

ESTUDO E APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE REALIDADE AUMENTADA

Trabalho de Conclusão de Curso

Engenharia da Computação

Clóvis de Oliveira Santos Filho
Orientador: Profa. Veronica Teichrieb

Recife, 23 de dezembro de 2005

ESTUDO E APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE REALIDADE AUMENTADA

Trabalho de Conclusão de Curso

Engenharia da Computação

Este Projeto é apresentado como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia da Computação pela Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco.

Clóvis de Oliveira Santos Filho
Orientador: Profa. Veronica Teichrieb

Recife, 23 de dezembro de 2005



Clóvis de Oliveira Santos Filho

**ESTUDO E APLICAÇÃO DA
TECNOLOGIA DE REALIDADE
AUMENTADA**

Resumo

Hoje em dia, o alto grau de complexidade imposto por tarefas em diversas áreas está exigindo mais do ser humano do que seus sentidos naturais podem lhe oferecer. O emprego de realidade aumentada pode auxiliar no aumento dessa percepção.

Baseando-se nessa idéia, este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo estudar diversas técnicas de Realidade Aumentada e desenvolver uma aplicação de suporte à manutenção, que mostre ao usuário a localização de componentes de um videogame com a finalidade de auxiliar o processo de manutenção.

Através de uma câmera digital, uma imagem do mundo real é capturada e, posteriormente, objetos virtuais informativos sobre o videogame em manutenção são sobrepostos à imagem do ambiente real. Depois de capturadas, as imagens são enviadas para um computador que é responsável por adicionar os dados virtuais da aplicação. A exibição de elementos virtuais sobrepostos ao ambiente real será feita em um monitor, que mostra o ambiente real capturado e os objetos virtuais sobrepostos na cena.

Todo o processo de sobreposição de elementos virtuais no ambiente real é feito a partir de placas fiduciais, pré-cadastradas no sistema, possuindo padrões que representam objetos virtuais que são posicionados no videogame.

Abstract

Nowadays, the high level of complexity of tasks to be performed in several areas requires much more abilities from human beings than his/her natural senses may offer. The use of augmented reality may help, since it enhances user perception.

Based on this idea, this work has the objective of studying augmented reality techniques and develop an application to support maintenance tasks. This application should show the user the localization of components of a videogame with the purpose of assisting in the maintenance process.

Our augmented reality application, uses an image of the real world that is captured through a digital camera and virtual objects representing information about the videogame maintenance process are overlaid to the real world image. After their capturing, the image are sent to a computer responsible for adding the virtual data to them. The virtual objects overlaid to the real world are exhibited on a monitor that shows the real ambient captured by the camera and the virtual objects overlaid onto the captured image.

The overposition of the virtual elements onto the real ambient is performed using fiducial markers, which patterns are prerecorded in the application and represent the virtual objects that are positioned over the real videogame.

Sumário

Índice de Figuras	vi
Tabela de Siglas	viii
1. Introdução	10
2. Realidade Aumentada	14
2.1 Aplicações de Realidade Aumentada	14
2.1.1 Preservação Histórica	14
2.1.2 Visualização de Dados	16
2.1.3 Medicina	16
2.1.4 Movimentação de Robôs	17
2.1.5 Marketing	18
2.1.6 Entretenimento	19
2.1.7 Anotações e Visualização em Projetos de Engenharia	20
2.1.8 Teleconferência e Tele-Imersão	21
2.1.9 Educação	22
2.1.10 Montagem e Manutenção	23
2.2 Sistemas de Realidade Aumentada	25
2.2.1 Sistemas de Realidade Aumentada Ópticos	25
2.2.2 Sistemas de Realidade Aumentada por Vídeo	27
2.2.3 Sistemas de Realidade Aumentada utilizando Monitores	28
2.3 Realidade Aumentada Tangível	30

2.4	Bibliotecas Gráficas	31
2.4.1	ARToolKit	31
2.4.1.1	Inserção de Novos Marcadores	32
2.4.2	OpenGL	36
3.	A Ferramenta PS2RA	39
3.1	Arquitetura da Aplicação	40
3.2	Interação com Interfaces Tangíveis	41
3.2.1	Marcadores em Forma de Placas	41
3.2.2	Cubo	42
3.2.3	Marcador de Tamanho Natural	43
3.2.3.1	Registro do Marcador de Tamanho Natural	43
3.3	Funcionalidades da Aplicação	45
3.3.1	Interação com os Menus	45
3.3.2	Exibição do Manual	48
3.3.3	Localização de Componentes a serem Consertados	49
4.	Estudo de Caso	51
5.	Dificuldades Encontradas	56
5.1	Realidade Aumentada	56
5.1.1	Registro	56
5.1.2	Oclusão	57
5.1.3	Iluminação	58
5.2	A Aplicação de Manutenção	60
5.2.1	Rastreamento de Posição	60
5.2.2	Videogame Estático	60
5.2.3	A Câmera	61
5.2.4	O Cubo	61



5.2.5	Imagens no ARToolKit	62
6.	Conclusão e Trabalhos Futuros	63
6.1	Trabalhos Futuros	64
	Bibliografia	65

Índice de Figuras

Figura 1.	Realidade misturada	11
Figura 2.	Cirurgia guiada por imagem.....	12
Figura 3.	ARCHEOGUIDE: (a) Imagem original; (b) Imagem original sobreposta com a construção histórica virtual	15
Figura 4.	Visualização de dados em RA com o DATAVIS-AR	16
Figura 6.	Movimentação de robô com uso de RA	18
Figura 7.	Marketing com RA: (a) Corridas de automóveis; (b) Loteria.....	19
Figura 8.	Cena construída com o uso de <i>Chroma-Keying</i> e RA.....	20
Figura 9.	(a) Caixas de diálogo são exibidas com o uso de RA (b) Janelas virtuais exibem informações sobre o estudante	21
Figura 10.	A visualização fica mais clara com linhas virtuais.....	21
Figura 11.	Exemplo de um <i>wearable computer</i>	22
Figura 12.	Jogo da memória em RA, com vários marcadores.....	23
Figura 13.	(a) O usuário vendo o equipamento com um HMD (b) A visão em RA do usuário...	24
Figura 14.	Projeto do grupo Boeing	25
Figura 15.	Exemplo de HMD translúcido.....	26
Figura 16.	Arquitetura do sistema de RA óptico	26
Figura 17.	Arquitetura do sistema de RA por vídeo	27
Figura 18.	HMD translúcido por vídeo.....	28
Figura 19.	Arquitetura do Sistema de RA com monitores.....	29
Figura 20.	Exemplo de RA utilizando monitores	29
Figura 21.	<i>Magic Cubes</i>	30
Figura 22.	Marcadores no ARToolKit.....	32
Figura 23.	Diagrama do funcionamento do ARToolKit.....	32
Figura 24.	Marcador com padrão branco.....	33
Figura 25.	Inserção do símbolo no marcador, com área central em branco	33
Figura 26.	Definição do arquivo de parâmetros da câmera	34
Figura 27.	Definição das propriedades da câmera.....	34

Figura 28. Marcador com padrão em processo de captura	35
Figura 29. Inserção do nome do novo padrão.....	35
Figura 30. Marcador armazenado	36
Figura 31. Uma esfera em OpenGL.....	37
Figura 32. Implementação de uma esfera em OpenGL	38
Figura 33. Playstation 2 modelo 39001	39
Figura 34. Arquitetura do PS2RA	41
Figura 35. Marcadores em forma de placas. (a) Marcador “Sobre”. (b) Marcador “Manual”	42
Figura 36. Cubo (aberto)	43
Figura 37. Marcador de tamanho natural.....	43
Figura 38. Problemas do uso do marcador de tamanho natural.....	44
Figura 39. Posicionamento da câmera em relação ao marcador de tamanho natural	45
Figura 40. Faces laterais do cubo. (a) padrão Hiro. (b) padrão Kanji. (c) padrão Quad. (d) padrão Sample1	46
Figura 41. Faces superior e inferior do cubo. (a) padrão Sample2. (b) padrão A	46
Figura 42. Exemplo de navegação pelos menus.....	47
Figura 43. Implementação das opções de menu da camada inicial	48
Figura 44. Manual do Playstation 2 sendo exibido na aplicação.....	48
Figura 45. Manual do Playstation 2 modelo 39001	49
Figura 46. Implementação da seta virtual.....	50
Figura 47. Localização do joystick no Playstation 2	50
Figura 48. Captura do marcador A.	51
Figura 49. Navegação pelo menu principal da aplicação	52
Figura 50. Escolha da localização de desmontar o aparelho	53
Figura 51. Localização de Desmontar	53
Figura 52. Escolha do posicionamento do <i>memory card</i>	54
Figura 54. Exemplo de oclusão. (a) Padrão sendo capturado. (b) Escondendo uma parte da região preta do padrão	58
Figura 55. Iluminação. (a) Marcador com luz ambiente. (b) Marcador com excesso de luz.	59
Figura 56. Pouca iluminação	59
Figura 57. Aplicação que movimenta um cubo	60
Figura 58. Cubo com três marcadores sendo reconhecidos ao mesmo tempo	62

Tabela de Siglas

RV	Realidade Virtual
3D	Tridimensionais
RA	Realidade Aumentada
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
SAGE	<i>Semi-Automatic Ground Environment</i>
HMD	<i>Head Mounted Display</i>
GM	<i>General Motors</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
UNC	<i>University of North Carolina</i>
ARCHEOGUIDE	<i>Augmented Reality-based Cultural Heritage On-site GUIDE</i>
SIS	<i>Site Information Server</i>
UM	<i>Mobile Units</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
DGPS	<i>Diferential GPS</i>
UNIMEP	Universidade Metodista de Piracicaba
HMD	<i>Head Mounted Display</i>
ARGOS	<i>Augmented Reality through Graphics Overlays on Stereovideo</i>
ECRC	<i>European Computer-Industry Research Centre</i>
OpenGL	<i>Open Graphics Library</i>
API	<i>Aplication Program Interface</i>
DLL	<i>Dynamic Linkage Library</i>

Agradecimentos

À Escola Politécnica de Pernambuco, que me acolheu sempre com muito respeito e seriedade.

À Dr^a Veronica Teichrieb, pela orientação e imensa paciência, diante de algumas dificuldades para a realização deste trabalho.

À João Paulo Silva do Monte Lima, estudante da Universidade Federal de Pernambuco, que me ajudou com a sua disponibilidade e compreensão.

Ao Departamento de Sistemas Computacionais, pelo trabalho árduo de melhorar o nosso curso na universidade.

A todos os professores do Curso de Engenharia da Computação, que com seu estímulo, carinho e respeito me ajudaram em todos os momentos.

Ao Dr. Carlos Alexandre Barros de Mello, que sempre me ajudou nas horas difíceis e quem foi meu orientador de Iniciação Científica.

Aos meus queridos pais e irmã por estarem presentes sempre.

Capítulo 1.

Introdução

A computação gráfica é uma área da ciência da computação na qual a imagem é o enfoque principal e, portanto, muito valorizada, pois a partir de uma representação gráfica o ser humano consegue absorver e transmitir o maior número de informações. A computação gráfica utiliza vários métodos e técnicas para converter dados para um dispositivo [1]. Dentre estes métodos e técnicas existem as aplicadas à síntese de imagens, que visa transformar modelos geométricos em imagens digitais, ao processamento de imagens onde são utilizadas técnicas para criar e modificar imagens, à visão computacional que realiza transformações de imagens digitais em modelos geométricos.

Uma área de estudo promissora da computação gráfica é a realidade virtual (RV), que permite a modelagem de ambientes virtuais tridimensionais (3D), possibilitando a criação de ambientes que simulem mundos (reais ou não). A tecnologia de RV permite construir estes ambientes, oferecendo aos usuários da aplicação a sensação de imersão no mundo virtual com o qual estão interagindo, por estimular múltiplos canais sensoriais dos mesmos, como a visão, a audição e o tato [2] [3], trazendo realismo a ambientes totalmente artificiais sintetizados por computador. Porém, sabe-se que a simulação da “realidade” está longe de ser comparada ao mundo real conhecido. Algumas aplicações fazem uso de objetos e ambientes reais para ajudar no processo interativo com um sistema computacional. A mescla de ambientes virtuais e ambientes reais apareceu como uma alternativa para se obter um aumento da realidade com a adição de objetos virtuais a uma cena real. Essa área é chamada realidade misturada [4] [5] e trabalha com aplicações onde ambientes virtuais e reais são sobrepostos, permitindo aos usuários manter o

senso de presença no ambiente real onde se encontram, continuando a ver ou sentir os elementos do ambiente real. Segundo Milgram [6], a realidade misturada possui dois pilares, o ambiente real e o virtual, e as transições entre esses pilares dividem a realidade misturada em duas subáreas, a realidade aumentada e a virtualidade aumentada, como ilustra a Figura 1

A virtualidade aumentada [7] [8] permite a inserção de elementos reais em ambientes virtuais, modelando o ambiente o mais próximo do real. Por exemplo, inserir uma mobília real em um ambiente virtual criado, como mostrada na Figura 1 onde a montanha e a televisão são elementos virtuais, modificando o cenário.

A realidade aumentada (RA) consiste no enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, através de algum dispositivo tecnológico funcionando em tempo real, aumentando assim a percepção humana através da adição de informação não detectada diretamente pelos sentidos naturais. A coexistência dos ambientes real e virtual deve ser harmônica ao ponto do usuário não os distinguir.



Figura 1. Realidade misturada

A Figura 2 mostra uma aplicação que combina a imagem real do paciente numa mesa de cirurgia com a projeção do cérebro virtual desse paciente, auxiliando assim os médicos em microcirurgias.

O paradigma da RA, em seu estado da arte, pode trazer benefícios de grande importância às atividades humanas. Sua utilização pode auxiliar no aumento da percepção, na melhoria da interação e, conseqüentemente, aumentar a produtividade na realização de tarefas no mundo real.



Figura 2. Cirurgia guiada por imagem

Uma área de aplicação onde RA pode ser de grande valia é a manutenção, onde o usuário pode obter informações a respeito de um determinado equipamento danificado e ser guiado para a solução do problema a partir da adição de informações virtuais no ambiente real onde o equipamento está. Além disso, o usuário pode obter informações sobre determinadas partes do equipamento em manutenção e/ou uso, com a adição de manuais virtuais ao cenário real.

Baseado nessa idéia, este trabalho de conclusão de curso teve por objetivo estudar técnicas de RA, como a inserção e a manipulação de objetos virtuais no ambiente real, e utilizá-las com a finalidade de desenvolver uma aplicação na área de manutenção, oferecendo ao a localização de componentes do videogame auxiliando o processo de manutenção. Para isso, foi desenvolvida uma ferramenta, denominada PS2RA.

A manutenção foi a área escolhida, pelo fato de não ser muito explorada em RA, tendo em vista a necessidade de se ter gente capacitada na área de aplicação.

Outro ponto levado em consideração foi à possibilidade de utilizar uma interface tridimensional para exibir as informações da aplicação de suporte à manutenção, criando uma maior interatividade do usuário com o equipamento a ser consertado. A possibilidade de simular determinadas situações de trabalho, capacitando funcionários inclusive em serviços de risco para a aplicação ou até para o próprio funcionário, também é aplicável utilizando RA.

Para utilizar a ferramenta desenvolvida nesse trabalho são necessários dois equipamentos: uma câmera digital e um computador. O computador é responsável por fazer todo o processamento e combinação dos dois mundos (real e virtual), bem como fazer a interpretação do

problema descrito a aplicação e transmiti-los a partir de objetos virtuais para o ambiente real. Ele também tem a função de exibir no monitor de vídeo os objetos virtuais conjuntamente com o ambiente real. A utilização de uma câmera digital é necessária para capturar o ambiente real que será combinado com os objetos virtuais.

A ferramenta está dividida em dois módulos. O módulo PS2RA MOV, encarregado de fazer toda a manipulação de escolha do problema, e o módulo PS2RA POS, responsável por exibir a solução para o problema escolhido.

Esta monografia está dividida da seguinte forma: no Capítulo 2 são abordados conceitos, bem como aplicações e algumas bibliotecas de RA. O Capítulo 3 apresenta a ferramenta PS2RA desenvolvida. No Capítulo 4 é feito um estudo de caso do PS2RA, mostrando a movimentação dos menus e utilização de marcadores de tamanho natural. O Capítulo 5 contém informações a respeito dos problemas existentes na RA, constatados durante o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso. Por fim, o Capítulo 6 contém a conclusão do presente trabalho e alguns trabalhos futuros.

Capítulo 2.

Realidade Aumentada

A RA consiste em técnicas avançadas de interface computacional, permitindo a sobreposição de objetos virtuais no mundo real. Considerada uma variante da RV, a RA enfatiza a visualização em conjunto com a interação, pois, com o uso de óculos ou capacete de RV, pode-se visualizar objetos virtuais junto ao mundo real, de maneira altamente realista, incrementando a percepção do usuário no uso de uma interface de computador.

2.1 Aplicações de Realidade Aumentada

2.1.1 Preservação Histórica

Existem vários exemplos de aplicações na área de preservação de patrimônio histórico, mas uma aplicação muito bem desenvolvida foi o ARCHEOGUIDE (*Augmented Reality-based Cultural Heritage On-site GUIDE*) [9], no qual foram feitas sobreposições de construções virtuais sobre ruínas históricas de um sítio arqueológico, representando as construções históricas como se fossem as originais, ajudando assim os visitantes na melhor compreensão sobre o passado desse sítio histórico.

