

**CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA  
FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**FÁBIO RODRIGUES JORGE**

**INTEGRAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA MOBILE COM  
INTERFACES TANGÍVEIS TABLETOP**

**MARÍLIA  
2012**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA  
FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**FÁBIO RODRIGUES JORGE**

Monografia apresentada ao Centro  
Universitário Eurípides de Marília como  
parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciência  
da Computação.

Orientador:  
Prof.º Ms. Leonardo Castro Botega

**MARÍLIA  
2012**



CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA  
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – AVALIAÇÃO FINAL**

---

Fábio Rodrigues Jorge

Integração de Realidade Aumentada Mobile com Interfaces Tangíveis Tabletop

Banca examinadora da monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do UNIVEM/F.E.E.S.R., para obtenção do Título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Nota: 10,0 ( dez )

Orientador: Leonardo Castro Botega

1º. Examinador: Fábio Dacêncio Pereira

2º. Examinador: Antônio Dourado

Three horizontal lines with handwritten signatures in blue ink. The top signature is 'L. Castro Botega', the middle is 'F. Dacêncio Pereira', and the bottom is 'A. Dourado'.

Marília, 03 de dezembro de 2012.

*À minha mãe Irene, pelas sábias  
palavras e pelo apoio e conforto nas  
horas mais difíceis.*

*À minha namorada Daniele, por me  
escutar e me compreender.*

*Aos amigos, pela amizade e incentivo.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha mãe, pois sem essa pessoa batalhadora que é eu não seria o que sou hoje. Mãe tenho muito orgulho da senhora.

Agradeço também a minha irmã Carina. Tatá você sempre estará no meu coração, minha irmã linda e guerreira. Obrigado por agüentar esse pentelho aqui durante anos.

Agradeço também a minha namorada Daniele que sempre me apoiou e me escutou nas horas difíceis.

Agradeço também pelos amigos, pois foram ótimas companhias nesses quatro anos de curso. Obrigado pelo incentivo, gargalhadas e histórias hilárias que falávamos sobre assuntos impensáveis.

Agradeço especialmente aos amigos que me ajudaram a realizar várias publicações durante a graduação. Obrigado Leonardo, Fernando e Allan.

Não posso esquecer-me de agradecer também aos professores. Todos vocês foram ótimos e mantiveram um contato com os alunos que creio eu nenhum outro curso tem.

Agradeço também ao meu orientador Leonardo. Sem a sua dedicação e profissionalismo eu tenho certeza que não chegaria onde estou agora. Obrigado por tudo.

Aos demais que me ajudaram, Obrigado.

JORGE, Fábio Rodrigues. Integração de Realidade Aumentada Mobile com Interfaces Tangíveis Tabletop. 2012. 47 f. Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha de Marília, 2012.

## RESUMO

A integração de interfaces computacionais pós-wimp surge como alternativa para suprir limitações individuais de cada modalidade, considerando tanto componentes de interação como o provimento de *feedbacks* aos usuários. Interfaces Tangíveis podem apresentar restrições referentes ao espaço físico em arquiteturas *tabletop*, o que limita a manipulação de objetos e prejudica o processo interativo. Desta maneira, é proposta a integração de técnicas de Realidade Aumentada com arquitetura tangível *tabletop*, unindo componentes reais e virtuais em sua superfície, visando tornar o processo interativo mais rico, sem emendas e mais abrangente.

Através do uso de um módulo para comandar cada interface e um módulo para integrá-las, foi possível obter uma representação digital dos objetos tangíveis, a manipulação dos objetos virtuais via dispositivo móvel e uma interface mais limpa e objetiva para o usuário, mostrando as vantagens da integração das Interfaces Tangíveis com a Realidade Aumentada.

**Palavras-Chave:** Realidade Aumentada Móvel; Interface Tangível; Interação com o Usuário.

JORGE, Fábio Rodrigues. Integração de Realidade Aumentada Mobile com Interfaces Tangíveis Tabletop. 2012. 47f. Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha de Marília, 2012.

## ABSTRACT

The integration of post-wimp computer interfaces arises as an alternative to meet the individual limitations of each modality, considering both interaction components and the feedbacks to users. Tangible interfaces can present restrictions referring to physical space on tabletop architectures, which limits the manipulation of objects and deprecates the interactive process. Hence, it is proposed the integration of techniques of mobile Augmented Reality with tabletop tangible architecture to bind real and virtual components on its surface, aiming to make the interactive process richer, seamless and more complete. Using a module for each interface and one for integration, was possible to create a digital representation for tangible objects, to manipulate virtual objects through a mobile device and to create a cleaner and more objective interface, demonstrating the advantages of integrating Tangible Interfaces with Augmented Reality.

**Keywords:** Mobile Augmented Reality; Tangible User Interface; Interaction with the User.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sketchpad e Ultimate Display .....	14
Figura 2 - Realidade Misturada e suas modalidades .....	15
Figura 3 - Sistema de visão óptica direta .....	16
Figura 4 - Sistemas de Visão direta por vídeo .....	16
Figura 5 - Sistemas de Visão por vídeo baseado em monitor .....	17
Figura 6 - Etapas do jogo da velha com realidade aumentada em rede .....	18
Figura 7 - Coração Virtual .....	18
Figura 8 - Mirracle .....	19
Figura 9 - Realidade Aumentada na Manutenção .....	19
Figura 10 - Funcionamento de uma aplicação de RA .....	20
Figura 11 - I/O Brush .....	23
Figura 12 - Reactable .....	24
Figura 13 - Topobo .....	24
Figura 14 - MediaBlock, Slot e sistema de visualização de mídias .....	25
Figura 15 - Slots dos blocos em um quadro branco e em uma impressora .....	25
Figura 16 - Interface Tangível tabletop integrada com RA .....	26
Figura 17 - Arquitetura TARBoard .....	27
Figura 18 - Realidade Aumentada atuando na superfície do TARBoard .....	27
Figura 19 - Visão dos dispositivos móveis e dos jogadores .....	28
Figura 20 - Processo de fortalecimento da torre no Art of Defense .....	28
Figura 21 - Metodologia em módulos adotada no projeto .....	29
Figura 22 - Tela inicial e tela de instrução .....	30
Figura 23 - Representações tridimensionais sobrepostas aos marcadores utilizados pelo módulo de RA .....	31
Figura 24 - Tela de RA com os menus de opções .....	32
Figura 25 - Arquitetura da API AndAR .....	33
Figura 26 - Arquitetura da mesa tangível tabletop .....	35
Figura 27 - Marcadores amoebas .....	35
Figura 28 - Objetos tangíveis sendo substituídos por marcadores de RA .....	36
Figura 29 - Exemplo de mensagem enviada do cliente para o servidor .....	38
Figura 30 - Diagrama de eventos da integração das duas interfaces .....	39
Figura 31 - Integração dos módulos TUI e RA .....	39
Figura 32 - Processo de substituição dos objetos tangíveis por marcadores de RA .....	41
Figura 33 - Integração entre as duas interfaces. Ambiente sem emenda .....	41
Figura 34 - Eventos multitoques e suas transformações .....	42
Figura 35 - Interação do usuário com o menu de transformações .....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RA	Realidade Aumentada
TUI	Tangible User Interface (Interface Tangível de Usuário)
SO	Sistema Operacional
RV	Realidade Virtual
GUI	Graphical User Interface (Interface Gráfica de Usuário)
WIMP	Windows, Icons, Menus and pointer (Janelas, ícones, menus e ponteiro)
RM	Realidade Misturada
Tabletop	Arquitetura no formato de mesa.
MT4J	Multi Touch For Java
AndAR	Android Augmented Reality
CCV	Community Core Vision
VRML	Virtual Reality Modeling Language
VA	Virtualidade Aumentada
GPU	Graphic Processing Unit
ID	Identity
3D	Três dimensões
JNI	Java Native Interface
FPS	Frames por segundo
TCP	Transmission Control Protocol
IP	Internet Protocol

# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
CAPITULO 1 – INTERFACES COMPUTACIONAIS .....	13
1.1 Realidade Virtual (RV) .....	13
1.2 Realidade Aumentada (RA) .....	14
1.2.1 Sistemas de RA .....	15
1.2.1.1 Sistemas de visão óptica direta .....	16
1.2.1.2 Sistemas de visão direta por vídeo .....	16
1.2.1.3 Sistemas de visão por vídeo baseado em monitor .....	17
1.2.1.4 Sistemas de visão óptica por projeção .....	17
1.2.2 Aplicações de RA .....	17
1.2.3 Processo de um framework de RA .....	20
1.3 Interface Tangível .....	21
1.3.1 Classificação de uma TUI .....	21
1.3.2 Aplicações TUI .....	22
CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA DE INTEGRAÇÃO DE INTERFACES.....	26
2.1 Trabalhos Relacionados .....	26
2.2 Metodologia .....	28
2.3 Módulo de Realidade Aumentada .....	29
2.3.1 Android Augmented Reality – AndAR .....	32
2.4 Módulo de Interface Tangível .....	34
2.5 Módulo de Integração .....	37
CAPITULO 3 – RESULTADOS .....	40
CONCLUSÕES .....	44
REFERÊNCIAS .....	45

## INTRODUÇÃO

A Realidade Aumentada (RA) configura-se como uma modalidade de interface computacional avançada que busca alcançar a interação humano-computador de uma forma mais natural que outras interfaces e que mistura, em tempo real, objetos virtuais tridimensionais gerados por computador com elementos do ambiente físico. Esses objetos virtuais são visualizados através do uso de dispositivos tecnológicos de saída de dados, tais como óculos especiais (*head mounted displays*), *smartphones* e projetores, produzindo um ambiente único com impressão de continuidade ao usuário (Milgran *et al*, 1994).

Além da sobreposição de objetos virtuais no mundo real, a RA deve permitir o manuseio direto desses objetos, eliminando assim treinamento ao usuário e aproveitando sua experiência, compondo uma interação atrativa e motivadora com o ambiente (Billinghurst *et al*, 2004) (Santin e Kirner, 2004) (Zhou *et al*, 2004).

Com o mesmo objetivo da RA, as Interfaces Tangíveis (TUI) visam contribuir para o processo interativo por meio de objetos físicos reais, toques e marcadores, utilizados como coleção de entradas no sistema. Tais objetos podem ser de uso cotidiano do usuário, desde que munido de marcadores ou então reconhecidos pela sua forma (Fishkin, 2004) (Ishii e Ullmer, 1997). Em uma aplicação tangível esses objetos possuem uma representação digital e ao serem movimentados, ocorre uma interação com o ambiente virtual apresentado.

Um exemplo de arquitetura tangível é a denominada *tabletop*. Essa arquitetura possui o formato de mesa e permite que vários usuários manipulem os objetos tangíveis em sua superfície ao mesmo tempo, característica essa de uma interface colaborativa

Entretanto, aplicações para Interfaces Tangíveis *tabletop* frequentemente encontram uma barreira física, considerando os limites espaciais de sua superfície. Tal problema pode comprometer a interação, uma vez que novos objetos não poderão ser instanciados e objetos já usados pouco poderão ser movimentados ao longo da superfície, impedindo a manipulação direta de entidades na interface. Adicionalmente, interações que não necessitem de objetos físicos, como as baseadas em gestos, também podem ser comprometidas pelo mesmo motivo (Dietz e Leigh, 2001) (Rogers e Lindley, 2004)

(Radicchi *et al*, 2010) (Jorge *et al*, 2012).

Embora por um lado exista uma vantagem em limitar a quantidade de objetos físicos, autores consideram que tal escolha seja de responsabilidade do usuário e não uma restrição imposta ao mesmo, uma vez que a interface computacional é acima de tudo um agente facilitador da interação.

O presente trabalho de pesquisa tem como objetivo apresentar uma forma de ampliar a interação humano-computador através da fusão de modalidades distintas, porém complementares, de interfaces computacionais *pós-wimp*.

Tal integração ocorre entre interface de Realidade Aumentada e Interfaces Tangíveis *tabletop* apresentando como benefício somar às convencionais arquiteturas uma forma inovadora de visualizar e interagir com as representações digitais, possibilitando a melhoria da experiência interativa e um melhor aproveitamento do espaço físico.

O primeiro capítulo apresenta a história da interface computacional com ênfase em Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Interface Tangível. Este capítulo também apresenta alguns exemplos e formas de classificar essas interfaces denominadas *pós-wimp*.

O segundo capítulo trata da metodologia adotada para a resolução do problema. Este capítulo também fala sobre os trabalhos relacionados.

