

Travel and Orientation Techniques for Seated VR

Guilherme Amaro

Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto
up201508537@fe.up.pt

Daniel Mendes

INESC TEC, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto
danielmendes@fe.up.pt

Abstract—Virtual reality (VR) experiences are often associated with natural metaphors. However, typical VR interactions can be tiring, including standing up, walking, and mid-air gestures. These can reduce comfort and session duration compared with an equivalent non-VR interface, which may, in turn, lead to decreased productivity. We believe that seated VR experiences can be a good compromise between overall experience and ergonomics, allowing for the convenience and comfort of a desktop experience and the benefits of VR immersion. In this work, we explore navigation techniques adequate for seated VR users. We target travel and orientation techniques separately, considering only continuous approaches for travel, as these are more adequate for environment exploration, and both continuous and discrete approaches for orientation.

Index Terms—virtual reality, seated, navigation

I. INTRODUÇÃO

Realidade Virtual (VR - *Virtual Reality*) é uma área de grande interesse devido às suas capacidades únicas para visualização, exploração e manipulação em ambientes virtuais (VE - *Virtual Environments*). Estes ambientes variam bastante em tamanho, desde pequenos quartos a mundos abertos. Enquanto que metáforas naturais como andar são as mais recorrentemente utilizadas, estas são limitadas pelo equipamento, espaço e condição física do utilizador. Adicionalmente, causam fadiga, reduzindo o potencial desempenho. Como alternativa, algumas abordagens começam a tentar providenciar experiências imersivas em VEs enquanto os utilizadores se encontram sentados. Desta forma, procura-se aliar o conforto tipicamente associado às interfaces *desktop*, com as capacidades de visualização ímpares proporcionadas por VR.

No entanto, por estar sentado, o utilizador deixa de poder navegar no VE por deslocação física. Assim, é necessário ter métodos alternativos para locomoção. Actualmente, já existem alguns métodos de navegação passíveis de serem aplicados a experiências sentadas em VR, mas uma grande parte não foi concebida com essa finalidade em mente. Adicionalmente, não existe uma comparação clara entre estes métodos, de forma a identificar quais os mais adequados e/ou preferidos pelos utilizadores. Neste sentido, existem trabalhos de investigação anteriores que providenciam conhecimento relevante a nível de ergonomia de superfícies de trabalho [1] e metáforas virtuais coincidentes [4], [17], o que pode ajudar a combater algumas das limitações das abordagens existentes.

Neste trabalho, pretendemos encontrar métodos de navegação que reduzam o compromisso entre fadiga e presença virtual. Para este fim, vamos explorar, por um lado, técnicas de navegação existentes que possam ser usadas por

utilizadores sentados e, por outro, novas abordagens baseadas em gestos numa superfície táctil de grandes dimensões colocada em frente do utilizador.

II. TRABALHO RELACIONADO

Técnicas de locomoção e orientação em ambientes virtuais imersivos (IVE - *Immersive Virtual Environments*) têm sido alvo de investigação nos últimos anos. O movimento em IVEs pode ser dividido em duas partes: locomoção e orientação. Locomoção permite o utilizador explorar o mundo que o rodeia, enquanto que a orientação permite o utilizador a rodar no VE sem necessidade de se virar fisicamente. Além disso, as técnicas de movimento podem ser caracterizadas de duas formas: contínuas e discretas. Técnicas discretas colocam o utilizador numa posição e orientação previamente especificada, sem transição espacial intermédia. Técnicas contínuas rodam e/ou movimentam o utilizador ao longo do tempo.

A. Locomoção

Para o caso da locomoção, apesar de técnicas discretas como a Teleportação [6], [12], [16] serem comuns, neste trabalho vamos focar apenas em técnicas contínuas. Estas permitem explorar grandes distâncias sem necessidade do utilizador se deslocar fisicamente, sendo as mais adequadas para aquisição de conhecimento espacial e recolha de informações [9].

