

An interaction tool for immersive environments using mobile devices

Daniel Medeiros, Felipe Carvalho, Alberto Raposo
Tecgraf - Computer Graphics Group
PUC-Rio (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro)
Rio de Janeiro, Brasil
{danielps,kamel, abraposo}@tecgraf.puc-rio.br

Ismael Santos
CENPES
Petrobras
Rio de Janeiro, Brasil
ismaelh@petrobras.com.br

Abstract—Interaction in engineering virtual environments differs by the necessity of the high precision level needed for the execution of specific tasks for this kind of environment. Generally this kind of task uses specific interaction devices with 4 or more DOF. Current applications involving 3D interaction use interaction devices for object modelling or for the implementation of navigation, selection and manipulation techniques in a virtual environment. A related problem is the necessity of controlling tasks that are naturally non-immersive, such as symbolic input (e.g., text, photos). Another problem is the large learning curve to handle such non-conventional devices. The addition of sensors and the popularization of smartphones and tablets, allowed the use of such devices in virtual engineering environments. These devices, besides their popularity and sensors, differs by the possibility of including additional information and performing naturally non-immersive tasks. This work presents a 3D interaction tablet-based tool, which allows the aggregation of all major 3D interaction topics, such as navigation, selection, manipulation, system control and symbolic input.

Keywords-3D interaction; virtual reality; mobile devices; virtual environments;

Resumo—A interação em ambientes virtuais de engenharia se diferencia pelo alto grau de precisão necessário para a realização de tarefas típicas desse tipo de ambiente. Para isso, normalmente são utilizados dispositivos de interação específicos que possuem 4 graus de liberdade ou mais. As atuais aplicações envolvendo interação 3D utilizam dispositivos de interação para a modelagem de objetos ou para a implementação de técnicas de navegação, seleção e manipulação de objetos em um ambiente virtual. Um problema relacionado é a necessidade de controlar tarefas naturalmente não-imersivas, como a entrada de símbolos (e.g., texto, fotos). Outro problema é a grande curva de aprendizado necessária para manusear tais dispositivos não convencionais. A adição de sensores e a popularização dos smartphones e tablets, possibilitaram a utilização desses dispositivos em ambientes virtuais de engenharia. Esses dispositivos se diferenciam, além da popularidade e presença de sensores, pela possibilidade de inclusão de informações adicionais e realizar tarefas naturalmente não-imersivas. Neste trabalho é apresentada uma ferramenta de interação 3D baseada em tablets, que permite agregar todos os principais técnicas de interação 3D como navegação, seleção, manipulação, controle de sistema e entrada simbólica.

Keywords-interação 3D; realidade virtual; dispositivos móveis; ambientes virtuais;

I. INTRODUÇÃO

A interação em ambientes virtuais para inspeção e treinamento em modelos de engenharia se diferencia pelo alto grau de precisão necessário. Outro problema relacionado é a necessidade de utilização de dispositivos específicos, já que os utilizados convencionalmente em jogos e ambientes do tipo WIMP (*Windows, Icons, Menu, Pointers*), como teclado e mouse possuem normalmente dois graus de liberdade e não são adequados para este tipo de aplicação. Os aplicativos de engenharia usam dispositivos como o 3DConnexionSpacePilot [1] com 6 graus de liberdade e 15 botões para as mais diversas funções. No entanto esses dispositivos têm alguns problemas: são dispositivos caros e a sua utilidade está limitada a aplicativos de engenharia e de modelagem 3D. Isso desestimula o usuário esporádico ou doméstico a ter um dispositivo como esses. Outro problema é que eles só podem ser usados sobre uma mesa, não podendo ser usados durante uma apresentação ou em ambientes imersivos de realidade virtual como uma CAVE [2].

Com a popularização dos dispositivos sensíveis ao toque, como o iPhone e mais recentemente com tablets, como o iPad, esses dispositivos se tornaram cada vez mais poderosos e se transformaram em computadores portáteis. Uma grande vantagem dos tablets é a sua portabilidade e a diversidade de sensores embutidos. Esses sensores capturam informações do aparelho e até mesmo do ambiente sendo, por exemplo, capazes de medir a pressão atmosférica, localização e aceleração. A utilização de tais sensores faz dos tablets uma alternativa interessante aos dispositivos de interação utilizados em ambientes virtuais (AVs). O relativo baixo custo e fácil acesso aos smartphones com sensores e telas multitoque é um incentivo à sua utilização em técnicas de interação tridimensionais.