O ARCHEOGUIDE utiliza uma arquitetura típica cliente-servidor que possui três subsistemas: um servidor de dados (SIS – *Site Information Server*), unidades móveis (UM – *Mobile Units*) e uma infra-estrutura de rede. O servidor de dados é um computador de alto desempenho responsável por armazenar todo o repositório de dados que serão utilizados pelas

unidades móveis, aplicando técnicas de RA para adição de informações virtuais no ambiente real. Essa base de dados é composta tanto por imagens bidimensionais como 3D, clipes de áudio e vídeo e textos a respeito do sítio histórico, todas organizadas numa hierarquia. O servidor de dados se comunica com as unidades móveis a partir de uma WLAN (*Wireless Local Area Network*).

As unidades móveis são utilizadas pelos usuários que estão nos sítios arqueológicos por meio de *laptop*, *pen-table* ou *palmtops* para rodar o sistema. Essas unidades fazem requisições para a base do servidor de dados baseados na posição do usuário e outros parâmetros calculados por um GPS (*Global Positioning System*), o programa faz ainda um cálculo para melhorar a precisão usando um sinal transmitido por um farol contendo um DGPS (*Diferential GPS*) localizado em uma posição conhecida.

O maior problema desse tipo de sistema é o desconforto devido ao peso e excesso de aparelhos que devem ser carregados no corpo, como laptops, câmeras digitais, capacetes de RV e outros equipamentos. Cabe ressaltar que já estão sendo desenvolvidos dispositivos para evitar ou reduzir esses problemas.

A Figura 3 mostra o funcionamento dessa aplicação: em (a) pode-se visualizar a construção real que já se encontra tombada. Em (b) é ilustrada a sobreposição do objeto virtual simulando o original que se encontrava no local no passado.



(a)



(b)

Figura 3. ARCHEOGUIDE: (a) Imagem original; (b) Imagem original sobreposta com a construção histórica virtual

2.1.2 Visualização de Dados

A visualização de dados tem por finalidade ajudar as pessoas a analisar uma grande quantidade de dados coletados, a partir de representações gráficas. Tomando isso como idéia, os estudantes de pós-graduação da UNIMEP (Universidade Metodista de Piracicaba) desenvolveram o DATAVIS-AR [10], utilizando técnicas de RA. Essa aplicação tem como uma das suas melhores características permitir a configuração do sistema, de forma que ele possa atuar automaticamente, sob o acompanhamento e eventual intervenção do usuário. O usuário pode visualizar os dados a partir da sua própria mão, pois são exibidos sobre um marcador que ele mesmo segura, conforme a Figura 4.

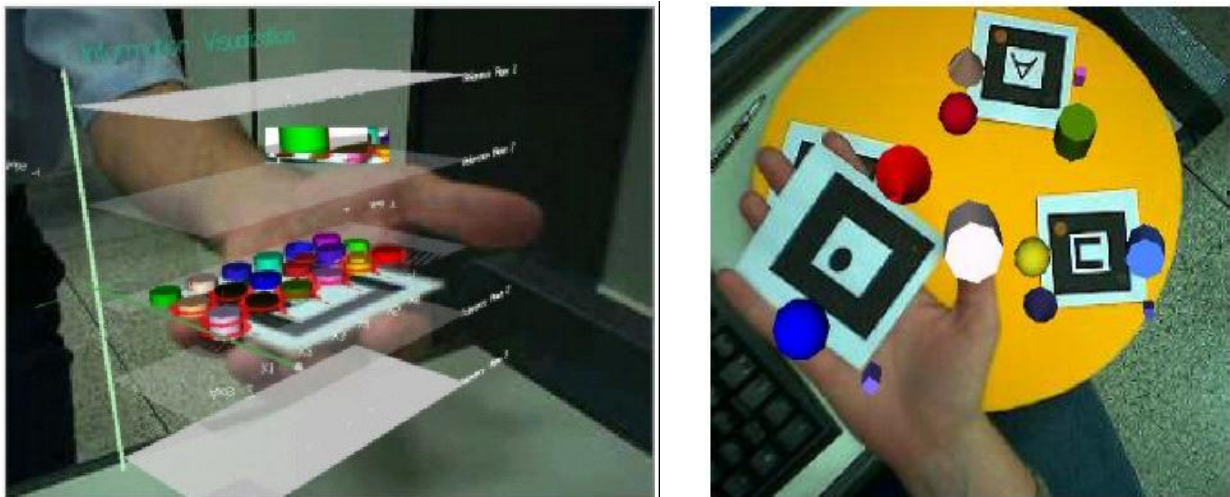


Figura 4. Visualização de dados em RA com o DATAVIS-AR

Como a aplicação pode reconhecer vários marcadores de controle simultaneamente, é possível construir um tabuleiro com vários marcadores, de forma que cada um reconheça uma parte do gráfico geral. O usuário pode ainda interagir com os dados retirando apenas alguma parte do gráfico (um marcador específico) para uma melhor análise, segundo ilustra a Figura 4.

2.1.3 Medicina

Existem algumas cirurgias que podem ser realizadas com o uso de técnicas de RA, pois o médico pode ter uma melhor visualização do corpo humano uma vez que suas partes são representadas através de modelos 3D, ajudando o médico no processo de incisão no corpo e reduzindo o risco de prejudicar o paciente.

Na UNC um grupo de pesquisadores tem realizado mapeamentos de úteros em mulheres

grávidas através de sensores e ultra-som, gerando assim a representação gráfica tridimensional do feto, a qual é visualizada usando um HMD (*Head Mounted Display*) translúcido [11]. O objetivo do projeto é ajudar os médicos no processo de visualização do feto movendo-se no útero. A Figura 5 ilustra dois exemplos de aplicação de RA na área médica.



Figura 5. RA na medicina: (a) Visualização da movimentação de um feto no útero; (b) Retirada de um tumor

2.1.4 Movimentação de Robôs

Movimentar um robô, principalmente a grandes distâncias, é uma tarefa muito difícil, pois requer muitos cuidados. Atrasos de comunicação poderiam gerar erros irrecuperáveis, principalmente numa linha de produção. A movimentação de robôs por *joystick* poderia acarretar erros de precisão ao pegar um objeto e atrasos no cumprimento de serviços, como desarmar uma bomba, obrigando a pessoa que comanda o robô a ter uma grande concentração, coordenação motora e visão apurada.

Utilizando-se um objeto virtual sobreposto ao robô, é possível criar um plano para realizar a movimentação do robô antes de executá-lo, ou seja, o usuário montaria o plano, validando-o e posteriormente mandaria o robô executá-lo.

Pensando nisso, os criadores do sistema ARGOS (*Augmented Reality through Graphics Overlays on Stereovideo*) [12] demonstraram que RA estereoscópica facilita a precisão na execução de tarefas difíceis. A Figura 6 mostra um robô empilhando blocos, onde a sua movimentação está sendo guiada com o uso de RA.

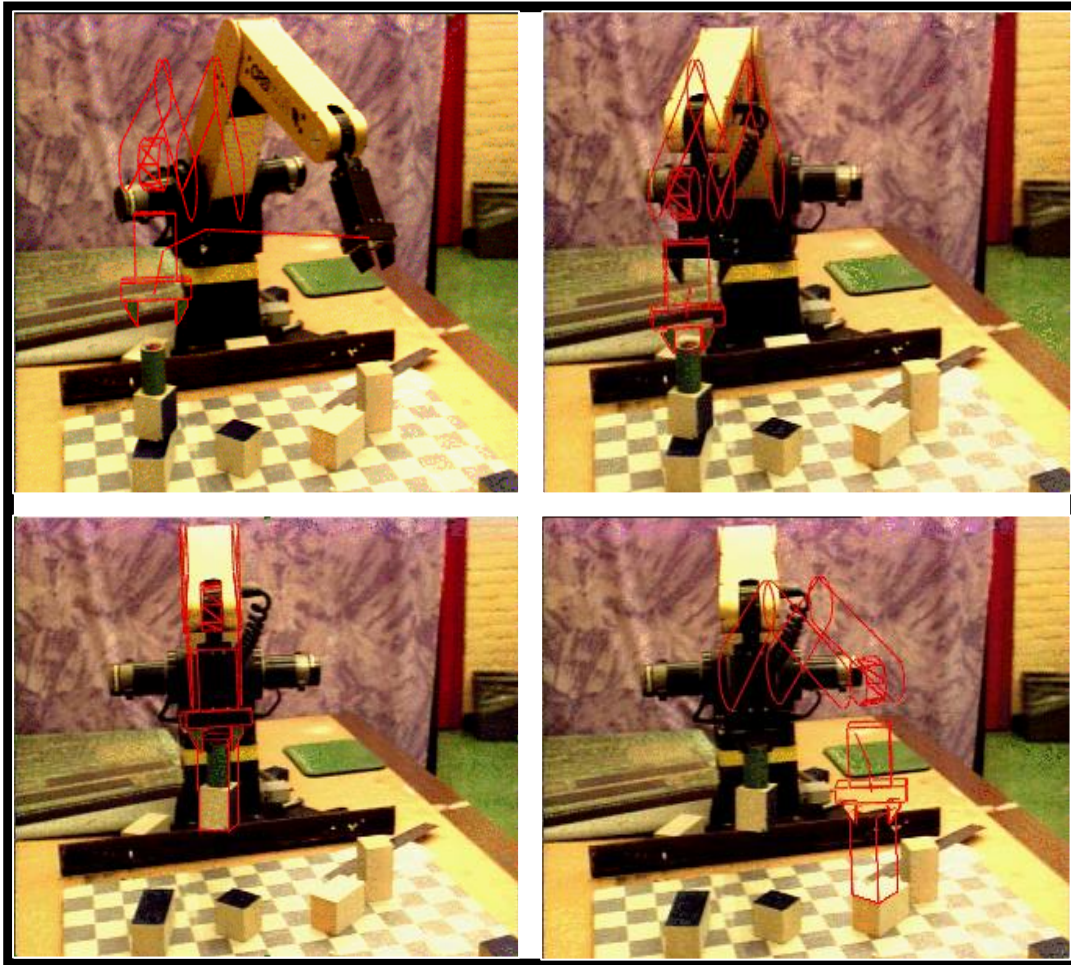


Figura 6. Movimentação de robô com uso de RA

2.1.5 Marketing

Uma das áreas muito promissoras para o uso de RA é o marketing, para produção de anúncios de determinados produtos ou empresas com baixo custo de propaganda.

A RA é muito utilizada em jogos de futebol, principalmente em seus intervalos onde são exibidos anúncios com efeitos 3D, ou ainda efeitos como o de uma bola caindo do céu. Pode ser utilizada ainda para gerar efeitos de linha de impedimento em jogos, ou ainda mostrar a posição de carros numa corrida de automóveis, como mostra a Figura 7a. Casas lotéricas da Pensilvânia, estão utilizando técnicas de RA para visualizar resultados ou sorteios de forma virtual (Figura 7b).



(a)

(b)

Figura 7. Marketing com RA: (a) Corridas de automóveis; (b) Loteria

2.1.6 Entretenimento

Uma das áreas mais rentáveis da RA é o setor de entretenimento, onde podem ser criados jogos com técnicas de imersão, a partir de qual o usuário pode utilizar a própria área da sua casa para se “transportar” ao ambiente do jogo.

Na área de jogos, existem muitas aplicações, como o ARQuake, que utiliza técnicas de RA para projetar os monstros no ambiente onde o usuário estiver jogando.

Na indústria cinematográfica, a RA está sendo utilizada para baratear os custos dos filmes. Técnicas de *Chroma-Keying*, que abordam a gravação prévia de cenas em salas que possuem uma cor de fundo, são associadas à RA para inserção de objetos virtuais nesse ambiente que enriquecerão a cena. A Figura 8 mostra como é utilizada a técnica de *Chroma-Keying* e a cena final alcançada com o uso dessa técnica.

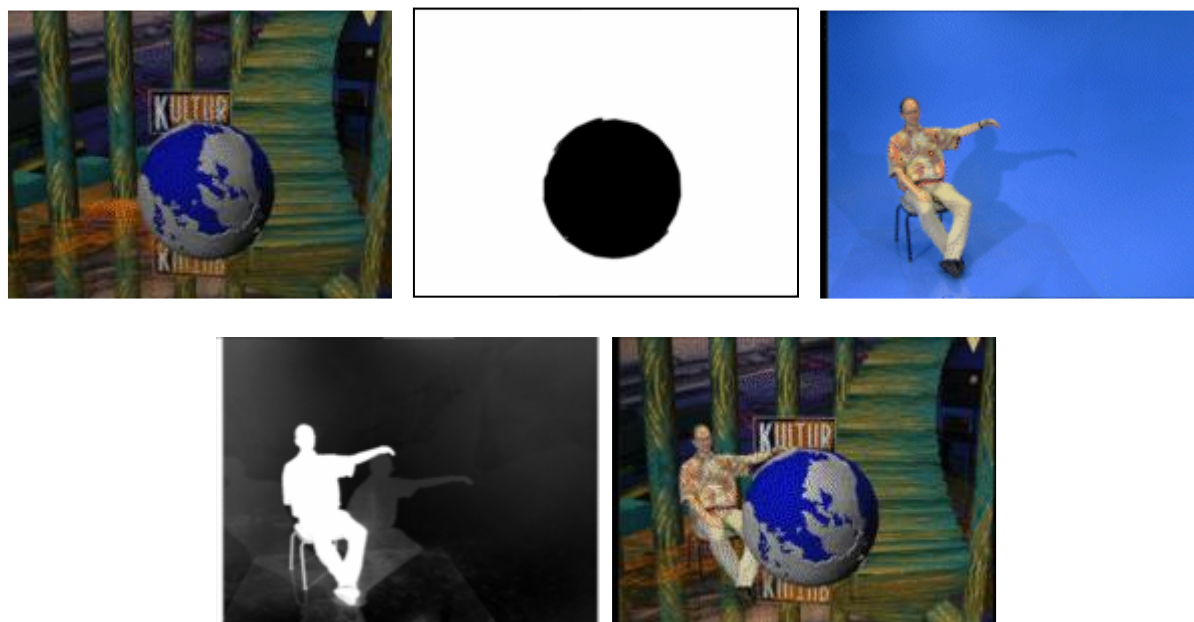


Figura 8. Cena construída com o uso de *Chroma-Keying* e RA

2.1.7 Anotações e Visualização em Projetos de Engenharia

Técnicas de apontamento podem ser utilizadas para obter informações sobre algum componente, de um motor, por exemplo, durante a realização de uma manutenção. Esta técnica consiste na geração de *pop-ups* e caixas de diálogos contendo informações sobre a parte apontada.

Um exemplo desse tipo de aplicação foi desenvolvido pela ECRC (*European Computer-Industry Research Centre*), onde o utilizador aponta para uma determinada localização e o sistema de RA mostra a respectiva legenda referente ao local apontado [13].

Uma aplicação muito semelhante foi desenvolvida pela Universidade de Columbia, adotando a utilização de janelas virtuais informativas sobre objetos determinados. Para um bom funcionamento dessa aplicação foi realizado um rastreamento prévio de objetos reais, e assim foram posicionados os objetos virtuais em relação aos reais, podendo, dessa forma, a aplicação acompanhar a movimentação dos objetos do ambiente real e posicionar corretamente os objetos virtuais no cenário [14]. A Figura 9 ilustra essas duas aplicações.



(a)



(b)

Figura 9. (a) Caixas de diálogo são exibidas com o uso de RA (b) Janelas virtuais exibem informações sobre o estudante

Outra aplicação interessante nesta área foi a desenvolvida pela Universidade de Toronto, o ARGOS (um sistema de vigilância de instalações). A imagem das *camcorder* é por vezes indistinta, então o realce dos contornos de um ambiente de baixa iluminação serve para facilitar a compreensão de locais de difícil visualização. A Figura 10 exibe um exemplo da aplicação.



Figura 10. A visualização fica mais clara com linhas virtuais

2.1.8 Teleconferência e Tele-Imersão

Sistemas de Teleconferência provêm um modo de realizar uma reunião entre pessoas que estão em lugares distantes. O principal meio utilizado para este tipo de reunião são os aparelhos telefônicos, que são conectados a uma rede particular. Em alguns casos um dos participantes da reunião pode não ver outros participantes, gerando com isso desconforto. A partir dessa idéia de desconforto, um grupo da Universidade de Washington desenvolveu um projeto para conferência que tenta minimizá-lo com o uso de técnicas de RA, onde o participante utiliza um chamado *wearable computer* (Figura 11), ou “computador de vestir”, no qual usuários do sistema podem

ouvir e ver os outros participantes.



Figura 11. Exemplo de um *wearable computer*

Uma outra aplicação muito interessante é a *Tele-Imersion Initiative*, desenvolvida pelo grupo da *Advanced Network & Service*, de Nova York, permitindo que usuários em lugares distintos estejam em uma mesma sala de reunião de forma virtual. E este sistema ainda prover a manipulação de objetos virtuais, com a finalidade de melhorar a compreensão das reuniões entre usuários da aplicação.

