

## Interface natural de utilizador baseado em reconhecimento de gestos usando o sensor Leap Motion

### Natural user interface based on gestures recognition using Leap Motion sensor

#### Luís Sousa

Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, Faro, Portugal  
LARSyS (Institute for Systems and Robotics - Lisbon)  
lcsousa@ualg.pt

#### Jânio Monteiro

Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, Faro, Portugal  
Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Investigação e Desenvolvimento  
(INESC-ID: Lisbon)  
jmmonte@ualg.pt

#### Pedro J.S. Cardoso

Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, Faro, Portugal  
LARSyS (Institute for Systems and Robotics - Lisbon)  
pcardoso@ualg.pt

#### João M.F. Rodrigues

Instituto Superior de Engenharia, Centro de Investigação em Artes e Comunicação (CIAC), Universidade do Algarve, Faro, Portugal  
LARSyS (Institute for Systems and Robotics - Lisbon)  
jrodrig@ualg.pt

### Resumo

A Interface Natural de Utilizador (*Natural User Interface*) é um termo usado para interfaces humano-computador onde a interface é invisível ou se torna invisível após sucessivos níveis de imersão pelo utilizador, é tipicamente baseado na natureza ou elementos naturais humanos. Atualmente existem no mercado vários tipos de sensores tridimensionais (3D) capazes de reconhecer gestos (humanos) permitindo o controlo de aplicações e manipulação de objetos num mundo virtual ou a interação com aplicações de realidade aumentada sem necessidade de tocar fisicamente num teclado ou rato. Neste artigo, serão apresentados métodos de deteção de vários tipos de gestos com um destes sensores 3D, o Leap Motion, e algumas aplicações para interfaces humano-computador.

**Palavras-chave:** *Natural User Interface*; Leap Motion; reconhecimento de gestos; interface humano-computador.

### Abstract

Natural User Interface (NUI) is a term used for human-computer interfaces where the interface is invisible or becomes invisible after successive user-immersion levels, it is typically based on the human nature or human natural elements. Currently several three-dimensional (3D) sensors and system can be used to interpret specific human gestures, enabling a completely hands-free control of electronic devices, manipulating objects in a virtual world or interacting with augmented reality applications. This paper presents a set of methods to recognize 3D gestures, and some human-computer interfaces applications using a Leap Motion sensor.

**Keywords:** Natural User Interface; Leap Motion; gestures recognition; human-computer interfaces.



## 1. Introdução

Uma Interface Natural de Utilizador (*Natural User Interface*) é um termo usualmente utilizado para interfaces humano-computador onde a interface é invisível ou se torna invisível após sucessivos níveis de imersão pelo utilizador, é tipicamente baseado na natureza e elementos naturais humanos, tais como gestos. Hoje em dia existem alguns tipos de sensores tridimensionais (3D) usados para interpretar gestos humanos, permitindo o controlo de aplicações e de dispositivos eletrónicos sem que seja necessário tocar fisicamente no dispositivo.

Estes sensores, devido ao seu preço e dimensões, podem na sua maioria serem facilmente integrados em vários locais dentro de uma casa permitindo o controlo dos mais variados tipos de aparelhos ou eletrodomésticos (desde computadores, máquinas de lavar, fogões, etc.) sem que para tal tenhamos que recorrer aos periféricos de controlo clássicos, tais como *touch-screens*, teclados, ratos, etc., aumentando por essa via a acessibilidade e interatividade com o utilizador. Para além disso, as interfaces baseadas em gestos (sem toque físico) podem ser bastantes úteis em alguns casos particulares, onde os periféricos normais não são de todo a melhor solução a ser usada. A título de exemplo, pode-se referir o carregamento de um camião de transporte, em que a atividade implica o uso de luvas ou acarreta ter as mãos sujas (e.g., camiões de lixo), ou um vendedor de peixe num supermercado ou na praça local, onde a necessidade de manusear o peixe e ao mesmo tempo ter acesso a um terminal eletrónico, para fazer a conta ou pesagem, não é de todo a mais prática.

Para aplicações que requerem apenas o reconhecimento intuitivo de gestos efetuados pela mão, o Leap Motion (LeapMotion, 2015) é uma das melhores opções devido não só ao seu baixo preço, comparativamente aos outros, mas também pela sua rapidez, fiabilidade, alta resolução e área de observação/atuação. Tem ainda como vantagem devido à sua diminuta dimensão poder ser facilmente ocultado ou embutido numa mesa, numa parede, num veículo, etc. Todos estes aspetos foram pensados exatamente com o propósito de deteção das mãos do utilizador, ao contrário das outras opções que foram desenhadas com o objetivo de detetar todo o corpo da pessoa.