Os sensores como acelerômetros e magnetômetros, podem informar a orientação do dispositivo espacialmente e possibilitam o rastreamento da posição do usuário. Já a tela sensível ao toque garante uma flexibilidade maior a este tipo de dispositivo, possibilitando a inclusão de controles adicionais de acordo com a aplicação utilizada e podendo ainda ser utilizado para mostrar informações adicionais.

As atuais aplicações utilizadas na área de interação 3D

estão relacionadas a utilização de dispositivos para criação ou melhor utilização de técnicas de navegação, seleção e manipulação de objetos em um ambiente virtual. Um problema relacionado é a necessidade de controlar tarefas naturalmente não-imersivas, como a entrada de símbolos (por exemplo, texto, fotos). Outro problema é a grande curva de aprendizado necessária para manusear tais dispositivos.

Neste trabalho é apresentado um ambiente de realidade virtual baseado em tablets, que permite agregar todos os principais tópicos de interação 3D como navegação, seleção, manipulação, controle de sistema e entrada simbólica. Nas duas próximas seções serão apresentados trabalhos relacionados, destacando as técnicas de interação 3D utilizadas neste trabalho. A seção IV mostra a ferramenta desenvolvida e a aplicação de engenharia utilizada para validá-la, e a última seção do artigo apresenta as considerações finais.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Várias são as utilizações de *smartphones* e *tablets* encontrados na literatura. Ruiz et al.[3] apresentam diferentes técnicas de utilização dos sensores em tarefas corriqueiras como atender uma chamada ou realizar uma busca por contatos no telefone.

São também encontrados na literatura trabalhos que discutem a concepção e avaliação de técnicas de navegação em ambientes virtuais tridimensionais [4], [5], [6] e [7]. No entanto como mostrado em Medeiros et al. [8] estes trabalhos não levam em conta testes de precisão dos aparelhos, característica considerada importante em ambientes virtuais de engenharia.

Outra tendência é a utilização de dispositivos móveis para seleção e manipulação de sistemas de multivisualização. O trabalho de Boring et al. [9] trata de seleção e manipulação de objetos 2D em *displays* situados distantes do aparelho através de técnicas de processamento de imagem do vídeo capturado pela câmera do dispositivo. Já Debarba [10] propõe um sistema utilizando *smartphones* para ambientes de multiresolução que utiliza um esquema de janela virtual utilizado para melhorar a precisão de seleção de objetos neste tipo de ambiente. Porém, nota-se que os testes feitos ainda não foram conduzidos em ambientes virtuais mais complexos, além da impossibilidade de incluir funcionalidades adicionais pela própria dimensão do aparelho utilizado. De qualquer forma, a idéia da janela virtual aumenta a precisão da seleção, e foi utilizada na concepção da ferramenta proposta.

A utilização de dispositivos móveis em ambientes virtuais não se limita a tarefas de navegação e seleção. Recentemente, foram anunciadas plataformas como o Microsoft SmartGlass [11] e Nintendo Wii U [12] que trazem a chamada experiência de segunda tela. Nestes sistemas o tablet funciona como uma ferramenta complementar ao jogo, podendo conter informações adicionais relacionadas ao jogo

como mapas e menus, além de servir de dispositivo de interação tridimensional.

Outra utilização interessante dos dispositivos móveis é o ARDrone [13]. O ARDrone (Figura 1) é um quadricóptero, ou seja, um aeromodelo com quatro hélices, capaz de planar no ar. O controle do aeromodelo é feito através de um dispositivo (celular/*tablet*) nas plataformas Android/iOS. Um aplicativo é instalado no dispositivo e com ele o usuário pode visualizar o conteúdo capturado pelas câmeras presentes no aeromodelo, uma localizada na parte frontal e outra na parte inferior, enviadas por uma rede wifi dedicada, criada entre o quadricóptero e o dispositivo.

Os controles básicos mapeados no aparelho são o de rotação em torno do eixo definido pela orientação dos sensores (Figura 2- item A) e translação (Figura 2- item B). Já o direcional no canto esquerdo (Figura 2- item C) da tela ao ser pressionado, controla a orientação em que o aeromodelo irá navegar, dada pelos sensores de acelerômetro e magnetômetro, além de outros controles adicionais como o de ligar e desligar os motores do quadricóptero e mexer em configurações da aplicação e do próprio aeromodelo. O uso dos sensores do dispositivo em conjunto com os controles adicionais da interface serve de inspiração para a ferramenta proposta, como será visto na seção seguinte.



