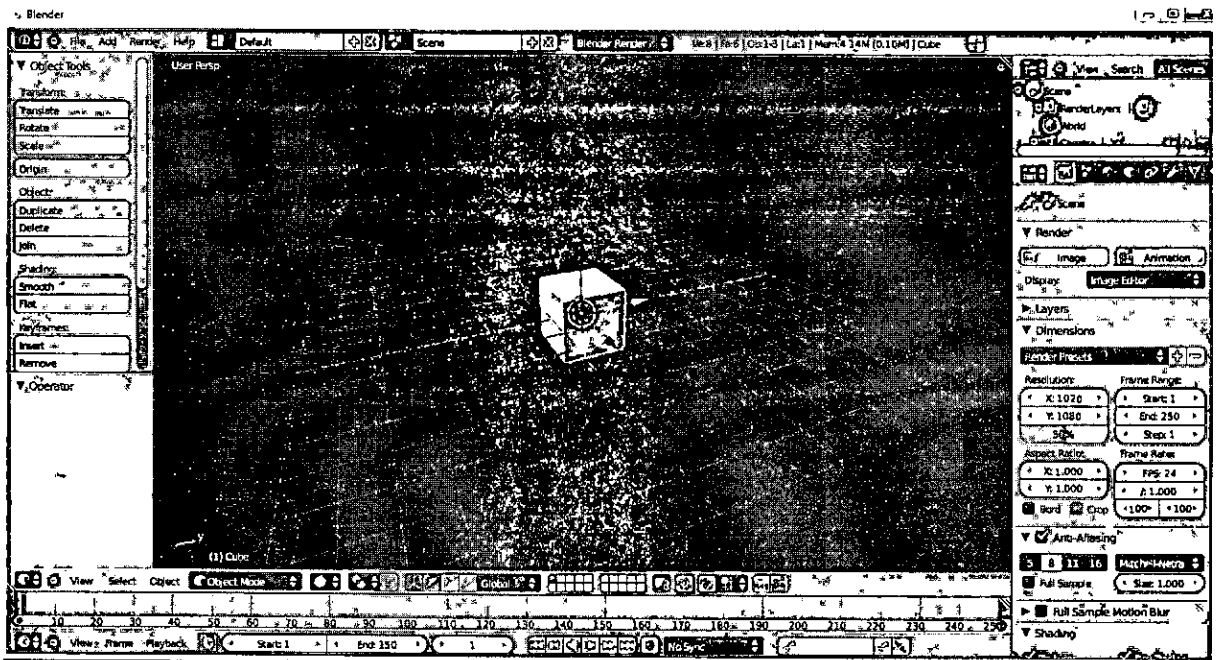
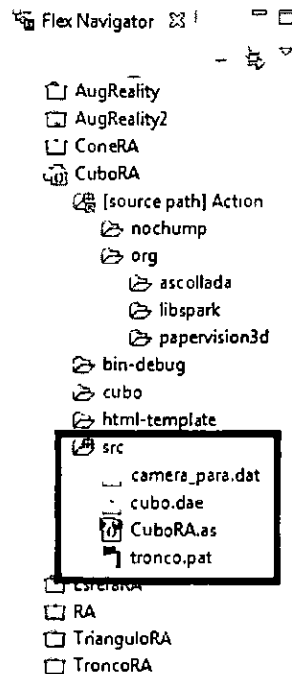


Figura 11: Cubo feito no blender





**Figura 12:** Arquivos da pasta *src*

No arquivo *CuboAR.as* vê-se que o arquivo *default* criado pelo Flex tem uma classe e uma função com o mesmo nome do arquivo fonte, esta função será chamada no início do programa e dentro dela executa-se a chamada das outras funções, como no Java o nome do arquivo *.java* tem que estar de acordo com o nome da classe dentro deste para a realização da execução do programa, funciona de forma similar no *ActionScript*. Na função *CuboAR()* é chamada as seguintes funções: *createFLAR()*, *createCAM()*, *createBMP()* e *createPapervision()*; ao final da declaração destas funções foi adicionado um evento que ficará em loop até que o vídeo seja desligado.

Na tabela a seguir traz o papel descrito de forma sucinta de cada função:

**Tabela 1:** Descrição sucinta das funções

Função	Descrição
createFLAR()	Inicialização do ar_params e ar_maker, que servirão para procura no vetor de matrizes colocadas em um vetor de a marca que queremos encontrar.
createCAM()	Inicialização das variáveis ar_vid do tipo Video de tamanho 640x480 e ar_cam que procura por uma câmera disponível para usar colocando como modo o tamanho 640x480 e o framerate de 30, ou seja, quantidade de frames por segundo. O vídeo recebe as marcações da câmera e é adicionado uma espécie de processo no addChild(ar_vid)
createBMP()	Aqui temos o rastreamento e a detecção da marca no vídeo, por meio das funções extraídas do FLARToolKit
CreatePapervision()	Nesta função temos a inicialização de várias funções que serão responsáveis pelo efeito de visualização 3D da imagem, e a utilização do papaervision na renderização final do arquivo .dae. É aqui também que o arquivo cudo.dae será carregado. Um dos atributos mais importantes é o ar_viewport que será a ponte da imagem com marcador em tempo real.

O evento chamado com o comando `addEventListener(Event.ENTER_FRAME, loop)` é disparado quando o usuário aceita o acesso do programa a sua câmera e descreve um loop, uma função que colocará a imagem sobre o marcador de acordo com as condições: se a marca foi detectada e se o nível

de confiança for superior a 50%.