O terceiro capítulo aborda os resultados obtidos dos ensaios envolvendo o produto final do projeto.

Por fim o ultimo capítulo trata das conclusões a respeito dos resultados obtidos, bem como as propostas de trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO 1 – INTERFACES COMPUTACIONAIS**

De uma forma simplificada, uma interface é um elemento mediador de outros dois elementos. A interface permite que elementos distintos, que não possuem a mesma linguagem possam se interagir. Se essa interação envolve uma pessoa e um computador, logo temos uma Interface Humano-Computador (IHC).

Uma das mais marcantes interfaces entre homem e máquina são as interfaces por linha de comando. São interfaces baseadas em texto onde os usuários digitam os comandos e seus parâmetros e após apertar a tecla de execução no teclado, recebem uma resposta do computador. É considerada uma interface rápida já que é notável a rapidez que comandos simples podem ser executados, porém necessita que o usuário decore os comandos, levando um grande tempo para se habituar a está interface (Myers,1998).

Com o desenvolvimento da Xerox, um novo tipo de interface foi criado em seu centro de pesquisa “Xerox Palo Alto Research Center”, originalmente denominada WIMP (acrônimo para Windows, Icons, Menus and Pointer) e posteriormente de GUI (Graphical User Interface). Um dos motivos de ter se popularizado é que esse tipo de interface permite separar atividades em locais distintos da tela, deste modo o usuário pode trocar sua atenção rapidamente entre essas atividades. Hoje em dia o conceito é praticamente o mesmo, tendo apenas melhorado em questão de gráfico, mantendo as janelas, ícones, menus e o ponteiro. (Myers, 1988).

Durante os anos noventa ocorreu um grande avanço na área de IHC. Muitas outras interfaces surgiram como: Interfaces Gráficas avançadas (RV, RM, RA), Interfaces Multimídia, Interfaces Multimodais e Interfaces Tangíveis (Schneiderman, 1998). Toda a interface que surgiu após a WIMP também é classificada como pós-WIMP.

### **1.1 Realidade Virtual (RV)**

A Realidade Virtual é uma interface que permite o usuário interagir com dados e informações que são difíceis de serem representados em interfaces convencionais como a GUI. A RV proporciona ao usuário uma experiência de imersão em um ambiente tridimensional sintetizado por computador. (Botega e Cruvinel, 2009) (Kirner e Pinho,

1997) (Gigante, 1993)

Na década de sessenta, Ivan Shuterland, pesquisador do MIT, criou um sistema denominado “Sketchpad”, que fincou as bases do que hoje conhecemos como computação gráfica.

Após ter criado o Sketchpad ele desenvolveu o chamado “Ultimate Display” produzindo assim o primeiro Head-mounted Display, capacete de Realidade Virtual que cobre completamente o campo de visão do usuário, permitindo assim um alto grau de imersão. Na figura 1 pode ser vistos esses dois projetos desenvolvidos por Ivan Shuterland.

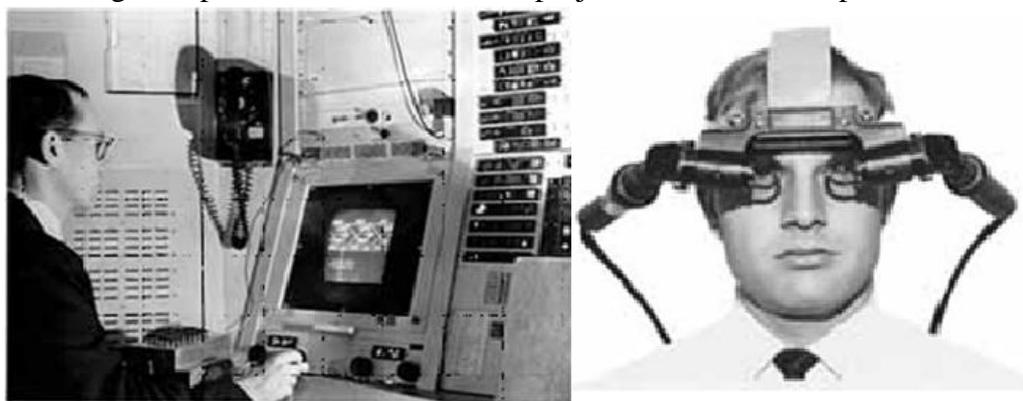


Figura 1: Sketchpad e Ultimate Display (Kirner e Pinho, 1997)

Um pouco antes dos projetos de Ivan, na década de 1950 o cineasta Morton Heilig produziu um equipamento denominado SENSORAMA. Este equipamento simulava vários estímulos sensoriais como odor, sons, vento e visão estereoscópica, tudo isto para produzir uma experiência de imersão muito convincente para a época. (Kirner e Pinho, 1997).

## 1.2 Realidade Aumentada (RA)

A Realidade Aumentada é uma modalidade da Realidade Misturada.

A Realidade Misturada é a fusão do ambiente real com o ambiente virtual gerado por computador, podendo particularizar-se de duas maneiras: A Virtualidade Aumentada, onde existe predominância de elementos virtuais no ambiente misturado, e a Realidade Aumentada, onde os elementos reais predominam sobre os virtuais (Figura 2). (Milgram 1994) (Jorge *et al*, 2011).



Figura 2: Realidade Misturada e suas modalidades. Adaptado de (Milgram *et al*, 1994)

Realidade Aumentada é a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais gerados por computador num ambiente físico, realizada em tempo real, utilizando para isso algum dispositivo tecnológico. (Milgram *et al*, 1994)

Além de permitir essa sobreposição de objetos virtuais no mundo real, a Realidade Aumentada também permite o manuseio desses objetos com as próprias mãos, eliminando assim treinamento por parte do usuário, possibilitando uma interação atrativa e motivadora com o ambiente. (Santin *et al*, 2004) (Zhou *et al*, 2004)

Uma das formas mais simples de realizar uma aplicação em Realidade Aumentada é a utilização de um microcomputador com uma webcam instalada, executando um software que, através de técnicas de visão computacional e processamento de imagens, mistura a cena do ambiente real, capturada pela webcam, com objetos virtuais gerados pelo computador. O software também cuida da localização, orientação e interações sobre os objetos virtuais, dando a impressão ao usuário que o ambiente é único.

### 1.2.1 Sistemas de RA

Os sistemas de realidade aumentada podem ser classificados conforme o tipo de display utilizado, envolvendo visão óptica ou visão por vídeo, dando origem a quatro tipos de sistemas. (Azuma *et al*, 2001)( Kirner e Zorzal, 2005), que são:

1.2.1.1 Sistema de visão óptica direta

1.2.1.2 Sistema de visão direta por vídeo

1.2.1.3 Sistema de visão por vídeo baseado em monitor

1.2.1.4 Sistema de visão óptica por projeção

### 1.2.1.1 Sistemas de visão óptica direta

O sistema de visão óptica direta utiliza óculos ou capacetes com lentes que permitem o recebimento direto da imagem real, ao mesmo tempo em que possibilitam a projeção de imagens virtuais devidamente ajustadas com a cena real. Uma maneira comum de se conseguir essa característica é usar uma lente inclinada que permita a visão direta e que reflita a projeção de imagens geradas por computador diretamente nos olhos do usuário (Figura 3) (Azuma *et al*, 2001)( Kirner e Zorzal, 2005).

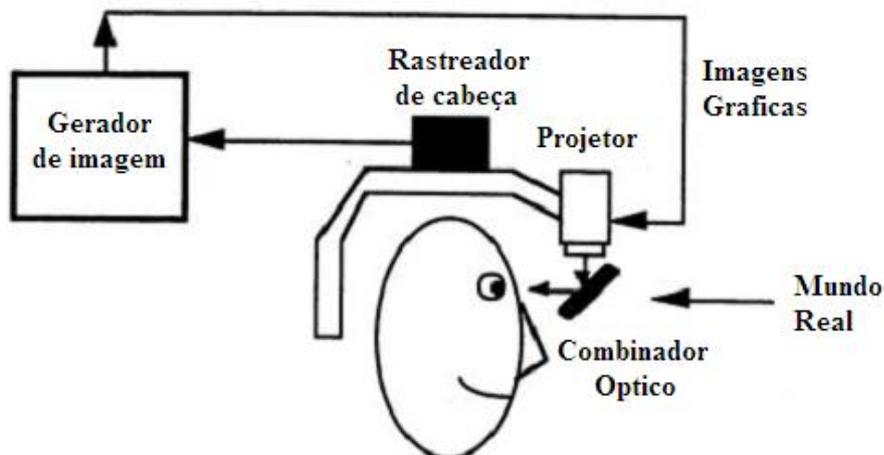


Figura 3: Sistema de visão óptica direta. Adaptado de (SUTHAUL, *et al*, 2002)

### 1.2.1.2 Sistemas de visão direta por vídeo

O sistema de visão direta por vídeo utiliza capacetes com microcâmeras de vídeo acopladas. A cena real, capturada pela microcâmera, é misturada com os elementos virtuais gerados por computador e apresentadas diretamente nos olhos do usuário, através de pequenos monitores montados no capacete (Figura 4).

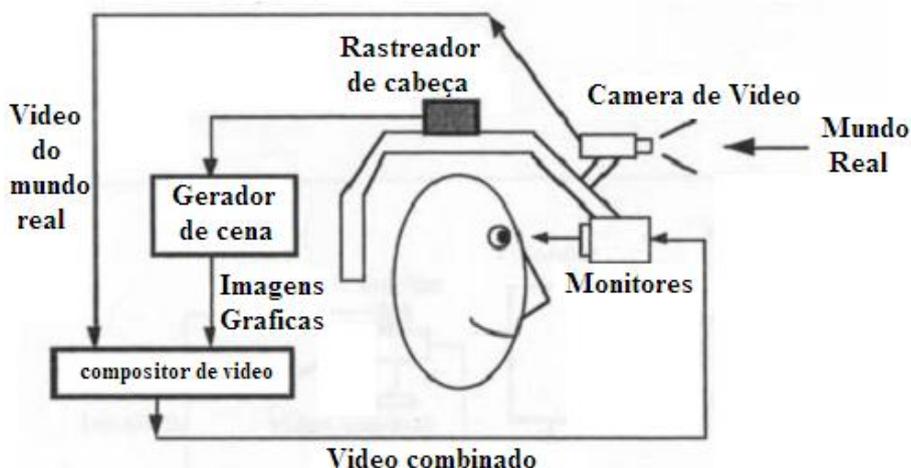


Figura 4: Sistemas de Visão direta por vídeo. Adaptado de (SUTHAUL, *et al*, 2002)

### 1.2.1.3 Sistemas de visão por vídeo baseado em monitor

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* (Figura 5). Este é o sistema mais utilizado.

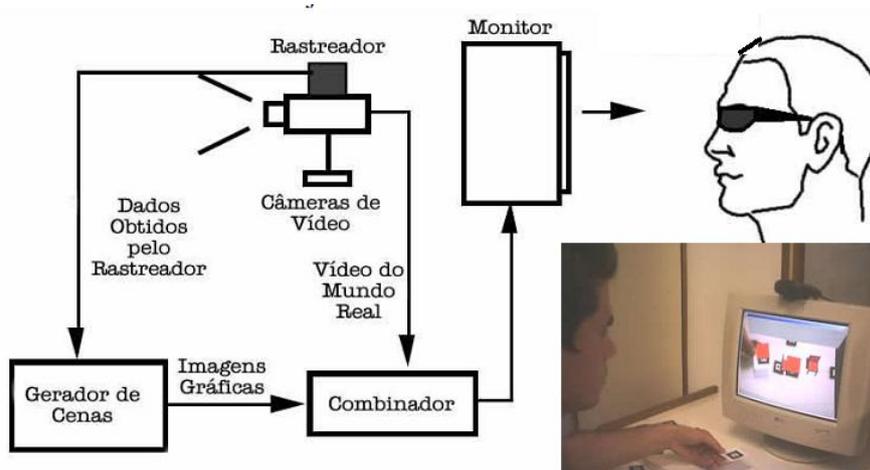


Figura 5: Sistemas de Visão por vídeo baseado em monitor (Kirner e Zorzal, 2005).

### 1.2.1.4 Sistemas 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.

## 1.2.2 Aplicações de RA

Aplicações usando Realidade Aumentada possuem o objetivo de melhorar o mundo real com informações do mundo virtual. Existem varias situações onde são utilizadas a RA como em aplicações militares, engenharia, manufatura, treinamento, medicina e jogos.

Exemplo de aplicação de RA com jogos, onde os usuários jogam pela rede e modificam o tabuleiro 3D por meio de marcadores pode ser visto na Figura 6.