Figura 1. AR Drone [13].

III. PROBLEMÁTICA

Dado o grande poder de representação dos dispositivos móveis em ambientes virtuais, foi visto que estes ainda não utilizam todas as técnicas de interação descritas em [14]. A partir dessa abordagem foi idealizada uma forma de utilizar e expandir as ferramentas encontradas em procedimentos de treinamento em ambientes virtuais de engenharia. A proposta aborda o estudo da incorporação da maioria das técnicas de interação propostas em Bowman et al. [14] em ambientes virtuais imersivos. Tais técnicas serão apresentadas a seguir.



Figura 2. Interface da aplicação móvel do ARDrone [13].

A. Técnicas de interação e suas utilizações

1) *Seleção e manipulação*: Técnicas de seleção são aquelas utilizadas pelo usuário para escolher um ou mais objetos do ambiente virtual. Já as técnicas de manipulação modificam as propriedades, frequentemente a posição e orientação, de um objeto selecionado. Algumas das técnicas de manipulação e seleção descritas em Bowman et al. [14], mostram diferentes abordagens de acordo com o dispositivo utilizado pelo usuário, como o *Raycasting*, que utiliza dispositivos apontadores como o *mouse* e o *flystick*. Nessa técnica o usuário utiliza tais dispositivos para apontar para um determinado objeto com um raio virtual que define a direção do apontamento e permite o usuário realizar transformações em um determinado objeto, como a rotação e translação do mesmo. Um problema relacionado a essa técnica é a dificuldade causada pela grande sensibilidade de alguns dispositivos que dificultam a seleção de determinados objetos na cena tridimensional.

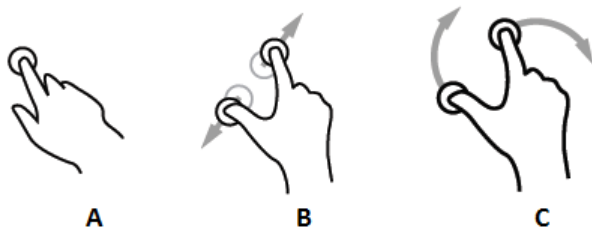


Figura 3. Gestos de manipulação/seleção. (a) Seleção simples (b) Escala (c) Rotação [15].

Outra técnica estudada foi a *Image Plane Technique* [16], nesta técnica o usuário seleciona e manipula objetos 3D através de toques em uma projeção 2D, normalmente em um plano de seleção localizado na frente do usuário no ambiente virtual. Pela natureza desta técnica torna-se interessante o

uso de dispositivos que utilizam o toque do usuário, como é o caso dos *smartphones* e *tablets*. Por isso, foi visto que essa técnica pode ser utilizada de forma semelhante a proposta no artigo original, com o próprio tablet servindo como interface 2D de seleção e manipulação, utilizando gestos já conhecidos como o tap (Figura 3- item A), para seleção simples, os gestos *pinch* e *spread* para realizar a escala dos objetos (Figura 3-item B) e rotação (Figura 3-item C). Para uma melhor manipulação dos objetos na cena tridimensional estão previstos botões na interface que selecionam em qual dos eixos o usuário pretende executar a operação desejada.

Para um maior nível de precisão para a seleção dos objetos foi idealizada uma janela virtual, similar ao proposto em Debarba et al. [10] de forma a conter apenas uma região do ambiente virtual. Esta janela é renderizada e posicionada de acordo com a posição do tablet. Porém, diferentemente do trabalho proposto por Debarba et al. [10], no presente trabalho são utilizados rastreadores óticos como o ARTracker [17] e BraTracker [18], que garantem uma maior precisão à ferramenta. A Figura 4 exemplifica o esquema de janela virtual proposto.

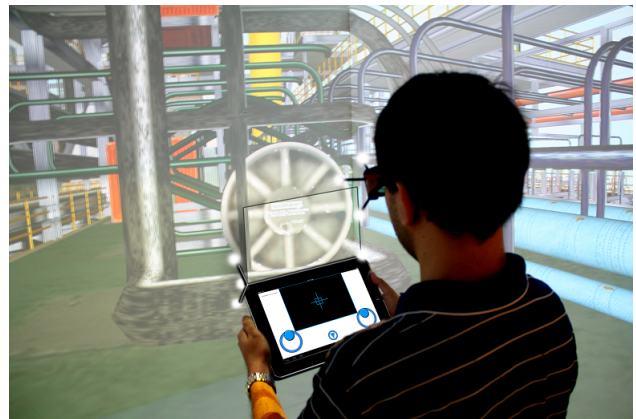


Figura 4. Esquema de janela virtual proposto.