Na figura 13 é mostrada todas as variáveis utilizadas na aplicação, as variáveis *maker* (linha 29) importará para o projeto o arquivo *tronco.pat* e *cam\_params* (linha 32) o arquivo *camera\_para.dat*. Os demais arquivos a sua maioria são extraídos do PaperVision3D.

```

24 [SWF(width="640",height="480", frameRate="30", backgroundColor="#FFFFFF")]
25 public class CuboRA extends Sprite
26 {
27
28     [Embed(source="tronco.pat", mimeType="application/octet-stream")]
29     private var maker:Class;
30
31     [Embed(source="camera_para.dat", mimeType="application/octet-stream")]
32     private var cam_params:Class;
33
34
35     //variaveis do createFLAR
36     private var ar_params:FLARParam;
37     private var ar_maker:FLARCode;
38
39     //variaveis do createCAM
40     private var ar_vid:Video;
41     private var ar_cam:Camera;
42
43     //variaveis do createBMF
44     private var ar_bmp:BitmapData;
45     private var ar_raster:FLARRgbRaster_BitmapData;
46     private var ar_detection:FLARSingleMarkerDetector;
47
48     // variaveis de createPaperVision
49     private var ar_scene:Scene3D;
50     private var ar_3dcam:FLARCamera3D;
51     private var ar_basenode:FLARBaseNode;
52     private var ar_viewport:Viewport3D;
53     private var ar_renderengine:BasicRenderEngine;
54     private var ar_transmat:FLARTransMatResult;
55     private var ar_dae:DAE;
56
57     public function CuboRA()

```

**Figura 13:** Variáveis da aplicação

A seguir (Fig. 14) temos as funções: *CuboRA* (linha 58) que chamará todas as demais funções declaradas em seu escopo, sendo estas implementadas fora da função; em *createFLAR* (linha 68) são inicializados as variáveis base para o funcionamento da aplicação como padrão de rastreamento e marcador; e em *createCAM* (linha 78) é inicializado a variável vídeo e câmera é neste ponto que será questionado ao usuário permissão para o uso da câmera do seu equipamento.

```

Flex Start Page  TroncoRA.as  ConeRA.as  CuboRA.as  TrianguloRA.as  EsferaRA.as
57
58-
59-
60-
61-
62-
63-
64-
65-
66-
67-
68-
69-
70-
71-
72-
73-
74-
75-
76-
77-
78-
79-
80-
81-
82-
83-
84-
85-
86-

```

```

public function CuboRA()
{
    createFLAR();
    createCAM();
    createBMP();
    createFapervision();
    addEventListener(Event.ENTER_FRAME, loop);
}

```

```

public function createFLAR()
{
    ar_params = new FLARParam();
    ar_maker = new FLARCode(16,16);
    ar_params.loadARParam(new cam_params() as ByteArray);
    ar_maker.loadARPatt(new maker());
}

```

```

public function createCAM()
{
    ar_vid = new Video(640,480);
    ar_cam = Camera.getCamera();
    ar_cam.setMode(640,480,30);
    ar_vid.attachCamera(ar_cam);
    addChild(ar_vid);
}

```

**Figura 14:** Código das funções *CuboRA()*, *createFLAR()* e *createCAM()*

A seguir continuando a descrever as funções chamadas pelo *CuboRA* tem-se o *createBMP* (linha 88) que intuitivamente irá pegar cada frame produzido pela câmera rastreando e desenhando frame a frame no marcador assim que encontrado.

```

Flex Start Page  TroncoRA.as  ConeRA.as  CuboRA.as  TrianguloRA.as  EsferaRA.as
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500

```

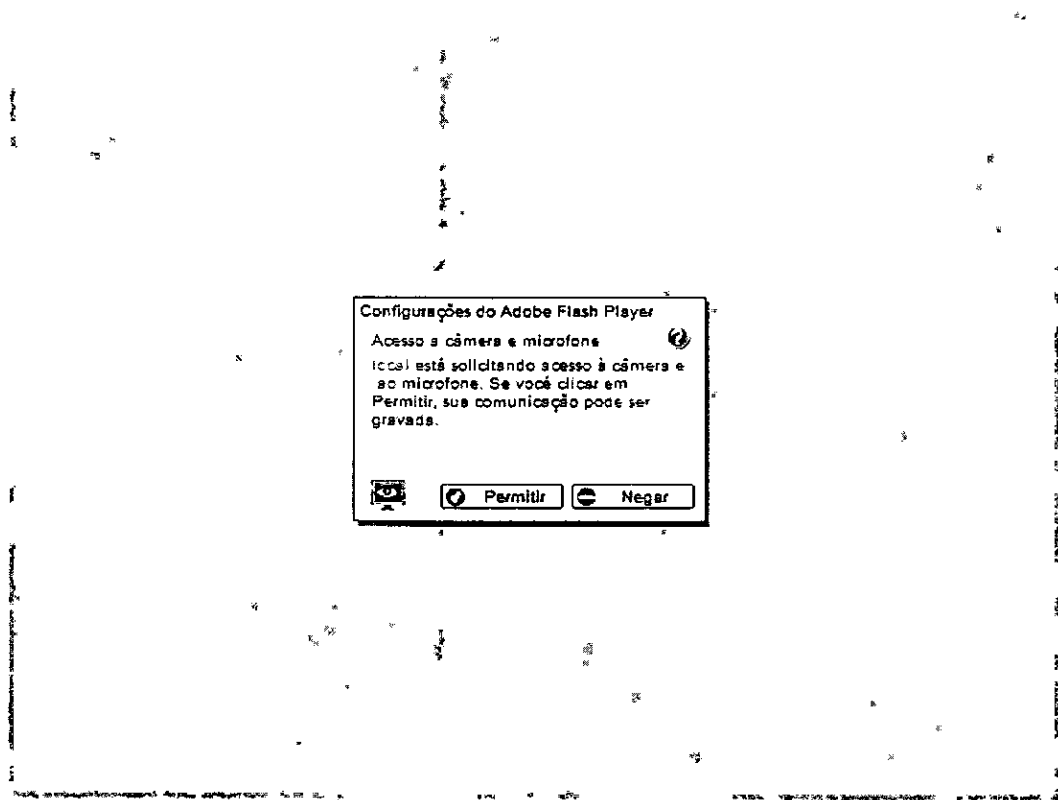
**Figura 15:** Código da funções `createBMP()` e `createPapervision()`

