

Integrando Interface Tangível com Técnicas de Realidade Aumentada para Ampliar a Experiência Interativa do Usuário

Fábio Rodrigues¹, Fernando Sato¹, Leonardo Botega¹

¹Grupo de Interação Humano-Computador

Computing and Information Systems Research Lab - Centro Universitário Eurípides de Marília

Av. Hygino Muzzi Filho, 529 - Campus Universitário - Marília - SP

Resumo—Integrar interfaces computacionais pós-wimp surge como alternativa para suprir limitações de cada modalidade, do ponto de vista tanto de componentes de interação, quanto de provimento de feedbacks aos usuários. Interfaces Tangíveis *tabletop*¹ podem apresentar restrições referentes ao espaço físico disponível em sua superfície, o que limita o controle de objetos e prejudica o processo interativo. Desta maneira este artigo apresenta a fusão de técnicas de Realidade Aumentada com elementos de interfaces tangíveis *tabletop*, misturando componentes reais e virtuais em sua superfície, visando tornar o processo interativo mais rico, contínuo e sem emendas.

Palavras-chave—Realidade Aumentada Móvel, Interfaces Tangíveis de Usuários, Integração de Interfaces.

Abstract—Integrating post-wimp computer interfaces arises as an alternative to meet limitations of each modality, from the point of view of both interaction components and feedbacks to users. *Tabletop Tangible Interfaces* can present restrictions referring to available physical space on their surfaces, which limit the control of objects and deprecate the interactive process. Hence, this paper presents the fusion of techniques of mobile Augmented Reality with elements of *tabletop* tangible interfaces for blending real and virtual components on their surface, aiming to make the interactive process richer, continuous and seamless.

Keywords—Mobile Augmented Reality, Tangible User Interfaces, Integration of Interfaces.

I. 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 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 [1].

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 [2] [3] [4].

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 munidos de marcadores ou então reconhecidos pela sua forma [5] [6]. Em uma aplicação tangível esses objetos possuem uma representação digital e ao serem movimentados, ocorre uma interação com o ambiente virtual apresentado.

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 [5][6][7][8]. Adicionalmente, interações que não necessitem de objetos físicos, como as baseadas em gestos, também podem ser comprometidas pelo mesmo motivo.

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.

Desta maneira, o presente projeto tem como objetivo apresentar uma forma de ampliar a interação humano-computador através da fusão de modalidades distintas de interfaces computacionais pós-wimp, porém complementares.

A integração de tais modalidades de interfaces ocorre pela fusão de técnicas de Realidade Aumentada e elementos Tangíveis sobre uma arquitetura *tabletop*, apresentando como benefício somar às convencionais interfaces uma forma inovadora de visualizar e interagir com as entidades digitais em duas vias, ou seja, tanto no dispositivo móvel quanto na interface tangível *tabletop*, possibilitando contribuir para a experiência interativa e proporcionar um melhor aproveitamento do espaço físico.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Billinghurst et al 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

¹Interface em formato de mesa sensível ao toque, marcadores e objetos

usuários possam manipular dados espaciais como se fossem objetos reais [2].

O AR PRISM é um projeto que utiliza 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 [2].

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 [9].

O TARBoard 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 [9].

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.

Para construir o ambiente misturado foi necessário associar os IDs dos marcadores das cartas aos modelos 3D apresentados na superfície da mesa.

O TARBoard utilizou a API (*Application Programming Interface*) OpenCV para processar as imagens das duas câmeras, e o ARToolkit com a API OpenGL para aplicar as técnicas de Realidade Aumentada [10][11].

III. METODOLOGIA

O presente trabalho visa então apresentar a integração das interfaces pós-wimp RA e TUI, com o propósito de amenizar as limitações físicas da arquitetura *tabletop*, e estendendo 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.

Desta maneira, o objeto de pesquisa encontra-se dividido nos seguintes módulos: Módulo de Realidade Aumentada (RA), Módulo de Interface Tangível (TUI) e Módulo de Integração, descritos nas próximas seções.