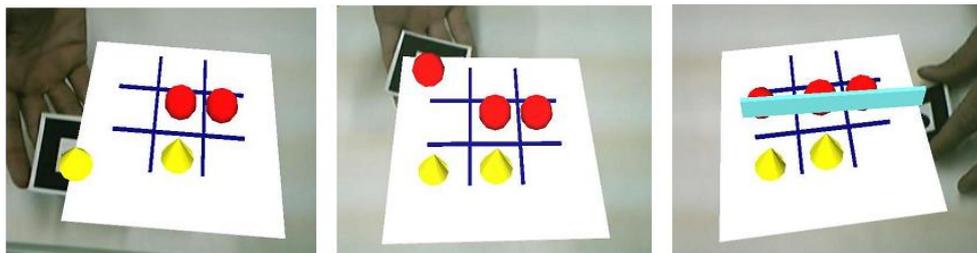


Figura 6 - Etapas do jogo da velha com realidade aumentada em rede (Kirner e Zorzal, 2005).

Um exemplo de aplicação de RA na medicina, onde o marcador é utilizado para estudos dos órgãos humanos por meio de modelos 3D. Figura 7.



Figura 7 - Coração Virtual (Gomes *et al*, 2006).

O modelo 3D do coração é feito em VRML, uma linguagem simples e utilizada muito para modelagem em navegadores web. Através dessa linguagem de modelagem foi possível deixar o coração mais real adicionando animações e sons característicos do órgão.

Com o mesmo propósito de estudar os órgãos e a anatomia do corpo humano, foi criado o projeto Miracle. Este sistema utiliza do Kinect para capturar a imagem e o contorno do corpo humano e uma saída de vídeo para mostrar a imagem misturada. Esta imagem misturada é composta da imagem capturada e por um modelo 3D de alguma região do corpo humano. O projeto pode ser visto na Figura 8.



Figura 8 – Mirracle (Blum *et al*, 2012).

Na manutenção, a Realidade Aumentada também é muito utilizada. Ela auxilia os usuários que não possuem muito conhecimento sobre a manutenção que está sendo realizada, dando mais segurança e precisão. Na Figura 9, é demonstrado um sistema de RA para a manutenção onde o usuário recebe em tempo real informações sobre o equipamento em que está trabalhando (Schwald e De Laval, 2003).



Figura 9 – Realidade Aumentada na Manutenção (Schwald e De Laval, 2003).

### 1.2.3 Processo de um framework de RA

Os frameworks de Realidade Aumentada, através de técnicas de Visão Computacional, fazem em tempo real o cálculo da posição e da orientação da câmera em relação aos marcadores de referência. Assim, os objetos virtuais tridimensionais devidamente cadastrados podem ser sobrepostos e posicionados ao mundo real com o uso dos marcadores. Em vista disto, os frameworks de RA realizam uma série de procedimentos.

Primeiramente transformam a imagem de vídeo capturada pela câmera em uma imagem com valores binários, de alto contraste, preto e branco. Em seguida, os frameworks buscam encontrar todas as regiões quadradas da imagem binária, fazendo a captura do símbolo do interior de cada região. Deste modo, ao fazer este procedimento, procuram encontrar alguma similaridade entre os símbolos capturados com os símbolos pré-cadastrados, de forma que, ao ter sucesso, ele considera que encontrou um dos marcadores de referência. Assim, o software faz uso do tamanho conhecido da região quadrada e da orientação deste marcador encontrado para calcular a posição real da câmera em relação à posição real do marcador. Dessa forma, o objeto virtual indicado pode ser precisamente desenhado sobre o marcador no mundo real, como demonstra a Figura 10.

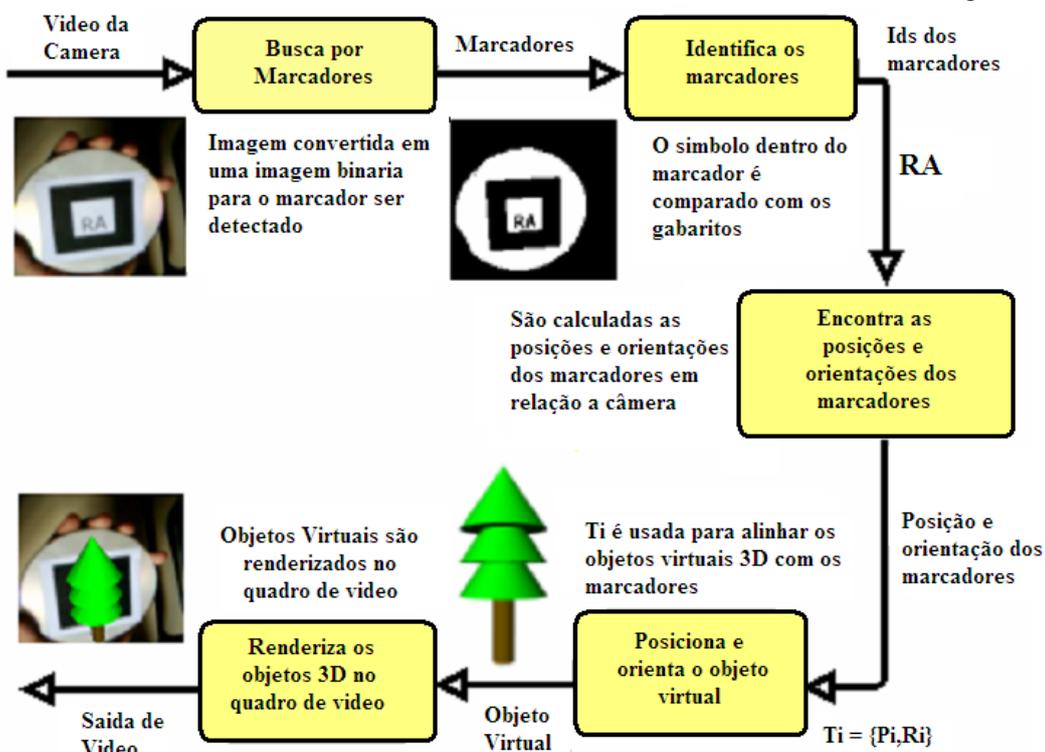


Figura 10 – Funcionamento de uma aplicação de RA. Adaptado de (Santin *et al*, 2007)

### 1.3 Interface Tangível

As Interfaces Tangíveis acrescentam um novo elemento de interação na entrada do sistema: um ou mais objetos reais. Esses objetos podem ser um cubo, uma garrafa, uma bola de gude ou qualquer objeto de uso cotidiano. Dentro do contexto, esses objetos possuem uma representação digital e ao serem movimentados, ocorre uma interação com o ambiente virtual apresentado.

Quando qualquer objeto sendo rastreado pelo sistema é manipulado por um usuário, a alteração sofrida pelo objeto é refletida e interpretada pelo sistema e poderá ser gerada uma mudança no estado e na saída de dados do sistema.

A barreira física dos objetos é muito destacada em aplicações para Interfaces Tangíveis, isso porque um objeto não ocupa o lugar de outro ao mesmo tempo, assim temos restrições físicas e não digitais como em outros tipos de aplicações usando outras modalidades de interface. (Fishkin, 2004)(Ishii e Ulmer, 1997) (Dietz, 2001) (Rogers e Lindley, 2004) (Radicchi *et al*, 2010).

#### 1.3.1 Classificação de TUIs

As interfaces tangíveis, segundo Fishkin (Fishkin, 2004), podem ser classificadas a partir de sua metáfora, ou seja, se as características e/ou ações dos objetos refletem as característica e/ou ações que ocorrem no meio digital (Fishkin, 2004).

Existem cinco tipos de classificações quanto à metáfora:

- Nenhuma metáfora: São interfaces que não possuem uma metáfora. Uma característica ou ação provocada no objeto não reflete de forma intuitiva a ação ou característica provocada no meio digital. Exemplo: ao apertar uma bolinha faz com que a luz do ambiente se apague.
- Metáfora de Nome: A analogia é feita em relação às características, como som, forma, e não através da ação e os eventos provocados. Exemplo: Objetos redondos são colocados em uma superfície, e deste modo adicionados objetos redondos na aplicação. Porém a ação foi de simplesmente colocá-los na superfície.
- Metáfora de verbo: A analogia neste caso se refere a ação e não a sua forma. Exemplo: Você pega um objeto, independente da forma, e ao move-lo para a direita a musica que estava tocando muda de faixa.

- Metáfora de nome e verbo: A analogia está em sua aparência e ação. Exemplo: Ao movimentar um avião de brinquedo no mundo real você está movimentando um avião de brinquedo no meio digital.
- Metáfora completa: Neste exemplo não existem analogias. O que você meche é o real e o digital ao mesmo tempo. Exemplo: O projeto “Illuminating Clay”. Ao manipular um pedaço de barro que representa uma paisagem, as projeções que estão sobre este pedaço de barro também muda, mudando assim também a paisagem. (Piper, et al, 2002)

Existe também a classificação de acordo com o grau em que a entrada e a saída do sistema estão incorporados. (Fishkin, 2004)

- Incorporação distante: A saída está em um lugar distante, longe da entrada, podendo estar até em outra sala.
- Incorporação ambiental: A saída do sistema está ao redor do usuário, no ambiente.
- Incorporação próxima: A saída ocorre perto da entrada do sistema.
- Incorporação completa: Neste caso o dispositivo de entrada do sistema também é o de saída.

### 1.3.2 Aplicações TUI

O I/O Brush (Ryokai *et al*, 2004) é um dispositivo tangível que tem a capacidade de capturar as cores e a textura dos objetos reais e enviar as informações capturadas a saídas de vídeos como monitores. Este projeto pode ser visto na Figura 11 (Ryokai *et al*, 2004).

O usuário do equipamento então captura a textura, pressionando a caneta contra o objeto desejado. Após alguns segundos com a caneta pressionada contra o objeto a captura é realizada e já é possível desenhar com a mesma em um quadro/monitor.



Figura 11: I/O Brush (Ryokai *et al*, 2004)

Esses monitores possuem entrada por toque, onde o usuário consegue provocar algumas ações como borrar e/ou suavizar seu desenho. O I/O Brush também é capaz de capturar cenas em movimento, como um olho piscando, e transformá-las em textura para seus desenhos.

A vassoura utilizada para a captura e desenho é composta por alguns sensores de pressão que se ativam quando a caneta for pressionada contra um objeto ou contra o monitor. Também é composta por uma câmera e LEDs brancos que auxiliam a captura da textura do objeto.

Outro exemplo de aplicação tangível é a “Reactable” (Geiger *et al*, 2010) que utiliza objetos reais, nesse caso cubos e cilindros transparentes, para criar sons. Dependendo da posição, ângulo, do tipo de objeto e da distância que um objeto está em relação ao outro é provocado um som diferente. Esta aplicação também usa interação de toque, podendo alterar assim as características que os objetos proporcionam como volume e frequência. Na figura 12 é possível ver a Reactable com os objetos tangíveis em sua superfície. (Geiger *et al*, 2010)

A superfície desse tipo de aplicação em formato de mesa e que as interações do usuário ocorrem em sua superfície são denominadas *tabletop*.