2.1.9 Educação

As técnicas de RA são muito bem utilizadas para o sistema de ensino, desde um nível especial (crianças deficientes), passando pelo ensino fundamental, médio, até chegar ao ensino superior. Utilizar a RA facilita muito a interação com ambientes virtuais, os quais podem ser construídos, visando a gerar padrões de associação para utilizar em ensino fundamental e para crianças com deficiências físicas.

No ensino fundamental podem ser criadas aplicações que buscam ensinar as letras, sílabas e palavras associadas a objetos e animais, seguindo um modelo de cartilha. Aplicações em potencial são as de matemática, onde as crianças conseguem um alto grau de aprendizagem, em função da interatividade. Uma aplicação simples para crianças é a de um jogo de memória em RA onde as crianças devem associar animais a partir de imagens projetadas (Figura 12).



Figura 12. Jogo da memória em RA, com vários marcadores

No ensino de crianças especiais, surdas-mudas em particular, a utilização de RA se torna muito interessante para o aprendizado do alfabeto libra (alfabeto das mãos), pois nesse alfabeto uma simples mudança de posição das mãos pode significar uma informação diferente, como mover a mão até a boca significa “comer”, já até a testa significa “pensar”. Portanto, se uma cartilha convencional fosse utilizada teriam-se algumas limitações, mas fazendo uso de objetos 3D representando o corpo humano como um todo em um computador, o alfabeto libra pode ser bem mais facilmente entendido.

O ensino médio faz uso de RA para ajudar na compreensão de algumas matérias como química, onde elementos químicos podem ser exibidos em modelos tridimensionais. Biologia, principalmente na anatomia dos seres vivos, que pode ser representada de forma 3D e com muita interação. Geografia para melhor representação dos mapas. Matemática, principalmente em geometria, visando a uma melhor forma de observar figuras geométricas, usando livros interativos com RA [15].

Para o nível superior a RA vem a ajudar a compreensão de assuntos complexos, como simulações de modelos em um espaço tridimensional.

2.1.10 Montagem e Manutenção

A utilização de RA para o processo de montagem e manutenção de equipamentos complexos é de muita valia, a partir do momento que todos aqueles manuais muito extensos são retirados e informações virtuais são inseridas, deixando a tarefa mais óbvia, pois o usuário da aplicação terá

uma representação 3D do seu equipamento, dispensando a leitura de um livro.

Uma aplicação muito interessante foi desenvolvida por pesquisadores do grupo Steve Feiner, da Universidade de Columbia, onde ela ajuda usuários no processo de manutenção de uma impressora laser [16]. A Figura 13 mostra uma visão do usuário usando a aplicação: (a) mostra o usuário olhando para a impressora e utilizando um óculos translúcido, (b) mostra a visão da aplicação, que mostra o modo correto de remover a bandeja de papéis.

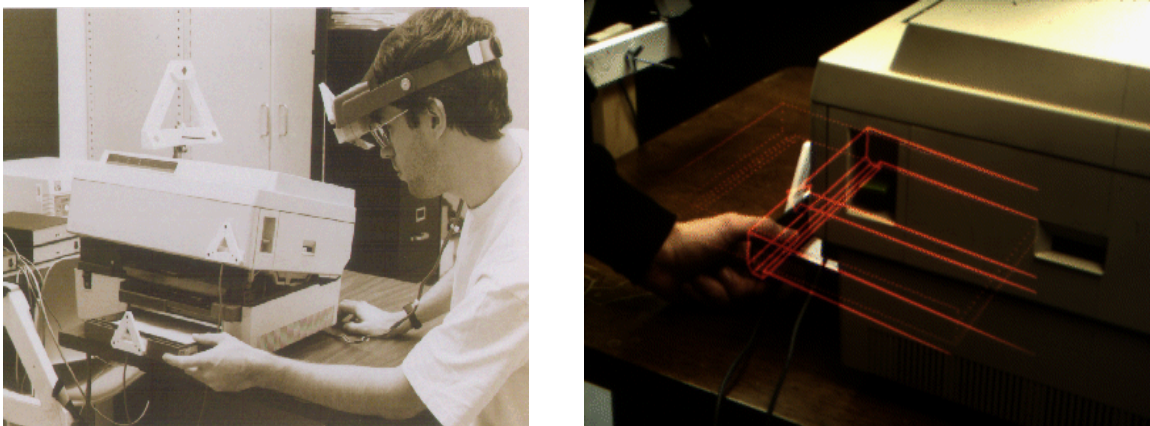


Figura 13. (a) O usuário vendo o equipamento com um HMD (b) A visão em RA do usuário

Este projeto fez uso de rastreadores de posição para obter informações a fim de determinar a posição de uma parte desta impressora na qual era necessário realizar alguma operação, bem como sabe se existe ou não algum objeto obstruindo o caminho de uma determinada ação que, caso já estivesse concluída, não seria necessário mostrar o modelo virtual.

O projeto de manutenção desenvolvido pelo grupo da Boeing (Figura 14) consiste na construção de uma ferramenta para auxiliar um mecânico na conexão de condutores elétricos que fazem parte do sistema elétrico de aviões, economizando isso permite economia de espaço e redução de custos, sendo uma aplicação interessante para manutenção.



Figura 14. Projeto do grupo Boeing

Outra função desse sistema é o de ajudar profissionais não muito experientes no funcionamento de uma determinada parte de um equipamento, reduzindo com isso a margem de erro e aumentando a produtividade.

2.2 Sistemas de Realidade Aumentada

Existem três métodos de construção de sistemas de RA: RA Óptica, RA por vídeo e RA por monitores. Cada um possui suas vantagens e desvantagens, mas todos têm o mesmo objetivo: combinar o ambiente real com o virtual. A seguir serão mostrados os prós e os contras de se utilizar um determinado tipo de RA, bem como suas arquiteturas.

2.2.1 Sistemas de Realidade Aumentada Ópticos

Em sistemas de RA ópticos o usuário tem a possibilidade de visualizar o ambiente real diretamente e visualizar as imagens virtuais geradas por aplicações através de um dispositivo, chamado de HMD translúcido. Um exemplo pode ser visto na Figura 15.

Este dispositivo é um óculo semitransparente ou transparente que, além de exibir as imagens virtuais, permite que o usuário enxergue através de suas lentes e, assim, veja também o mundo real.



Figura 15. Exemplo de HMD translúcido

A Figura 16 mostra o funcionamento desse dispositivo, que é composto por duas partes: um gerador de cenas, que receberá esses dados externos, como posicionamento de objetos reais e fará os cálculos necessários, gerando imagens virtuais. Essas imagens virtuais são enviadas aos monitores do óculo que, por sua vez, reproduzirão as imagens sobrepostas ao mundo real visto através das lentes do HMD. Opcionalmente, o sistema pode possuir um rastreador que captura os movimentos da cabeça do usuário.

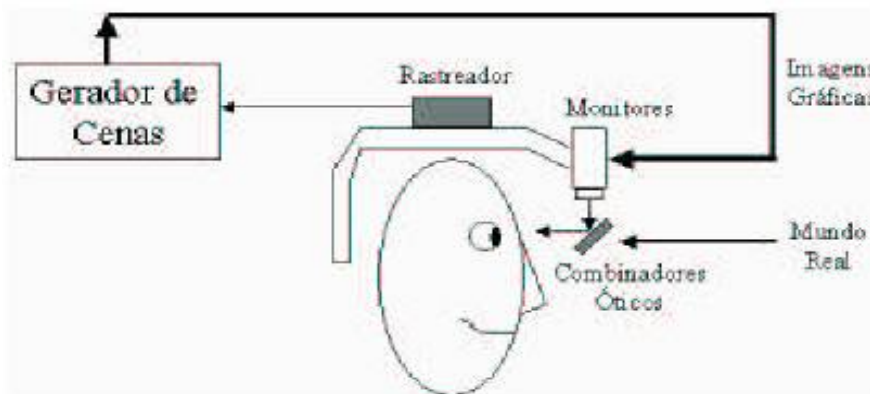


Figura 16. Arquitetura do sistema de RA óptico

Uma limitação imposta por aplicações que utilizam dispositivos com combinadores ópticos é o grau de luminosidade no cenário real. A maioria dos combinadores reduz a quantidade de luz vinda do mundo real. Além disso, em ambientes com muita iluminação, o grau de qualidade das imagens virtuais fica prejudicado, fazendo com que elas pareçam semitransparentes.

Apesar desses problemas, há duas grandes vantagens na utilização de sistemas de RA ópticos que são o menor tempo de processamento e a maior resolução das imagens reais. O grau

de processamento é menor que em outros sistemas de RA, pois somente é necessário consumir tempo de processamento com a geração das imagens virtuais para serem visualizadas, já que o mundo real é visto a olho nu. Quanto ao grau de resolução das imagens reais, é o maior possível, pois a imagem é captada diretamente pelo olho do usuário.

2.2.2 Sistemas de Realidade Aumentada por Vídeo

Nos sistemas de RA por vídeo o usuário visualiza o mundo real através de uma ou duas câmeras. Nestes sistemas, a câmera passa a desempenhar a função dos olhos do usuário.

A montagem de um sistema de RA por vídeo é bastante semelhante ao que já foi citado. Contudo, o mundo real é capturado por meio de uma câmera e retransmitido para um combinador de vídeo, que reúne as cenas virtuais vindas do gerador de cenas com as imagens do mundo real, combinando-as de tal forma que pareçam um único ambiente. Por fim, esse resultado é enviado aos monitores do óculos que irão reproduzi-lo. A Figura 17 exibe a arquitetura utilizada neste tipo de sistema. Para realização dessa combinação existem várias técnicas, dentre elas o uso de *chroma-keying*, como já foi citado anteriormente.

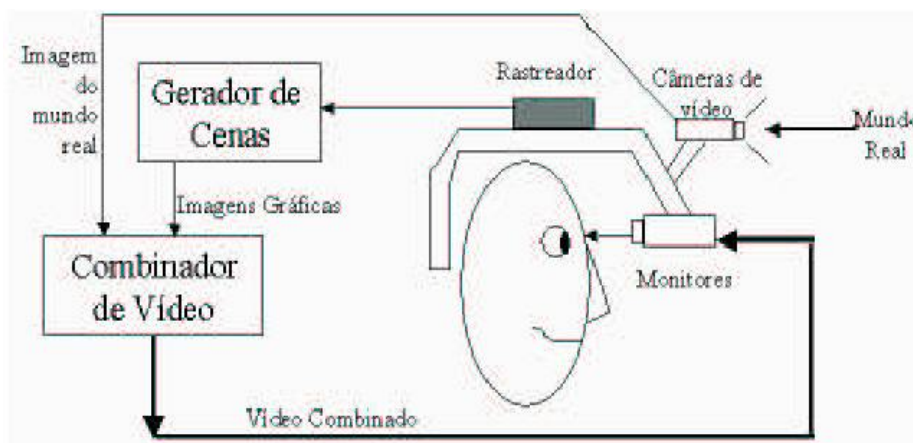


Figura 17. Arquitetura do sistema de RA por vídeo

Uma das características interessantes na RA por vídeo é a possibilidade de ampliar ou reduzir o cenário real, característica essa conhecida como *zoom*. Essa característica permite ao usuário ampliar a imagem final ou ter uma visão panorâmica do ambiente real. Apesar dos sistemas de RA por vídeo oferecerem a vantagem da ampliação do cenário, eles possuem problemas na utilização de câmeras. O grau de qualidade da imagem real depende da resolução da câmera que captura as imagens do mundo real. Além disso, a utilização de somente uma

câmera para desempenhar a função dos olhos anula a sensação de estereoscopia [17], em face de que uma única imagem é vista pelos dois olhos. O ideal, então, é usar duas câmeras. Neste caso, porém, surge um outro problema que é como acertar o posicionamento entre elas de forma a ter a mesma distância entre as pupilas de um usuário. Além disso, essa distância varia de acordo com o usuário, aumentando a complexidade ao utilizar esse tipo de sistema. A Figura 18 mostra um exemplo de um equipamento para esse tipo de arquitetura.



Figura 18. HMD translúcido por vídeo

2.2.3 Sistemas de Realidade Aumentada utilizando Monitores

Algumas pessoas não se sentem confortáveis com dispositivos como HMD's. Neste caso, podem ser usados monitores de vídeo como televisões para visualizar as cenas geradas ao invés de utilizar óculos empregados nos outros sistemas de RA.

A montagem de um sistema baseado em monitores é semelhante aos sistemas de RA por vídeo, com a diferença de que ao invés do combinador de cenas enviar o resultado da combinação dos dois mundos (real e virtual) para um HMD, ele irá transmiti-las para um monitor. A Figura 20 mostra um diagrama da arquitetura do sistema baseado em monitores. A utilização de um *stereo glass* é opcional, pois seu uso somente é necessário caso se queira ver imagens estereoscópicas.

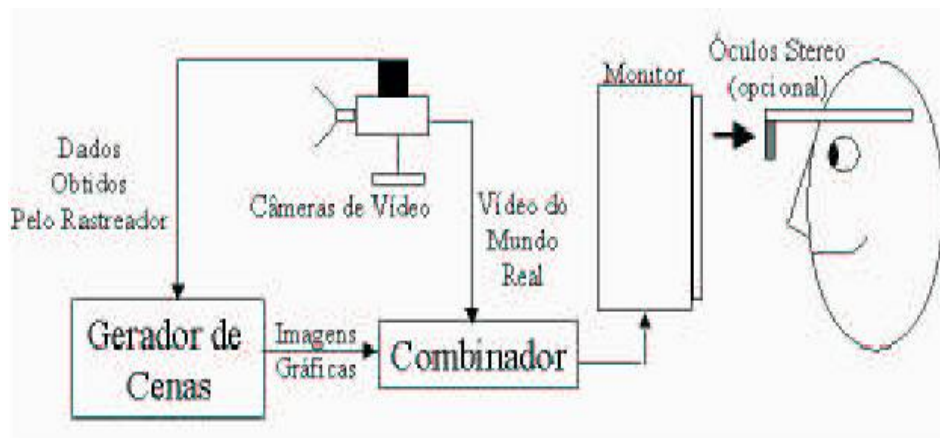


Figura 19. Arquitetura do Sistema de RA com monitores

A aplicação desse modelo também é viável para sistemas ópticos, possuindo um esquema similar ao da Figura 19, com a diferença de que os monitores e os combinadores são posicionados em alguns locais específicos do ambiente real e o usuário pode visualizar o ambiente através deles. A Figura 20 mostra um exemplo da aplicação.



Figura 20. Exemplo de RA utilizando monitores

A principal vantagem do uso de monitores é que o usuário não precisa vestir nenhum equipamento, além do que o sistema também não necessita de equipamentos com custo muitas vezes bastante alto, como por exemplo, os HMDs translúcidos. Entretanto, o grande problema na utilização de monitores, como televisão, é o fato de o usuário ter que ficar parado em um único local, não permitindo locomover-se numa determinada área.

O presente trabalho de conclusão de curso foi baseado em um sistema de RA utilizando monitores, descrito no Capítulo 3.

2.3 Realidade Aumentada Tangível

A literatura propõe diferentes técnicas para interação com objetos virtuais em ambientes de RV e RA muitas vezes adaptando as técnicas utilizadas nas aplicações de RV para uso em aplicações de RA. Dentre essas técnicas, uma que se destaca são as chamadas interfaces tangíveis, onde o seu objetivo é utilizar objetos reais como dispositivos de entrada e saída para interação com interfaces de computadores [18].

As interfaces tangíveis são poderosas porque os objetos físicos utilizados por elas tem propriedades e restrições físicas que limitam como os mesmos podem ser manipulados e, por isso, são fáceis de usar. De qualquer forma, ainda existem limitações, como por exemplo, pode ser difícil mudar as suas propriedades físicas, sendo impossível dizer, olhando para o objeto físico, qual o estado dos dados digitais associados àquele objeto.

Muitas das limitações podem ser superadas através do uso de RA. Nessas interfaces a intuitividade dos dispositivos de entrada físicos pode ser combinada com as possibilidades de exibição melhoradas oferecidas pela sobreposição da imagem virtual.

A aplicação desenvolvida neste trabalho aplica o conceito de interfaces tangíveis para interação dos usuários com a aplicação, através do uso de marcadores, amplamente utilizados em RA e de um cubo físico. Maiores detalhes são apresentados no Capítulo 3.

Várias aplicações de RA já utilizaram o cubo, como o *Magic Cubes for Social and Physical Family Entertainment* [19] que utiliza o mesmo como dispositivo de entrada para todas as aplicações, como inserção de objetos ou interação com ambientes de entretenimento como um tabuleiro de jogo (Figura 21).



Figura 21. *Magic Cubes*

2.4 Bibliotecas Gráficas

Para o desenvolvimento de aplicações de RA é necessário utilizar algumas bibliotecas gráficas. A mais conhecida atualmente é o ARToolKit que, além de apresentar resultados adequados, é gratuita e de código aberto [21]. Existem outras, como o ARTag [20] [22], que estão sendo desenvolvidas com propósitos comerciais. O presente trabalho foi desenvolvido com o ARToolKit, que será descrito na próxima subseção. O desenvolvimento dos objetos virtuais utilizados para sobrepor as imagens do mundo real foi realizado com o OpenGL [23], também apresentado mais adiante.