E finalizando tem-se (Fig. 16) a função do loop (linha 122) que é um evento que se inicializa quando o usuário permite o acesso a sua câmera só é finalizado com o fechamento da página na qual ele está sendo exibido (a aplicação), nesta função temos que quando for rastreado o marcador importado para a aplicação no vídeo será desenhado a imagem sobre o marcador (linha 129), caso contrario nada é feito (linha 144), e se por acaso a imagem estiver e for retirado o marcador ela desaparecerá levemente feito isso no `e/se` (linha 135).

```
Flex Start Page  TroncoRA.as  ConeRA.as  *CuboRA.as  TrianguloRA.as  EsferaRA.as
116     ar_scene.addChild(ar_basenode);
117     ar_basenode.addChild(ar_dae);
118     addChild(ar_viewport);
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
```

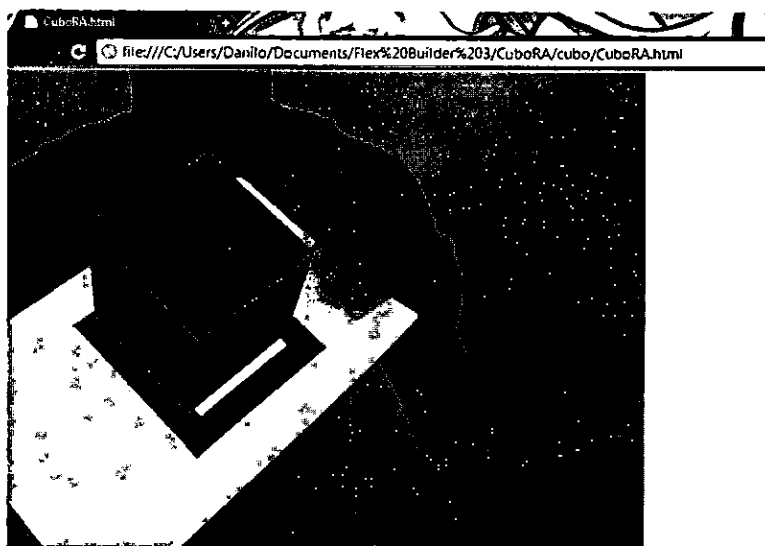
**Figura 16:** Código do evento que descreve o loop

Quando o projeto é compilado e executado ele abre um browser e a aplicação abre uma tela de dimensões 640x480 pedindo permissão para acesso a câmera (Fig. 17). É importante ressaltar que o seu sistema operacional deve ter instalado o flashplayer versão 9 ou superior para o funcionamento da aplicação, essa é a única exigência. Neste caso foi utilizado o navegador Google Chrome.



**Figura 17:** Aplicação pedindo permissão para acessar a câmera

Na figura a seguir (18) temos o usuário interagindo com a aplicação por meio do browser.

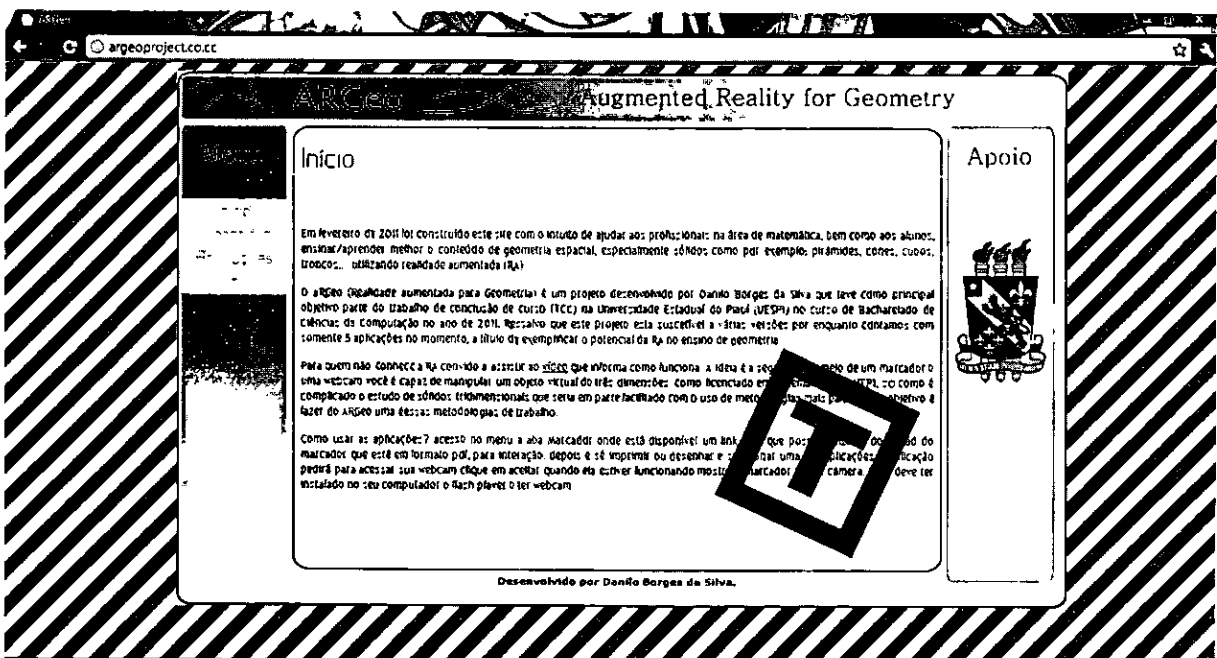


**Figura 18:** Usuário interagindo com uma aplicação da ARGeo

De forma bastante semelhante foram construídas as outras aplicações da ARGeo. Para levar o projeto para web basta copiar todos os arquivos gerados na

pasta bin-debug e chamar pelo arquivo com extensão html.

Como dito a princípio a meta é tornar esta ferramenta pública. Então foi procurado um domínio e hospedagem grátis para colocar o projeto encontrando o domínio de terminação co.cc e o servidor 50webs.com para hospedar os arquivos do projeto, criando assim a página web no seguinte endereço [www.argeo-project.co.cc](http://www.argeo-project.co.cc) (Fig. 19). Um site simples feito com HTML e CSS para maior divulgação da ferramenta, bem como das informações do objetivo do projeto e o que o é a realidade aumentada. Na área de menu temos: início, informando o que é o projeto, marcador, onde o usuário poderá baixar o arquivo para impressão, assim podendo interagir com as aplicações ou até mesmo desenhando-o; em aplicações temos: cone, cubo, pirâmide, esfera e tronco de pirâmide; e por fim, em sobre estão as informações do desenvolvedor.