Existem métodos que actuam com base numa direcção e velocidade. Neste caso, o utilizador move-se continuamente enquanto o comando for dado. Isto aparenta reduzir a desorientação e aumentar a imersão do utilizador quando comparado com Teleportação, mas também aumenta o risco de náusea significativamente [9]. Num exemplo, o utilizador movimenta-se a partir de uma tapete voadora mágica, permitindo locomoção tanto vertical como horizontal mesmo quando o utilizador se encontra estático [13].

Para a implementação dos métodos de locomoção contínuos, existem diversos mapeamentos, embora uma grande parte esteja limitada a movimento num plano horizontal de locomoção. Este é o caso da técnica de *Joystick* [8], que consegue tirar proveito de vários tipos de hardware e é muito comum para VEs não imersivos. Ao empurrar o comando analógico na direcção pretendida, o utilizador consegue mover-se no rumo indicado a uma velocidade determinada pela sua distância ao centro. Outro método possível é o de Inclinação [3]. Ao inclinar o corpo, o utilizador age como a vareta do controlador analógico. No entanto, estas têm implicações bastante diferentes a nível de fadiga e desconforto físico.

Também podem ser usados gestos para interações de movimento. Estes podem ser lidos via superfícies tácteis ou sensores de profundidade capazes de detectar gestos no ar. Uma implementação em particular, o FWIP (finger-walking-in-place) destaca-se ao mapear o andar natural para uma acção motora equivalente [10], [11]. O utilizador consegue usar dois dedos de uma mão numa superfície táctil e simular o andamento como se fosse um par de pernas. Outra implementação interpreta as mãos do utilizador estendidas para a frente via *Leap Motion* [2], e, com o abrir e fechar das mãos, move o utilizador para a frente e para trás, respectivamente. Também é possível controlar a velocidade com a quantidade de dedos visíveis numa das mãos. Existem também métodos baseados em hardware construído especificamente para os mesmos, como o *Walking by Cycling* [5]. É preciso notar, no entanto, que, para uso frequente, o uso de gestos no ar ou sem suporte físico não são adequados devido à fadiga provocada [1], pelo que não as iremos considerar.

Para especificar a direcção do movimento, existem várias abordagens possíveis. Pode-se usar, por exemplo, a orientação da cabeça, simulando o olhar do utilizador, ou a mão, utilizando uma metáfora de apontar [13]. Entre estas, destaca-se a metáfora de apontar com a mão como a preferida.

Adicionalmente, neste trabalho consideramos também uma técnica de navegação em ambientes virtuais que não foi desenvolvida para realidade virtual. Este é o caso da *Drag'n Go* [14], [15], que foi inicialmente concebida para ser usada em ecrãs tácteis. Ao apontar para um elemento da cena, o utilizador pode deslocar-se desde a sua localização actual e a apontada arrastando o dedo até ao fundo do ecrã. Esta abordagem pode ser combinada com a direcção da cabeça do utilizador para navegações expeditas em IVEs.

B. Orientação

Uma experiência típica de VR não precisa de métodos de orientação, visto que a orientação natural da cabeça é suficiente. No entanto, em certas situações em que o utilizador possa ter restrições que o impeçam de virar fisicamente, como quando está sentado, é necessário um método de reorientação de forma a permitir o acesso ao mundo para além da sua visão periférica. No entanto, o número de trabalhos que encontramos a explorar este tópico foi muito reduzido.

Tal como com a locomoção, existem métodos tanto discretos como contínuos. Os últimos são simples rotações do corpo virtual do utilizador, com variações à volta do mapeamento dos controlos. Métodos discretos, no entanto, incluem a especificação da direcção final de reorientação [6], ou uma rotação “por passos” [8]. Aqui, iremos considerar ambos os tipos de métodos.

Quanto ao mapeamento, já existem algumas abordagens exploradas a nível comercial. Uma dessas iterações usa a orientação do *headset* VR como forma de mapeamento, entendendo o movimento da cabeça à rotação do corpo [8].