2) *Navegação*: Navegação é o ato de levar o usuário de um lugar para o outro em uma determinada direção no cenário virtual. Tópicos recorrentes nesta técnica de interação são os de Exploração, onde o usuário não possui nenhum objetivo específico ao navegar no ambiente, e Busca, onde o usuário possui um objetivo bem definido e pode ou não contar com informações adicionais (*wayfinding*) para auxiliá-lo a chegar ao seu objetivo [19].

Como visto nos trabalhos relacionados são muitas as utilizações de dispositivos móveis em tarefas de navegação, inclusive em sua maioria utilizando os sensores do dispositivo para controlar um objeto no cenário virtual, como o trabalho proposto por Medeiros et al. [8]. Um problema dessa abordagem é a grande sensibilidade dos sensores presentes nos aparelhos, que pode tornar a navegação uma tarefa difícil. Uma das aplicações estudadas, o ARDrone [13],

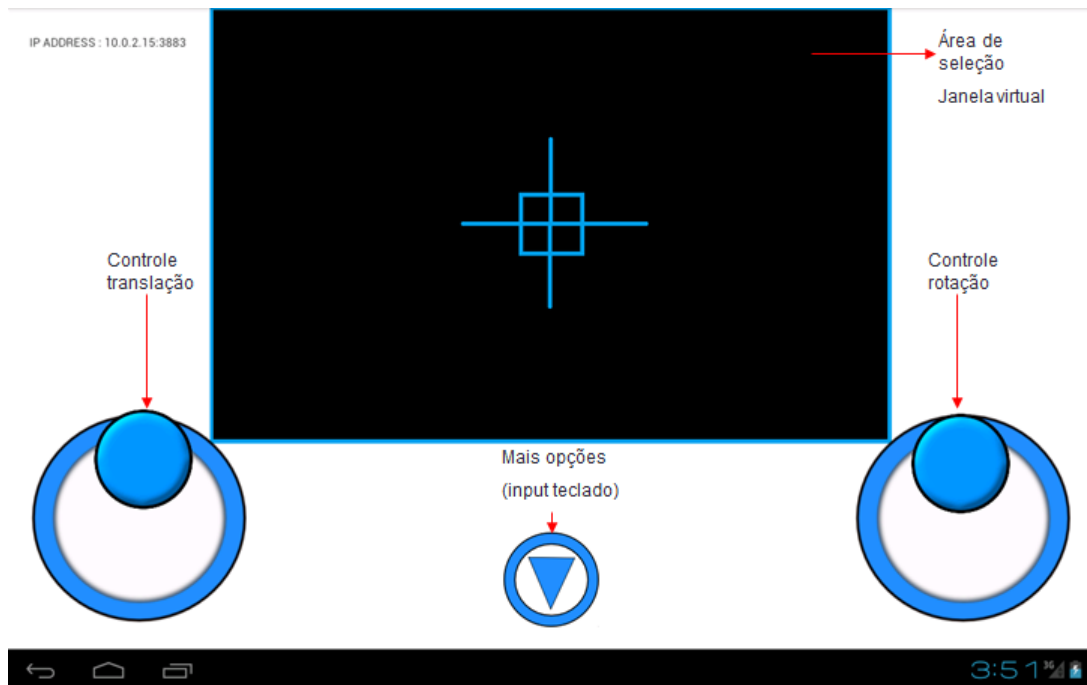


Figura 6. Interface da aplicação móvel.

resolve essa dificuldade incorporando controles adicionais na interface que auxiliam na navegação do usuário. Por isso, o mapeamento previsto utiliza os sensores para definir a direção do objeto e controles direcionais para controlar a rotação sobre esse eixo e a navegação propriamente dita. A Figura 5 ilustra a utilização de controles adicionais na interface do dispositivo para uso em conjunto com os sensores do aparelho.