**Figura 19:** Site da ARGeo

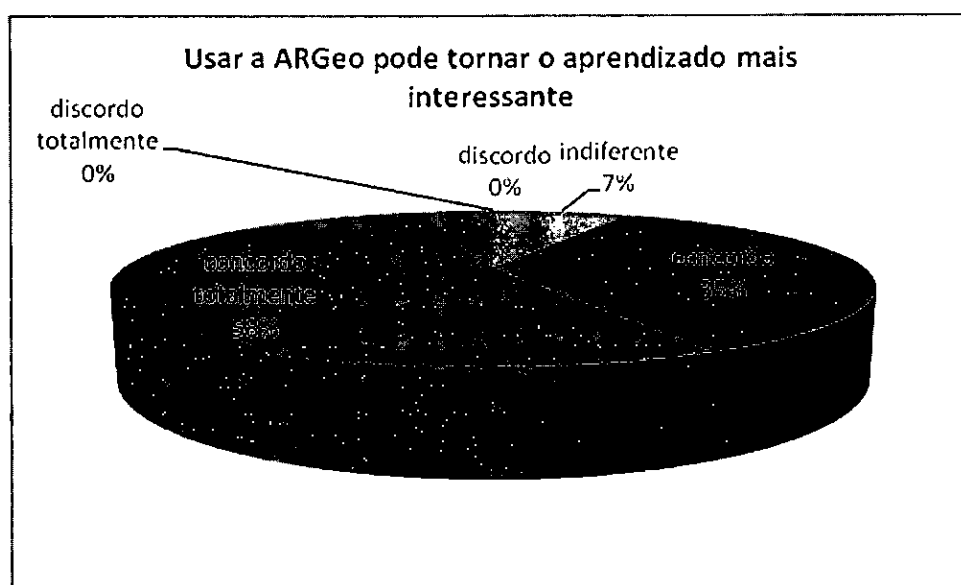
Para avaliar a receptividade e a inferência significativa da ferramenta no estudante realizou-se um questionário (APÊNDICE A) com aspectos qualitativos, em Carneiro et. al (2003), é reportado uma análise sob a escala de *Likert* o a fez sê-la a utilizada neste trabalho, objetivando o *feedback* pretendido. Durante o período de fevereiro em uma turma de pré-vestibular, a escolha desta turma é caracterizada pelo fato dos alunos já terem visto o assunto que seria reportado em uma aula da



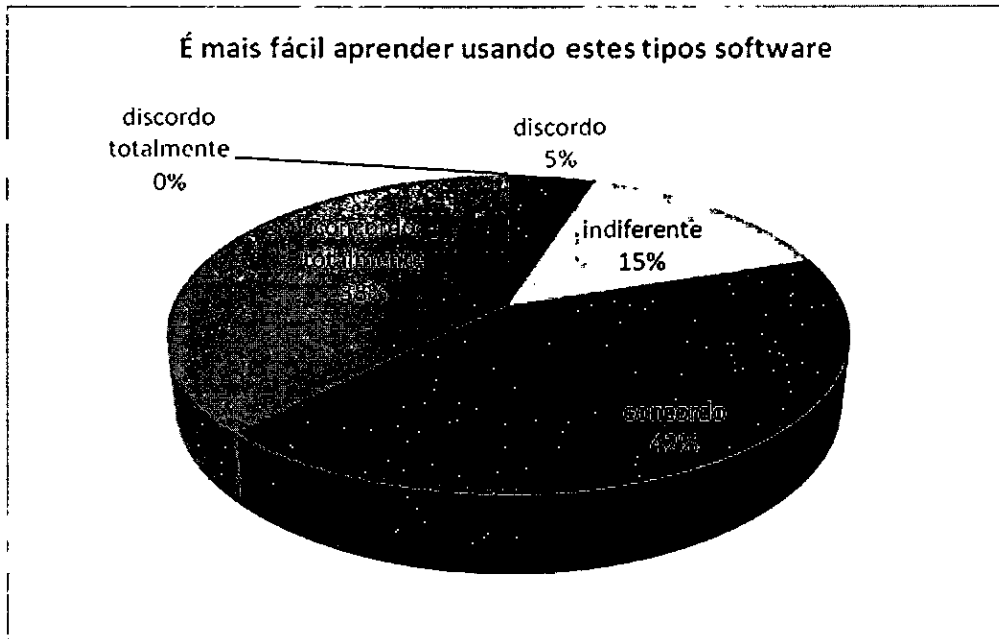
segunda série do ensino médio, geometria espacial, pirâmide e tronco de pirâmide. A aula contou com a explicação do assunto e utilização do ARGeo para mostrar os aspectos do sólido. As aplicações utilizadas foram a pirâmide e tronco de pirâmide disponíveis no site do projeto. O questionário contou com uma amostra modesta (40 alunos), porém suficiente para se ter uma visão do que era pretendido.

Um fato importante que aconteceu nesta aula foi o quanto a aula tornou-se atrativa aos alunos, a atenção ao assunto aumentou exponencialmente, o que tem como consequência o aumento da produtividade da aula em questão.

Nas duas primeiras perguntas, procurou-se coletar as opiniões acerca dos aspectos pedagógicos, relacionados com processo de interação com o software. Nesse sentido, foi pedido para os usuários assinalarem à alternativa que melhor representasse o grau de concordância com as seguintes afirmativas: "usar esta ferramenta como uma metodologia no ensino de geometria espacial pode tornar o aprendizado do assunto mais interessante" e "é mais fácil aprender se usarmos este software ou outros parecidos".