Este artigo descreve a implementação de uma interface humano-computador baseada no uso do sensor Leap Motion que, de forma intuitiva usa o reconhecimento

de gestos para substituir os tradicionais periféricos de computador. São ainda apresentadas algumas aplicações desenvolvidas utilizando este sensor, onde a interatividade por gestos é uma mais-valia.

O artigo está estruturado da seguinte forma. Na presente secção introduziu-se o tema. Na secção 2 contextualiza-se o tema e apresenta-se o estado da arte, na secção 3 descreve-se a implementação da interface, na secção 4 são ilustrados alguns exemplos de aplicações e na secção 5 apresentam-se algumas conclusões e trabalho futuro.

## 2. Contexto e estado da arte

As soluções tradicionais de interfaces humano-computador são feitas através do uso de periféricos como sejam teclados, ratos ou ecrãs sensíveis ao toque, tradicionais em computadores de secretária/portáteis, *tablets* ou telemóveis. Atualmente, a maioria das interfaces são do tipo GUI (*Graphical User Interface*) ou VUI (*Voice User Interface*). Sendo que, como os próprios nomes indicam, nas primeiras os utilizadores interagem com interfaces gráficas, enquanto nas segundas é usado o reconhecimento de voz para enviar ordens de controlo aos dispositivos eletrónicos e até o reconhecimento de emoções (Rybka e Janicki, 2013). Mais recentemente, várias novas formas de interação (Dumas, Lalanne e Oviatt, 2009) permitiram que as pessoas conseguissem interagir com máquinas, computadores de uma forma que não era possível anteriormente com outros paradigmas. Um dos recentes paradigmas de interação humano-computador surgiu com a chegada de vários tipos de sensores 3D como o Leap Motion (LeapMotion, 2015) o Kinect (Kinect, 2015), o Structure Sensor (StructureSensor, 2015) ou o Asus Xtion (Xtion, 2015). Estes sensores conseguem reconhecer gestos corporais, permitindo uma nova forma de interação mais natural e intuitiva do que as soluções anteriores. Estes sensores começaram a ser usados, na sua vasta maioria, nas indústrias de jogos e entretenimento, mas a sua capacidade vai muito além disso, incluindo o reconhecimento de gestos corporais e *tracking* para instalações artísticas interativas (Alves et al., 2014), aplicações para ajuda de idosos ou pessoas portadoras de deficiência (Chung et al., 2014), pintar sem necessidade de tocar em nenhum material físico (Sutton, 2013) ou aplicações de linguagem gestual (Potter, Araullo e Carter, 2013), entre muitas

outras possibilidades, v.d., Sousa et al. (2014), Figueiredo et al. (2014), Cardoso et al. (2015) e Alves et al. (2015).

No caso específico do Leap Motion, como referido, é um sensor que reconhece as mãos do utilizador. Este sensor é bastante pequeno, possuindo uma dimensão de apenas 8 cm (centímetros) de comprimento, 3 cm de largura e 1,25 cm de altura (LeapMotion, 2015). De uma forma semelhante aos sensores apresentados anteriormente (e.g., Kinect e Asus Xtion), para conseguir detetar as mãos do utilizador, este sensor emite para a sua frente feixes de luz de infravermelhos a partir de três fontes. Um objeto que esteja próximo do sensor reflete alguma desta luz de volta, acabando por ser detetado por uma ou ambas as câmaras de infravermelhos colocadas dentro do sensor. Desta forma, e fazendo uso de processamento computacional das imagens recebidas pelas duas câmaras, o sensor consegue detetar esses objetos e perceber que objetos são. Como o objetivo de quem desenvolveu o Leap Motion foi o de reconhecer as mãos do utilizador, a maioria do seu esforço foi colocado na tarefa de conseguir reconhecer com grande exatidão as posições, rotações, tamanhos, etc. de toda a mão e dedos. Para mais detalhes consultar LeapMotion (2015).

Além das características referidas anteriormente, o sensor possui uma API (*Application Programming Interface*) capaz de fornecer ao programador todos os dados que o sensor consegue detetar (e.g., posições das mãos e dedos), propriedades (velocidades, distâncias, etc.), ou um pouco mais avançado, que tipos de gestos o utilizador efetuou (e.g., movimentos retilíneos numa determinada direção com a mão estendida - *swipe* -, clique com o dedo ou um círculo com o dedo).