3) *Entrada Simbólica e Controle de Sistema:* Além da capacidade de utilização dos dispositivos móveis com sensores, há também a possibilidade de incorporar diferentes



Figura 5. Navegação por controles direcionais.

recursos na interface da ferramenta utilizando elementos como botões, menus e *check boxes*. Tais elementos, quando utilizados para enviar comandos para a realização de uma determinada ação na aplicação, como o abrir de uma porta ou a confirmação da seleção de um objeto são chamados de elementos de controle de sistema. Esses elementos de controle de sistema são aplicados na ferramenta para confirmar ações do usuário, como a confirmação de seleção de um objeto da cena tridimensional, por exemplo.

Outra técnica relacionada que também pode ser incorporada ao sistema é a de entrada simbólica. Entrada simbólica permite ao usuário comunicar informação simbólica, como texto, números e outros símbolos. Uma possibilidade de utilização deste tipo de técnica é a adição de anotações a um determinado objeto selecionado previamente, por exemplo. A integração de entrada simbólica na ferramenta proposta é possibilitada pela presença de um teclado virtual que pode ser acionado através de botões da interface.

IV. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Definidas as técnicas de interação e suas aplicações em ambientes virtuais imersivos, foram então definidos os requisitos necessários para a construção da aplicação móvel utilizada na implementação das técnicas. Um dos principais requisitos definidos foi o de garantir o mínimo acoplamento entre a aplicação móvel e a aplicação gráfica utilizada, por isso a abordagem escolhida foi a utilização da rede para envio dos dados capturados pelo aparelho.

Na aplicação móvel foi utilizado o sistema operacional *open source* Android [20], que provê todas as funcionalidades necessárias para a utilização dos sensores do *tablet*, além de possibilitar a utilização da plataforma de comunicação VRPN [19] utilizada no envio dos sensores como acelerômetro e dados de toque do usuário.

Logo após foi esboçada uma interface que utilizasse essas técnicas de forma adequada. Essa interface possui uma área de toque que contém a área da janela virtual definida acima do *tablet* e permite selecionar o objeto desejado. Com isso, a posição (x,y) normalizada dos toques do usuário na janela é enviada para a aplicação gráfica, que realiza os cálculos e, uma vez selecionados, o usuário pode manipular os objetos, sendo assim capaz de realizar transformações de seleção e rotação sobre eles, utilizando os gestos já descritos, além de adicionar informações nestes objetos, através do teclado virtual do aparelho.

Já no modo de navegação o usuário possui controles similares aos utilizados no ARDrone, que ao ser pressionados permitem movimentos de rotação e translação sobre o eixo definido pelos sensores do aparelho. A interface descrita é mostrada na Figura 6. Para localizar espacialmente o *tablet* em relação à tela foi utilizado um ponto de rastreamento 3D formado por esferas retrorreflexivas conjuntamente com um sistema de rastreamento ótico ARTracker [17].

O desacoplamento entre a aplicação móvel e a aplicação *desktop* é garantida através da utilização do módulo VRINPUT do *framework* de interação LVRL [21], um *plugin* que recebe os dados gerados pelo *tablet* e os transforma em eventos, que serão então interpretados e utilizados pela aplicação gráfica escolhida. O VRINPUT é utilizado na aplicação através de uma biblioteca dinâmica (dll) para o recebimento dos dados enviados pelo *tracker* e o *tablet*.

Como o VRPN é uma ferramenta totalmente voltada para dispositivos de realidade virtual e estes tradicionalmente não são utilizados para realizar operações de entrada simbólica este não possui nenhuma mensagem específica para este tipo de informação. Para este fim foram utilizados *sockets* UDP que se comunicam independentemente da conexão VRPN. Um esquema geral do sistema desenvolvido é encontrado na Figura 7.

A. Estudo de Caso

Para validar a ferramenta desenvolvida foi utilizada a aplicação SimUEP-AmbSim (Figura 8), um simulador de treinamento em ambientes de plataformas de petróleo desenvolvido na *engine* Unity3D [22]. A aplicação possui a estrutura de um jogo, onde o usuário navega na plataforma em toda a sua extensão para cumprir objetivos pré-determinados. A escolha do SimUEP-AmbSim é justificada pela sua complexidade, além de possibilitar o uso de todas as funcionalidades propostas pela ferramenta desenvolvida.

Outro ponto importante na utilização do SimUEP-AmbSim é o suporte a diversos dispositivos de interação

3D e a sistemas de visualização complexos, como a CAVE [2]. Em alguns dos objetivos específicos da aplicação o usuário necessita manipular determinados objetos dentro da plataforma, como é o caso das válvulas que, ao selecionadas, podem ser rotacionadas de forma a abri-las ou fechá-las (Figura 9). No cumprimento dos objetivos há a possibilidade de marcar certos objetos, inserindo informações ou tags sobre os mesmos, auxiliando na realização das tarefas especificadas.