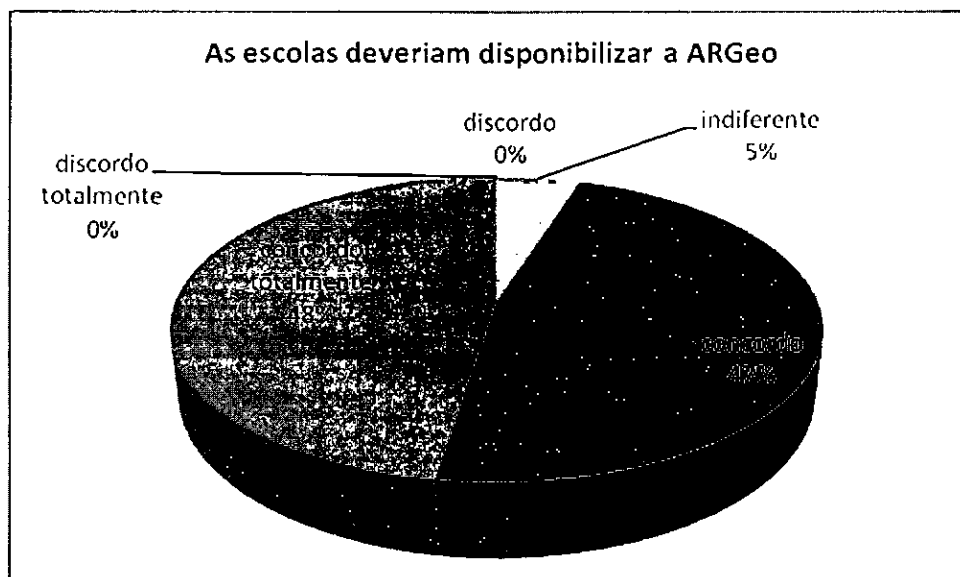
**Figura 20:** Manutenção de interesse



**Figura 21:** *Facilitação do aprendizado*

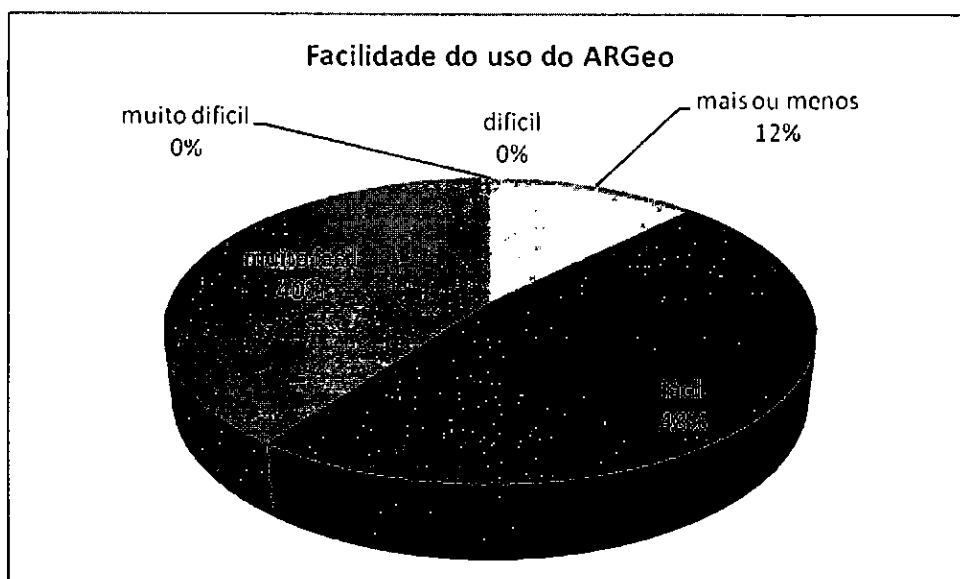
Como se pode perceber (Fig. 20 e 21) mais de 80% dos alunos responderam que a ferramenta torna o assunto mais interessante e conseqüentemente auxilia no aprendizado como foi reportado por mais de 70% dos alunos a segunda questão. O que foi observado visualmente durante a aula realizada.

A próxima questão dizia o seguinte: “as escolas deveriam disponibilizar este *software* para que os alunos pudessem usá-lo?” As resposta à mesma estão sintetizadas no gráfico apresentado na figura 22. Observamos que mais de 80% dos alunos concordam na sua utilização na escola.



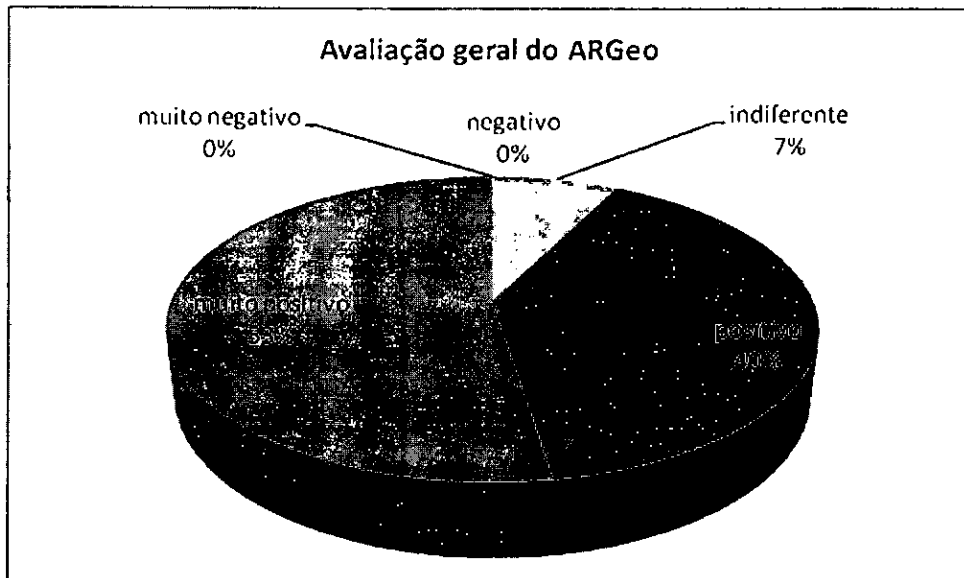
**Figura 22:** Adoção da ferramenta pelas escolas

As duas últimas questões fazem referência a facilidade e usabilidade da ferramenta. A questão exibida pela figura 23 tinha o objetivo de que o aluno pensasse de acordo com o que foi visto na aula, no grau de dificuldade do uso do ARGeo. A pergunta dizia o seguinte: " O uso da ferramenta pode ser considerado como:". Visto que nenhum aluno considerou seu uso difícil foi conseguido um resultado positivo, essa era a intenção ser de fácil manipulação.



