

# IMPLEMENTAÇÃO DE UM PONTEIRO 3D PARA DESKTOP USANDO RASTREAMENTO ÓPTICO

Manuel L. Fernández, Alberto B. Raposo, Marcelo Gattass

Departamento de Informática

Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica, TECGRAF – PUC-Rio

Rua Marquês de São Vicente, 225 - Prédio Belisário Velloso

CEP: 22453-900, Rio de Janeiro – RJ Brasil

e-mail: {manuel,abraposo,mgattass}@tecgraf.puc-rio.br

**Resumo** – Os dispositivos de interação 3D têm sido uma ferramenta fundamental para mostrar ao público as diversas e inovadoras formas de interação que as aplicações de realidade virtual e aumentada (RV e RA) podem oferecer. Quando os usuários interagem com um cenário virtual, as ferramentas de interação precisam fazê-los sentir que o mundo real onde eles se encontram possui alguma forma de conexão com o cenário virtual para o qual estão olhando. É nesse contexto que este trabalho se insere, levando a funcionalidade de um ponteiro laser para um cenário virtual. Por meio da implementação de um sistema de rastreamento óptico, uma caneta com dois marcadores é rastreada e o raio gerado pela direção da caneta serve como ponteiro 3D que intercepta o cenário virtual, visto através da janela do monitor no desktop do usuário. Esta experiência mostra como um dispositivo físico inicialmente projetado para uma interação 2D pode ser modelado para uma aplicação RV ou RA, onde a interação é feita em um espaço 3D.

**Palavras-Chave** – Interação Humano Computador, Realidade Virtual, Visão Computacional.

**Abstract** – 3D interaction devices are essential tools to demonstrate the diverse and innovative interaction forms that virtual and augmented reality (VR and AR) applications may offer. When users interact with a virtual scenario, the interaction tools need to make them feel that the real world where they are has a connection with the virtual scenario they are looking at. This is the context of this work, that brings the functionality of a laser pointer to a virtual scenario. By means of the implementation of an optical tracking system, a pen with two markers is tracked and the ray generated by the pen's direction is used as a 3D pointer that intercepts the virtual scenario, through the monitor at the user's desktop. This experience shows how a physical device, initially designed for 2D interaction may be modeled for a VR or AR application, where the interaction occurs in 3D space.

**Keywords** – Human Computer Interaction, Virtual Reality, Computer Vision.

## 1. INTRODUÇÃO

As aplicações de realidade virtual e aumentada têm sido uma fonte produtiva de idéias inovadoras na área de

interação entre o usuário e o computador, principalmente porque trazem novas formas e técnicas de interação 3D. Vários dispositivos de interação 2D têm sido levados ao ambiente 3D, modificando sua funcionalidade. As vantagens de levar mecanismos de interação convencionais 2D para o cenário virtual 3D incluem a familiaridade que os usuários já possuem com tais dispositivos e o baixo custo dos mesmos. Dessa forma, ao invés de levar aos usuários dispositivos desconhecidos, como mouse 3D e luvas, a idéia é fornecer novas possibilidades de interação no mundo 3D com os dispositivos já conhecidos do mundo 2D, baseados no paradigma WIMP (*Windows, Icons, Menus and Pointers*).

Este trabalho apresenta a implementação de um ponteiro 3D baseado no rastreamento óptico de uma caneta, cuja direção determina um raio que é projetado na tela do usuário. Além disso, um dispositivo de rolagem (*scroll*) determina a profundidade do raio no cenário virtual, constituindo a terceira dimensão do mecanismo de interação. Este mecanismo fornecerá ao usuário eventos do tipo seleção e manipulação de objetos do cenário virtual com o qual interagirá.

Na seção seguinte, alguns trabalhos relacionados são comentados. A seção 3 apresenta a implementação do hardware, do software e a funcionalidade do ponteiro 3D. A seção 4 conclui o artigo e apresenta os trabalhos futuros.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção citaremos dois trabalhos que se encontram diretamente relacionados com a proposta de implementação do ponteiro 3D [1,2]. Eles têm como objetivo comum a intenção de mostrar ao usuário como um conceito tão utilizado, como o de um apontador, pode ser também desenvolvido com técnicas de visão computacional, inicialmente para cumprir a mesma tarefa e depois para mostrar como este tipo de implementação pode fornecer novas funcionalidades.