2.4.1 ARToolKit

O ARToolKit é um software desenvolvido pelo Dr. Hirozaku Kato da Universidade de Osaka, no Japão, e apoiado pelo Human Interface Technology Laboratory da Universidade de Washington e de Canterbury, na Nova Zelândia. Essa biblioteca é gratuita, multiplataforma e de código aberto. ARToolKit é uma biblioteca em linguagem C para fácil desenvolvimento de aplicações em RA. Porém, ainda possui vários problemas; os principais encontrados durante o desenvolvimento desse trabalho serão descritos no Capítulo 5.

O ARToolKit usa técnicas de visão computacional para calcular a posição real da câmera e a orientação relativa a marcadores. O ARToolKit faz uso de marcadores para inserção de objetos virtuais. Primeiramente, o marcador é capturado em tempo real (Figura 22a) por uma câmera e o padrão do mesmo é transformado em binário (preto ou branco) a partir do valor do limiar (Figura 22b). Na imagem capturada é encontrada uma região quadrada, onde para cada região quadrada existe um padrão que já foi pré-armazenado na base de dados do ARToolKit, capturado e treinado. Caso a região quadrada represente um marcador que já foi pré-armazenado, calcula-se a posição da imagem capturada pela câmera. Uma matriz 3×4 é preenchida com as coordenadas do mundo real relativas ao marcador, que então é usada para definir um conjunto de posições das coordenadas virtuais relativas ao objeto virtual a ser posicionado sobre o marcador e, por fim, a imagem virtual é inserida no marcador (Figura 22c).

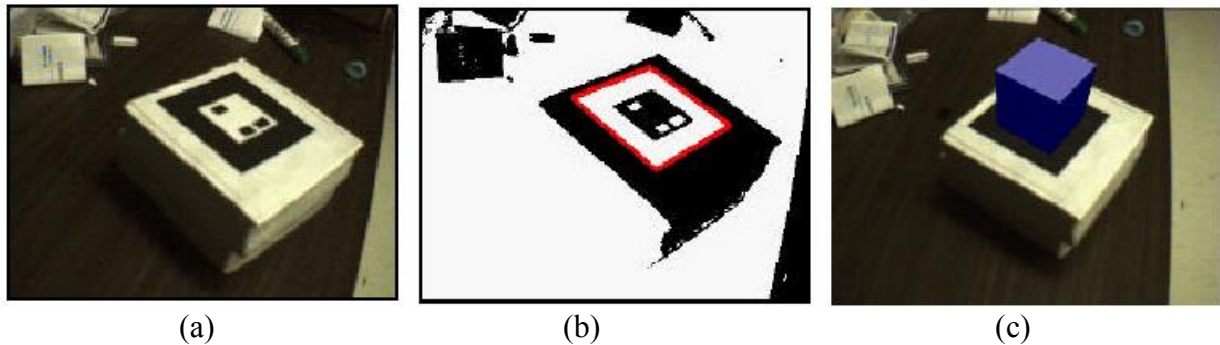


Figura 22. Marcadores no ARToolkit

Na Figura 23 é mostrado um diagrama do funcionamento do ARToolkit.

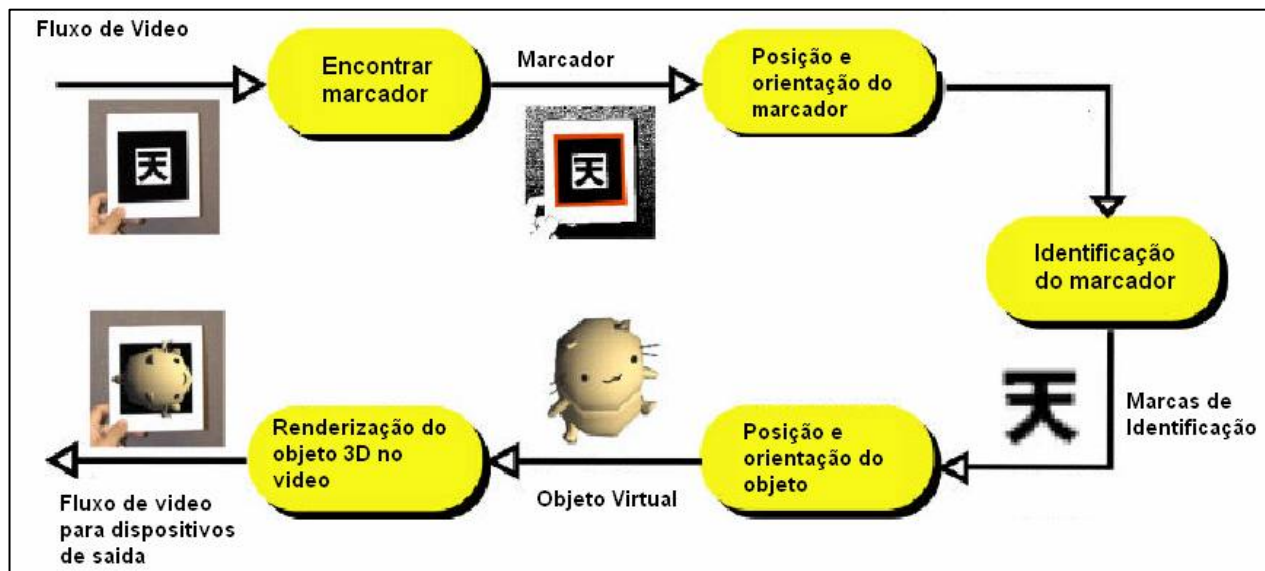


Figura 23. Diagrama do funcionamento do ARToolkit

O ARToolkit também permite utilizar objetos 3D para uma melhor qualidade visual da aplicação, e podem ser utilizados marcadores como placas de controle para melhorar a interação com os objetos do mundo virtual. A biblioteca OpenGL, descrita ainda neste capítulo, é utilizada para o desenho dos objetos virtuais.

Para o funcionamento do ARToolkit é necessária a instalação de uma interface de desenvolvimento (IDE), podendo ser o Microsoft Visual Studio .NET 2003 ou o Visual Studio 6, do DSVideoLib que é responsável pela captura de vídeo e funcionamento da câmera para aplicações, da instalação da biblioteca GLUT para criação e manipulação de objetos virtuais com o uso da API do OpenGL e, por fim, instalar uma última versão do DirectX.

2.4.1.1 Inserção de Novos Marcadores

O ARToolkit possui em sua biblioteca um módulo responsável pela inserção de novos

marcadores, onde se tem a possibilidade de criar qualquer novo padrão e implementar o seu reconhecimento pelo ARToolKit. Essa característica é muito importante, uma vez que os mais diversos marcadores podem ser utilizados em aplicações variadas.

O processo de inserção de novos marcadores envolve os seguintes passos:

3. O ARToolKit possui um arquivo chamado `blankPatt.gif`, localizado na pasta `Pattern`, que consiste numa imagem de um marcador com o padrão interno branco (Figura 24).

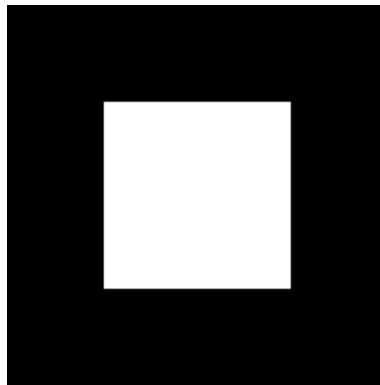


Figura 24. Marcador com padrão branco

Para criar um novo marcador, esse arquivo deve ser alterado, utilizando um editor de imagem, pela adição de um símbolo à parte branca central da imagem. Preferencialmente, o símbolo central deve ser assimétrico e possuir uma região branca após o quadrado preto mais externo (Figura 25).

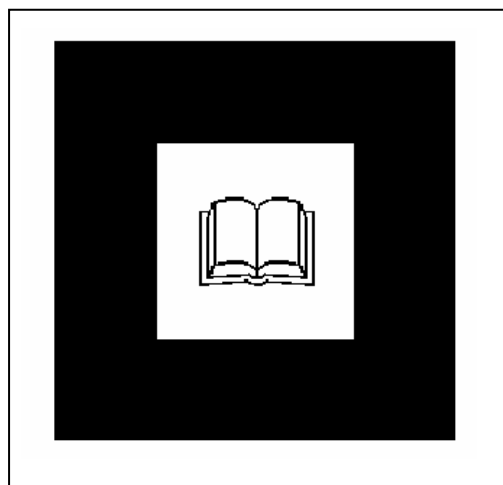


Figura 25. Inserção do símbolo no marcador, com área central em branco

2. Executar o módulo `mkpatt`, contido na pasta `bin`. Na janela inicial o ARToolKit pedirá para colocar um nome para o arquivo de parâmetros da câmera, o qual deve ser `camera_para.dat`(nome padrão) como visto na Figura 26.

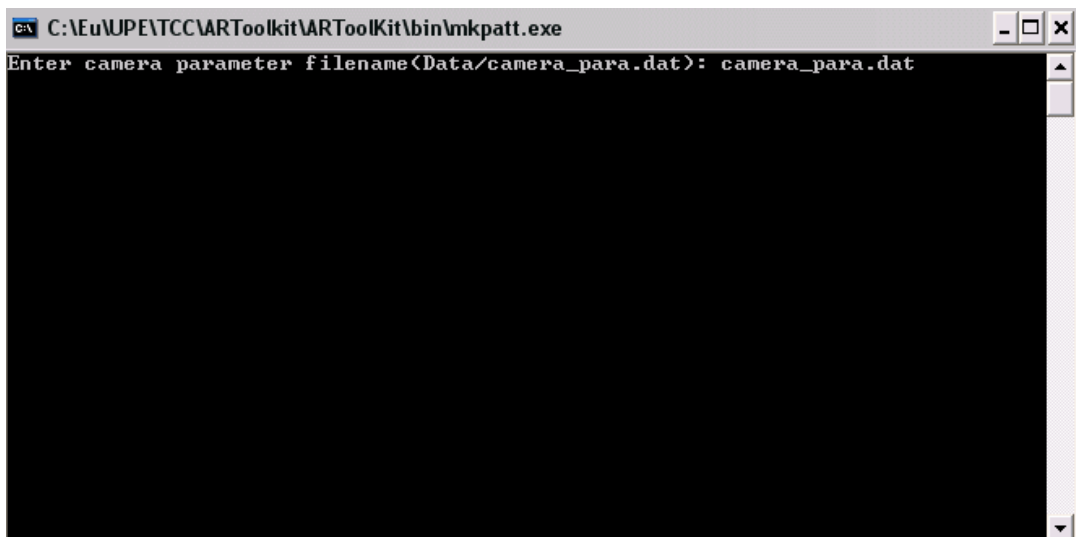


Figura 26. Definição do arquivo de parâmetros da câmera

3. Na seqüência, o ARToolKit abre uma interface para escolher a resolução da câmera (Figura 27).

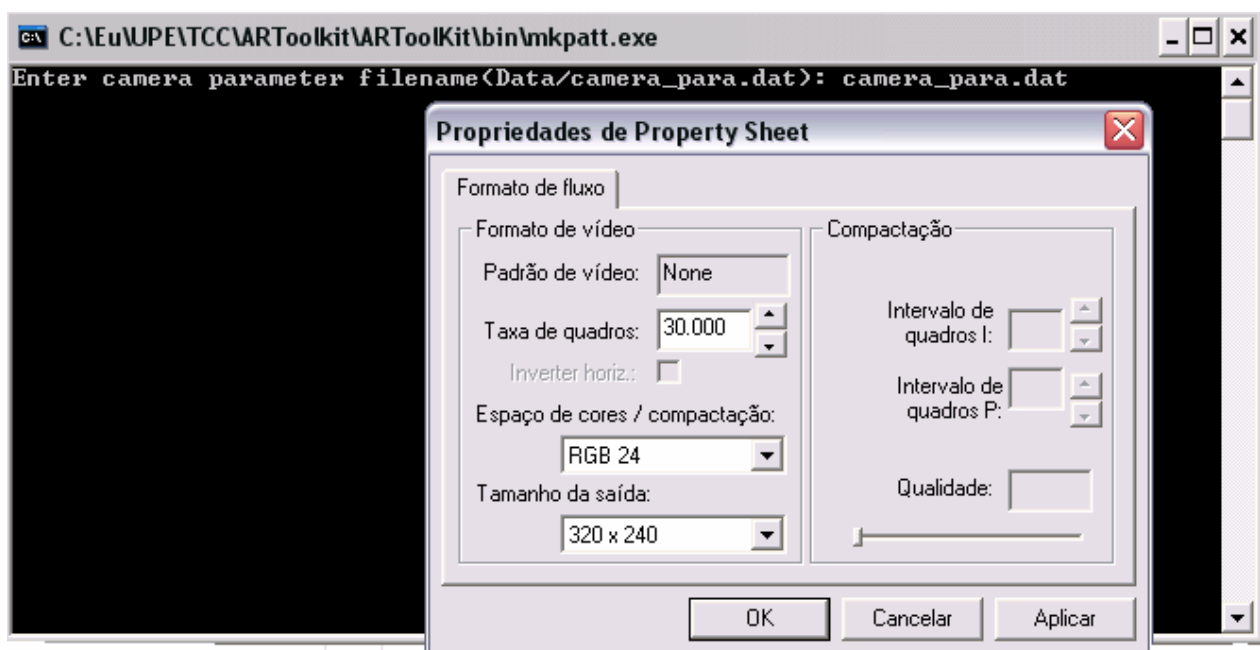


Figura 27. Definição das propriedades da câmera

4. Para enquadrar a câmera de vídeo, a mesma deve ser apontada diretamente para o

marcador. Então, surgirá um quadrado com dois lados vermelhos e dois lados verdes em torno do marcador. Isto indica que o `mkpatt` encontrou o quadrado preto em torno do padrão. O marcador deve ser movimentado até que os lados vermelhos do quadrado estejam no topo e à esquerda do quadrado (Figura 28).

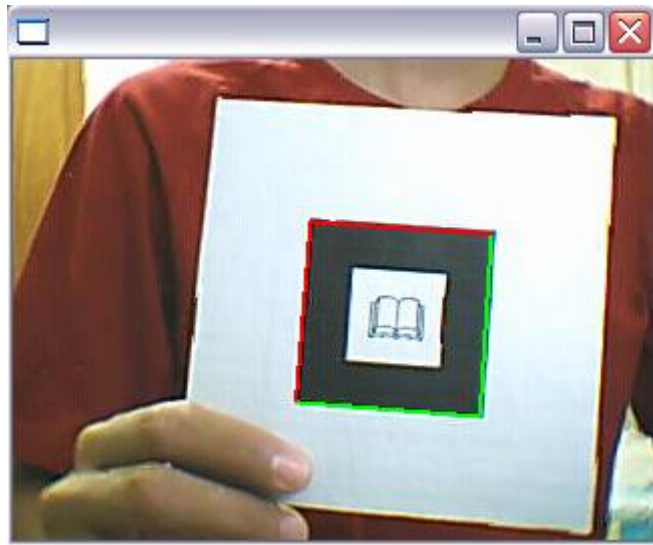


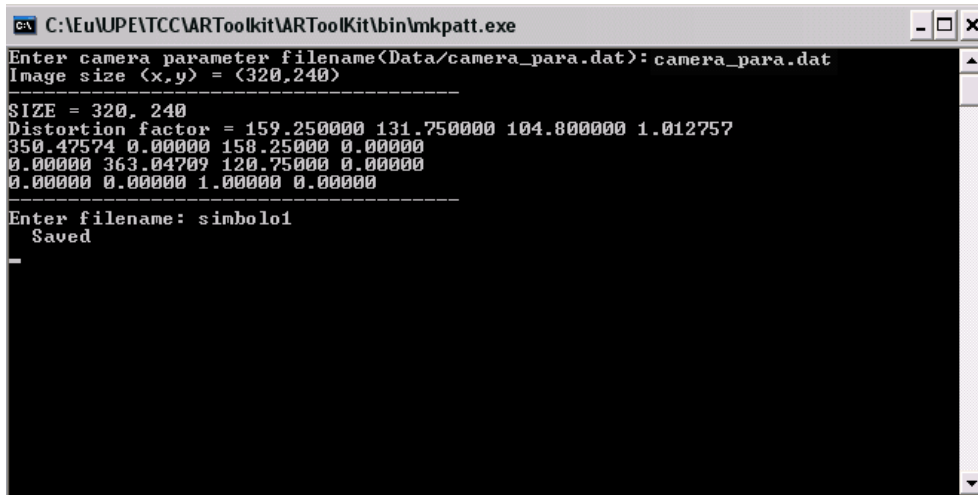
Figura 28. Marcador com padrão em processo de captura

5. Uma vez que o quadrado encontrado esteja orientado corretamente, clicando com o botão esquerdo do *mouse*, será pedido um nome de arquivo para o padrão (Figura 29).

```
C:\Eu\UPE\TCC\ARToolkit\ARToolKit\bin\mkpatt.exe
Enter camera parameter filename(Data/camera_para.dat): camera_para.dat
Image size (x,y) = (320,240)
-----
SIZE = 320, 240
Distortion factor = 159.250000 131.750000 104.800000 1.012757
350.47574 0.000000 158.25000 0.000000
0.000000 363.04709 120.75000 0.000000
0.000000 0.000000 1.000000 0.000000
-----
Enter filename: _
```

Figura 29. Inserção do nome do novo padrão

6. Digitar o nome do novo padrão e pressionar a tecla `enter` para que o ARToolKit salve o novo padrão (Figura 30).



```

C:\Eu\UPE\TCC\ARToolkit\ARToolKit\bin\mkpatt.exe
Enter camera parameter filename(Data/camera_para.dat): camera_para.dat
Image size (x,y) = (320,240)
-----
SIZE = 320, 240
Distortion factor = 159.250000 131.750000 104.800000 1.012757
350.47574 0.000000 158.250000 0.000000
0.000000 363.04709 120.750000 0.000000
0.000000 0.000000 1.000000 0.000000
-----
Enter filename: simbolo1
Saved
  
```

Figura 30. Marcador armazenado

7. Copiar o novo marcador para a pasta `bin/Data`, para que possa ser utilizado normalmente pela aplicação.

2.4.2 OpenGL

A biblioteca OpenGL é utilizada para programação gráfica, em 2D e 3D. OpenGL em inglês é a sigla para *Open Graphics Library*, ou seja, biblioteca gráfica aberta. O termo “aberta” significa independência de fabricante. OpenGL é produzido por vários fabricantes como Microsoft e Silicon Graphics e também por grupos de programadores como a bem conhecida Mesa. As principais vantagens desse padrão de indústria são que ele é estável, seguro e portátil, em evolução, escalável, fácil de usar e bem documentado.