**Figura 23:** Concordância sobre a facilidade do uso do ARGeo

A última questão reportava o seguinte: “como você avalia a ferramenta, considerando suas contribuições e possibilidades de uso na sala de aula”. As respostas a esta pergunta estão resumidas no gráfico mostrado na figura 24.



**Figura 24:** Avaliação geral sobre a positividade do ARGeo

Uma característica que torna o uso da escala de *Likert* particularmente interessante está no fato de ser possível que os dados sejam analisados qualitativamente. É normal que esta última análise seja realizada, para que se possa aferir, com mais precisão, o grau de concordância relativo a cada questão ou grupo de questões (SILVA, 2008). Para esta tarefa, utilizamos os seguintes pesos para cada um dos pontos da escala: Discordo totalmente/muito difícil (1); Discordo/difícil (2); Indiferente/mais ou menos (3); Concordo/fácil (4); Concordo totalmente/muito fácil (5).

Na tabela 2, é apresentada a análise quantitativa referentes ao questionário, respondida pelo grupo de alunos com suas respectivas médias ponderadas por questão e a média geral. Chega-se à média ponderada através do uso da fórmula:  $MP = (\sum \text{peso} * \text{quantidade de resposta} / \text{total de participantes})$ . Os resultados maiores que 3 são considerados concordantes (ou positivos), os resultados menores que 3 são considerados discordantes (ou negativos) e os resultados iguais a 3 são considerados indiferentes.

Como visto anteriormente todas as questões respondidas foram bem vistas pelos usuários. O que se observou foi que, a tendência à aceitação da ferramenta proposta é excelente. Notou-se, com base nos dados da tabela 1, que todas as questões tiveram um índice de média ponderada acima de 4, o que pode significar que o software apresenta índices concordantes (ou índices positivos).

**Tabela 2:** Avaliação qualitativa do questionário do grupo de alunos

	Discordo totalmente/ muito difícil	Discordo/ fácil	Indiferente/ mais ou menos	Concordo/ fácil	Concordo totalmente/ muito fácil	Média Ponderada
Pesos	1	2	3	4	5	MP
1 - Usar esta ferramenta como uma metodologia no ensino de geometria espacial pode tornar o aprendizado do assunto mais interessante.	0	0	3	14	23	4,500
2 - É mais fácil aprender se usarmos este software ou outros parecidos.	0	2	6	17	15	4,125
3 - As escolas deveriam disponibilizar este software para que os alunos pudessem usá-lo para auxílio no aprendizado.	0	0	2	19	19	4,425
4 - O uso da ferramenta ARGeo pode ser considerado como:	0	0	5	19	16	4,275
5 - Como você avalia a ferramenta ARGeo de maneira geral, considerando suas possíveis contribuições e possibilidades de uso em sala de aula?	0	0	3	16	21	4,450
Média Geral						4,355

O que se pôde observar é que, o índice de concordância quanto ao conjunto de respostas, dado pela média geral da seção, também foi bastante satisfatório (4,355). Assim, pode-se afirmar que as impressões gerais dos participantes da pesquisa, para com o software desenvolvido, são satisfatórias. O que leva a se pensar que o objetivo pretendido foi alcançado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com Guerra (2000), a inserção de uma inovação tecnológica em qualquer organização, neste caso um meio educacional, exige discussões cuidadosas em torno de seus pontos fortes e fracos, do seu impacto na cultura existente e das suas reais possibilidades na promoção das mudanças desejadas. Portanto, considerando que a presença do computador é inevitável, a discussão em torno da sua utilização é muito bem-vinda. No caso da educação, torna-se obrigatória.

A computação é uma ciência que tem como característica auxiliar vários campos da área do conhecimento e tem significativa importância na sociedade, não poderia ser diferente na educação. Vários autores propuseram o uso da RA na educação como exemplo: Zorzal et. al (2011), Souza (2011), Kirner (2009). Todavia apresentam alguns aspectos, como processo de instalação, configuração e usabilidade contra-intuitivos, citado por Forte.

Neste trabalho foi construída uma ferramenta de auxílio ao ensino de matemática, que seja de fácil uso, proporcione ao aluno uma possibilidade real de facilitação da aprendizagem e ser livre. A primeira parte pode ser considerada concluída tendo em vista o portfólio do projeto sitiado na *web*, onde o endereço encontra-se na seção cinco, a segunda e terceira parte foram realizadas visualizando os resultados do questionário e por fim, a última parte, a ideia de liberdade diz respeito a não ter nenhum fim lucrativo e ser acessível a todos tanto o domínio como a hospedagem são gratuitos e o uso do ARGeo pode ser facilmente conseguido utilizando o site, objetivando a facilidade do uso, sem instalações complicadas, sendo obrigatório somente o acesso a internet.

No que diz respeito à área de pesquisa em Realidade Aumentada, contribuiu-se com o estudo realizado e com o conhecimento agregado proveniente do desenvolvimento da ferramenta. Como ponto central pode se destacar os resultados obtidos na avaliação do ARGeo (seção cinco), que apontam, de maneira geral, o elevado potencial da tecnologia quando aplicada ao desenvolvimento de ferramentas educacionais. O que se pode acrescentar para a área, a partir das

observações apresentadas, é a certeza de que o público teve uma grande aceitação para com a tecnologia e que existe um vasto mercado a ser explorado quanto ao oferecimento de ferramentas otimizadas, podendo ser encarada não só como a próxima geração popular de interface computacional (KIRNER; TORI, 2004), mas também como o próximo recurso tecnológico a ser empregado em larga escala para a construção de ferramentas de auxílio à educação (e outras áreas), lugar hoje ocupado pela tecnologia multimídia.

Para a área de educação, o que se pode observar é que a tecnologia de RA se apresenta madura o bastante, sendo capaz de oferecer características como alto grau de manutenção do interesse e facilitação da compreensão dos conceitos estudados a partir da possibilidade de interação direta com seus objetos representativos. O aspecto lúdico intrínseco da utilização desta tecnologia também é um fator a se destacar.