Cao e Balakrishnan [1] apresentam a implementação de um apontador implementado com rastreamento óptico, que fará a mesma tarefa de interação que um apontador laser, isto é, servirá para indicar na tela de projeção qual o objeto de interesse. Esta é uma primeira forma de apresentar este novo conceito, mas ainda fica no nível de interação 2D. Adicionalmente, o autor propõe a modelagem de eventos de interação do tipo seleção e manipulação dos objetos no plano de projeção, utilizando para isto a detecção de movimentos específicos da barrinha que ele utiliza como apontador. De qualquer forma, essa abordagem ainda fica presa a eventos

de interação 2D que poderiam ser implementados com um dispositivo do tipo mouse, por exemplo.

Wögerbauer e Fuhrmann [2] já mostram um avanço para uma interação 3D, utilizando a mesmo conceito de implementação, isto é, uma barrinha como ponteiro que é rastreada utilizando rastreamento óptico. Além disso, ela possui botões que são encontrados em um mouse comum. Esse dispositivo, próprio de um laboratório de pesquisa, é uma boa forma de mostrar ao público as vantagens de uma interação 3D, principalmente porque ele utiliza uma aplicação 3D para mostrar sua nova funcionalidade.

A implementação do ponteiro 3D apresentada neste artigo pode ser descrita como uma mistura das duas anteriores, isto é, tenta-se capturar a simplicidade da implementação apresentada em [1], em relação ao uso de hardware, e ao mesmo tempo atender os mesmos eventos de interação de [2], ou seja, mostrar uma interação de tipo seleção e manipulação em cenário 3D. Para isso, contaremos com a ajuda de um dispositivo 2D (um mouse), que dará apoio na adaptação de eventos de interação, tal como o clicar de botões e a rolagem (*scroll*).

### 3. O PONTEIRO 3D

Para descrever a implementação do ponteiro 3D foram definidas três subseções que englobam: descrição dos componentes de hardware, descrição da implementação do software e descrição do funcionamento do ponteiro 3D.

#### 3.1. Hardware

O hardware utilizado para implementar o ponteiro 3D é composto de duas câmeras web equipadas com um filtro IR (infravermelho) caseiro e pequenas luzes incandescentes que servem como marcadores de rastreamento que serão colocadas em uma barra pequena ou caneta, que servirá como corpo do ponteiro. Adicionalmente a este hardware, é necessário apenas um mouse com botão de rolagem.

As câmeras são colocadas nos lados do monitor do usuário, direcionadas de tal forma que o campo de visão delas fique sendo o espaço entre o usuário e o monitor (Figura 1).

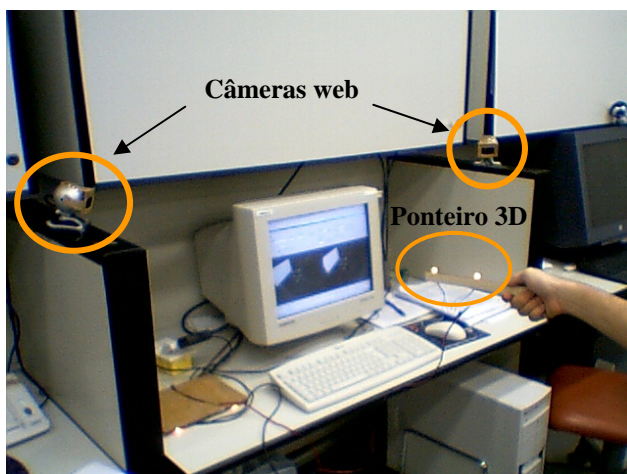


Fig. 1. Hardware do ponteiro 3D.

Como o espaço útil de rastreamento é a área de interseção dos campos de visão das câmeras, este espaço fica definido como sendo o espaço entre o usuário e o monitor.