OpenGL começou a ser desenvolvido em 1992 pela empresa Silicon Graphics. Desde então ficou muito conhecido e virou padrão de fato. Atualmente está integrado com uma quantidade enorme de linguagens de programação como C, C++, Pascal, Object Pascal, Java, Ada, Fortran, entre outras. Ele é oferecido em todas as estações de trabalho UNIX e Windows. Nenhuma outra API suporta mais plataformas de *hardware* e *software* que OpenGL ela também roda em sistemas operacionais. É suportado por muitos sistemas de janelas como Presentation Manager, Win32 e X/Window System. Muitos jogos utilizam OpenGL, tais como Quake I/II/III [24], Soldier of Fortune [25], Half-Life [26], SiN [27], Heretic II [28], Hexen II [29] e outros.

O seu elemento de informação é o vértice, do qual outros objetos mais complexos são construídos. O programador cria vértices, especifica o tipo de ligação, coordenadas, câmeras e luzes e a biblioteca se encarrega da criação da imagem na tela. A biblioteca OpenGL oferece mecanismos básicos e certa automação. Utilizando OpenGL pode-se facilmente criar superfícies em 3D, aplicar texturas, iluminar, criar efeitos de neblina, transparência ou mistura de cores, e os objetos podem ser movidos, criando animação. A biblioteca não suporta os equipamentos de entrada como teclado ou *mouse*, sendo completamente independente da plataforma. Esses recursos são programados dependendo do sistema operacional utilizado ou podem ser utilizadas bibliotecas adicionais como GLUT ou GLAUX. As diferenças de utilização (programação) do OpenGL para linguagens e sistemas operacionais diferentes está na inicialização da biblioteca e nos nomes (prefixos e sufixos) das funções. A programação em si é praticamente a mesma.

Para o Windows a biblioteca é distribuída em forma de DLLs, sendo o OpenGL v1.1 da Microsoft disponibilizado pelos arquivos `opengl32.dll` e `glu32.dll`. Os fabricantes de placas/*chips* 3D normalmente oferecem os *drivers* em forma de DLLs que executarão as chamadas em *hardware*. As bibliotecas da Microsoft e da Sgi por padrão verificam se existe *hardware* com os *drivers*, e se existir redirecionarão as chamadas para estes *drivers* em vez de executar a aplicação totalmente por *software*.

A Figura 31 mostra um exemplo de uma esfera implementada em OpenGL e logo após na Figura 32 o simples trecho de código OpenGL para criação desse exemplo.



Figura 31. Uma esfera em OpenGL


```
glEnable(GL_LIGHTING)  
  
glColor3d(1,0,0);  
  
auxSolidSphere(1);
```

Figura 32. Implementação de uma esfera em OpenGL

No trecho de código na Figura 32 a função `glColor3d` modifica a cor utilizada para desenhar as figuras. A cor em OpenGL é especificada através de três parâmetros de cor (Vermelho, Azul, Verde) e Transparência. O valor de Transparência por padrão é opaco. O quarto parâmetro não foi utilizado no exemplo, por isso `glColor` é chamada com três parâmetros. A letra `d` da função `glColor3d` significa que a função recebe três parâmetros do tipo `Gldouble`. A função `auxSolidSphere` desenha a esfera com centro nas coordenadas $(0,0)$ e raio 1. A função `glEnable(GL_LIGHTING)` inicializa a iluminação.

Capítulo 3.

A Ferramenta PS2RA

O presente trabalho de conclusão de curso tem por objetivo estudar as técnicas de RA, como inserção e manipulação de objetos virtuais em ambiente real, e utilizá-las com a finalidade de desenvolver uma aplicação na área de manutenção, oferecendo ao usuário a localização de componentes do videogame, auxiliando o processo de manutenção. Técnicas de interação com a aplicação também foram estudadas e implementadas.

A aplicação, que faz uso da plataforma Windows, tem enfoque no suporte à manutenção do videogame da Sony, o Playstation 2 modelo 39001, ilustrado na Figura 33 [30].



Figura 33. Playstation 2 modelo 39001

Outros equipamentos utilizados na aplicação são um computador e uma câmera digital. O computador é responsável por realizar toda a combinação de ambientes virtual e real bem como fornecer o meio de visualização da aplicação, ou seja, o monitor de vídeo.

A câmera digital é utilizada para capturar imagens reais do ambiente que são “misturadas” com imagens virtuais. Este equipamento deve ser muito bem escolhido, pois é parte essencial na

arquitetura da aplicação: quanto melhor a resolução da câmera melhor a capacidade de capturar os detalhes nos marcadores.

O desenvolvimento da aplicação foi realizado utilizando a biblioteca ARToolKit. A modelagem dos objetos virtuais utilizados pela aplicação para sobrepor a imagem do mundo real foi realizada utilizando OpenGL

3.1 Arquitetura da Aplicação

A arquitetura do PS2RA é muito simples mostrada na Figura 34. O PS2RA possui três bases de dados: a base de dados dos marcadores, que é responsável pelo armazenamento dos marcadores, que permitirão ao usuário interagir com a aplicação; a base de dados das imagens, que exibe uma imagem a partir do identificador do marcador; a base de dados de objetos virtuais, que contém os objetos criados em OpenGL que serão exibidos durante o uso da aplicação. O PS2RA também possui dois módulos, o PS2RA MOV que é responsável pelas funcionalidades de navegação pelos menus da aplicação e de exibição do manual. Para isso, após a captura do padrão do marcador pela câmera, esse módulo busca o identificador do marcador, verifica o menu virtual a ser sobreposto na imagem capturada do ambiente real e, por fim, exibe a imagem sobreposta no monitor de vídeo. O menu virtual é ainda transladado para uma posição adequada pré-definida, para facilitar a visualização do mesmo. O identificador da opção selecionada no menu virtual é então passado para o segundo módulo, o PS2RA POS. Esse módulo é responsável pela identificação do problema selecionado pelo usuário no menu no aparelho de videogame. Para isso, ele recebe o identificador da opção do menu correspondente a um problema e posiciona objetos virtuais no marcador determinado.

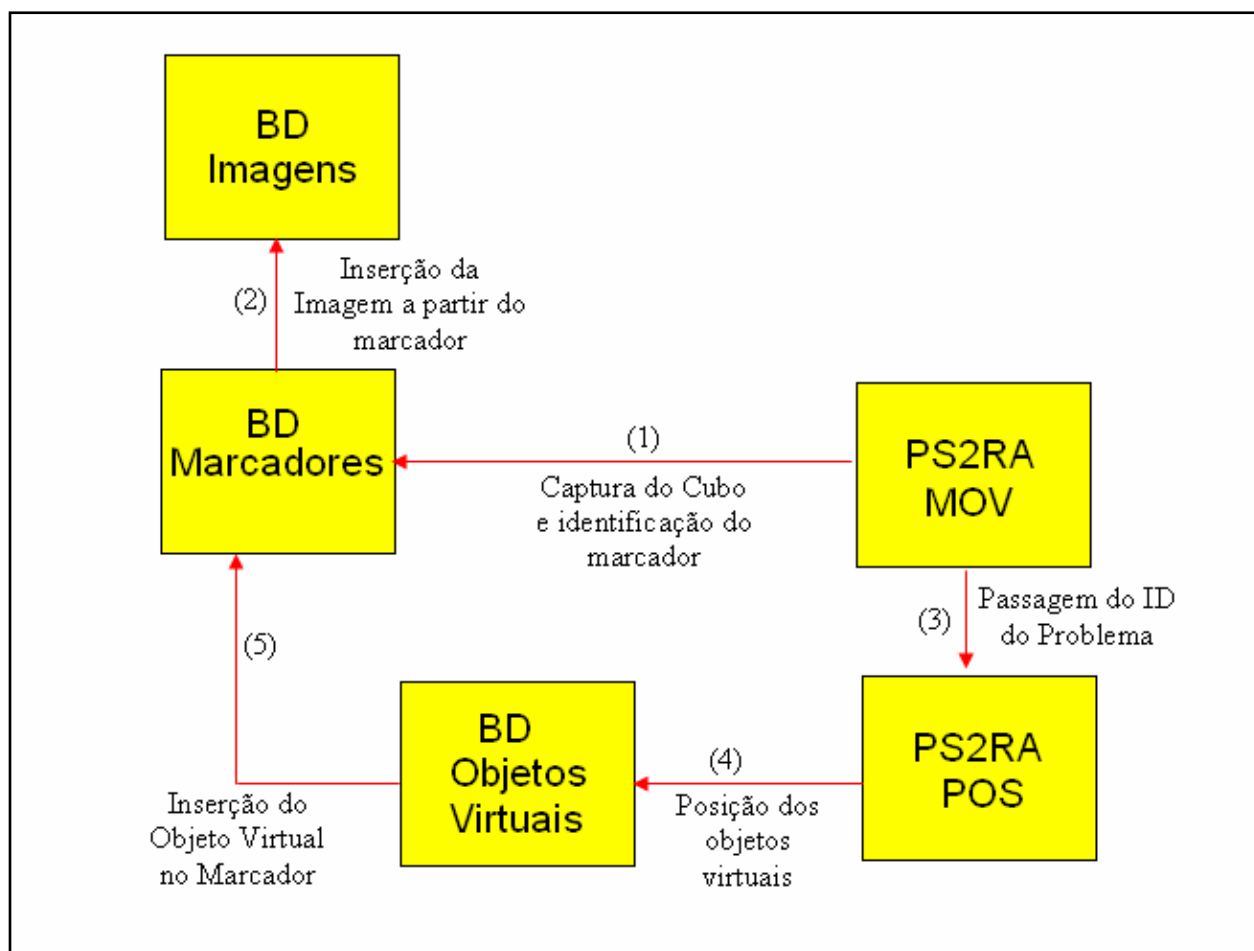


Figura 34. Arquitetura do PS2RA

3.2 Interação com Interfaces Tangíveis

Para interação com a aplicação PS2RA foram utilizadas quatro interfaces tangíveis como dispositivos de entrada: dois marcadores em forma de placas, um cubo e um marcador de tamanho natural, ou seja, de tamanho igual ao aparelho de videogame. Essas interfaces são descritas a seguir.

3.2.1 Marcadores em Forma de Placas

Este tipo de marcador é muito utilizado em aplicações de RA, pois a sua utilização permite manipular facilmente os objetos virtuais, simplesmente trocando um marcador por outro com padrão diferente, ou utilizando placas de controle para ocluir o padrão do marcador e forçando, via aplicação, a troca do objeto exibido. A Figura 35 ilustra dois marcadores utilizados para

acessar as funcionalidades de Sobre e Manual da aplicação PS2RA; a Figura 28a mostra o marcador que exibe informações sobre a equipe de desenvolvimento do PS2RA e a Figura 28b o que abre o manual do equipamento em manutenção.

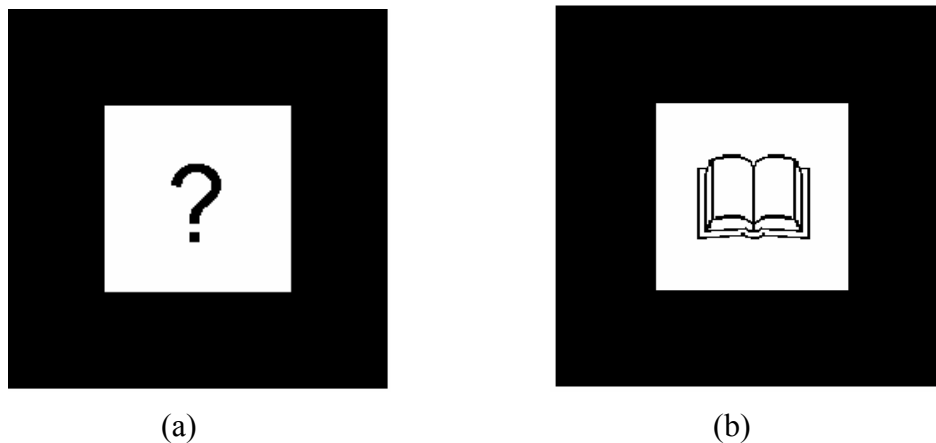


Figura 35. Marcadores em forma de placas. (a) Marcador “Sobre”. (b) Marcador “Manual”

3.2.2 Cubo

Esse é o dispositivo de interação mais importante da aplicação, pois é ele que provê toda a navegação pelos menus do sistema (os menus são descritos na Subseção 3.3.1). Esse dispositivo tem a capacidade de possuir vários marcadores numa mesma interface tangível. Com isso, cada marcador pode representar um objeto virtual diferente (uma funcionalidade da aplicação diferente), fazendo com que aplicações que utilizem este dispositivo tenham uma interatividade maior porque o usuário pode interagir com todas as funcionalidades da aplicação utilizando apenas um objeto físico (Figura 36).

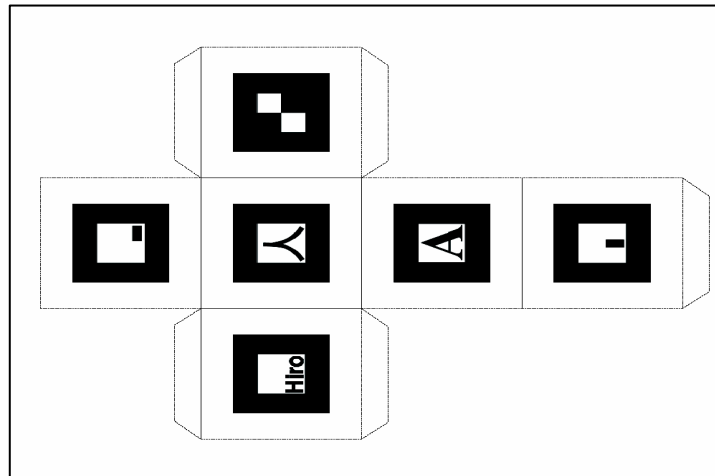


Figura 36. Cubo (aberto)

3.2.3 Marcador de Tamanho Natural

O marcador de tamanho natural faz uso de uma placa com dimensões maiores e com o padrão do marcador em branco. Este tipo de marcador é normalmente utilizado em aplicações que exigem o reconhecimento pelo sistema de objetos de tamanho natural. Esse é o caso do PS2RA, que usa o aparelho de videogame como padrão do marcador que será capturado e utilizado como referência para posicionamento dos objetos virtuais. A Figura 37 exhibe o marcador de tamanho natural utilizado nesse trabalho, mostrando o videogame posicionado sobre o mesmo; o aparelho será reconhecido pelo ARToolKit como o padrão do marcador.