A. 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. Tais recursos de interação podem ser executados em um *smartphone* ou *tablet*, munidos com o Sistema Operacional (SO) Android.

Tal 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 infraestrutura de 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. Tal API foi escolhida devido ao desempenho apresentado na precisão de registro e reconhecimento de marcadores [12][13].

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 Android 2.1 e 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 e a tela de instrução podem ser vistas na Figura 1.

Na tela cliente de RA aparecerá a imagem capturada pela câmera, e ao direcionar para algum dos marcadores de RA, a imagem real que o representa será sobreposta ao marcador.

Adicionalmente, na tela cliente de RA têm-se disponível uma interface com algumas opções de ações que podem ser 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 "Escalonar". Ao selecionar alguma dessas opções o usuário pode provocar algum evento de toque na superfície do dispositivo móvel, de acordo com as 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 "Escalonar" 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.

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 na seção B.

Por fim a opção "Desconectar" tem a finalidade de 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 2.

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.

B. 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 leds ou incandescentes, a câmera é capaz de capturar interações na superfície *tabletop*. Os detalhes da arquitetura podem ser visto na Figura 3.

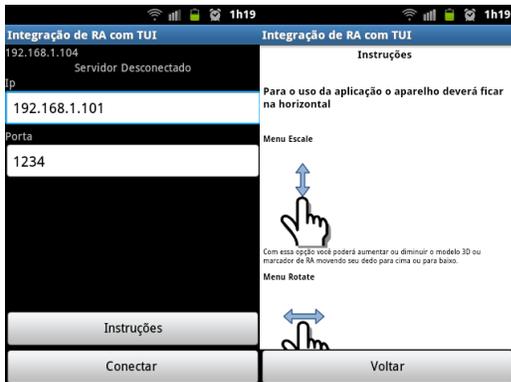


Figura 1: Conexão e instruções de uso para o módulo de RA



Figura 2: Interface de escolha do módulo de RA

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 4), em sua parte inferior, representando-os de forma única.

Estes marcadores são então reconhecidos e identificados através de um número único (ID), por um *software* de rastreamento denominado CCV 1.4 (*Community Core Vision*) [14]. O

CCV 1.4 também é responsável por disponibilizar as IDs dos marcadores 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 [15].

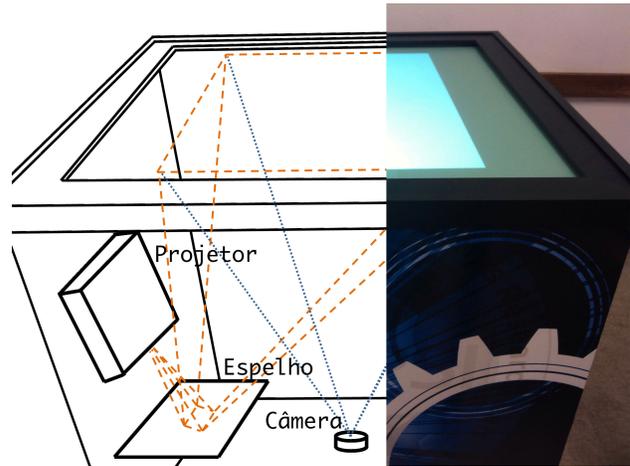


Figura 3: Arquitetura tangível *tabletop* utilizada no projeto [16].

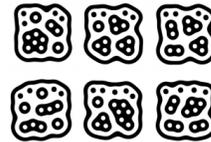


Figura 4: Marcadores amoeba a serem associados aos objetos físicos [15].

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*) [17], 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.

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 dos dispositivo móvel, o módulo TUI interpreta a requisição e efetua transformações geométricas nos marcadores de RA (translação, rotação e escala).

A Figura 5 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.