A idéia por trás do uso do filtro IR que foi colocado na frente das câmeras é a de restringir a visão das mesmas, deixando-as detectar apenas as fontes de luz IR, tais como as lâmpadas de luz incandescente utilizadas como nossos marcadores de rastreamento. Esta abordagem, também utilizada em outros dispositivos de rastreamento óptico, permite excluir do campo de visão alguns objetos que possam atrapalhar o reconhecimento específico dos marcadores dentro do espaço de rastreamento.

#### 3.2. Fluxo do processo de rastreamento óptico

Uma vez definidos os componentes de hardware do dispositivo, foi preciso implementar, via software, o processo de rastreamento óptico que está baseado na implementação de diferentes técnicas de visão computacional, implementadas na ordem descrita a seguir [3]:

1. Captura e processamento das imagens de vídeo.
2. Calibração das câmeras.
3. Correlação e identificação dos marcadores.
4. Reconstrução 3D da posição individual dos marcadores.

A *captura e processamento das imagens de vídeo* vindas das duas câmeras web foi desenvolvida com o objetivo de filtrar as imagens e reconhecer somente os marcadores no espaço de rastreamento. Para conseguir isto, foi necessário aplicar sobre as imagens um filtro “threshold” para obter uma versão binária das imagens e detectar nelas apenas as áreas circulares que representam os marcadores. Depois, extraem-se os centros das áreas circulares, que representarão as posições dos marcadores em coordenadas da imagem. Essas posições serão os dados que esta etapa fornecerá para o resto do processo de rastreamento.

A *calibração de cada câmera* foi feita utilizando um mesmo padrão planar (Figura 2) que é movimentado dentro do espaço de rastreamento útil, isto é, o espaço de interseção dos campos de visão das câmeras entre o usuário e o monitor. Para realizar a calibração de câmera, o método escolhido foi uma versão simplificada do método apresentado por Zhengyou Zhang [4]. Os dados de calibração serão utilizados principalmente na etapa de reconstrução; a precisão alcançada por eles afetará diretamente a precisão da reconstrução 3D dos marcadores.

A *correlação e identificação dos marcadores* presentes nas imagens das câmeras têm como objetivo o pareamento individual de cada marcador entre as imagens. Para realizar este processo, utilizam-se as vantagens da geometria epipolar [5] para correlacionar características comuns entre imagens de uma mesma cena, adaptando a idéia para correlacionar os centros dos marcadores reconhecidos na etapa de processamento das imagens. Essa informação será passada para a próxima etapa de reconstrução 3D.

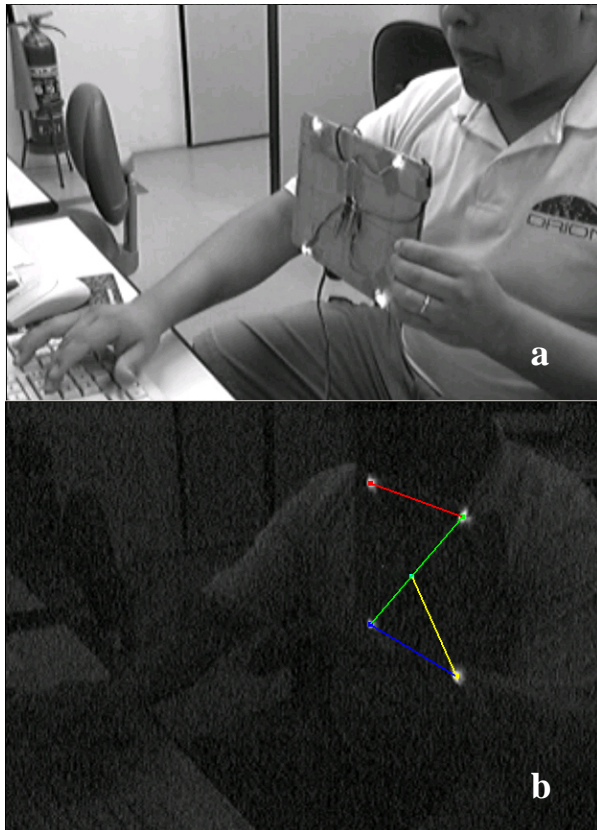


Fig. 2. a. Padrão planar de calibração. b. Identificação e rastreamento do padrão.