III. TÉCNICAS PROPOSTAS

Neste trabalho, propomos um conjunto de técnicas para locomoção e orientação em VR enquanto o utilizador se en-

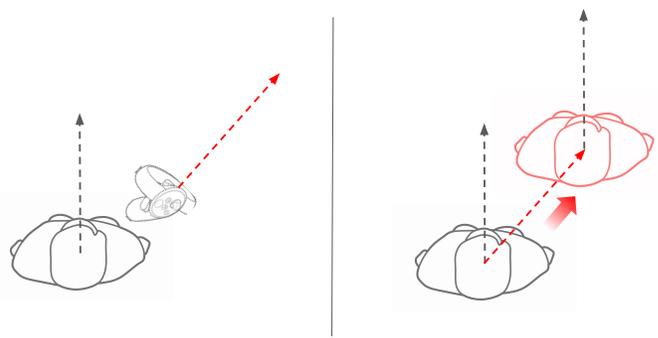


Fig. 1. Técnica de locomoção de movimento direccional contínuo.

contra sentado. Algumas são adaptações de técnicas existentes, mas que não foram pensadas para este cenário, enquanto outras são propostas originais.

A. Locomoção

Para locomoção, apresentamos três técnicas, todas contínuas, visto serem as mais adequadas para explorar o VE de forma a adquirir noções espaciais e recolher informação [9].

1) *Movimento direccional contínuo*: A técnica de movimento direccional contínuo consiste no utilizador apontar um comando de VR na direcção que pretende andar (Figura 1). O método usa a direcção do comando como direcção do movimento e, ao pressionar no gatilho, o utilizador consegue deslocar-se na direcção indicada. A intensidade da pressão no gatilho determina a velocidade final. Quando completamente pressionado, o utilizador move-se a 5 m/s na direcção indicada, diminuindo linearmente até largar completamente o gatilho.

2) *Dog Paddle*: A técnica de *Dog Paddle* consiste no uso de gestos simples numa superfície de toque para movimentar o utilizador na direcção do seu olhar (Figura 2). Em termos práticos, baseia-se no mesmo conceito de equivalência motora por detrás da técnica FWIP [11], mas com maior atenção ao aspecto ergonómico da mesma. A superfície lê o movimento de uma mão (identificada por um a cinco toques próximos) a arrastar, semelhante a uma pessoa a “remar” ou nadar com as mãos, e move directamente o utilizador uma distância com uma proporção pré-definida para o movimento da mão.

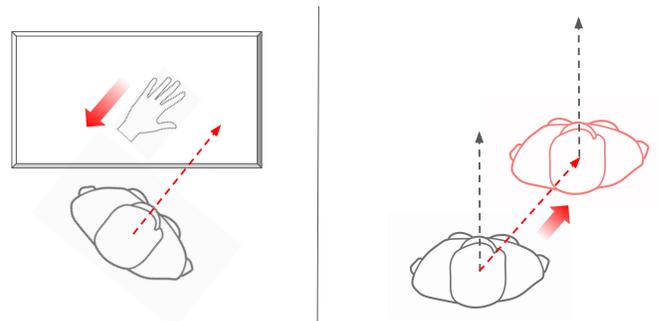


Fig. 2. Técnica de locomoção *Dog Paddle*.

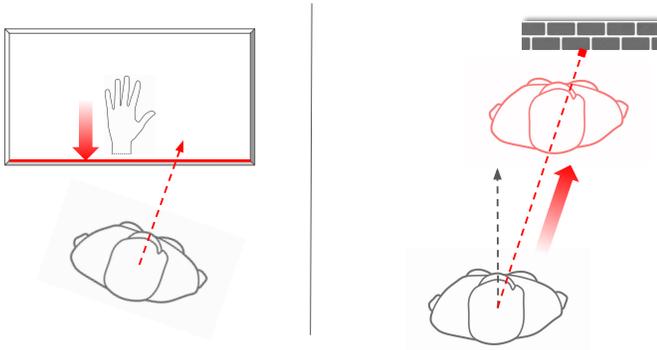


Fig. 3. Técnica de locomoção *Drag'n Go*.