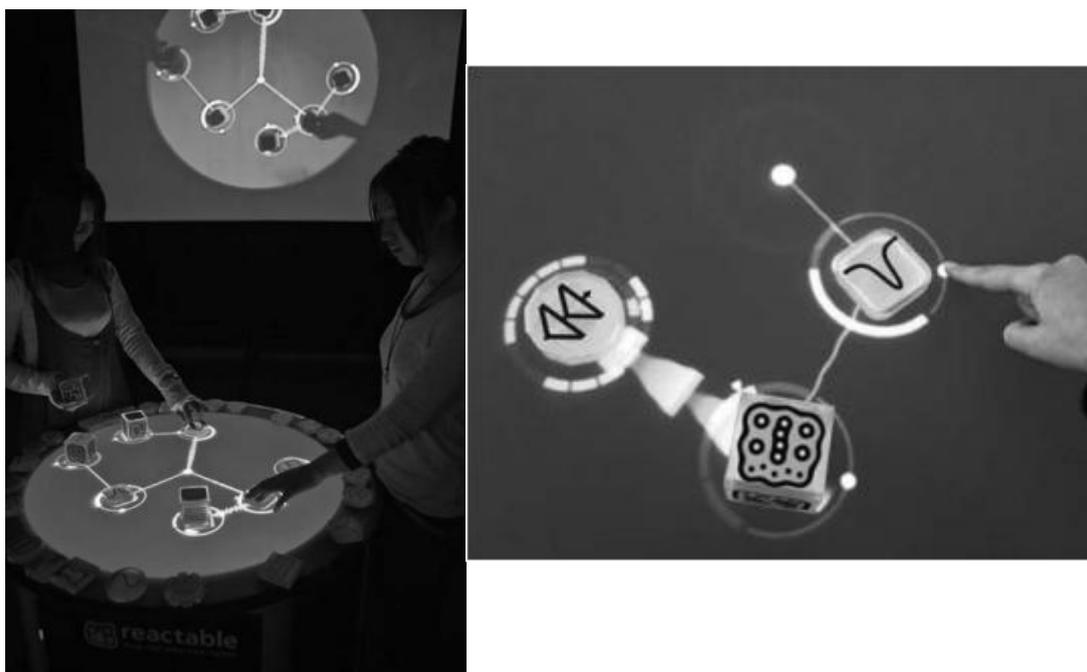


Figura 12: Reactable (Geiger *et al*, 2010)

O Topobo (Raffle *et al*, 2004) é uma interface tangível classificada como de incorporação completa, ou seja, sua entrada também é a saída. É um sistema composto por algumas peças que se encaixam formando a estrutura que o usuário desejar. Algumas dessas peças possuem servo motores com memória cinética, e quando o usuário provoca alguns movimentos, após algum tempo esses mesmos movimentos são repetidos sucessivamente, dando a impressão de que o usuário ensinou o objeto. As peças do Topobo e um exemplo podem ser vistos na Figura 13 (Raffle *et al*, 2004).

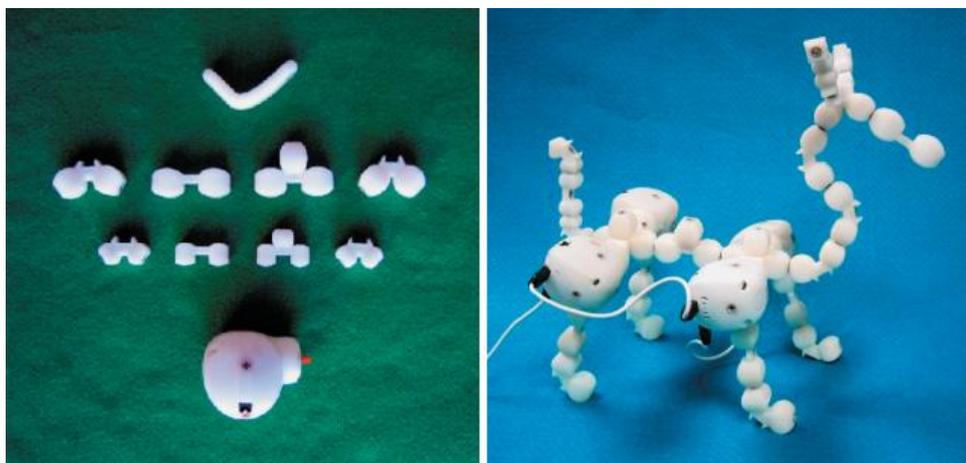


Figura 13: Topobo (Raffle *et al*, 2004)

Já o mediaBlocks é um projeto que inova o modo como transportamos os dados de um equipamento á outro. A proposta do projeto é transportar informações através de blocos de madeira marcados eletronicamente. Esses blocos são utilizados para manipular mídias online. Quando o usuário coloca seu mediaBlock no slot do lado de um quadro branco e escreve alguma informação no próprio quadro, esses dados são guardados na rede e possuem como link físico direto o mediaBlock. Ao colocar esse mesmo bloco no encaixe de uma impressora, é impresso o que foi escrito no quadro branco. Qualquer mídia é possível manipular, desde vídeo até texto. O projeto MediaBlocks pode ser visto nas Figuras 14 e 15.

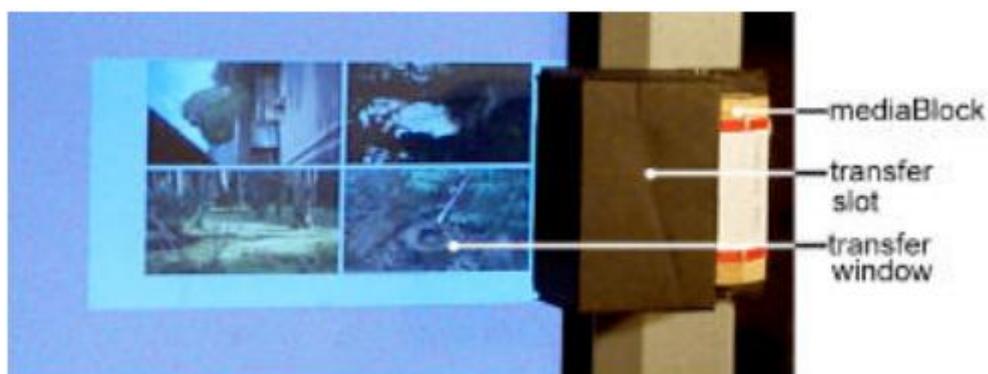


Figura 14: MediaBlock, Slot e sistema de visualização de mídias (Ullmer *et al*, 1998)



Figura 15: Slots dos blocos em um quadro branco e em uma impressora (Ullmer *et al*, 1998)

## CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA DE INTEGRAÇÃO DE INTERFACES

Este capítulo apresenta os trabalhos relacionados e a metodologia adotada para a integração entre as interfaces RA e TUI.

### 2.1 Trabalhos Relacionados

Billinghurst *et al* 2004 descrevem a Realidade Aumentada utilizada em auxílio a aplicações tangíveis *tabletop* (AR PRISM). Autores sugerem que, embora o objetivo da TUI seja auxiliar aplicações colaborativas, a RA apresenta-se como uma ferramenta para melhorar a interação, permitindo com que os usuários possam manipular dados espaciais como se fossem objetos reais (Billinghurst *et al*, 2004).

O AR PRISM é um projeto utilizando uma mesa tangível colaborativa para demonstrar informações geográficas. Enquanto alguns mapas são projetados, o usuário insere marcadores de papel na superfície da mesa. Quando a imagem desse marcador é capturada por um dispositivo de RA, ocorre uma sobreposição do modelo 3D do relevo do mapa. Figura 16.

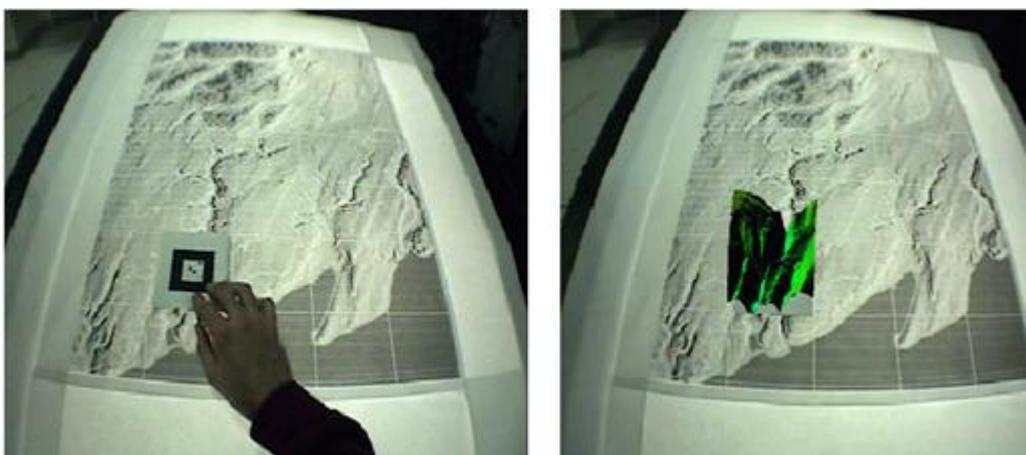


Figura 16: Interface Tangível *tabletop* integrada com RA. (Billinghurst *et al*, 2004).

Outro projeto que combina técnicas de Realidade Aumentada e Interfaces Tangíveis em arquiteturas *tabletop* é o "TARBoard: Tangible Augmented Reality System for Tabletop Game Environment". Esse trabalho propõe a criação de um sistema que permite deixar jogos de cartas mais interativos aos usuários (Lee *et al*, 2005).

O TARBoard (Lee *et al*, 2005) consiste de uma mesa de superfície transparente

onde as cartas, com seus devidos marcadores atrelados são dispostos na superfície. Sua arquitetura é composta por duas câmeras, um espelho usado para ajustar a imagem capturada pela câmera e um monitor convencional para saída de vídeo que podem ser vistos na Figura 17.

Uma câmera fica responsável pelo rastreamento dos marcadores tangíveis dessas cartas, enquanto a outra é usada para alimentar técnicas de Realidade Aumentada, misturando o ambiente e apresentando-o na saída de vídeo.

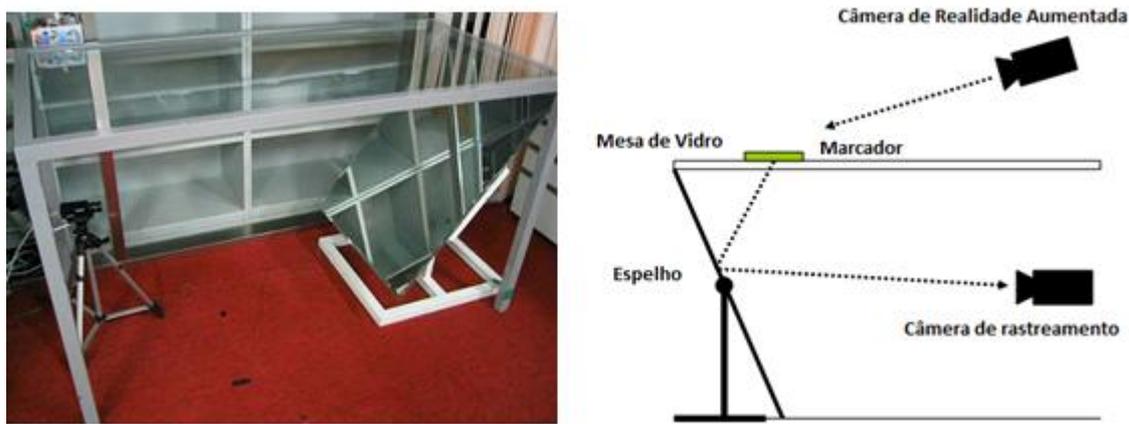


Figura 17: Arquitetura TARBoard. Adaptado de (Lee *et al*, 2005).

Para construir o ambiente misturado foi necessário associar os IDs dos marcadores das cartas aos modelos 3D apresentados na superfície da mesa. O objeto final do trabalho pode ser visto na Figura 18.



Figura 18: Realidade Aumentada atuando na superfície do TARBoard. (Lee *et al*, 2005).

Outro Trabalho com o mesmo objetivo que o TARBoard é o "Art of defense: a collaborative handheld augmented reality board game", com a diferença que a integração

das interfaces é apresentada em dispositivos móveis em vez de monitores CRT/LCD convencionais. (Duy *et al*, 2009)

Os marcadores dessa aplicação possuem formato hexagonal e com um quadrado desenhado no centro. Dentro do quadrado está desenhado a assinatura do marcador, ou seja, se ele vai representar uma torre ou qualquer outro elemento da estratégia. Figura 19.

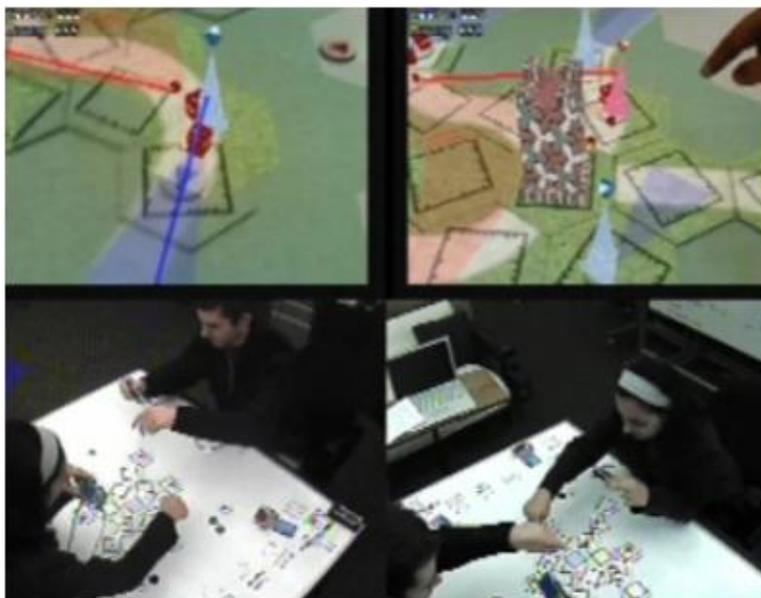


Figura 19 – Visão dos dispositivos móveis e dos jogadores (Duy *et al*, 2009).