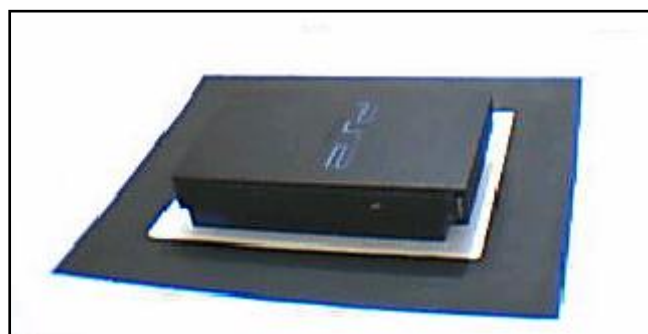
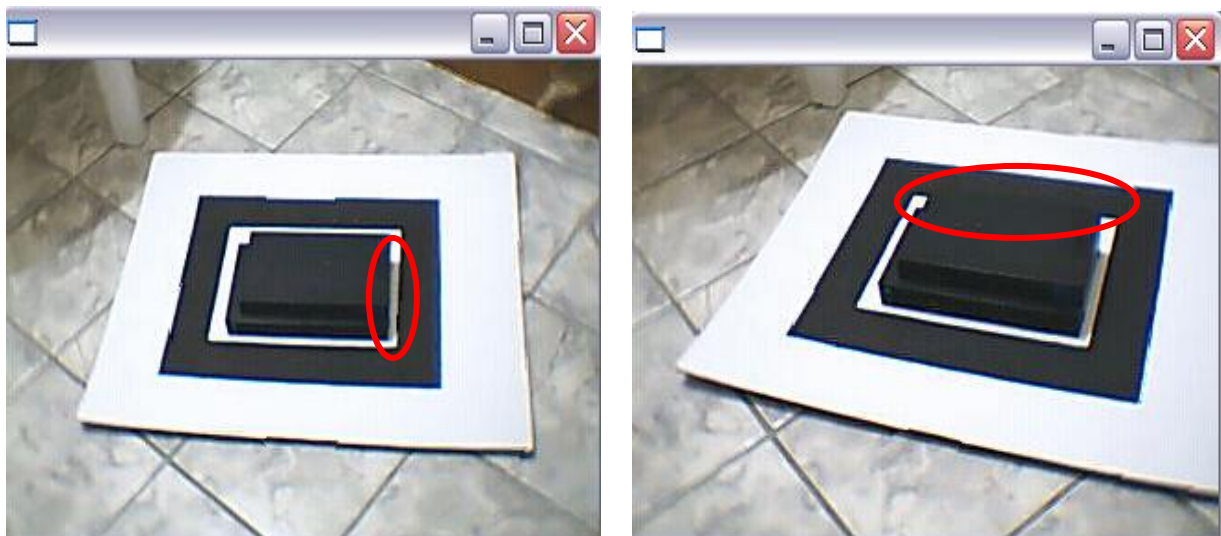


Figura 37. Marcador de tamanho natural

3.2.3.1 Registro do Marcador de Tamanho Natural

O Playstation 2 representa o padrão nessa placa, fazendo com que existam algumas limitações quanto à forma de utilização desse marcador. O aparelho, por possuir profundidade, pode deixar

parte do padrão oculto, fazendo com que problemas de oclusão ocorram durante a utilização dessa placa. Além disso, também podem ocorrer problemas de iluminação, pela criação de sombras no marcador, o que faz com que o sistema não consiga reconhecer o padrão. Problemas de oclusão e iluminação são brevemente descritos no Capítulo 5.



(a)

(b)

Figura 38. Problemas do uso do marcador de tamanho natural

Na Figura38(a) acima é mostrada a forma adequada de captura desse marcador, para evitar problemas de oclusão e iluminação inadequada. Já na Figura 38(b), o aparelho está ocultando parte do marcador e criando sombra no mesmo, fazendo com que o sistema perca o padrão. A forma de corrigir esse problema é posicionar a câmera em local determinado. Após várias verificações a melhor distância observada foi a descrita na Figura 39, que tem uma distância do centro da placa de 40 cm na horizontal e de 85 cm na vertical, solucionando todos os problemas de sombra e oclusão do aparelho.

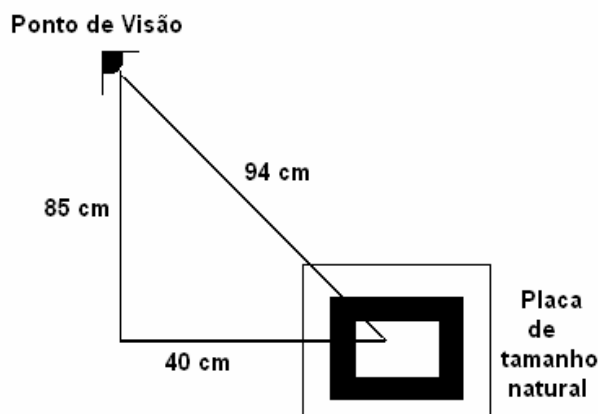


Figura 39. Posicionamento da câmera em relação ao marcador de tamanho natural

3.3 Funcionalidades da Aplicação

O PS2RA possui funcionalidades de interação com menus, que é a parte responsável pela navegação na aplicação. Outra funcionalidade é a de exibição do manual do videogame. A funcionalidade mais importante é a de localização de componentes a ser consertado no aparelho. Estas funcionalidades são melhor explicadas nesta seção.

3.3.1 Interação com os Menus

As funcionalidades da aplicação PS2RA são acessadas pelo usuário através de menus. Com isso, a navegação pelo menu e a seleção de uma determinada opção do mesmo são parte essencial da aplicação. Através do menu o usuário poderá acessar opções de problemas que localiza os componentes com problemas de manutenção no videogame, bem como acessar manuais contendo instruções sobre o aparelho.

Os menus são divididos em camadas, e suas opções são exibidas e selecionadas utilizando uma interface tangível, que é o cubo descrito na Subseção 3.2.2, pela sua intuitividade de uso, mobilidade e capacidade de possuir vários marcadores em um único dispositivo.

O cubo é composto por quatro faces laterais, uma superior e uma inferior, todas distintas. As faces laterais representam as opções do menu em cada camada, a face superior é a face de ação e a inferior tem a finalidade de voltar à camada inicial. As faces laterais do cubo são mostradas na Figura 40.

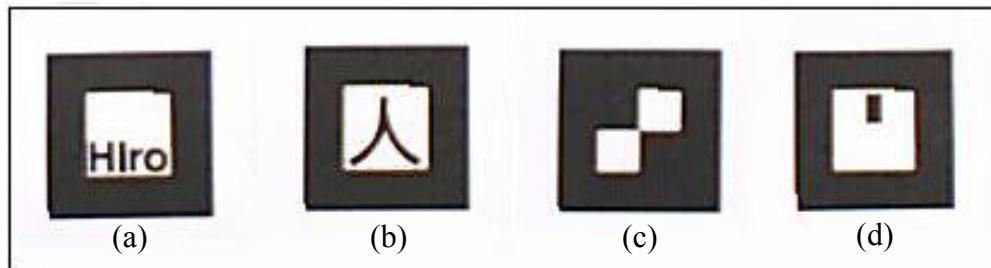


Figura 40. Faces laterais do cubo. (a) padrão Hiro. (b) padrão Kanji. (c) padrão Quad. (d) padrão Sample1

As faces superior e inferior são mostradas na Figura 41.

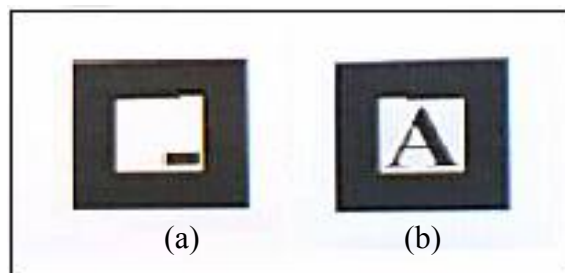


Figura 41. Faces superior e inferior do cubo. (a) padrão Sample2. (b) padrão A

A Figura 42 exibe um exemplo da navegação pelos menus. As Figuras 42(a) e 42(b) correspondem à camada inicial do menu, composta pelas opções Manuais, Problemas, Sobre e Sair, acessadas usando os padrões Hiro, Kanji, Quad e Sample1, respectivamente. A Figura 42(c) corresponde à função de ação, acessada usando o padrão Sample2, que permite ao usuário mudar de camada, ou seja, navegar da primeira camada, onde estava selecionada a opção Problemas (Figura 42(b)) para a segunda, conforme ilustra a Figura 42(d). Na Figura 42(e) o usuário utiliza novamente as faces laterais do cubo para navegar pelas opções da segunda camada do menu, composta pelas opções Desmontar, Alinhamento, Mais e Voltar, acessadas usando os padrões Hiro, Kanji, Quad e Sample1, respectivamente.

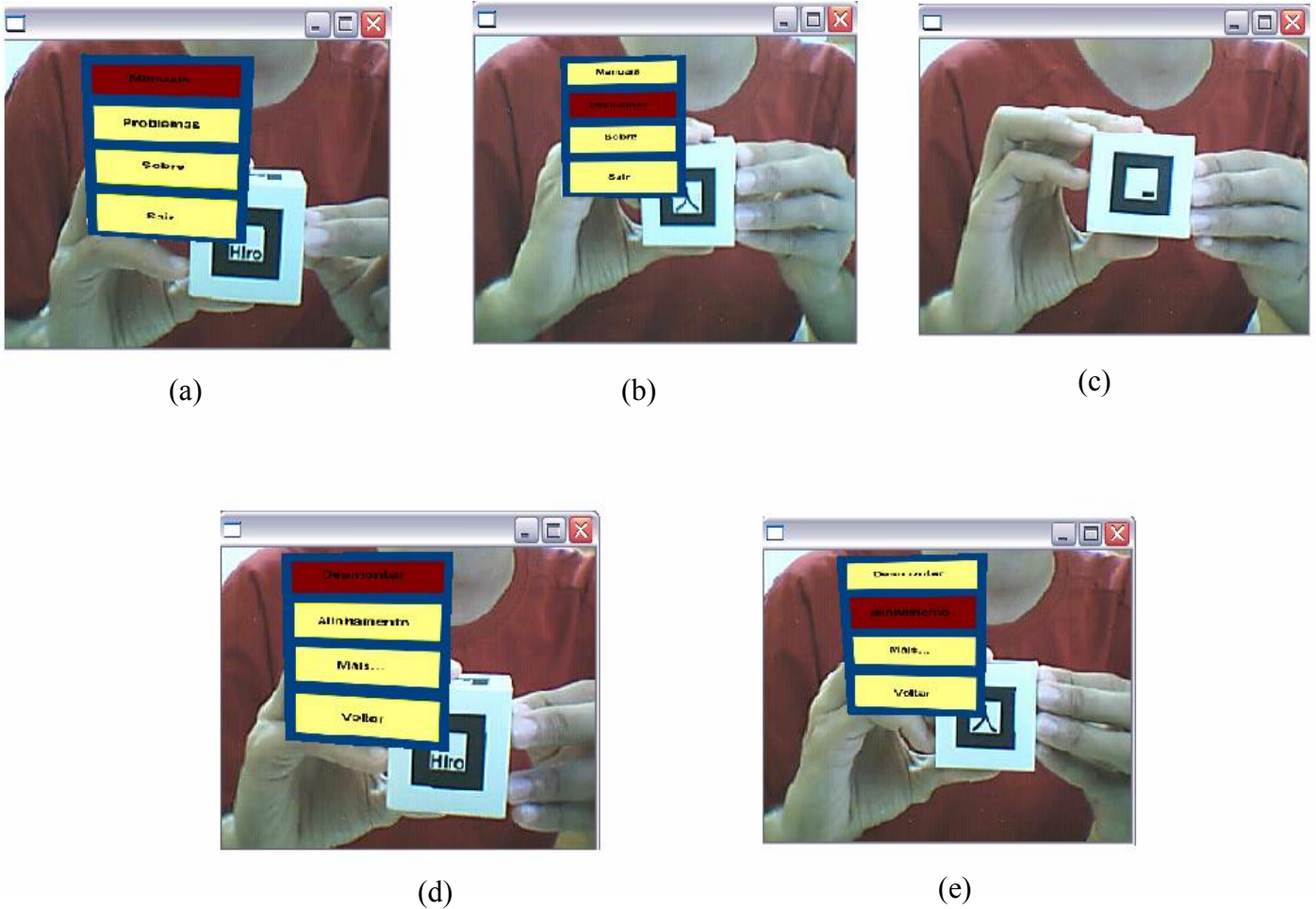


Figura 42. Exemplo de navegação pelos menus

O trecho de código mostrado na Figura 43 corresponde à implementação no ARToolKit das opções da camada inicial. A variável `padrao` que é um atributo recebido pela função que é responsável pela exibição de uma imagem e também pela ação do sistema. A variável `imagem` que tem relação direta com o padrão de entrada é modificada a cada mudança de marcador e age como a funcionalidade dos menus.

```
//Funções da Camada 0
if(camada == 0) {
    if(padrao == 5){
        if(imagem == 1) {
            camada = 12;
        }
        if(imagem == 2){
            camada = 1;
            imagem = 800;
        }
        if(imagem == 3){
            camada = 13;
        }
        if(imagem == 4) {
            exit(0);
        }
    }
}
```

Figura 43. Implementação das opções de menu da camada inicial

3.3.2 Exibição do Manual

Essa operação tem a função de exibir uma imagem correspondente ao manual do Playstation 2. O manual mostra ao usuário da aplicação o aparelho com algumas especificações técnicas do equipamento, a posição do *memory card*, botões de *reset* e de abertura da gaveta, portas do controle e outras funcionalidades. A Figura 44 mostra o manual sendo exibido na aplicação. Pode-se observar que, nessa função, a imagem virtual encobre completamente o marcador Manual.

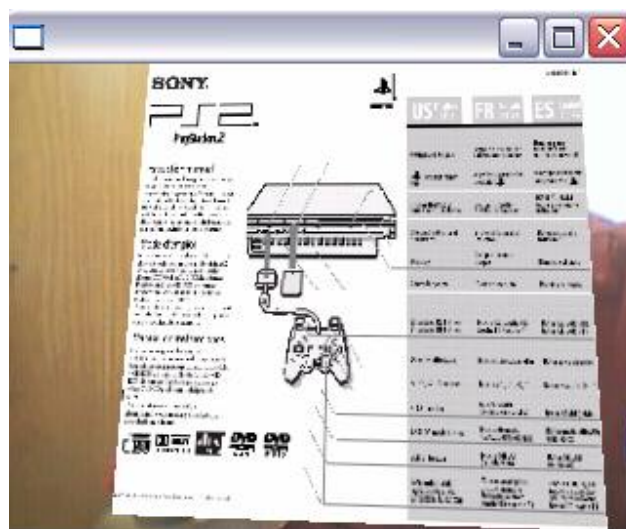


Figura 44. Manual do Playstation 2 sendo exibido na aplicação

A Figura 45 mostra o manual do Playstation 2 modelo 39001 com especificações em Inglês, Francês e Espanhol.

Para exibição do manual algumas limitações do ARToolKit quanto ao tamanho das imagens utilizadas precisaram ser respeitadas. Maiores detalhes na Subseção 5.2.5.

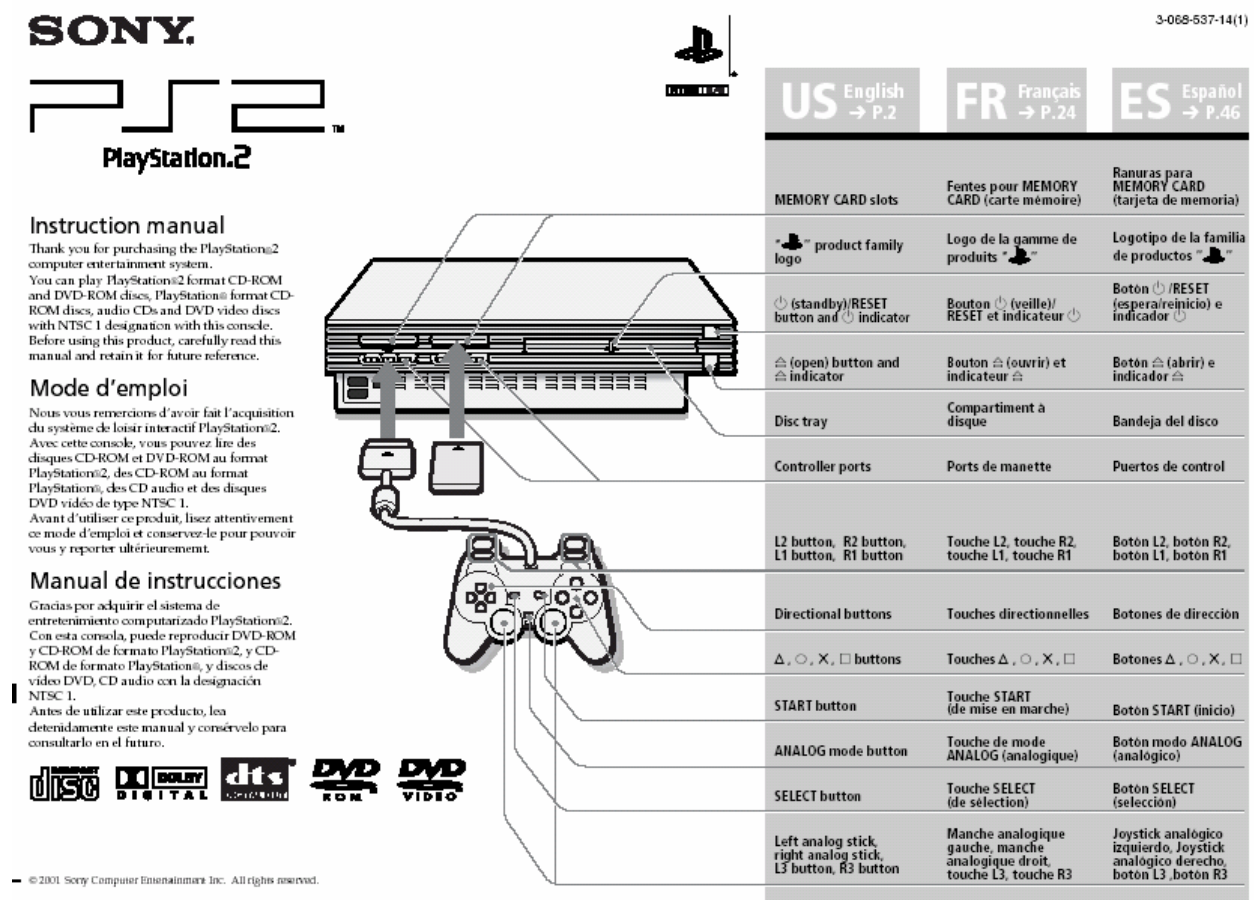


Figura 45. Manual do Playstation 2 modelo 39001

3.3.3 Localização de Componentes a serem Consertados

Na ferramenta PS2RA são sobrepostas à imagem do ambiente real setas virtuais construídas com o uso de primitivas básicas, como quadrados e triângulos, construídos com o uso de funções da biblioteca OpenGL. A Figura 46 mostra um trecho de código que implementa o objeto seta no OpenGL.

```
glColor3f(1.0, 0.0, 0.0);  
glBegin(GL_QUADS);  
    glVertex3f(-5, 0, 20);  
    glVertex3f(-5, 0, 10);  
    glVertex3f(0, 0, 10);  
    glVertex3f(0, 0, 20);  
glEnd();  
glBegin(GL_TRIANGLES);  
    glVertex3f(-10, 0, 10);  
    glVertex3f(-2.5, 0, 0);  
    glVertex3f(5, 0, 10);  
glEnd();
```

Figura 46. Implementação da seta virtual

Na Figura 46, a função `glBegin` inicia a criação de uma primitiva básica, criando um agrupamento de vértices e é finalizada na função `glEnd`. A função de criação de primitivas básicas deve vir entre parênteses contendo o nome da primitiva, que é padrão da biblioteca OpenGL, como `GL_QUADS` para construção de quadrados, `GL_TRIANGLES` para construção de triângulos, `GL_POINTS` para construção de pontos, entre outras. A função `glVertex3f` é responsável pela criação dos vértices do polígono, onde nesse caso o numeral 3 corresponde a um vértice no espaço tridimensional, a letra “f” identifica que as três variáveis são do tipo ponto flutuante (*float*) e, por fim, entre parênteses são inseridas as variáveis correspondendo as coordenadas x, y e z.