A um movimento da mão de 40cm (altura da superfície interactiva utilizada) corresponde um deslocamento de 65m no VE. Movimentos mais curtos terão um mapeamento linear. A direcção da cabeça do utilizador é tida em conta quando é obtido a entrada de dados da superfície, de forma a ajustar a possíveis desvios da direcção da mão, visto que a pessoa não tem visão directa sobre os seus gestos.

3) *Drag'n Go*: Este método é uma adaptação da abordagem *Drag'n Go* [15] para VR. De forma semelhante à técnica anterior, este método lê um gesto do utilizador para o movimentar na direcção indicada pelo olhar. No entanto, a posição final é determinada no momento inicial do toque, resultante de um raio que parte da vista do utilizador, com a direcção da cabeça, e que termina no primeiro ponto de colisão do mesmo com os objectos da cena. Este ponto final será fixo até o gesto acabar, isto é, até o utilizador deixar de tocar na superfície tátil. Até lá, o utilizador pode arrastar a mão até ao limite inferior da superfície para movimentar até à posição final (Figura 3), ou acima do ponto inicial de contacto para se afastar. A distância entre o início do toque e o limite inferior da superfície interactiva é mapeada para distância entre a posição no VE e o alvo encontrado. Desta forma, quanto mais acima na superfície o utilizador começar o gesto, maior o grau de precisão e menor velocidade do movimento. Caso o gesto comece sem apontar para um objecto ou parede válidos, o ponto final é definido como 50 metros à frente do utilizador, segundo a direcção do olhar.

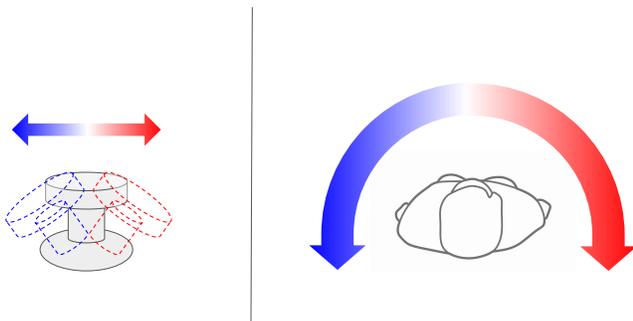


Fig. 4. Técnica de rotação direccional contínua.

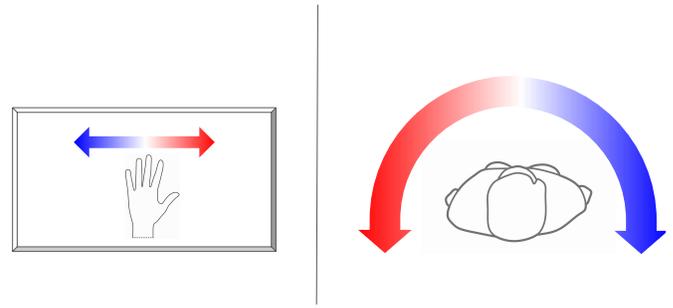


Fig. 5. Técnica de rotação por arrastamento em superfície tátil.

B. Orientação

No que diz respeito à orientação, apresentamos quatro técnicas, duas contínuas e duas discretas.

1) *Rotação direccional contínua*: A técnica de rotação direccional contínua consiste no utilizador indicar a direcção da rotação, a qual é efectuada sobre o eixo vertical do utilizador, através do controlador analógico (Figura 4). É possível indicar a direcção e intensidade. Ao empurrar a vareta do analógico completamente para a esquerda, o utilizador roda a 60°/s para a esquerda, e vice-versa ao empurrar para a direita. A velocidade rotacional muda linearmente ao longo do eixo horizontal da vareta, e o eixo vertical é descartado.