O projeto passou por muitas dificuldades entre elas o aprendizado de uma nova linguagem de programação e realizar modelagens de sólidos, sendo o último a maior, devido a falta de contato com o Blender, todavia foi realizado com sucesso. Agora como extensão da ferramenta, a depender do *feedback* da sociedade, estará suscetível a mudanças entre elas:

- Uma versão desktop da ferramenta.
- A adição de sólidos espaciais, ou seja, novas aplicações.
- O incremento das aplicações, passando a realizarem também animações.

Por fim, a realização deste trabalho apresenta resultados relevantes que contribuem, principalmente, ainda que modestamente, para a construção de uma realidade na qual se tornará possível a transformação definitiva do computador e dos recursos tecnológicos dele provenientes em instrumentos comuns e parceiros do professor e do aluno em suas respectivas funções: ensinar e aprender.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSIO, Ubiratan D'. **A era da consciência**, ed. Fundação, Peirópolis, São Paulo, 1997.

AMBROSIO, Ubiratan D'. **Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade**. 2. ed. Belo Horizonte. Autêntica, 2005.

ARTOOLKIT. **Human Interface Technology Laboratory**. Disponível em <<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>> Acesso em: jan. 2011.

AZEVEDO, Eduardo. **Teoria da Computação Gráfica**. Editora; Campus. 2006.

AZUMA, Ronald. **A Survey of Augmented Reality**. In: **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**. 1997.

BURAK, Dionisio. **Sobre Resolução de Problemas**. Disponível em <<http://www.dionisioburak.com.br>> Acesso em jan. 2011.

BIEMBENGUT, Maria Salett. HEIN, Nelson. **Modelagem Matemática no Ensino**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2005.

BASSANEZI, R. C. **Ensino – Aprendizagem com Modelagem Matemática**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2004.

BARBOSA, Jonei C. **Modelagem Matemática e os Professores: A Questão da Formação**. Bolema-39, Rio Claro n. 15, p.5-23,2001.

BRASIL. Ministério da educação e cultura. **Parâmetros curriculares Nacionais: Ensino médio**. Volume 2: Ciência da natureza, matemática e tecnologia. Brasília: MEC,2006, p. 75,76.

BURDEA, Grigore C; COIFFET, Philippe. **Virtual Reality Technology**. 2ed. Hoboken, NJ: Wiley Interscience, 2003.

CAIADO, Elen Cristine M. Campos. **Sobre a Educação no Brasil**. Disponível em <<http://www.brasilecola.com/educacao/educacao-no-brasil.htm>> Acesso em jan. 2011.

CARNEIRO, João W. A.; ANDRADE, Dalton F. de; VASCONCELOS, Alan P. de; ARAUJO, Ana Maria S. de; BATISTA, Maria Jaqueline. **Análise do número de categorias da escala de Likert aplicada à gestão pela qualidade total através da teoria da resposta ao item**. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

CAUDELL, Thomas P; MIZELL, David W. **Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes**. In: Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, USA. 1992.



CONSULARO, Luis Augusto et al. ARToolKit: **Aspectos Técnicos e Aplicações Educacionais**. In: Cardoso, A.; Lamounier Jr, E. editores. Realidade Virtual: Uma Abordagem Prática. Livro dos Minicursos do SVR2004, SBC, São Paulo, 2004.

FORTE, Cleberson E; DAINESE, Carlos Alberto ; KIRNER, Cláudio.

**Universalização da Interface de Jogo Pedagógico para Deficientes Auditivos, Visuais e Não Deficientes Através do Uso da Realidade Aumentada**. In: III Workshop de Realidade Aumentada, 2006, Rio de Janeiro. Anais do III Workshop de Realidade Aumentada. Porto Alegre : SBC, 2006. v. 1. p. 55-58.

FORTE, C. Eugenio. **Software Educacional Potencializado com Realidade Aumentada para Uso em Física e Matemática**. Piracicaba: UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba, 2009. Dissertação – Mestrado em Ciência da Computação, Faculdade de Ciências Exatas e da Natureza.

GUERRA, João H. L. **Utilização do Computador no Processo de Ensino-Aprendizagem: Uma Aplicação em Planejamento e Controle da Produção**. São Carlos: USP - Universidade de São Paulo, 2000. 159p. Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos.

INSLEY, Seth. **Obstacles to general purpose augmented reality**. Information Security e Cryptography, Oregon, EUA, 2003.

KATO, Hirokazu; Et al. **Developing a Generic Augmented-Reality Interface**. Computer, p. 44-50, mar. 2002.

KATO, Hirokazu; BILLINGHURST, Mark. **Marker Tracking and HMD Calibration for a Videobased Augmented Reality Conferencing System**. In: Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality, San Francisco, CA, USA, p85-94, 1999.

KIRNER, Cláudio; TORI, Romero. **Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade**. In: Cláudio Kirner; Romero Tori. (Ed.). Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia e Tendências. 1ed. São Paulo, 2004, v.1, p.3-20.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson Augusto. **Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada**. Pré Simpósio –SVR. Ano: 2008 .

KIRNER, C.; KIRNER, T.G. (2008a) **Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization**. Editora: Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications. 1 ed. Hershey-NY: IGI Publishing, 2008, v. 1, p. 391-419.

KIRNER, Cláudio; SISCOUTO, Robson. **Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada**. In: **Realidade Virtual e Aumentada: conceitos, projetos e aplicações**. Petrópolis, RJ: Editora SBC, 2007. MA, Jung Yeon; CHOI, Jong Soo. The Virtuality and Reality of Augmented Reality. Journal of Multimedia, v.2, n. 1, fev 2007.

LIMA, Alvaro José Rodrigues de; HAGUENAUER, Cristina Jasbinscheck; CUNHA,

Gerson Gomes. **EAD e Ensino Presencial de Geometria Descritiva**. Maio 2007.

LEPETIT, Vincent.; FUA, Pascal. **Monocular Model-Based 3D Tracking of Rigid Objects: A Survey**. Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision, Vol.1, N.1, pp. 1-89, Out 2005.

MA, Jung Yeon; CHOI, Jong Soo. **The Virtuality and Reality of Augmented Reality**. Journal of Multimedia, v.2, n. 1, fev 2007.