A integração com a ferramenta móvel desenvolvida foi feita utilizando a biblioteca dinâmica (dll) dos leitores desenvolvidos com a biblioteca VRINPUT, como já mencionado, e importados pela aplicação SimUEP-AmbSim. Esses dados são recebidos na forma de eventos à medida que acontecem.

Após obtidos, tais dados são tratados e encaminhados para partes específicas da aplicação. Os controles direcionais são utilizados para navegação, os dados do rastreador são utilizados no posicionamento da janela virtual, os do *trackpad* para seleção (um toque do usuário) e manipulação de objetos (dois toques do usuário) em objetos selecionados. Já os eventos de teclado são tratados separadamente como descrito anteriormente, por meio de *sockets* UDP.

Para a tarefa de seleção e manipulação foram utilizados objetos selecionáveis já disponíveis no SimUEP-AmbSim. Existem objetos que são manipuláveis através de um simples

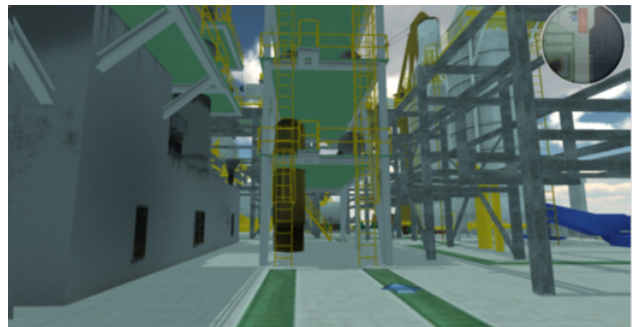


Figura 8. Screenshot do SimUEP- AmbSim.



Figura 9. Seleção e Manipulação de uma válvula.

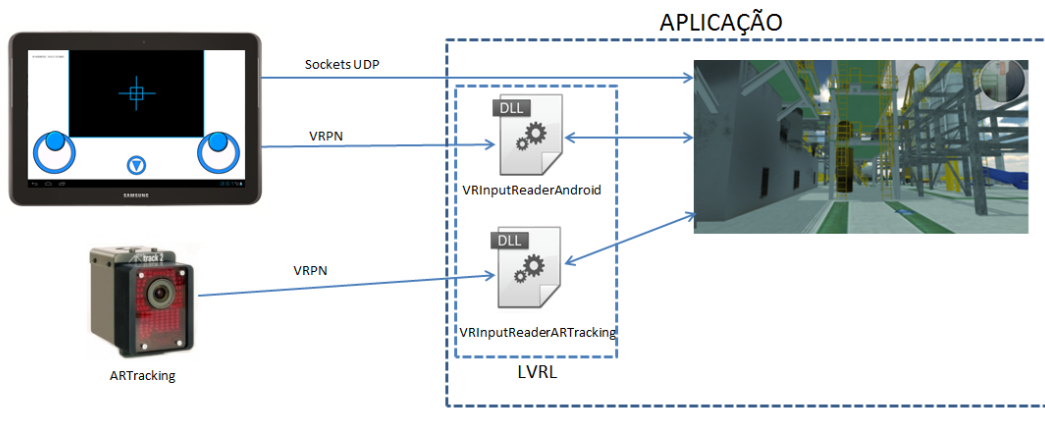


Figura 7. Arquitetura geral do sistema.

toque, como é o caso das portas e válvulas automáticas. Já outros objetos precisam de gestos mais precisos, como é o caso das válvulas manuais. A seleção de objetos é realizada quando o usuário se aproxima de um objeto selecionável, posiciona a janela de forma que a janela contenha aquele objeto e com o *trackpad* consiga posicionar o raio de forma a interceptar aquele objeto. Se o objeto for selecionado corretamente, este será marcado e então poderá ser manipulado. Como dito, as válvulas automáticas e portas são acionadas (abertas ou fechadas) com um simples toque, mas para as válvulas manuais é necessário primeiramente selecionar a válvula e então realizar o gesto já conhecido de rotação utilizando os dois dedos (Figura 3-item B), podendo realizar rotação ao redor do eixo da válvula em sentido horário ou anti-horário, dependendo do gesto feito pelo usuário.