2) *Arrastamento em superfície tátil*: A técnica de arrastamento em superfície tátil consiste em ler um gesto na superfície tátil e traduzir esse gesto numa rotação sobre o eixo vertical do corpo virtual. Ao deslocar uma mão horizontalmente sobre a superfície, o utilizador roda proporcionalmente na direcção oposta (Figura 5), de forma semelhante à metáfora vulgarmente usada em interfaces de smartphones para deslizar. No máximo, essa rotação é de 160°, mapeada linearmente pela totalidade dos 71cm de largura da superfície usada.

3) *Click & Choose*: A técnica *Click & Choose* consiste em apontar via controlador analógico para a direcção final pretendida (Figura 6). A direcção final é definida pelo vector formado entre o centro do controlador e a posição final da vareta do mesmo. Após definir a direcção, o utilizador carrega num botão, que confirma a rotação. Esta rotação é efectuada em 150ms, de acordo com investigação anterior [7], independentemente da amplitude da mesma.

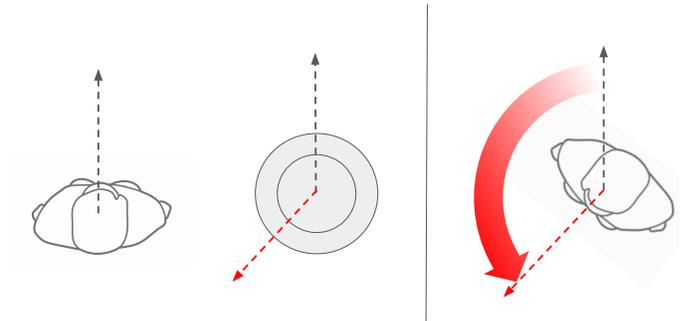


Fig. 6. Técnica de rotação *Click & Choose*.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional através do Programa Operacional para a Competitividade e Internacionalização - COMPETE 2020 no âmbito do Acordo de Parceria Portugal 2020, e por Fundos Nacionais através da agência portuguesa de financiamento FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia dentro projeto PAINTER com referência POCI-01-0145-FEDER-030740 - PTDC/CCI-COM/30740/2017.

REFERENCES

- [1] M. Bachynski, G. Palmas, A. Oulasvirta, J. Steimle, and T. Weinkauff. Performance and Ergonomics of Touch Surfaces. 2015.
- [2] R. M. d. P. Batista. Navigating Virtual Reality Worlds with Leap Motion Controller. 2016.
- [3] F. Buttussi and L. Chittaro. Locomotion in place in virtual reality: A comparative evaluation of joystick, teleport, and leaning. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(1), 2020.
- [4] T. Feuchtnner. Designing for Hand Ownership in Interaction with Virtual and Augmented Reality. (February), 2020.
- [5] J. P. Freiwald, O. Ariza, O. Janeh, and F. Steinicke. Walking by Cycling: A Novel In-Place Locomotion User Interface for Seated Virtual Reality Experiences. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, pages 1–12, 2020.
- [6] M. Funk, F. Müller, M. Fendrich, M. Shene, M. Kolvenbach, N. Dobbertin, S. Günther, and M. Mühlhäuser. Assessing the Accuracy of Point & Teleport Locomotion with Orientation Indication for Virtual Reality using Curved Trajectories. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, (Chi):1–12, 2019.
- [7] M. P. Jacob Habgood, D. Moore, D. Wilson, and S. Alapont. Rapid, Continuous Movement between Nodes as an Accessible Virtual Reality Locomotion Technique. *25th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, VR 2018 - Proceedings*, pages 371–378, 2018.
- [8] M. P. Jacob Habgood, D. Wilson, D. Moore, and S. Alapont. HCI lessons from PlayStation VR. *CHI PLAY 2017 Extended Abstracts - Extended Abstracts Publication of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, pages 125–135, 2017.
- [9] J. Jerald. *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. Morgan & Claypool, 2015.
- [10] J. S. Kim, D. Gračanin, K. Matković, and F. Quek. Finger Walking in Place (FWIP): A traveling technique in virtual environments. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 5166 LNCS(August):58–69, 2008.
- [11] J. S. Kim, D. Gračanin, T. Yang, and F. Quek. Action-transferred navigation technique design approach supporting human spatial learning. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 22(6), 2015.
- [12] D. Medeiros, E. Cordeiro, D. Mendes, M. Sousa, A. Raposo, A. Ferreira, and J. Jorge. Effects of speed and transitions on target-based travel techniques. *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST*, 02-04-Nove:327–328, 2016.
- [13] D. Medeiros, M. Sousa, A. Raposo, and J. Jorge. Magic Carpet: Interaction Fidelity for Flying in VR. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 26(9):2793–2804, 2020.
- [14] D. Mendes, M. Sousa, A. Ferreira, and J. Jorge. ThumbCam: Returning to single touch interactions to explore 3D virtual environments. *ITS 2014 - Proceedings of the 2014 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*, pages 403–408, 2014.
- [15] C. Moerman, D. Marchal, and L. Grisoni. Drag'n go: Simple and fast navigation in virtual environment. In *2012 IEEE Symposium on 3D user interfaces (3DUI)*, pages 15–18. IEEE, 2012.
- [16] K. Moghadam, C. Banigan, and E. D. Ragan. Scene Transitions and Teleportation in Virtual Reality and the Implications for Spatial Awareness and Sickness. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 26(6):2273–2287, 2020.
- [17] D. Zielasko, B. Weyers, and T. W. Kuhlen. A non-stationary office desk substitution for desk-based and HMD-projected virtual reality. *26th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, VR 2019 - Proceedings*, (February):1884–1889, 2019.