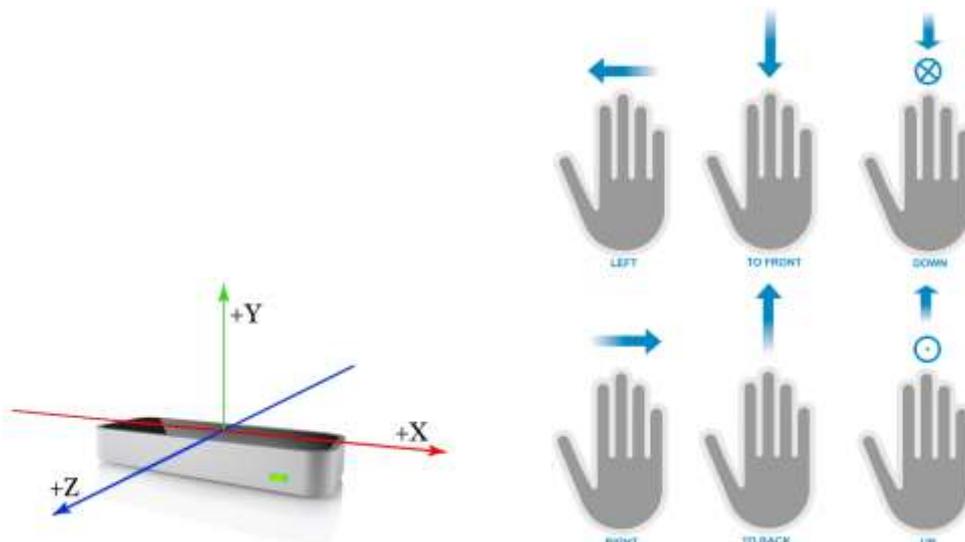
### **3. Reconhecimento de gestos usando o sensor Leap Motion**

Como referido na secção anterior, para cada tipo de gestos existem algumas propriedades configuráveis com a finalidade de melhorar a sua deteção (LEAPAPI, 2015). Por exemplo no movimento do círculo com o dedo, existem duas propriedades configuráveis: o raio mínimo e o arco mínimo, sendo que por omissão são usados os valores de 5 mm (milímetros) e  $1,5 \pi$  radianos respetivamente. Para o caso do *swipe* podem ser seleccionáveis a distância mínima e a velocidade mínima (por omissão são usados os valores de 150 mm e 1000 mm/s, respetivamente). Estes são alguns tipos de

reconhecimento de gestos que a API consegue fornecer ao programador de uma forma bastante fácil e intuitiva. Se se juntarem os dados da posição e orientação dos dedos e mão, como também as velocidades dos movimentos, é possível detetar outros tipos de gestos mais avançados ou complexos. Para o desenvolvimento de uma interface simples, podem usar-se aqueles gestos que contêm o mínimo de movimentos e são mais intuitivos (simples), como por exemplo os *swipes*.

Para estes tipos de gestos, a API também fornece a informação do vetor direção 3D que ajuda a diferenciar vários tipos de *swipes*, como por exemplo, se o movimento foi feito de cima para baixo, da esquerda para a direita, ou até por exemplo na diagonal. Este vetor 3D contém valores que variam entre -1,0 até 1,0 de acordo com um sistema de coordenadas cartesianas ortogonal padrão, conforme representado na Imagem 1 do lado esquerdo. A origem do sistema de coordenadas está centrada no centro do topo do dispositivo, sendo a sua “frente” o lado com a luz verde. O eixo x situa-se horizontalmente ao longo do dispositivo com os valores a incrementarem do lado esquerdo para o lado direito. O eixo z também está colocado na horizontal, perpendicular ao eixo x e com os valores a incrementarem na direção da parte frontal do dispositivo. Finalmente, o eixo y está colocado na vertical com os valores a incrementarem para cima.

**Imagem 1: Sistema de coordenadas do Leap Motion, imagem do lado esquerdo e os seis tipos de movimentos retilíneos usando o sistema de reconhecimento de gestos, imagem do lado direito**



Fonte: Adaptado de LeapMotion (2015) e de Sousa et al. (2014).

Como o gesto de *swipe* pode ser qualquer um que cumpra os requisitos de velocidade e distância mínima, eles podem ter qualquer direção. Para uma aplicação de interface pode-se usar a informação do vetor direção para conseguir distinguir vários tipos de *swipes*. Para maximizar o número de diferentes tipos de movimentos independentes reconhecidos, estes podem dividir-se em seis categorias, sendo que três deles são o oposto dos outros três, como também se pode observar na Imagem 1 do lado direito:

- a) Para cima e para baixo: movimento retilíneo de baixo para cima ou de cima para baixo, respetivamente;
- b) Para a frente e para trás: movimento retilíneo de trás para a frente e de frente para trás, respetivamente;
- c) Para a esquerda e para a direita: movimento retilíneo da direita para a esquerda e esquerda para a direita, respetivamente.