Uma vez selecionado o objeto, o usuário também pode inserir anotações associadas a ele. Esse procedimento é feito utilizando a seta na parte inferior central, como visto na Figura 6. Feito isto, uma janela aparece na interface do *tablet* (Figura 10) e assim o usuário pode digitar a informação que deseja e apertar o botão “Send”. Então um objeto 3D contendo o texto digitado será posicionado no centro do objeto marcado (Figura 11).

V. CONCLUSÃO

A utilização de dispositivos móveis se mostrou uma opção com grande potencial para a utilização em ambientes virtuais de engenharia. Pode-se enfatizar que a ferramenta proposta cumpre o papel de agregar os principais elementos de interação tridimensional em um único dispositivo, tornando-a uma ferramenta considerada completa para ambientes virtuais.

O uso de simuladores de realidade virtual de plataformas de petróleo se mostra uma forma eficiente de diminuir custos no treinamento de pessoal. Porém, mesmo com a possibilidade de utilização de ambientes de multivisualização do tipo *CAVE* juntamente com dispositivos não-convencionais

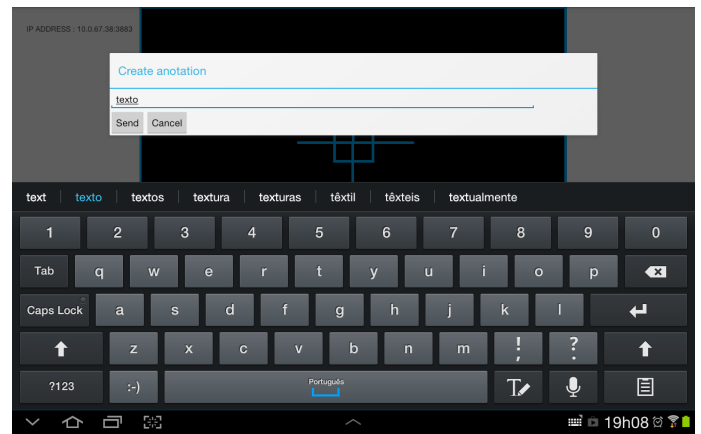


Figura 10. Entrada simbólica: criação de anotação.

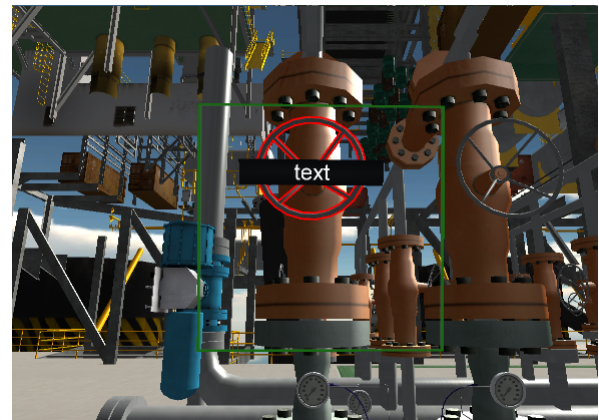


Figura 11. Inserção de anotações ou *tags* em válvulas.

como o *flystick*, ainda há uma certa resistência pela utilização de tais recursos. Por isso, a familiaridade encontrada pelos usuários com os dispositivos móveis diminui a resistência

destes com ambientes imersivos de realidade virtual.

Como trabalho futuro estão previstos testes de usuários que considerarão fatores importantes como ergonomia, intuitividade do dispositivo e adequação da aplicação escolhida. Além disso, está prevista a utilização da ferramenta desenvolvida no contexto de outras aplicações de engenharia, como a proposta em Noronha et al. [5].

AGRADECIMENTOS

O Tecgraf/PUC-Rio é um grupo financiado principalmente pela Petrobras. Alberto Raposo agradece ao financiamento do CNPq (processo 470009/2011-0).