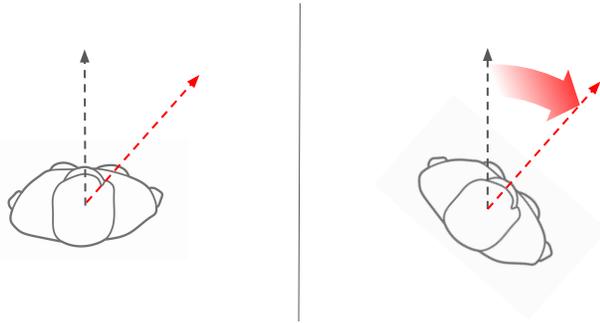


Fig. 7. Técnica de rotação através de Convergência com olhar.

4) *Convergência com olhar*: De forma semelhante à técnica anterior, a técnica de convergência com olhar usa a orientação da cabeça em vez de um controlador analógico. A direção final do corpo virtual é definida pela direção actual da cabeça, bastando ao utilizador olhar na direção pretendida (Figura 7). Desta forma, ao confirmar a rotação via um botão, o utilizador roda para ficar com o corpo orientado para a direção original da cabeça. Este método efectua a rotação nos mesmos 150ms.

IV. RESULTADOS PRELIMINARES

Para validar e comparar as técnicas propostas, temos em curso uma avaliação com utilizadores. Durante a avaliação, os participantes devem percorrer trajectos com vários *checkpoints* pré-definidos com as técnicas de locomoção (Figura 8 esquerda) e efectuar tarefas de rotação de forma a apontarem com o corpo para alvos pré-estabelecidos com as técnicas de orientação (Figura 8 direita). Durante a execução das tarefas, é cronometrado o tempo demorado e registadas a translação ou rotação totais efectuadas. Também são registadas opiniões dos participantes através de questionários e observações.

Até agora, tivemos cinco participantes. Apesar de ainda não terem sido identificados métodos claramente superiores aos restantes, as observações têm sido bastante informativas e a resposta por parte dos participantes tem sido bastante positiva. Entre as observações e comentários destacamos a preferência por movimentos mais pequenos, a simplicidade e conforto reportados do comando, e a aversão a contra-rotações (necessidade de voltar a rodar a cabeça após re-orientação).



Fig. 8. Percurso de locomoção (esquerda) e tarefa de orientação (direita).