No primeiro caso, a), um movimento de baixo para cima ou de cima para baixo depende maioritariamente do eixo vertical ( $y$ ). Se o vetor direção possuir um valor de  $y \approx +1$ , com todos os outros valores próximos de zero, então será considerado que foi detetado o movimento de baixo para cima. Pelo contrário, se o vetor direção possuir um valor de  $y \approx -1$ , mais uma vez com todos os outros valores próximos de zero, será considerado que o utilizador efetuou o movimento de cima para baixo. Como é quase impossível um utilizador conseguir fazer um gesto de *swipe* com o vetor de direção exatamente  $x = 0 \wedge y = \pm 1 \wedge z = 0$ , é necessário selecionar um conjunto de valores para diferenciar entre os seis tipos de gestos. Para qualquer gesto que contenha um vetor direção que concorde com a condição  $y \leq -0,5 \wedge |x| \leq 0,5 \wedge |z| \leq 0,5$ , será considerado um *swipe* de cima para baixo. Pelo contrário, se o vetor direção concordar com a condição  $y \geq 0,5 \wedge |x| \leq 0,5 \wedge |z| \leq 0,5$ , será considerado um *swipe* de baixo para cima.

No segundo caso, b), o eixo que requer atenção maioritária é o  $z$ . Como se pode observar pela Imagem 1 do lado esquerdo, o vetor direção com um valor no eixo  $z$  de aproximadamente 1 será considerado um *swipe* de trás para a frente, caso contrário, da frente para trás. Semelhante a a), se um vetor direção concordar com a condição  $z \leq -0,5 \wedge |x| \leq 0,5 \wedge |y| \leq 0,5$ , será considerado um *swipe* de frente para trás.

Pelo contrário, se o vetor direção concordar com a condição  $z \geq 0,5 \wedge |x| \leq 0,5 \wedge |y| \leq 0,5$ , será considerado um *swipe* de trás para a frente.

No terceiro e último caso, c), qualquer *swipe* que possua um vetor direção que concorde com a condição  $x \leq -0,5 \wedge |y| \leq 0,5 \wedge |z| \leq 0,5$ , será considerado um *swipe* da direita para a esquerda. Pelo contrário, se o vetor direção concordar com a condição  $x \geq 0,5 \wedge |y| \leq 0,5 \wedge |z| \leq 0,5$ , será considerado um *swipe* da esquerda para a direita.

## 4. Aplicações

Nesta secção iremos apresentar um conjunto de aplicação do Leap Motion em diferentes domínios que requerem a interação dos utilizadores com dispositivos eletrónicos.