Quando o usuário coloca um objeto pequeno cilíndrico e colorido em cima do marcador que representa a torre, a mesma perante o jogo é fortalecida. Esta ação pode ser vista na Figura 20.

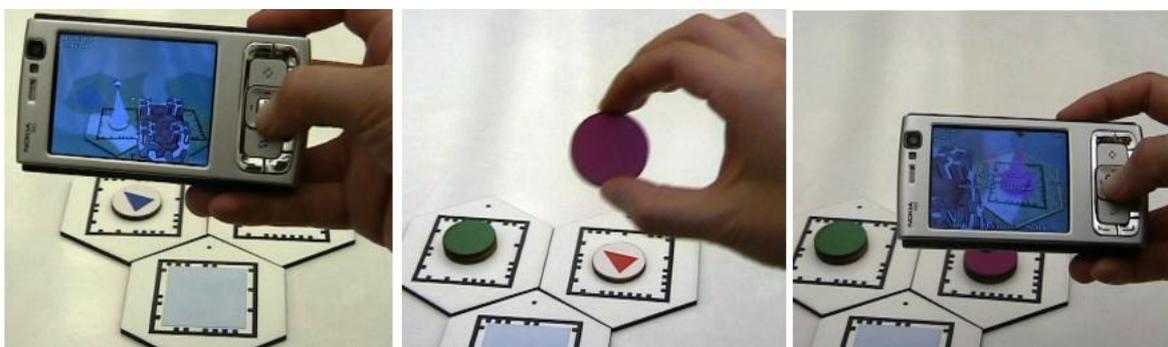


Figura 20 – Processo de fortalecimento da torre no Art of Defense (Duy *et al*, 2009).

## 2.2 Metodologia

O presente trabalho visa então apresentar a integração das interfaces *pós-wimp* RA

e TUI, com o propósito de suprir as limitações físicas da arquitetura *tabletop* e estender as possibilidades de recursos de interação e visualização disponíveis aos usuários.

Desta maneira, entidades virtuais tridimensionais da RA passarão a substituir os objetos físicos. Além disso a interação do usuário não ficará restrita apenas na superfície da TUI, mas estendida ao dispositivo móvel portador da aplicação de RA.

O presente projeto encontra-se dividido nos seguintes módulos, conforme ilustra a Figura 21: Módulo de Realidade Aumentada (RA), Módulo de Interface Tangível (TUI) e Módulo de Integração.

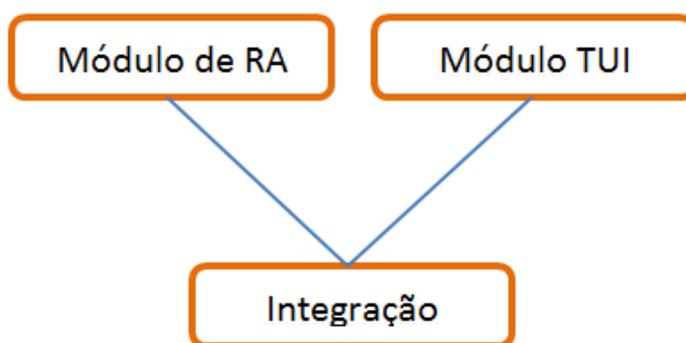


Figura 21: Metodologia em módulos adotada no projeto (Fonte: própria).

### 2.3 Módulo de Realidade Aumentada

O módulo de Realidade Aumentada é responsável por aplicar recursos de interação do usuário com as representações visualizadas por meio do dispositivo móvel. Esses recursos de interação podem ser executados em um *smartphone* ou *tablet*, que possuam o Sistema Operacional (SO) Android.

O módulo tem como objetivo reconhecer múltiplos marcadores e executar transformações nos mesmos e nos modelos tridimensionais que os representam, por intermédio de instruções enviadas para outros módulos do sistema via rede sem fio.

Para implementar as técnicas de Realidade Aumentada necessárias ao desenvolvimento do projeto, desde o reconhecimento dos marcadores até o registro das representações virtuais sobre os mesmos, foi adotada a API AndAR, desenvolvida para o SO Android. Esta API, descrita na subseção 2.3.1 como ferramental ao desenvolvimento do projeto, foi escolhida devido ao desempenho apresentado na precisão de registro e velocidade ao se reconhecer marcadores (AndAR, 2012).

Para os ensaios envolvendo a API AndAR foram utilizados dois dispositivos distintos: um *smartphone* com 800Mhz de processamento, uma GPU (*Graphics Processing Unit*) Adreno 200, 256MB RAM, câmera de 5 MP e SO Android 2.3.4 ; e um tablet que possui um processador de 1GHz, uma GPU PowerVR SGX530, 592MB RAM, câmera de 3.15 MP e SO Android 2.2.

O módulo foi desenvolvido para a versão do Android 2.1 para ser compatível com os dispositivos citados. Ele é composto por uma tela de conexão com demais módulos, uma tela contendo o conjunto de instruções e uma tela onde atua a Realidade Aumentada propriamente dita, aqui chamada de tela cliente de RA.

Na primeira tela é informado o endereço de rede e a porta para conexão com o módulo TUI. Só após estabelecer essa conexão que a tela cliente de RA será iniciada.

A tela de instruções informa o modo em que o aparelho deve ser utilizado e quais eventos de toque são permitidos em cada função da tela cliente de RA. A tela inicial pode ser vista na Figura 22a e a tela de instrução pode ser vistas na Figura 22b.



Figura 22: (a)Tela inicial e (b)Tela de instrução. (Fonte: própria)

Na tela cliente de RA aparecerá a imagem capturada pela câmera, e ao apontar para algum dos marcadores de RA, a imagem real deles será sobreposta por representações tridimensionais que podem ser vistas na Figura 23.

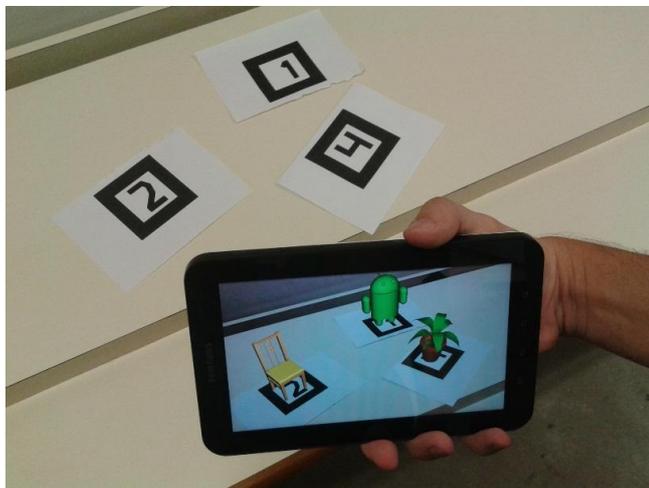


Figura 23: Representações tridimensionais sobrepostas aos marcadores utilizados pelo módulo de RA. (Fonte: própria)

Adicionalmente, na tela cliente de RA têm-se disponível uma interface com algumas opções de ações a serem realizadas sobre as representações de RA (modelos virtuais que representam os objetos físicos) e sobre os marcadores do módulo TUI, a serem discutidas na próxima seção.

Tais ações sobre representações de RA compõem as transformações geométricas de “Transladar”, “Rotacionar” e “Escala”. Ao selecionar alguma dessas opções o usuário pode provocar algum evento de toque na superfície do dispositivo móvel, de acordo com as informações contidas na tela de instruções, e assim causar as devidas transformações.

Já a opção “Escolhe” conduz o usuário a uma seção onde o mesmo pode escolher em qual dos modelos ou marcadores do sistema ocorrerá as transformações. O padrão de configuração de tela cliente de RA é ajustado para iniciar com a transformação “Escala” sobre o modelo/objeto de RA posicionado representado pelo marcador 1.

Já pela opção do menu “Marcador”, o usuário alterna o alvo das transformações entre marcadores e modelos, possibilitando que a translação, rotação e escala sejam então aplicados sobre os marcadores digitais de outro módulo.

Adicionalmente, a opção “Marcador” possibilita que o módulo de RA transmita mensagens para o módulo TUI, considerando a conexão estabelecida previamente, encarregado de tratá-las, conforme descrito no módulo de Integração.

Por fim tem-se a opção “Desconectar” que tem por finalidade fechar a tela cliente de RA, desconectar dos outros módulos e voltar para a tela inicial. Essa opção permite a configuração de uma nova conexão com o módulo TUI.

O menu de opções com o cliente de RA executando pode ser visto na Figura 24.

Foi estipulado um número máximo de 4 marcadores e/ou modelos a fim de não expor limitações do *hardware* dos dispositivos móveis, proporcionando assim um cenário satisfatório para ensaios com a aplicação.

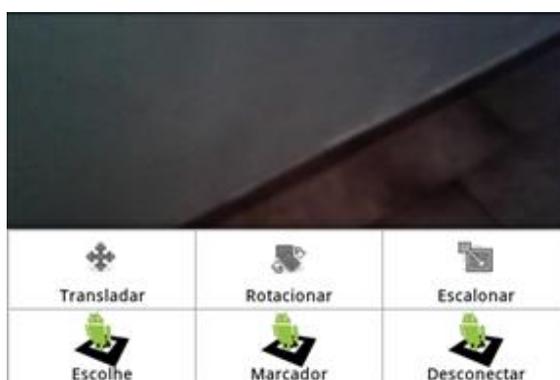


Figura 24: Tela de RA com os menus de opções. (Fonte: própria)

### 2.3.1 Android Augmented Reality – AndAR

O AndAR é uma API para aplicações de RA em Android baseado em uma API Java que faz todas as chamadas das funções nativas. Seu núcleo é originado de outro framework para desktop, o ARToolKit, porém com um código otimizado para uso em dispositivos móveis. A arquitetura do AndAR é demonstrada na Figura 25 (ARToolKit, 2012) (AndAR, 2012) (Jorge *et al*, 2012).

Por meio de uma API Java, é possível acessar a câmera e obter um fluxo de vídeo dela. Os frames capturados são então passados para as bibliotecas do ARToolKit, onde ocorre o cálculo da matriz transformação dos objetos 3D. Através do JNI (*Java Native Interface*) essa matriz é retornada para o código em Java. A imagem tratada é então carregada como uma textura OpenGL, a matriz transformação é aplicada e o objeto 3D é renderizado (Domhan, 2012).

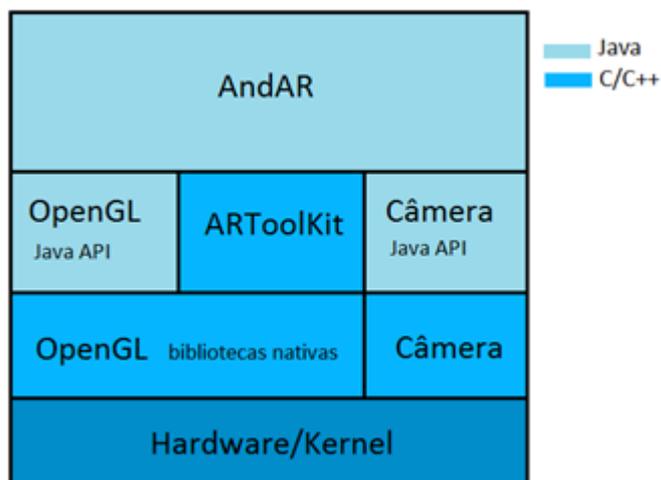


Figura 25: Arquitetura da API AndAR. Adaptado de (Domhan, 2012).

Diferente do ARToolKit, o AndAR utiliza uma versão customizada da biblioteca gráfica OpenGL para renderizar seus modelos 3D, o OpenGL ES. Atualmente essa biblioteca se encontra na versão v2.0. Funções que raramente eram utilizadas no OpenGL passaram a não existir mais no OpenGL ES tornando-o uma versão menor, ideal para dispositivos móveis. (AndAR, 2012).

Para se criar um objeto suportado pelo OpenGL ES dentro de um projeto do AndAR deve-se respeitar algumas condições: Todas as faces do objeto devem possuir especificações normais e o objeto deve possuir exatamente 3 vértices por face .