REFERÊNCIAS

- [1] (2013) 3dconnexionspacepilot pro. [Online]. Available: <http://www.3dconnexion.com/products/spacepilot-pro.html>
- [2] C. Cruz-Neira, D. J. Sandin, T. A. DeFanti, R. V. Kenyon, and J. C. Hart, "The cave: audio visual experience automatic virtual environment," *Commun. ACM*, vol. 35, no. 6, pp. 64–72, Jun. 1992. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/129888.129892>
- [3] J. Ruiz, Y. Li, and E. Lank, "User-defined motion gestures for mobile interaction," in *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems*, ser. CHI '11. New York, NY, USA: ACM, 2011, pp. 197–206. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1978942.1978971>
- [4] M. de Paiva Guimarães, B. B. Gnecco, and M. K. Zuffo, "Graphical interaction devices for distributed virtual reality systems," in *Proceedings of the 2004 ACM SIGGRAPH international conference on Virtual Reality continuum and its applications in industry*, ser. VRCAI '04. New York, NY, USA: ACM, 2004, pp. 363–367. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1044588.1044668>
- [5] H. Noronha, P. Campos, J. Jorge, B. d. Araujo, L. Soares, and A. Raposo, "Designing a mobile collaborative system for navigating and reviewing oil industry cad models," in *Proceedings of NordiCHI 2012*. ACM, 2012.
- [6] N. Katzakis, M. Hori, K. Kiyokawa, and H. Takemura, "Smartphone game controller," in *Proceedings of the 74th HIS SigVR Workshop*, Tokyo, Japan, 2011.
- [7] A. Benzina, M. Toennis, G. Klinker, and M. Ashry, "Phone-based motion control in vr: analysis of degrees of freedom," in *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems*, ser. CHI Extended Abstracts (CHI EA) '11. New York, NY, USA: ACM, 2011, pp. 1519–1524. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1979742.1979801>
- [8] D. P. S. Medeiros, L. Teixeira, and A. Raposo, "Navigation methods in engineering models using mobile devices," in *Proceedings of the 13th Symposium on Virtual and Augmented Reality 2012*, Niteroi-RJ/Brazil, 2012.
- [9] S. Boring, D. Baur, A. Butz, S. Gustafson, and P. Baudisch, "Touch projector: mobile interaction through video," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ser. CHI '10. New York, NY, USA: ACM, 2010, pp. 2287–2296. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1753326.1753671>
- [10] H. Debarba, L. Nedel, and A. Maciel, "Lop-cursor: Fast and precise interaction with tiled displays using one hand and levels of precision," in *3D User Interfaces (3DUI), 2012 IEEE Symposium on*, march 2012, pp. 125 –132.
- [11] (2013) Microsoft smartglass review. [Online]. Available: <http://www.fastcodesign.com/1671197/xbox-smartglass-review-microsoft-invades-the-second-screen#1>
- [12] (2012) Wii u official site at nintendo. [Online]. Available: <http://www.nintendo.com/wiiu>
- [13] (2013) Parrot ardrone. [Online]. Available: <http://ardrone.parrot.com/parrot-ar-drone/select-site>
- [14] D. A. Bowman, E. Kruijff, J. J. LaViola, and I. Poupyrev, *3D User Interfaces: Theory and Practice*. Redwood City, CA, USA: Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2004.
- [15] (2013) Gesture markup language. [Online]. Available: <http://gestureworks.com/pages/core-features-gestures>
- [16] J. S. Pierce, A. S. Forsberg, M. J. Conway, S. Hong, R. C. Zeleznik, and M. R. Mine, "Image plane interaction techniques in 3d immersive environments," in *Proceedings of the 1997 symposium on Interactive 3D graphics*, ser. I3D '97. New York, NY, USA: ACM, 1997, pp. 39–ff. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/253284.253303>
- [17] (2012) Parrot ardrone. [Online]. Available: <http://www.ar-tracking.com/>
- [18] (2012) Bratrack - um sistema com marcadores, de baixo custo, para rastreamento estéreo ótico. [Online]. Available: http://www.brazil.fraunhofer.com/pt/projects_in_brazil/bratrack.html
- [19] R. M. Taylor, II, T. C. Hudson, A. Seeger, H. Weber, J. Juliano, and A. T. Helser, "Vrpn: a device-independent, network-transparent vr peripheral system," in *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, ser. VRST '01. New York, NY, USA: ACM, 2001, pp. 55–61. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/505008.505019>
- [20] R. Rogers, J. Lombardo, Z. Mednieks, and B. Meike, *Android Application Development: Programming with the Google SDK*, 1st ed. O'Reilly Media, Inc., 2009.
- [21] L. Teixeira, D. Trindade, M. Loaiza, F. G. d. Carvalho, A. Raposo, and I. Santos, "A vr framework for desktop applications," in *Proceedings of the 2012 14th Symposium on Virtual and Augmented Reality*, ser. SVR '12. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2012, pp. 10–17. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/SVR.2012.27>
- [22] R. H. Creighton, *Unity 3D Game Development by Example Beginner's Guide*. Packt Publishing, 2010.