Cada localização de componente abordado no sistema fará chamada a uma função que tem o nome de `apontador`, que recebe quatro atributos onde os três primeiros são responsáveis por posicionar no ambiente 3D o objeto virtual e o último atributo é uma matriz 3×4 responsável por carregar a matriz de transformação da câmera. A Figura 47 exhibe a localização do joystick no aparelho, fazendo uso do marcador de tamanho natural.



Figura 47. Localização do joystick no Playstation 2

Capítulo 4.

Estudo de Caso

Na seqüência é apresentado um estudo de caso para demonstrar o funcionamento da aplicação, e alguns testes realizados para validação da mesma.

O início da aplicação deve ser feito com a captura do padrão A, fazendo com que o sistema inicie o menu principal, Figura 48.

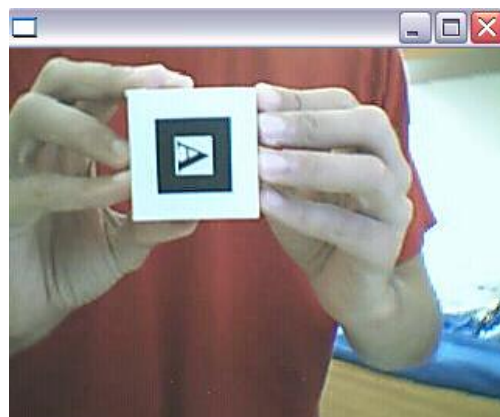


Figura 48. Captura do marcador A.

Tendo o menu sido inicializado, pode-se escolher a opção do menu rotacionando o cubo no eixo y, ou seja, trocando os marcadores das faces laterais do cubo, conforme ilustra a Figura 49.



Figura 49. Navegação pelo menu principal da aplicação

Escolhendo a opção “Manuais” no menu principal, a aplicação fica esperando o marcador “Manual” para exibir um manual com informações do aparelho. Caso seja escolhida a opção “Sobre”, o sistema espera a aparição do marcador “Sobre” para exibir informações da equipe de desenvolvimento da aplicação. Sendo escolhida a opção “Sair”, o PS2RA é encerrado. No caso de escolha da opção Problemas, será mudada a camada do menu e cada marcador do cubo terá uma nova opção de menu associada. O processo de ação, ou seja, escolha do menu, é feito utilizando o padrão Sample2, ilustrado na Figura 41a.

Para validar a aplicação, foi escolhido a localização de desmontar o aparelho de videogame e de mostrar a posição do *memory card*. A Figura 50 mostra a escolha da localização de desmontar o aparelho.

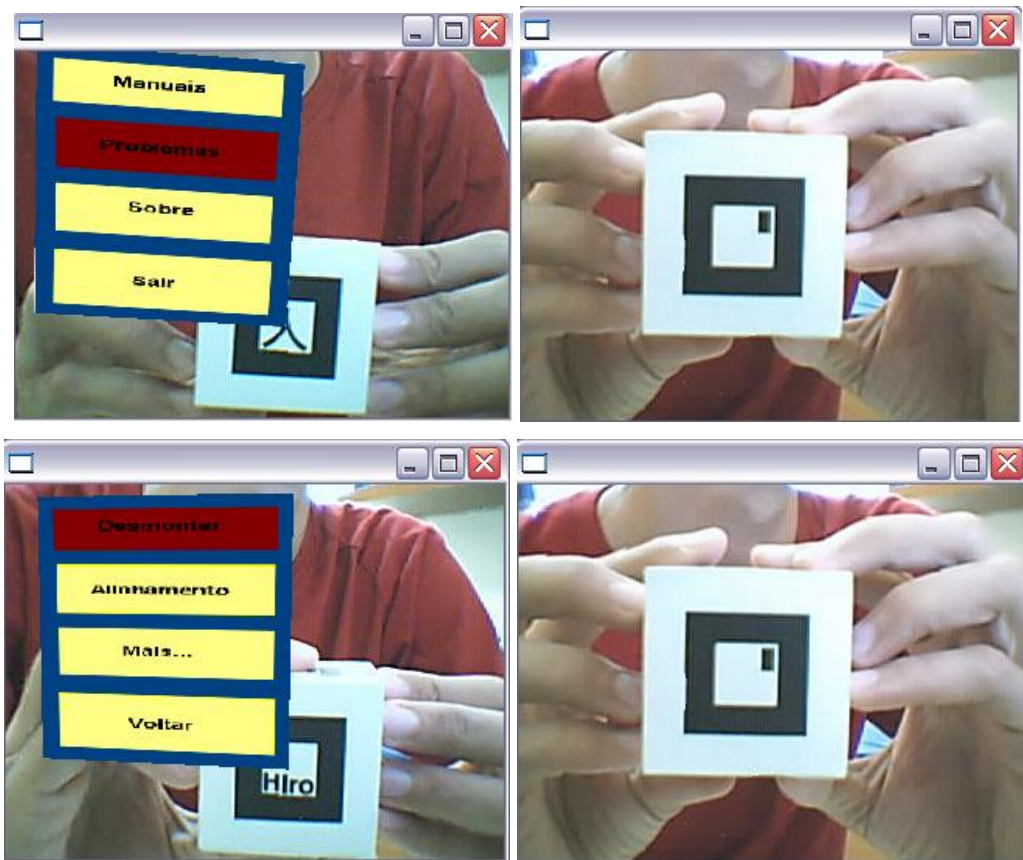


Figura 50. Escolha da localização de desmontar o aparelho

Após a escolha do problema, o PS2RA fica esperando o surgimento do marcador de tamanho natural, para posicionar os objetos virtuais indicando no aparelho o local do conserto. A Figura 51 mostra o marcador com as setas virtuais posicionadas, mediante a escolha da localização de desmontar. Nestes pontos devem ser posicionados as chaves de fenda para remoção dos parafusos.

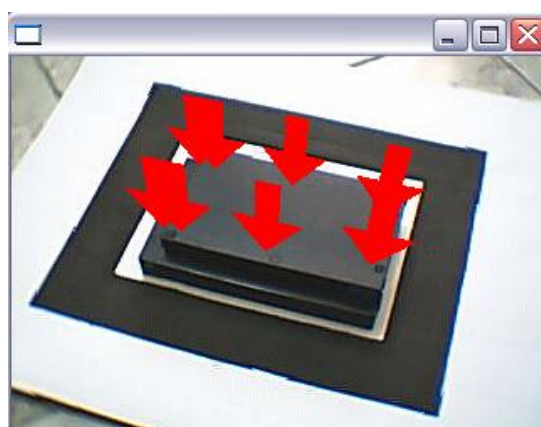


Figura 51. Localização de Desmontar

A posição do *memory card* é semelhante ao do de desmontar, mas a escolha no menu passa por mais uma camada de defeitos. Após a seleção da opção Problemas no menu e da ação de mudar de camada do menu, conforme ilustrado na Figura 52, o usuário precisa navegar até a opção “Mais...”. Com o marcador de ação o usuário acessa a terceira camada do menu e então navega até a opção “Memory Card”.

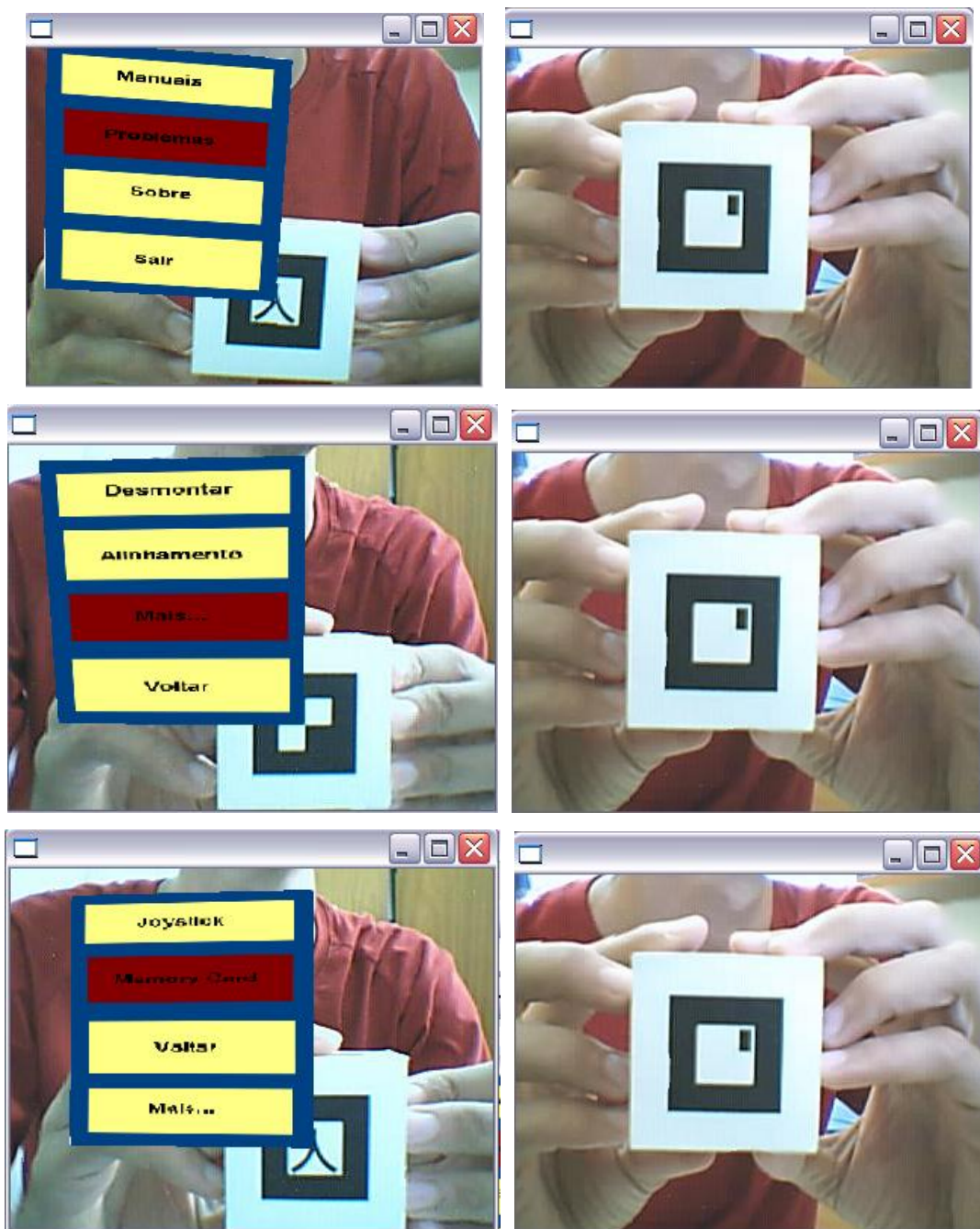


Figura 52. Escolha do posicionamento do *memory card*

A Figura 53 exibe o marcador de tamanho natural com a indicação da localização do

memory card.

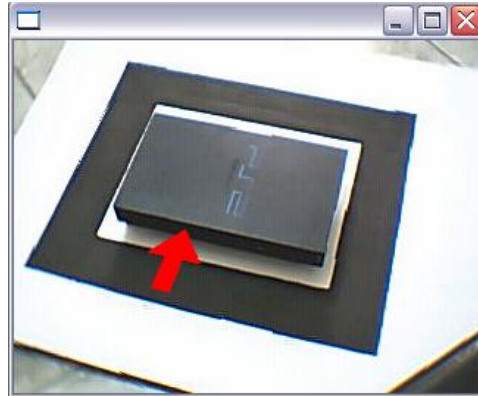


Figura 53. Posicionamento do *memory card*

Capítulo 5.

Dificuldades Encontradas

Assim como qualquer trabalho que utilize a tecnologia de RA, este trabalho esteve sujeito a alguns problemas clássicos da área, como registro, oclusão e iluminação. Esses e outros problemas próprios da aplicação desenvolvida, como rastreamento de posição, resolução da câmera e identificação de marcadores são descritos a seguir, bem como os mesmos foram abordados neste trabalho.

5.1 Realidade Aumentada

5.1.1 Registro

Para o correto funcionamento de um sistema de RA é imprescindível que objetos reais e virtuais estejam devidamente alinhados para que o usuário tenha uma perfeita ilusão de coexistência dos dois ambientes. Esse alinhamento é chamado de registro e tem como objetivo informar o sistema sobre a posição e as dimensões de objetos reais que irão compor o cenário visualizado.

Os principais métodos de registro utilizados atualmente são: registro óptico por rastreamento e registro óptico por reconhecimento. Cada um desses métodos apresenta vantagens e desvantagens que devem ser consideradas, dependendo da natureza da aplicação.

O método de registro óptico por rastreamento permite a utilização de vários métodos. Dentre eles, pode-se destacar o acústico, o mecânico e o magnético. Atualmente o mais empregado é o magnético, por ser de simples utilização. Contudo ele torna-se impreciso e sujeito

à falhas com o aumento da distância entre o transmissor e o objeto a ser rastreado. Além disso, esse modelo é facilmente perturbado por objetos metálicos ou outros campos magnéticos, aumentando consideravelmente o erro no processo de rastreamento.

O registro óptico por reconhecimento, por sua vez, é aquele que utiliza a captura e o processamento de imagens do ambiente real para a determinação da posição dos objetos reais que compõem a cena. Este método possui duas formas de atuação. A primeira baseia-se na captura da imagem do ambiente real, detecção dos contornos dos objetos e posterior identificação dos mesmos por meio de técnicas de reconhecimento de padrões. O método é eficiente e veloz no processamento para ambientes de grandes dimensões com objetos simples. Porém, sofre uma alta degradação de qualidade a grandes distâncias, devido à necessidade de grande resolução requerida na captura das imagens.

A segunda forma de registro óptico por reconhecimento faz uso de marcadores previamente inseridos e posicionados no ambiente real, para que possam ser reconhecidos em tempo de execução. Ao contrário da técnica de reconhecimento apresentada acima, essa técnica pode ser aplicadas em ambientes maiores e mais complexos desde que os marcadores sejam bem escolhidos e posicionados. Essa última forma de registro é a utilizada nesse trabalho.

5.1.2 Oclusão

Esse problema baseia-se no fato de que, quando partes do marcador em aplicações de RA que utilizam o ARToolKit são escondidas, fazendo com que o padrão do marcador não possa mais ser reconhecido, o objeto virtual relacionado a esse marcador desaparece.

A Figura 54 mostra um exemplo desse problema. Quando uma parte do quadrado preto é escondida, a aplicação perde o padrão do marcador fazendo com que o objeto virtual não seja exibido. A biblioteca comercial ARTag trata esse problema de oclusão, apresentando melhores resultados do que o ARToolKit, utilizado neste trabalho [19]. Na Subseção 5.2.4 é descrito como o problema de oclusão no marcador de tamanho natural foi abordado.



(a)

(b)

Figura 54. Exemplo de oclusão. (a) Padrão sendo capturado. (b) Escondendo uma parte da região preta do padrão

A oclusão não apresenta somente desvantagens. Pode-se explorar esse efeito quando, usando diversos marcadores, o usuário não deseja mais que os objetos virtuais de um determinado marcador sejam exibidos. A oclusão nesse trabalho é imprescindível para a movimentação dos menus da aplicação, conforme descrito na Subseção 5.2.4.