Na maioria dos frameworks de RA, a taxa de quadros por segundo (fps) é diretamente influenciada pelo tempo em que uma imagem demora a ser analisada, isso porque um novo quadro só é chamado assim que o anterior acaba de ser processado. Nesse momento que entra a vantagem do AndAR. Utilizando threads, a velocidade do rastreamento dos marcadores e conversão da imagem se torna mais rápida (Jorge *et al*, 2012).

O AndAR é baseado em três principais classes: AndARActivity, ARObject e OpenGLRenderer.

A classe abstrata AndARActivity trata grande parte da demanda relacionado à Realidade Aumentada como iniciar a câmera, detecção de marcadores e o controle do fluxo de vídeo.

Além disso, a `AndARActivity` também tem a função de fazer a comunicação com a classe `ARToolkit`, classe responsável por misturar a cena. Vale ressaltar que a classe `ARToolkit` trabalha com vários métodos *synchronized*, métodos estes que implementam `Threads`, o que pode ser visto no método de carregar os objetos “`public synchronized void registerARObject(ARObject aobject)`”

A classe abstrata `ARObject` é usada para registrar um objeto 3D para cada marcador. A assinatura da função utilizada é “`public ARObject(String name, String patternName, double markerWidth, double[] markerCenter)`”. São passados como parâmetro o nome do marcador e seu tamanho. O objeto 3D é desenhado no método `draw` de uma classe estendida de `ARObject`.

E por último a classe `OpenGLRenderer` que é responsável por tudo relacionado ao `OpenGL`. Essa classe possui três métodos principais. O `InitGL(GL10 gl)` é chamado apenas uma vez quando a superfície `OpenGL` for criada, onde pode-se realizar configurações iniciais do ambiente. O método `setupEnv(GL10 gl)` é chamado antes de cada objeto ser desenhado e é utilizado para especificar luz e materiais. E o método `draw(GL10 gl)` é chamado depois que todos os objetos de Realidade Aumentada forem desenhados. Geralmente utilizado para desenhar objetos não pertencentes a RA.

Os marcadores do `AndAR` são baseados nos mesmos utilizados no *framework* `ARToolKit`. Trata-se de um mapa com vários números representando a assinatura do marcador. (Jorge *et al*, 2012).

## 2.4 Módulo de Interface Tangível

O segundo módulo é encarregado da aplicação tangível *tabletop*, servidora das interações provenientes do módulo de RA.

A arquitetura da TUI *tabletop* adotada é composta por: uma placa acrílica usada como superfície, onde objetos serão sobrepostos e as imagens projetadas; um projetor multimídia utilizado como saída do sistema; espelhos para direcionamento da imagem do projetor em direção à superfície e uma câmera para a visualização de reflexões de ondas infravermelhas, responsável pelo rastreamento dos toques, marcadores e objetos tangíveis. Utilizando o infravermelho do ambiente ou de uma fonte emissora como lâmpadas led ou incandescentes, a câmera é capaz de capturar interações na superfície *tabletop*.

Os detalhes da arquitetura podem ser visto na Figura 26.

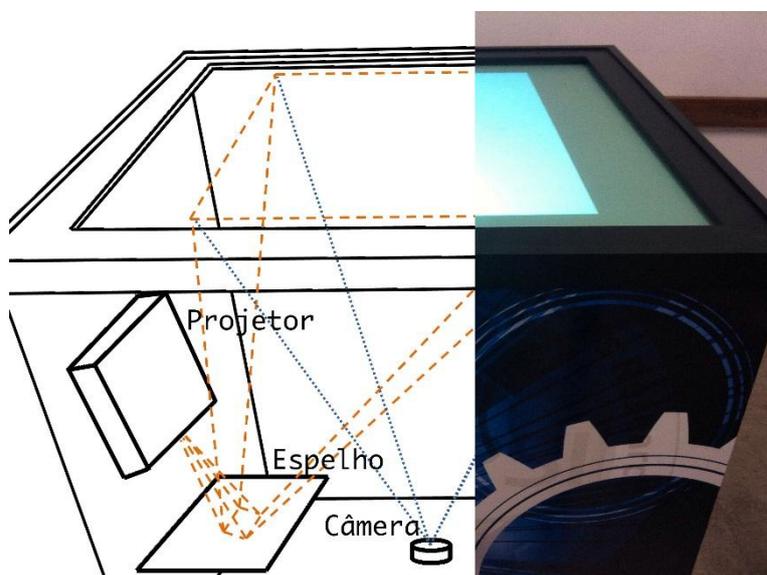


Figura 26: Arquitetura da mesa tangível *tabletop*. (Cruz e Botega, 2011).

O trabalho sugere que, sobre a mesa tangível, sejam dispostos vários objetos que se comportem como entrada do sistema. Para isso, é necessário que cada um dos objetos possua marcadores fiduciais, denominados amoebas (Figura 27), em sua parte inferior, representando-os de forma única.

Tais marcadores são então reconhecidos e identificados através de um número único (ID), por um *software* de rastreamento denominado CCV 1.4 (*Community Core Vision*). O CCV 1.4 também é responsável por disponibilizar tais IDs e suas respectivas orientações e posições físicas no endereço 127.0.0.1:3333, através do uso de um protocolo de domínio público, denominado TUIO (CCV, 2012) (Kaltenbrunner *et al*, 2005).

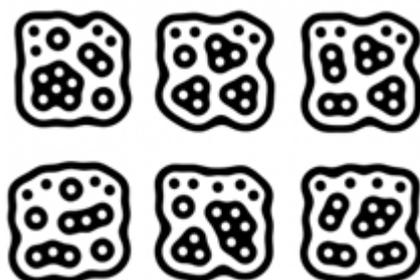


Figura 27: Marcadores amoebas. (Kaltenbrunner *et al*, 2005).

Com o marcador amoeba devidamente atrelado ao objeto e reconhecido pelo

software rastreador, há a necessidade de se representar o mesmo de forma digital, transformando o objeto físico real em um marcador digital de RA projetado na superfície da mesa.

Uma aplicação desenvolvida em Java, utilizando a API de multitoque MT4J (*Multi-Touch for Java*), é encarregada de recuperar os IDs disponibilizados pelo CCV e referenciá-los com as imagens dos marcadores de RA. Desta maneira objetos físicos reais podem assumir formas digitais no sistema. Quando essa aplicação identifica um novo objeto como entrada do sistema, o marcador de RA, atrelado a esse ID, é projetado em sua posição, na exata localização dos antigos marcadores amoeba. (MT4J, 2012)

Assim que o objeto tangível for retirado da superfície *tabletop*, é permitido ao usuário manipular os marcadores de RA, agora sensíveis ao toque.

Essa aplicação também permite receber mensagens de outros módulos, a fim de possibilitar o controle remoto dos marcadores gerados. Para isso, o módulo TUI oferece um servidor de conexão que fica aguardando mensagens de seu cliente móvel. Ao receber uma mensagem do dispositivo móvel, o módulo TUI interpreta a requisição e efetua transformações geométricas nos marcadores de RA (translação, rotação e escala).

A Figura 28 apresenta objetos com marcadores fiduciais amoeba dispostos sobre a plataforma e a exibição de marcadores de RA associados aos marcadores fiduciais amoeba dos objetos, já dispostos de forma digital e projetados na superfície.

Os modelos virtuais utilizados no trabalho, como projeções sobre os marcadores de RA, são fictícios, utilizados apenas para representar os modelos físicos que antes se encontravam sobre a plataforma tangível.

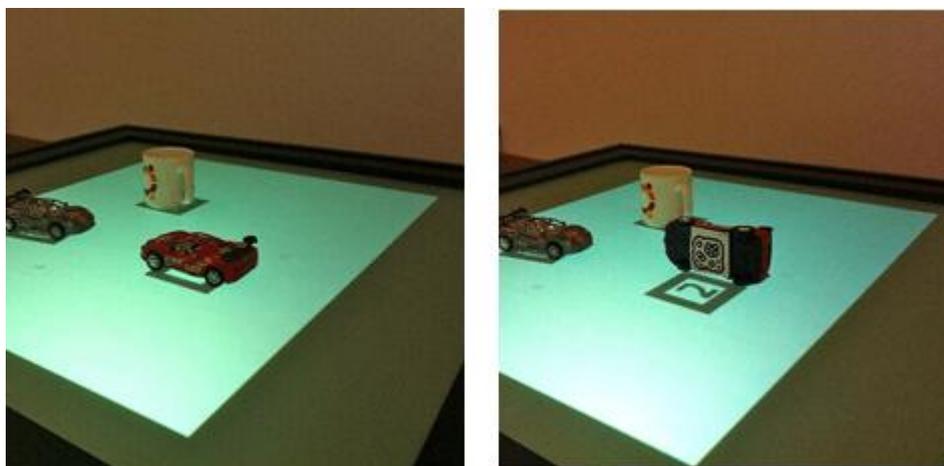


Figura 28: Objetos tangíveis sendo substituídos por marcadores de RA. (Fonte: própria)

## 2.5 Módulo de Integração

O módulo de Integração é o responsável por unir as capacidades dos módulos de RA e TUI, agregando às duas interfaces novas funcionalidades às aplicações dos usuários.

Como únicos requisitos essenciais ao funcionamento da proposta, encontram-se um rápido rastreamento e uma taxa de quadros por segundo satisfatória (em torno de 10 fps), para que a aplicação transmita ao usuário uma sensação de interação em tempo real ao focar a câmera do dispositivo nos marcadores digitais dispostos sobre a superfície da plataforma.

Como estrutura de comunicação, foram utilizados *hotspots* baseados em conexão Wi-fi, podendo conter chaves de segurança para garantir o acesso aos usuários permitidos.

Tal tecnologia de comunicação foi escolhida para o desenvolvimento deste trabalho devido a compatibilidade com a linguagem Java e diversos toolkits úteis neste contexto, como AndAR e o MT4J, bem como o fato do tempo de transferência proporcionar uma sensação de tempo real, além da grande aceitação e utilização que esta tecnologia tem entre usuários.

A transferência de dados entre dois dispositivos que estão na mesma rede não é direta, isto é, os dados enviados pelo emissor passam pelo roteador e este direciona para o dispositivo receptor.

A comunicação presente neste módulo utiliza a tecnologia Wi-Fi com o uso de *hotspots* por meio de *sockets* TCP/IP, onde o servidor que neste caso é a aplicação TUI, aguarda uma conexão de um cliente, neste caso o módulo de RA.

Quando o usuário informa o IP e a porta corretamente em seu dispositivo cliente, a conexão é estabelecida. Quando o cliente escolhe uma opção de modificação de marcadores e realiza esta ação em seu dispositivo móvel, é executado o envio de um parâmetro em forma de código para o servidor, contendo o ID de qual marcador foi escolhido e qual ação foi executada.

Posteriormente, a aplicação do servidor interpreta estes dados recebidos e realiza a modificação solicitada. Após realizar a modificação, o servidor está apto novamente a receber novos parâmetros de modificação.

Vamos imaginar que fora escolhida a opção “Escalonar” no menu do módulo de RA. É preciso então decidir em qual marcador ou modelo é desejado que sofra as

mudanças através da opção “Escolhe”.

É preciso ainda selecionar em qual interface será provocada as mudanças: nos marcadores projetados ou nos modelos tridimensionais da RA. Para isso seleciona-se a opção no menu “Marcador”. Após essas configurações, o módulo de RA passará a transmitir mensagens para o módulo TUI assim que ocorrer algum evento de toque em sua superfície.

O módulo TUI recebe essa mensagem em formato de String e faz os devidos tratamentos nos marcadores projetados em sua superfície. Um exemplo de mensagem gerada e transmitida entre os módulos pode ser vista na Figura 29.

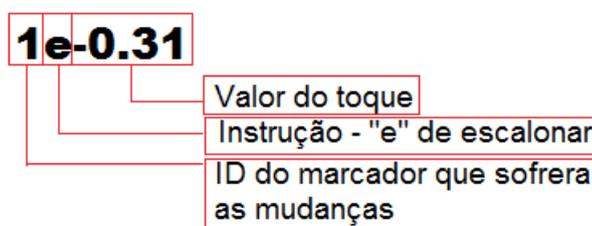


Figura 29: Exemplo de mensagem enviada do cliente para o servidor. (Fonte: própria)

Após todas essas mudanças o módulo de RA consegue capturar o marcador com suas novas mudanças, e conseqüentemente alterar as propriedades dos modelos tridimensionais.