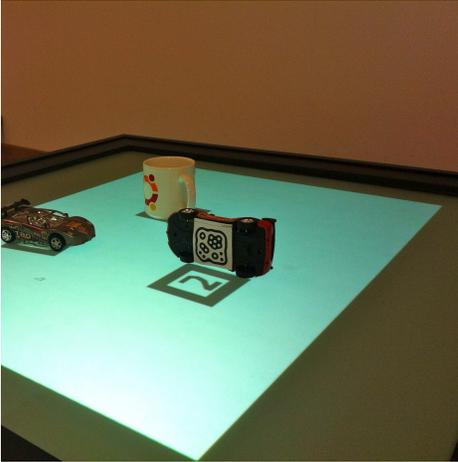


Figura 5: Arquitetura tangível *tabletop* com marcadores fiduciais amoeba atrelados a objetos físicos dispostos sobre a plataforma. Em seguida marcadores de RA são associados aos marcadores fiduciais amoeba, projetados na superfície do dispositivo.

C. 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 quadros/segundo), 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.

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* e *sockets*, podendo conter chaves de segurança para garantir o acesso aos usuários permitidos. Desta maneira, o servidor (módulo TUI), aguarda uma conexão de um cliente (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 6.

```
1e-0.31
Valor do toque
Instrução - "e" de escalonar
ID do marcador que sofrera
as mudanças
```

Figura 6: Exemplo de mensagem enviada pelo módulo de RA ao módulo TUI

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

A Figura 7 apresenta um diagrama destes eventos para que a fusão dos módulos ocorra com sucesso.

IV. 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 8.
- Manipulação através de eventos multitoques permitiu que marcadores digitais adquirissem uma nova propriedade,

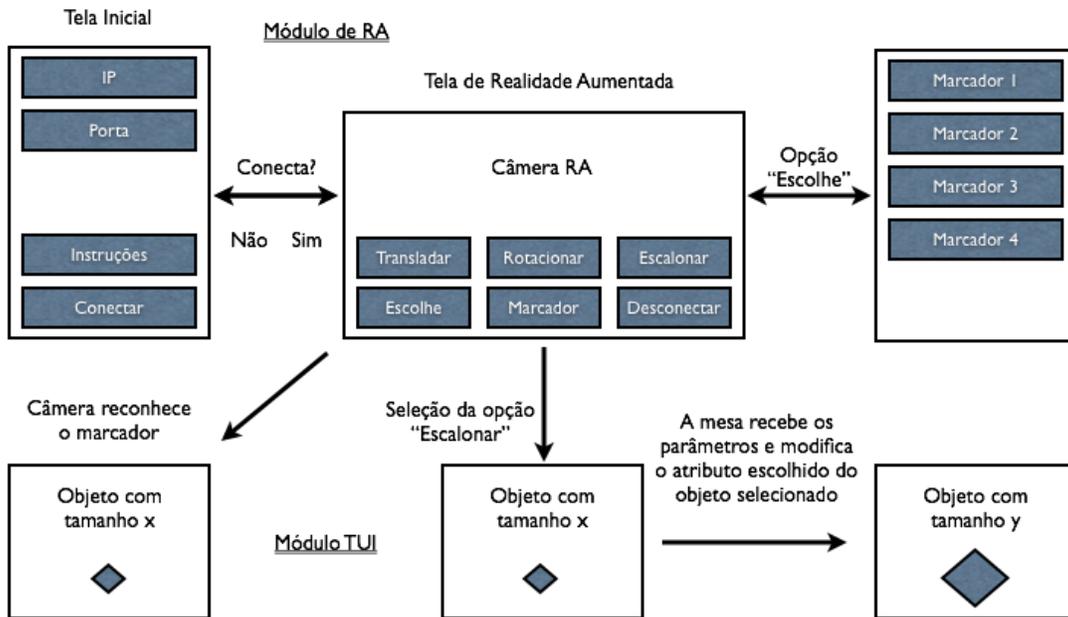


Figura 7: Fluxo de atividades do módulo de Integração

a escalabilidade, 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 9 ilustra o ambiente integrado entre objetos físicos e objetos tridimensionais, onde o módulo de RA previamente conectado ao módulo TUI, captura e sobrepõe os marcadores de RA projetados.

O usuário das interfaces consegue manipular as entidades projetadas através de eventos multitoques.