5.1.3 Iluminação

Desenvolvedores de sistemas que envolvem RA sempre têm a maior preocupação com a iluminação do ambiente, pois tanto muita quanto pouca iluminação influencia no processo de reconhecimento dos padrões dos marcadores. Além disso, a forma como os marcadores são iluminados também pode acarretar a criação de sombras, que também podem provocar a perda do padrão. A Subseção 3.2.3 mostra como sombras foram evitadas na utilização do marcador de tamanho natural.

O problema de iluminação deve ser tratado com muito cuidado, pois a não resolução dele acarreta no não funcionamento adequado da aplicação. Deve-se utilizar uma luz o mais próximo da luz ambiente. Ambientes com muita iluminação fazem com que o padrão dos marcadores desapareça, não sendo possível para a aplicação identificar qual marcador está sendo utilizado (Figura 55).



(a)

(b)

Figura 55. Iluminação. (a) Marcador com luz ambiente. (b) Marcador com excesso de luz.

A Figura 56 mostra o problema de se usar pouca iluminação ambiente, onde neste caso é possível visualizar o padrão, mas a aplicação não consegue, mesmo assim, reconhecer o padrão do marcador.

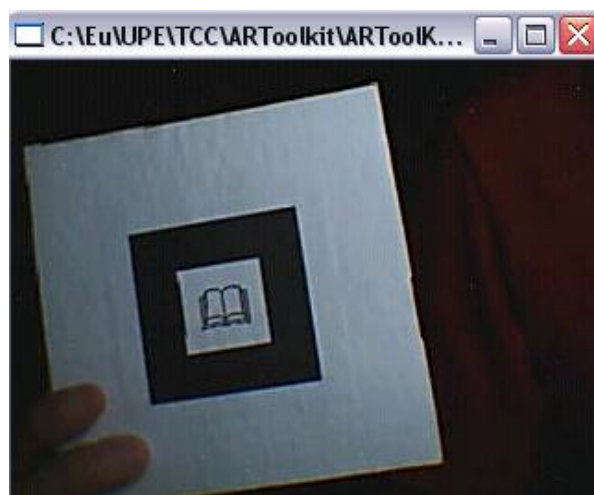


Figura 56. Pouca iluminação

Como solução desse problema foram utilizados ambientes o mais próximos da iluminação ambiente, viabilizando a aplicação.

5.2 A Aplicação de Manutenção

5.2.1 Rastreamento de Posição

Na literatura sobre RA a maioria das aplicações que necessitam do uso de rastreamento de posição faz uso de GPS para identificar a posição correta dos objetos real e virtual no ambiente. GPSs são equipamentos caros e de utilização complexa.

Para solucionar o problema de rastreamento neste trabalho, foram utilizados os próprios marcadores para posicionamento dos objetos virtuais, onde o próprio Playstation 2 foi utilizado como um marcador, conforme descrito na Subseção 3.2.3.

A Figura 57 mostra uma aplicação que exibe um cubo, que é movimentado através de teclas do teclado. A imagem da esquerda exibe o cubo localizado na posição $(0,0,0)$, enquanto que na da direita o cubo foi transladado utilizando teclas do teclado.

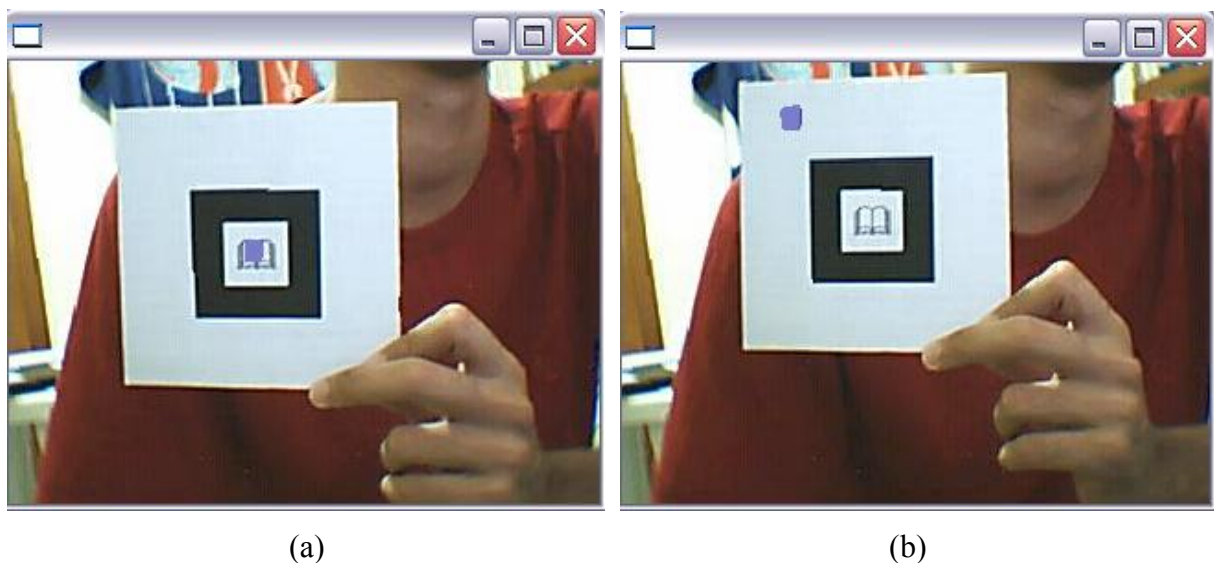


Figura 57. Aplicação que movimenta um cubo

5.2.2 Videogame Estático

Como foram utilizados marcadores para definir o posicionamento dos objetos virtuais, é necessário o uso do Playstation 2 em uma posição estática, pois qualquer movimentação do aparelho implica na perda do padrão e, conseqüentemente, a aplicação não consegue inserir os objetos virtuais na posição adequada.

5.2.3 A Câmera

A aplicação apresenta sérias dificuldades para reconhecer os padrões, quando do uso de uma câmera de baixa resolução. Esse equipamento é imprescindível para o bom funcionamento do sistema, portanto havendo uma dependência de um dispositivo externo.

Câmeras com resolução inferior a 300 mil *pixels* fazem com que o PS2RA tenha dificuldade de reconhecimento em ambientes com baixa iluminação, principalmente a noite, fazendo com que o sistema seja instável. Na aplicação foi utilizada uma câmera com capacidade de captura de até 640×480 *pixels* e com 350 mil *pixels* de resolução, podendo capturar até 30.000 quadros por segundo, onde, com essa resolução, o sistema obteve resultados satisfatórios, tanto durante o dia quanto a noite.

5.2.4 O Cubo

O ARToolKit tem a capacidade de capturar vários padrões de marcadores ao mesmo tempo, inserindo com isso vários objetos no ambiente, o que aumenta o grau de virtualidade do ambiente. A Figura 13 mostra uma aplicação onde são inseridos vários animais virtuais sobre diversos marcadores.

A propriedade do ARToolKit de reconhecer vários marcadores ao mesmo tempo faz com que o ambiente possa ser enriquecido com muitos elementos virtuais, mas pode trazer vários problemas a aplicações que necessitem que apenas um padrão seja reconhecido por vez. Interfaces tangíveis que possuem mais de um marcador podem apresentar esse tipo de problema. A Figura 58 exibe três padrões sendo reconhecidos ao mesmo tempo e a exibição de três objetos virtuais.

Na funcionalidade de movimentação de menu, descrita na Subseção 3.31, com o uso do cubo, pode-se associar uma opção do menu a cada face do cubo, as quais deverão ser utilizadas separadamente. A forma de solucionar essa dificuldade é utilizar oclusão, onde serão escondidos os padrões não utilizados em um determinado momento, ficando visível apenas o marcador que se deseja usar.

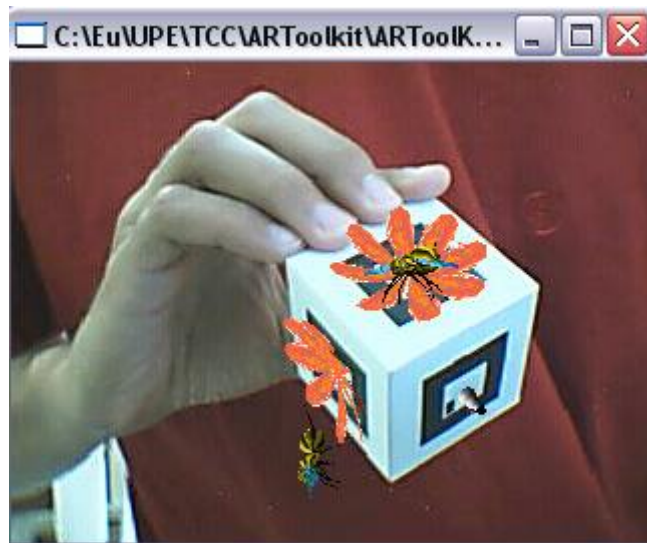


Figura 58. Cubo com três marcadores sendo reconhecidos ao mesmo tempo

5.2.5 Imagens no ARToolKit

A biblioteca ARToolKit possui limitações quanto ao suporte a formatos de imagens. Imagens devem estar no formato *bitmap* e tamanhos de resolução máxima de 256×256 *pixels*, fazendo com que a qualidade gráfica da aplicação seja um pouco limitada.

As imagens utilizadas na aplicação apresentada por esse trabalho foram tratadas para que a qualidade fosse a melhor possível, principalmente para tornar legíveis as imagens contendo texto.

Capítulo 6.

Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste trabalho de conclusão de curso foram estudadas diversas técnicas de RA, como a inserção e a manipulação de objetos virtuais em um ambiente real. Com isso, foi desenvolvida uma ferramenta de suporte à manutenção, que permite ao usuário visualizar informações virtuais durante o processo de conserto de aparelhos de Playstation 2, localizando os componentes defeituosos. Com a utilização desse sistema, o usuário pode obter informações de onde localizar componentes danificados em determinados problemas envolvidos na manutenção de videogames.

Durante o desenvolvimento da aplicação, ratificou-se a importância de se utilizar o problema da oclusão para manipulação das interfaces tangíveis, como o cubo, pela capacidade de ocultar marcadores que não necessários para realização de determinadas ações na aplicação.

Outro ponto importante citado no presente trabalho é o grau de iluminação ambiente a ser utilizado, que foi o mais próximo da luz ambiente, oferecendo resultados muito bons no reconhecimento dos padrões.

Um fator relevante no desenvolvimento de um sistema de RA é a correta obtenção dos parâmetros visuais da câmera utilizada para a captura das imagens reais. Isto se mostrou essencial para o preciso posicionamento das imagens virtuais sobrepostas à imagem real. Em ambientes internos a forma de rastreamento empregada usando marcadores é a mais adequada, mostrando-se suficientemente precisa.

A utilização de um equipamento de videogame representando o padrão de um marcador do sistema é um dos marcos na utilização de placas fiduciais, pois pode-se fazer uso do próprio

equipamento abordado no sistema, aumentando com isso a precisão da calibragem entre o mundo real e o virtual (rastreamento de posição dos objetos virtuais e do real).

Devido à utilização do Playstation 2 como padrão de um marcador foi necessário colocá-lo em uma posição estática, prejudicando um pouco a interatividade do usuário com o equipamento. Todavia, isto não invalidou o trabalho, permitindo a realização de testes e a avaliação de todos os aspectos envolvidos em uma situação de manutenção.

6.1 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, pretende-se estudar o motor OpenVRML, que compõe a biblioteca ARToolKit e que permite o uso de objetos modelados em VRML como objetos virtuais a serem utilizados pelos sistemas de RA. Então, desenvolver um museu em RA; o protótipo está em desenvolvimento e o museu escolhido foi o do Homem do Nordeste.

Outra pretensão é modificar a biblioteca do ARToolKit para que seja possível trabalhar com imagens em outros formatos, como JPEG, e ainda com imagens com maiores resoluções.

Bibliografia

- [1] GOMES, J.; VELHO, L., *Computação Gráfica*, Instituto de Matemática Pura e Aplicada, 1998.
- [2] ROBERTSON, G.; CZERWINSKI, M.; DANTZICH, M., “Immersion in Desktop Virtual Reality”. In: CHI, 1994, *Proceedings*. Redmond: Microsoft Research, 1994.
- [3] BOYD, C. “Does Immersion Make a Virtual Environment more Usable?”. In: CHI, 1997, *Conference Companion*. 1997. p. 325-326.
- [4] HULF, R.; NEDEL, L.P.; OLIVEIRA, M.M.; FREITAS, C.M.D.S., “Usando Iluminação Baseada em Imagens na Geração de Ambientes de Realidade Mista”. In: I Workshop sobre Realidade Aumentada, Piracicaba, Brasil, Maio, 2004.
- [5] AZUMA, R.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; MACINTYRE, B., “Recent Advances in Augmented Reality”. *IEEE Computer Graphics and Application*, v. 21, n. 6, p. 34-47, novembro/dezembro, 2001.
- [6] MILGRAM, P.; KISHINO, F., “A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays”. *IEICE Trans. Information Systems*, v. E77-D, n. 12, 1994, pp.1321-1329.
- [7] SISCOUTO, R.A.; TORI, R., “AVTC-Augmented Virtuality Tele-Conferencing”. In: I Workshop sobre Realidade Aumentada, Piracicaba, Brasil, Maio, 2004.
- [8] PROVIDELO, C.; DEBONZI, D.H.; GAZZIRO, M.A.; QUEIROZ, I.C.A.S.; KIRNER C.; SAITO, J.H., “Ambiente Dedicado para Aplicações Educacionais Interativas com Realidade Misturada”. In: I Workshop sobre Realidade Aumentada, Piracicaba, Brasil, Maio, 2004.
- [9] STRICKER, D., “ARCHEOGUIDE: First results of an Augmented Reality”. *Mobile Computing System in Cultural Heritage Sites., Virtual Reality, Archaeology, and Cultural*

- Heritage International Symposium (VAST01), Glyfada, Atenas, Grecia, Novembro, 2001.
- [10] BUK, C. “Ambiente Virtual para Visualização de Dados. Projeto de Dissertação de Mestrado”. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UNIMEP, Piracicaba, Brasil, 2002.
- [11] BAJURA, M.; HENRY, F.; RYUTAROU, O. “Merging Virtual Reality with the Real World: Seeing Ultrasound Imagery Within the Patient. Proceedings of SIGGRAPH ‘92”. In *Computer Graphics*, Julho, 1992.
- [12] DRASCIC, D.; MILGRAN, P. *Perceptual Issues in Augmented Reality*. Fevereiro, 1996.
- [13] ROSE, E.; BREEN, D.; AHLERS, K.; CRAMPTON, C.; TUCERYAN, M.; WHITAKER, R.; GREER, D. “Annotating Real-World Objects Using Augmented Reality”. *Proceedings of Computer Graphics International '95*, Leeds, UK, Junho, 1995.
- [14] FEINER, S.; MACINTYRE, B.; HAUPT, M.; SOLOMON, E.” *Windows on the World: 2D Windows for 3D Augmented Reality*”. *Proceedings of UIST '93*, Atlanta, GA, Novembro, 1993.
- [15] BILLINGHURST, M.; BOWSKILL, J.; JESSOP, M.; MORPHETT, J. *A wearable Spatial Conferencing Space*. 1998.
- [16] FEINER, S.; MACINTYRE, B.; SELIGMANN, D. “Knowledge based Augmented Reality”. *Communications of the ACM*, Julho, 1993.
- [17] AZUMA, R. “A Survey of Augmented Reality”. In: *Teleoperators and Virtual Environments*, Agosto, 1997. p. 355-385.
- [18] KATO, H.; BILLINGHURST, M.; POUPYREV, I.; IMAMOTO, K.; TACHIBANA, K. *Virtual Object Manipulation on A Table-Top AR Environment*.
- [19] KATO, H.; ZHOU, Z.; DAVID, A.; LI, Y. “Magic Cubes For Social And Physical Family Entertainment”. *CHI 2005*, April, 2005, Portland, Oregon, USA. ACM 1-59593-002-7/05/0004.
- [20] FIALA, M. "ARTag, a Fiducial Marker System Using Digital Techniques," *cvpr*, pp. 590-596, 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05) - Volume 2, 2005.

- [21] ARTOOLKIT: http://www.hitl.washington.edu/research/shared_space. Visitado pela última vez em 18/10/2005.
- [22] ARTAG: <http://www.artag.net/>. Visitado pela última vez em 09/05/2005.
- [23] OPENGL.ORG: <http://www.opengl.org/>. Visitado pela última vez em 18/10/2005.
- [24] QUAKE: <http://www.quake.com.br/>. Visitado pela última vez em 23/12/2005.
- [25] SOLDIER OF FORTUNE: <http://www.soldier-of-fortune.com/>. Visitado pela última vez em 23/12/2005.
- [26] HALF-LIFE: <http://half-life2.com/>. Visitado pela última vez em 23/12/2005.
- [27] SIN: <http://www.ritual.com/sin/index2.html>. Visitado pela última vez em 23/12/2005.
- [28] HERETIC II: <http://www.hereticii.com/>. Visitado pela última vez em 23/12/2005.
- [29] HEXEN: <http://www.hexen.org/>. Visitado pela última vez em 23/12/2005
- [30] Playstation.com:
<http://www.us.playstation.com/consoles.aspx?id=2/info/PlayStation2/default.html>.
Visitado pela última vez em 18/10/2005.