A Figura 30 apresenta um diagrama destes eventos para que a fusão dos módulos ocorra com sucesso. A Figura 31 mostra a integração dos dois módulos, onde o módulo de RA, previamente conectado ao módulo TUI, captura e sobrepõe os marcadores de RA projetados.

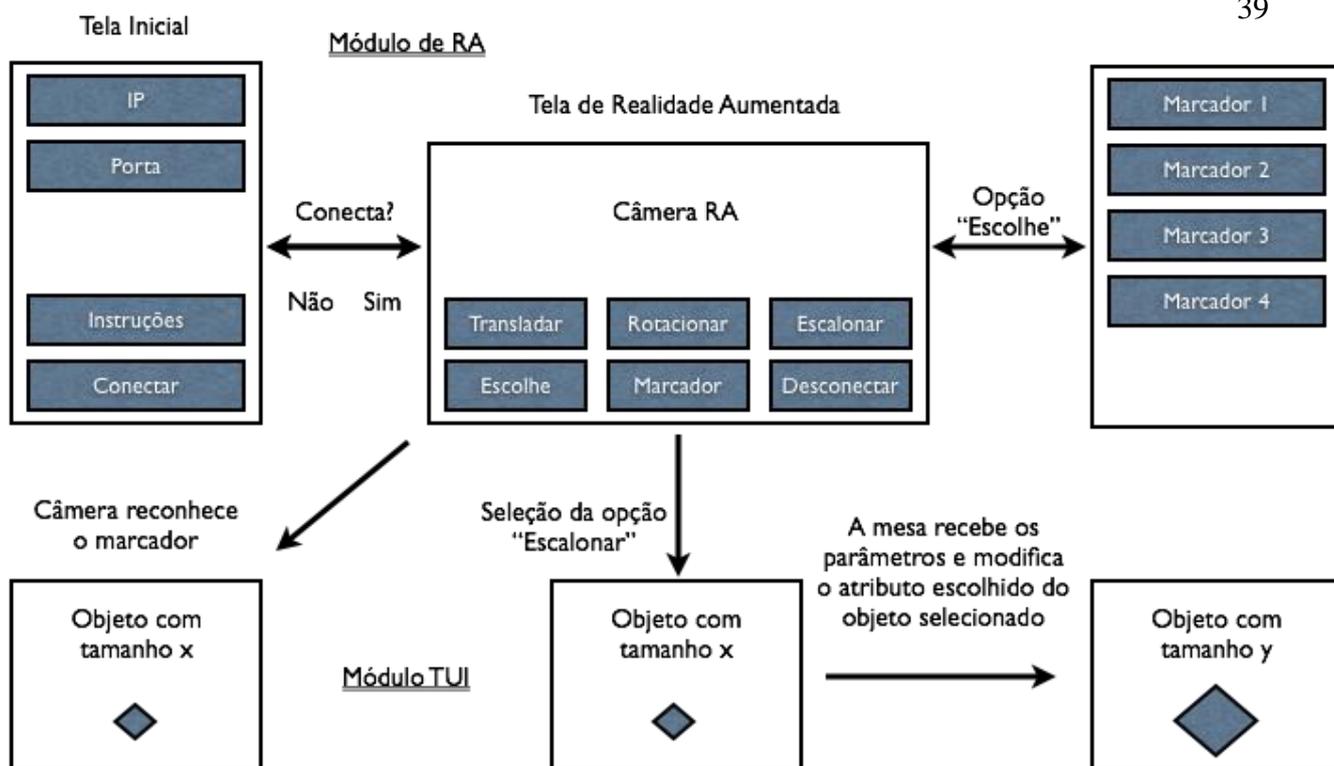


Figura 30: Diagrama de eventos da integração das duas interfaces. (Fonte: própria)

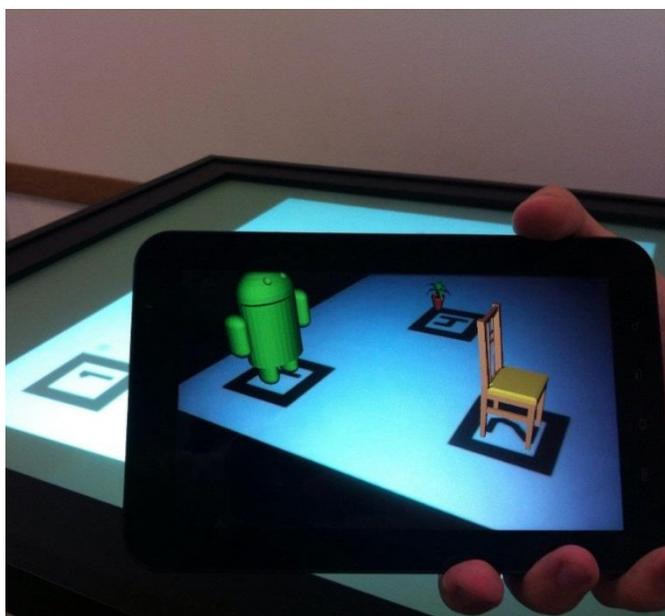


Figura 31: Integração dos módulos TUI e RA. (Fonte: própria)

### CAPÍTULO 3 – RESULTADOS

Considerando a metodologia estruturada em módulos de RA, TUI e integração, foi possível atingir resultados significativos quanto à ampliação da interação humano-computador.

A transformação de objetos físicos em entidades digitais projetadas na superfície da interface tangível *tabletop* trouxe consigo vários benefícios tais como:

- Rastreamento dos marcadores amoebas, pelo software CCV1.4, devidamente atrelados aos objetos físicos. Deste modo, através de seus respectivos IDs, os objetos passaram a ter uma representação digital no sistema. As informações disponibilizadas pelo software CCV1.4 incluem também a posição do objeto e sua orientação, que por intermédio do módulo TUI, possibilitou que transformações geométricas tivessem efeito na representação digital. Tal representação digital também pôde ser manipulada através da aplicação de eventos multitoques (translação, rotação e escala), proporcionando uma maior flexibilidade e customização do processo interativo. O processo de transformação dos marcadores tangíveis amoebas em marcadores de Realidade Aumentada pode ser visto na Figura 32.
- A manipulação através de eventos multitoques permitiu que marcadores digitais adquirissem uma nova propriedade, a escala, enquanto que objetos físicos reais não a possuem, além das transformações geométricas de translação e rotação.
- Interface mais "limpa" e ampliada para o usuário, uma vez que os marcadores projetados ocuparam menos espaço que os objetos físicos, permitindo também uma melhor visualização e organização da superfície e das suas aplicações. A Figura 33 ilustra o ambiente integrado entre objetos físicos e objetos tridimensionais.

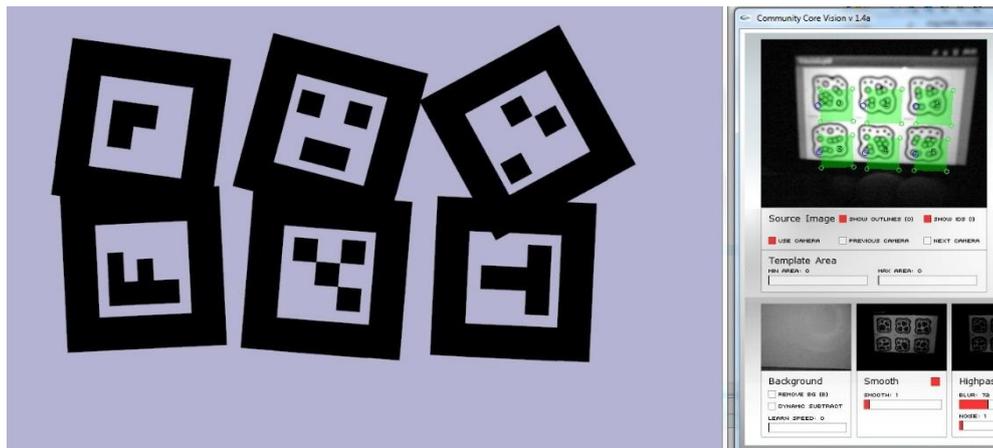


Figura 32: Processo de substituição dos objetos tangíveis por marcadores de RA. (Fonte: própria)

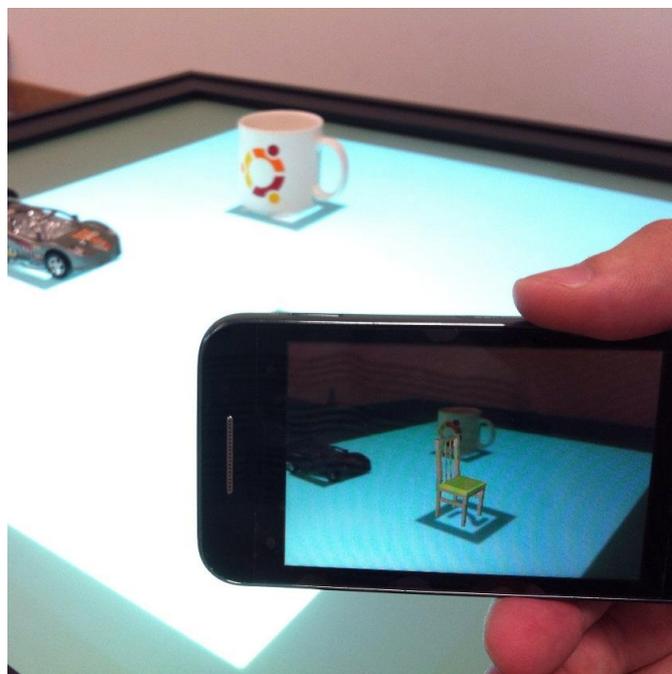


Figura 33: Integração entre as duas interfaces. Ambiente sem emenda. (Fonte: própria)

O usuário das interfaces consegue manipular as entidades projetadas através de eventos multitoques. Utilizando apenas um dedo o usuário conseguiu transladar facilmente um marcador virtual. Com dois dedos foi possível escalonar e/ou rotacionar a projeção.

Considerando que o módulo TUI suporta vários toques, os marcadores projetados puderam ser manipulados por mais de um usuário simultaneamente, característica inerente de uma interface *tabletop* colaborativa. A Figura 34 demonstra os eventos multitoques e suas respectivas transformações de translação, rotação e escala.

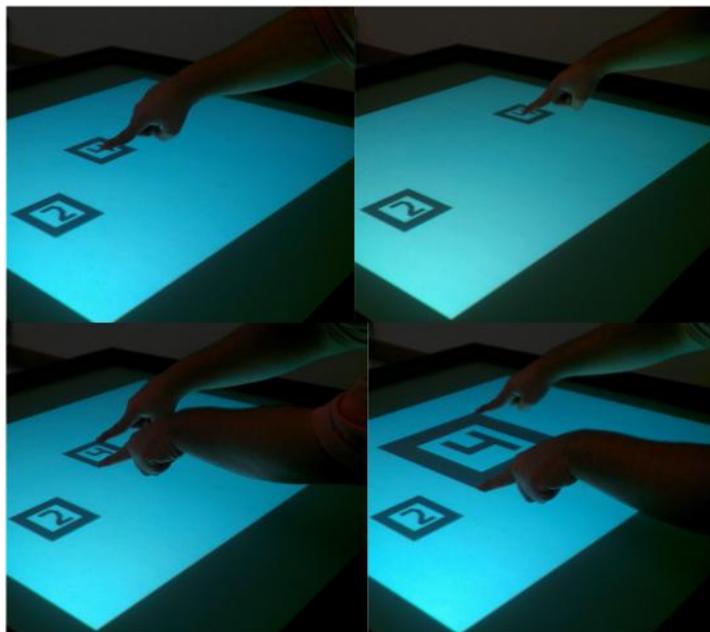


Figura 34: Eventos multitoques e suas transformações (Fonte: própria)

O módulo de RA permitiu ao usuário, através do *smartphone* ou *tablet*, interagir com as representações virtuais no dispositivo e provocar feedbacks tanto na interface *tabletop* quanto na própria aplicação móvel cliente de RA. Através de eventos de toque na tela do dispositivo móvel, o usuário conseguiu aplicar transformações geométricas tanto nos objetos tridimensionais de RA quanto nos marcadores projetados na superfície do módulo TUI.

Desta maneira, dois conjuntos de atividades puderam ser obtidos como produto da respectiva fusão de tais modalidades de interface *pós-wimp*: transformações geométricas sobre os modelos tridimensionais visualizados pelo dispositivo móvel e customização de marcadores de realidade aumentada de forma remota, utilizando o dispositivo móvel como controlador. A Figura 35 demonstra a interação do usuário com o produto final da integração.