MELO, Tonires Sales de; SOUSA, Zuleide Ferreira de. **III Encontro de Extensão da UFCG – Estudando Geometria Espacial**. Disponível em <<http://www.ufcg.edu.br/~proex/III%20ENC.%20EXT/ResumoIII%20ENC%20EXT/EDUCACAO/Estudando%20a%20Geometria%20espacial.pdf>> Acesso em jan 2011.

MILGRAM, Paul; KISHINO Fumio. **A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays**. In: IEICE Transactions on Information Systems, v. E77-D, n. 12, 1994.

MORACO, A. S. C. T.; PIROLA, N. A. **Uma Análise da Linguagem Geométrica no Ensino de Matemática**. Associação brasileira pesquisa em educação para ciências. Atas do EMPEC n. 5. 2005,p. 263.

NAKAMOTO, Paulo Teixeira. **Utilização de mapas Conceituais na Construção de Ambientes Virtuais de Aprendizagem**. In: A universidade da computação: um agente de inovação e conhecimento. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. São Leopoldo – RS. UNISINOS. 2005.

OLIVEIRA, Murilo Borges; SILVA, Wender Antônio; SOUZA, Marcos Wagner de; LAMOUNIER, Edgard Afonso Jr.; CARDOSO, Alexandre. **Uma ferramenta para o auxílio ao ensino da Geometria Espacial por meio de tecnologias de Realidade Virtual não-imersiva integradas à Internet e aos Mapas Conceituais**. Disponível em<<http://www.sucesumt.org.br/mtdigital/anais/files/UmaferramentaparaoauxilioaensinodaGeometria.pdf>> acesso em Jan. 2011.

PAZ, Gilson Tavares Junior. **As Dificuldades no Ensino de Matemática** Disponível em <<http://www.webartigos.com/articles/5488/1/As-Dificuldades-No-Ensino-De-Matematica/pagina1.html>> Acesso em jan. 2011.

PINHO, Dr. Márcio Sarroglia. **Sobre o desenvolvimento da CG**. Disponível em <<http://www.inf.pucrs.br/~pinho/CG/Aulas/Intro/intro.htm>> acesso em fev. 2011.

SANTIN, Rafael. **SACRA - Sistema de Autoria Em Ambiente Colaborativo com Realidade Aumentada**. Piracicaba: UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba, 2008. 125p. Dissertação – Mestrado em Ciência da Computação, Faculdade de Ciências Exatas e da Natureza.

SAQOOSHA. **Start-up Guide for FLARToolkit**. Disponível em <<http://saqoosha.net/en/flartoolkit/start-up-guide/>>. Acesso em: jan. 2011.

SEMENTILLE, Antonio C; BREGA José R. F; GIOVANINI, Fernando L. **Combinando**

**o Real e o Virtual: Uma Visão Geral da Realidade Misturada.** In: ARANA, Aparecido N; BREGA, José R. F. Técnicas e Ferramentas de Processamento de Imagens Digitais e Aplicações em Realidade Virtual e Misturada. Bauru: Canal 6, 2008.

SHERMAN, William R; CRAIG, Alan B. **Understanding Virtual Reality: interface, application, and design.** San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2003.

SILVA, R. L. S. et al. **Augmented Reality for Scientific Visualization: Bringing DataSets inside the RealWorld.** LNCC–National Laboratory for Scientific Computing, Petropolis , RJ, Brasil, 2004.

SILVA, Wilson Carlos da. **PARADIGMA: Uma ferramenta para a geração automática de modelo conceitual de classes baseada em processamento de linguagem natural.** Piracicaba: UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba, 2008. 103p. Dissertação – Mestrado em Ciência da Computação, Faculdade de Ciências Exatas e da Natureza.

SOUZA, R. Costa; KIRNER, Claudio. **Livro Interativo Potencializado com Realidade Aumentada:(LIPRA) – Curso básico de Xadrez.** Disponível em < <http://www.ckirner.com/sacra/aplica/xadrez/manual-livro-xadrez.pdf> > Acesso em jan. 2011.

SUTHAUL T. et al. **A Concept Work for Augmented Reality Visualisation Based on a Medical Application in Liver Surgery,** ISPRS Commission V Symposium, Berlin, 2002.

TORI, Romero; KIRNER, Cláudio. **Fundamentos de Realidade Virtual.** In: Claudio Kirner; Romero Tori; Robson Siscoutto. (Ed.).Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Pré Simpósio SVR 2006, SBC, Belém, 2006, pp. 2-21.

TIFFIN, J.; TERASHIMA, N. ed. (2001) - **Hyper-reality: Paradigm for the Third Millennium.** Routledge, 2001.

VINCE, John. **Introduction to Virtual Reality.** Londres : Springer-Verlag, 2004.

ZORZAL, R. Ezequiel; BUCCIOLI, A. A. Bastos; KIRNER, Claudio. **O Uso da Realidade Aumentada no Aprendizado Musical.** Disponível em < [www.realidadeaumentada.com.br/artigos/WARV\\_Music.pdf](http://www.realidadeaumentada.com.br/artigos/WARV_Music.pdf) > Acesso em jan. 2011.

## APÉNDICES

## APÊNDICE A

### Questionário para os alunos para a avaliação do ARGeo

1 – Usar esta ferramenta como uma metodologia no ensino de geometria espacial pode tornar o aprendizado do assunto mais interessante.

- discordo totalmente
- discordo
- indiferente
- concordo
- concordo totalmente

2 – É mais fácil aprender se usarmos este software ou outros parecidos.

- discordo totalmente
- discordo
- indiferente
- concordo
- concordo totalmente

3 – As escolas deveriam disponibilizar este software para que os alunos pudessem usá-lo para auxílio no aprendizado.

- discordo totalmente
- discordo
- indiferente
- concordo
- concordo totalmente

4 - O uso da ferramenta ARGeo pode ser considerado como:

- muito difícil
- difícil
- mais ou menos
- fácil
- muito fácil

5 – Como você avalia a ferramenta ARGeo de maneira geral, considerando suas possíveis contribuições e possibilidades de uso em sala de aula?

- muito negativo
- negativo
- indiferente
- positivo
- muito positivo