A reconstrução 3D da posição individual dos marcadores durante o tempo de rastreamento foi desenvolvida com o objetivo de ter uma estimativa da posição 3D dos marcadores no espaço de rastreamento. Com esta informação pode-se fazer o acompanhamento dos movimentos de translação e direção do ponteiro 3D. Para desenvolvimento deste processo, utilizou-se o método de rastreamento definido em [6].

Finalmente, uma vez reconstruídas as possíveis posições 3D dos marcadores rastreados, é feita a extração da direção do raio 3D (Figura 3b) gerado a partir destes dois marcadores, completando a coleta de dados a partir do ponteiro.

### 3.3. Funcionamento do ponteiro 3D

Uma vez obtida a direção do raio 3D gerado a partir dos marcadores, a implementação da funcionalidade do ponteiro 3D é iniciada.

O ponteiro 3D foi implementado com o objetivo de fornecer a mesma funcionalidade de um ponteiro laser, isto é, servir como um indicador para selecionar um objeto de interesse que o usuário queira ressaltar (Figura 3). Porém, este tipo de interação é modificado, sendo orientado ao controle de eventos de seleção e manipulação de objetos virtuais em um cenário 3D. Estes eventos serão refletidos como mudanças no cenário virtual, que é visualizado através da tela do computador do usuário, este tipo de aplicação de realidade virtual é conhecido como “Fishtank”[7].

Para conseguir modelar os eventos, propõe-se um funcionamento em conjunto entre o ponteiro 3D e alguns

botões do mouse. Esta modelagem no funcionamento dos eventos é descrita a seguir:

- *Seleção:* este tipo de evento no cenário 3D é definido pela tarefa de selecionar um objeto dentro do cenário virtual. Para isto, é utilizada a projeção do raio 3D do ponteiro para selecionar um objeto específico. A idéia é variar o comprimento do raio 3D projetando-o até ele “bater” no objeto que se deseja selecionar. Para conseguir isto, a primeira coisa a fazer é direcionar o ponteiro para a tela do monitor através da qual visualizamos o objeto 3D. Depois, utilizando o botão de rolagem do mouse, altera-se o comprimento do raio projetado até alcançar o objeto a ser selecionado.
- *Manipulação:* este tipo de evento será definido como complementar ao evento de seleção, isto é, uma vez que um objeto é selecionado pelo ponteiro 3D, ele poderá mudar de posição segundo os movimentos feitos pelo ponteiro. Este tipo de mudança na posição só será feita no plano XY paralelo ao plano da tela do monitor onde o raio 3D intercepta o objeto, deixando-o fixo na coordenada Z onde está. A movimentação do objeto em profundidade é feita com o botão de rolagem do mouse, afastando ou trazendo o objeto selecionado na mesma direção do raio 3D.

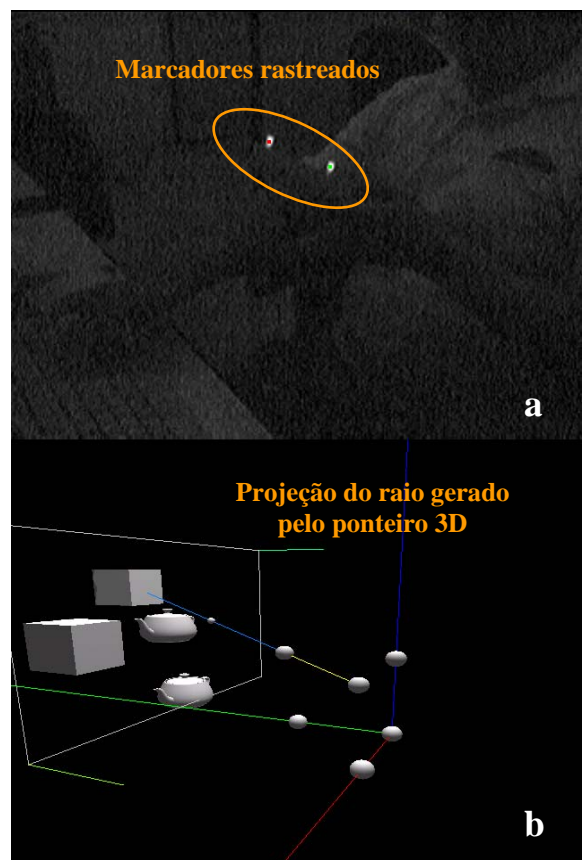


Fig. 3. a. Rastreamento dos marcadores na imagem. b. Reconstrução 3D e projeção do raio gerado pelos marcadores sobre o cenário virtual.