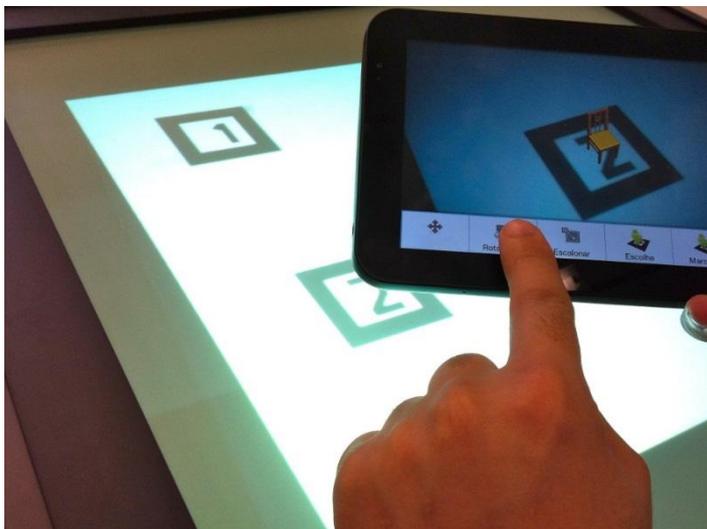


Figura 35: Interação do usuário com o menu de transformações. (Fonte: própria)

A interface originada a partir da integração das outras duas interface *pós-wimp* possui vários meios de entrada. O usuário pode ao mesmo tempo manipular a TUI através de objetos tangíveis, multitoque e também através do dispositivo móvel a distancia. Como saída do sistema possuímos agora duas interfaces, a da mesa tangível onde são projetados os marcadores, e a do dispositivo móvel onde é possível manipular tanto os objetos quanto os marcadores projetados na mesa.

Após a integração dessas duas interfaces, a Interface Tangível *tabletop* não perdeu a sua característica de mesa colaborativa. É possível que mais de um usuário use a interface ao mesmo tempo, bastando apenas que tenha outro dispositivo móvel com o aplicativo instalado.

Outro ponto que se destaca é que a TUI não possui mais objetos tangíveis com restrições físicas, ou seja, antes objetos não ocupavam o mesmo lugar na interface pois dois corpos físicos não ocupam o mesmo lugar no espaço. As restrições agora são apenas lógicas podendo desse modo agora ter duas representações de objetos no mesmo lugar ao mesmo tempo. Porém essa característica não é desejada já que a aplicação de RA não consegue capturar a sobreposição de marcadores tornando a visualização comprometida. Uma maneira de resolver isso é através da adição de algoritmos de colisão nos marcadores projetados, limitando assim a sobreposição dos mesmos.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho visou apresentar uma forma de ampliar a interação humano-computador através da integração de interfaces computacionais *pós-wimp*.

Tal objetivo foi atingido através da adição de técnicas de Realidade Aumentada como parte de um sistema tangível, integrando-se com outros módulos de interface e contribuindo para a visualização e interação das entidades envolvidas de forma intuitiva, transparente e sem emendas.

Conclui-se que o uso de visualização e interação por Realidade Aumentada pôde ser integrada a uma plataforma tangível *tabletop* como recurso complementar para suprir limitações físicas.

Por meio do módulo de RA, conseguiu-se provocar transformações nos marcadores de RA projetados na superfície do módulo TUI por meio de eventos de toque na superfície do dispositivo móvel, além de possibilitar que os próprios modelos que os representam também pudessem ser customizados quanto às suas características de posição, orientação e tamanho.

Conclui-se também que a interação do usuário entre as interfaces pôde ser ampliada. Com a integração das duas interfaces envolvidas, a quantidade de mecanismos e meios de entrada disponíveis ao usuário aumentou, fornecendo assim os primeiros passos para uma interface única e distribuída.

Como trabalho futuro, sugere-se a incorporação de gestos *drag-and-drop* entre as interfaces envolvidas, de modo que os marcadores de RA possam ser manipulados sob as mesmas operações mencionadas anteriormente, nos diferentes dispositivos, considerando a transposição dos modelos de uma interface para outra de forma rápida, direta e sem obstáculos de configuração.

Também é sugerido como trabalho futuro a criação de um mecanismo de colisão dos marcadores para evitar sobreposição dos mesmos. Outro trabalho futuro sugerido, é a realização de testes das interfaces integradas com usuários, validando assim sua usabilidade.

## REFERÊNCIAS

AndAR (Especificação Oficial). Disponível em <<http://code.google.com/p/andar/wiki/>>. Acesso em novembro de 2012.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., MacIntyre, B.. (2001) Recent Advances in Augmented Reality. IEEE Computer Graphics and Applications, v .21, n.6, p. 34-47.

Billinghurst, M., Kato, H., Poupyrev. I. (2004), “Collaboration with tangible augmented reality interfaces” In: Proceedings of HCI International, pp. 234-241.

Blum T., Kleeberger V., Bichlmeier C., Navab N. (2012). mirracle: An Augmented Reality Magic Mirror System for Anatomy Education IEEE Virtual Reality 2012 (VR), Orange County, USA, Mar. 4 - 8, 2012

BOTEGA, L.C., Cruvinel, P.E.; (2009) Realidade Virtual: Histórico, Conceitos e Dispositivos. In: PUCRS. (Org.). XI Symposium on Virtual and Augmented Reality - Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada. XI Symposium on Virtual and Augmented Reality - Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada. Porto Alegre: SBC, v. 11, p. 1-21.

Community Core Vision (CCV 1.4) (Especificação Oficial). Disponível em <<http://ccv.nuigroup.com/>>. Acesso em novembro de 2012.

Cruz, G., Botega, L. C. (2011). “Sensibilidade ao Contexto Aplicada em Interface Tangível” VII Workshop de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA), Uberaba, MG.

Dietz, P., e Leigh, D. (2001). DiamondTouch: a multiuser touch technology. Proceedings of the 14th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology (pp. 219-226). Orlando: ACM Press.

Domhan, T. (2010). Augmented Reality on Android Smartphones. Dissertação de Mestrado. Studiengangs Informationstechni. Dualen Hochschule Baden-Württemberg Stuttgart.

Duy, N., Raveendran, K., Xu, Y., Spreen, K., MacIntyre, B., (2009). Art of defense: a collaborative handheld augmented reality board game Mixed and Augmented Reality, In proceedings of 8th IEEE International Symposium (ISMAR 2009), pages: 135-142. 2009

Fishkin, K. P. (2004). A taxonomy for and analysis of tangible interfaces. Proceedings at Pers Ubiqui Comput. 8, pp. 347-358. London: SpringerVerlag London Limited.

Geiger, G., Alber, N., Jordà, S., Alonso, M. (2010) “The Reactable: A Collaborative Musical Instrument for Playing and Understanding Music” pp.36-43.

Gigante, M. (1993). Virtual Reality: enabling technologies. In: R. A. Earnshaw, M. A.

GOMES, W. L., KIRNER, C. Desenvolvimento de Aplicações Educacionais na Medicina com Realidade Aumentada. Bazar: Software e Conhecimento Livre, N. 1, p 13-20, Julho, 2006.

Ishii, H., e Ullmer, B. (1997). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. Proceeding CHI'97 (pp. 234-241). New York: ACM Press.

JORGE, F. R. ; Botega, L. C. ; ARAUJO, R. B. ; Oliveira, A. C . Integração de Realidade Aumentada e Interfaces Tangíveis para ampliação da interação do usuário (aceito para publicação). In: VIII Workshop de Realidade Virtual e Aumentada - WRVA 2011, 2011, Uberaba. VIII Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, 2011.

<sup>1</sup>JORGE, F. R. ; SATO, F. ; BOTECA, L.C. ; Oliveira, A. C. . Framework de Integração de Realidade Aumentada com Interfaces Tangíveis para Ampliação da Experiência do Usuário. In: Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2012, Niterói. Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2012.

<sup>2</sup>JORGE, F. R. ; SATO, F. ; Botega, L. C. ; Oliveira, A. C . Integrando Interface Tangível com Técnicas de Realidade Aumentada para Ampliar a Experiência Interativa do Usuário. In: Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, 2012, Ouro Preto. SIBGRAPI 2012 - Workshop of Undergraduate Work, 2012.

<sup>3</sup>JORGE, F. R. ; SATO, F. ; BOTECA, L.C. ; Oliveira, A. C. . Augmented Reality and Tangible User Interfaces Integration for Enhancing the User Experience (accepted). In: ACM SIGGRAPH VRCAI, 2012, Singapore. ACM SIGGRAPH VRCAI, 2012.

KIRNER, C.; PINHO, M.S. (1997) - Introdução à Realidade Virtual. Livro do Mini-curso, 1º Workshop de Realidade Virtual. São Carlos, SP, 9-12 de Novembro de 1997. Disponível em: <http://www.ckirner.com/download/tutoriais/rv-wrv97.pdf> (acesso em 14/11/2007).

KIRNER, C. and ZORZAL, E. R. (2005) Aplicações Educacionais em Ambientes Colaborativos de Realidade Aumentada. XVI SBIE2005 - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, UFJF, Juiz de Fora - MG.

Kaltenbrunner, M. & Bovermann, T. & Bencina, R. & Costanza, E. "TUIO - A Protocol for Table-Top Tangible User Interfaces", Proceedings of the 6th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation (GW 2005), Vannes (France)

Lee, W., Woo, W. e Lee, J. (2005). "TARBoard: Tangible Augmented Reality System for Table-top Game Environment". In: PerGames2005, Munich, Germany, Mai 2005. ACM Press.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F. (1994) Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum, Telemantipulador and Telepresence Technologies, SPIE, V. 2351, p. 282-292.

MT4J (Especificação Oficial). Disponível em <  
[http://www.mt4j.org/mediawiki/index.php/Main\\_Page](http://www.mt4j.org/mediawiki/index.php/Main_Page)>. Acesso em novembro de 2012.

- PIPER, B., RATTI, C., ISHII, H.(2002) "Illuminating clay: a 3-D tangible interface for landscape analysis". In: CHI, pp. 355-362.
- Radicchi, A. O., Nunes A. L. P., Botega, L. C. (2010). Development of a Tangible User Interface for Emergency Management Applications. Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens (SIBGRAPI), Gramado, RS.
- Raffle, H. Parkes, A. Ishii, H. Topobo: A Constructive Assembly System with Kinetic Memory. Proceedings of CHI 04. ACM Press, (2004), 869-877.
- Rogers, Y., e Lindley, S. (2004). Collaborating around vertical and horizontal displays: which way is best? *Interacting With Computers* , 16, pp. 33-52.
- RYOKAI, K., MARTI, S., ISHII, H. (2004). I/O brush: drawing with everyday objects as ink. Proc. CHI 2004, ACM Press ,303-310.
- Santin, R., Kirner, C. (2004). Ações Interativas em Ambientes de Realidade Aumentada com ARToolKit. In: Workshop de Realidade Aumentada –WRA2004, I, Piracicaba: Universidade Metodista de Piracicaba, 2004. Anais. Piracicaba, 2004. p. 26-30.
- SANTIN, R., KIRNER, C. (2007) - ARToolKit. In: CARDOSO, A.; KIRNER, C.; LAMOUNIER, E.; KELNER, J.. (Org.). *Tecnologias para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada*. 1 ed. Recife-PE: Ed. Universitária da UFPE, v. 1, p. 91-109.
- SCHWALD, B. & DE LAVAL, B., (2003) "An Augmented Reality System for Training and Assistance to Maintenance in the Industrial Context" in *Journal of WSCG*, Vol.11, No.1, ISSN 1213-6972 WSCG'2003, February 3-7, Plzen, Czech Republic.
- Shneiderman, B. (1998). *Designing the UserInterface: Strategies for Effective HumanComputer Interaction* (3rd Edition ed.). Reading, MA: AddisonWesley.
- SUTHAUL T., Vetter, M., Hassenpflug, P., Meinzer, H., Hellwich, O., (2002). A Concept Work for Augmented Reality Visualisation Based on a Medical Application in Liver Surgery, ISPRS Commission V Symposium, Berlin, 2002.
- Ullmer, B., Ishii, H., and Glas, D., (1998) "mediaBlocks: Physical Containers, Transports, and Controls for Online Media," *Computer Graphics Proceedings (SIGGRAPH 98)*(1998), pp. 379–386.
- Zhou, Z., Cheok, A. D., Chan, T., Pan, J. H., Li, Y. (2004), "Interactive Entertainment Systems Using Tangible Cubes", *Australian Workshop on Interactive Entertainment*, p. 19-22.