Utilizando apenas um toque, o usuário conseguiu transladar facilmente um marcador virtual. Com dois toques foi possível alterar a escala 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 10 demonstra os eventos multitoques e suas respectivas transformações de translação, rotação e escala.

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 11 demonstra a interação do usuário com o produto final da integração.



Figura 8: Módulo TUI - Reconhecimento dos marcadores Amoeba pelo CCV1.4 e transformação em marcadores de RA

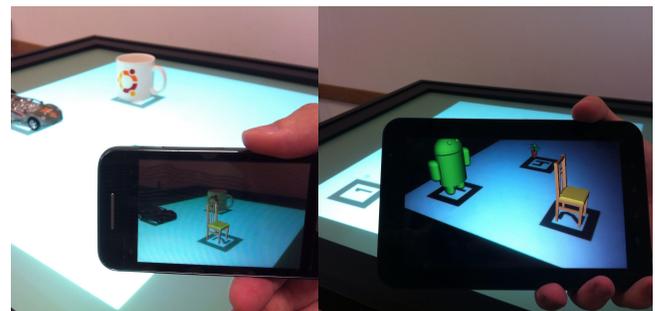


Figura 9: Tela cliente de RA com a API AndAR em funcionamento sob o módulo de Integração. Marcadores de RA associados aos marcadores fiduciais amoeba, projetados na superfície da plataforma.

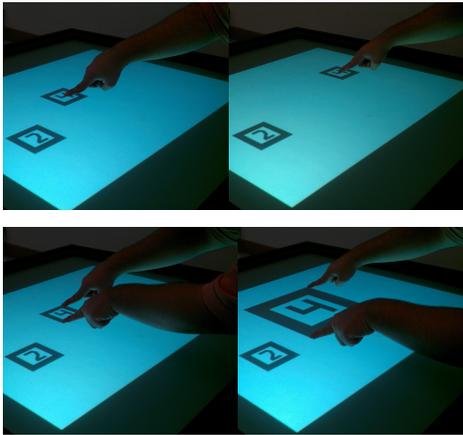


Figura 10: Interação direta nos marcadores de RA sob transformações geométricas de translação, rotação e escala.



Figura 11: Controle dos modelos tridimensionais e marcadores através do dispositivo móvel. Usuários podem customizar a interação remotamente.

V. CONCLUSÕES

O presente trabalho visou apresentar a composição de um *framework* de integração de interfaces computacionais pós-wimp. Tal objetivo foi obtido 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 amenizar 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, através deste *framework*, 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.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro (processo nº 143567/2011-0).

REFERÊNCIAS

- [1] Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F. (1994) Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum, Telemannipulador and Telepresence Technologies, SPIE, V. 2351, p. 282-292.
- [2] Billingham, M., Kato, H., Poupyrev, I. (2004), "Collaboration with tangible augmented reality interfaces" In: Proceedings of HCI International, pp. 234-241.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Open Computer Vision Library (Especificação Oficial). Disponível em <<http://www.intel.com/research/mrl/research/opencv/>>. Acesso em Março de 2012.
- [11] ARToolkit (Especificação Oficial). Disponível em <<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>>. Acesso em Março de 2012.
- [12] AndAR (Especificação Oficial). Disponível em <<http://code.google.com/p/andar/wiki/>>. Acesso em Março de 2012.
- [13] Domhan, T. (2010). Augmented Reality on Android Smartphones. Dissertação de Mestrado. Studiengangs Informationstechni. Dualen Hochschule Baden-Württemberg Stuttgart
- [14] Community Core Vision (CCV 1.4) (Especificação Oficial). Disponível em <<http://ccv.nuigroup.com/>>. Acesso em Março de 2012.
- [15] 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)
- [16] Cruz, G., Botega, L. C. (2011). "Sensibilidade ao Contexto Aplicada em Interface Tangível" VII Workshop de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA), Uberaba, MG.
- [17] MT4J (Especificação Oficial). Disponível em <http://www.mt4j.org/mediawiki/index.php/Main_Page>. Acesso em Março de 2012.