Essas duas adaptações de eventos 3D são formas de ampliar a funcionalidade do ponteiro 3D, aproveitando as vantagens que outro dispositivo de uso conhecido pode nos oferecer.

A única restrição na manipulação do ponteiro é a necessidade de posicionamento do mesmo em frente ao monitor do usuário, para garantir a correta visualização do raio 3D e dar sensação de ligação direta entre o dispositivo e o cenário virtual visualizado através do monitor.

Para garantir que o ponteiro esteja sempre apontado em direção ao plano do monitor, a solução é escolher, para o segmento formado pelos marcadores, a direção oposta à normal do plano do monitor.

Finalmente, alguns outros eventos podem ser modelados combinando os demais botões do mouse com o ponteiro 3D, tais como a eliminação de objetos da cena e o aumento de escala no objeto selecionado. Todos esses eventos são variações dos conceitos dos eventos básicos de seleção e manipulação apresentados.

#### 4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O objetivo deste trabalho foi mostrar a possibilidade de aproveitar a funcionalidade de um dispositivo físico conhecido e adaptá-lo para gerar eventos em um espaço de interação maior, como é um cenário 3D.

Apesar do ponteiro 3D precisar de hardware adicional, como as câmeras web, este pode ser facilmente obtido no mercado a baixo custo, tornando o dispositivo acessível e relativamente fácil de reproduzir.

Este tipo de dispositivo se mostra como uma boa opção de hardware para aquelas pessoas que estejam interessadas em experimentar a sensação de semi-imersão que pode se alcançar quando se interage em aplicações de RV e RA.

O dispositivo desenvolvido não pode chegar a ter o grau de precisão que outros produtos comerciais podem oferecer, mas para o ambiente acadêmico a funcionalidade oferecida é um bom ponto de partida para pesquisas futuras.

Como propostas já em andamento, estamos pesquisando a possibilidade de ampliar o número de ponteiros a serem rastreados, assim como a possibilidade de aumentar o número de telas em volta do usuário.

#### AGRADECIMENTOS

A pesquisa em Realidade Virtual do Tecgraf/PUC-Rio é apoiada primordialmente pelo CENPES/PETROBRAS, pela FINEP e RNP (projeto Rede GIGA).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] X. Cao, R. Balakrishnan, "VisionWand: Interaction Techniques for Large Displays using a Passive Wand Tracked in 3D", ACM Transactions on Graphics, Proceedings of SIGGRAPH 2004, pp. 729, 2004.
- [2] M. Wögerbauer, A. L. Fuhrmann, "Wheelie - Using a Scroll-Wheel Pen in Complex Virtual Environment Applications", Journal of WSCG, The 14-th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, pp. 41-48, 2006.
- [3] K. Dorfmueller-Ulhaas, "Optical Tracking -From User Motion to 3D Interaction", Ph.D. Thesis, Vienna University of Technology, Institut 186 für Computergraphik und Algorithmen, 2002.
- [4] Z. Zhang, "A Flexible New Technique For Camera Calibration", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 1330-1334, 2000.
- [5] D.A. Forsyth, J. Ponce, "Computer Vision: A Modern Approach", Prentice Hall, 2003.
- [6] M. Ribo, A. Pinz, A.L. Fuhrmann, "A New Optical Tracking System for Virtual and Augmented Reality Applications", IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2001.
- [7] C. Ware, K. Arthur, K. Booth, "Fish Tank Virtual Reality", ACM CHI '93 Proceedings, pp. 37-42, 1993.