### 4.1. Aplicação ao controlo de dispositivos e eletrodomésticos

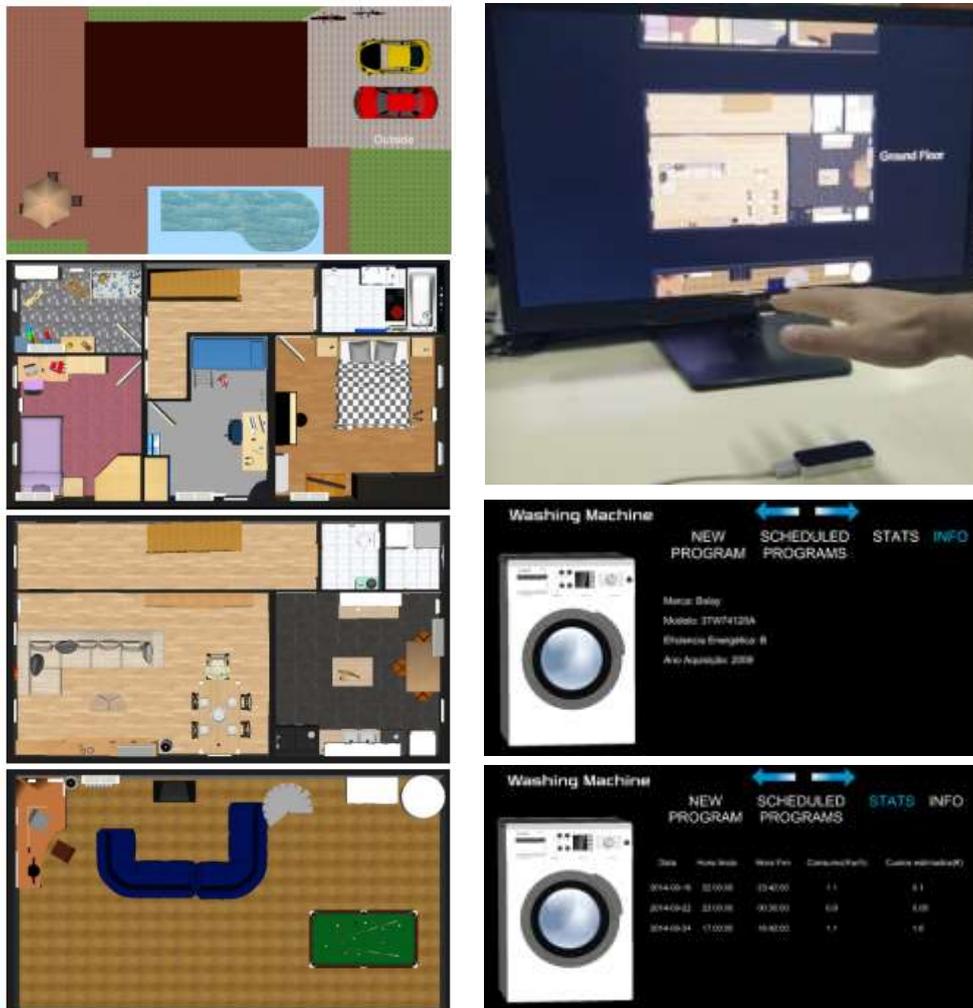
Como em muitos outros domínios, a fácil interação humano-computador suportada em soluções intuitivas e simples, capazes de efetuar a monitorização e controlar os referidos dispositivos traz claras vantagens ao controlo de dispositivos elétricos, tais como eletrodomésticos. No domínio das redes energéticas inteligentes, está-se neste momento a criar uma gama de novos dispositivos de controlo inteligente de edifícios que permite ajustar o perfil de consumo das habitações ou empresas à produção decorrente de energias renováveis ou aos tarifários energéticos (Monteiro et al., 2014a, 2014b). Para que tal se torne possível, num futuro próximo teremos em nossa casa uma rede de equipamentos capazes de comunicar entre si, e de se coordenar com vista a reduzir o custo dos consumos energéticos, respondendo à interação do utilizador.

Neste cenário, um dos domínios importantes é justamente o da interação com os utilizadores da casa. Para que neste cenário se consiga melhorar a experiência de interação do utilizador, foi desenvolvido um sistema de reconhecimento de gestos 3D utilizando o Leap Motion que permite navegar pela planta de uma casa ou edifício e monitorizar e controlar um conjunto de equipamentos elétricos nelas presentes (Sousa et al., 2014). Para se poder implementar a navegação, começou-se por construir um modelo 3D da casa, usando o programa Sweet Home 3D (SweetHome, 2015). A casa

apresentada contém três andares e um jardim com piscina exterior criando um total de quatro diferentes áreas, como se pode observar na Imagem 2 do lado esquerdo. Cada um destes andares contém vários tipos de equipamentos elétricos tais como máquinas de lavar loiça, roupa, luzes, etc. A partir do modelo tridimensional, a restante interface gráfica foi desenvolvida em Unity 3D (Unity3D, 2015), por, entre outros motivos, ser uma boa ferramenta de integração e manipulação de objetos 3D. Para se conseguir navegar pelo modelo da casa, a interface foi dividida em três menus: (1) menu principal, onde o utilizador pode navegar entre os vários andares, (2) menu por andar, onde o utilizador pode navegar pelos vários equipamentos desse andar e (3) menu de equipamento, onde ao seleccionar um determinado equipamento pode observar informações de estatísticas de consumos e programas do mesmo.

Usando o reconhecimento de gestos do Leap Motion, se o utilizador efetuar o *swipe* para a frente e para atrás, pode navegar entre os vários andares. Para seleccionar um andar ou seleccionar um equipamento é necessário efetuar o *swipe* para baixo, enquanto para desseleccionar, voltar ao menu anterior, é usado o *swipe* para cima. Por último, para navegar entre os vários equipamentos de um andar ou entre as várias informações de um determinado equipamento pode-se usar o *swipe* para a esquerda ou direita. Na Imagem 2 do lado direito em cima, pode-se observar o sistema em utilização enquanto se utiliza o menu principal, e na Imagem 2 (duas de baixo), parte da informação disponível ao seleccionar um determinado equipamento. Mais detalhes sobre esta aplicação podem ser consultados em Sousa et al. (2014).

**Imagem 2:** Na imagem do lado esquerdo, quatro diferentes zonas do modelo 3D da casa. De cima para baixo: exterior, primeiro andar rés de chão e sótão. À direita em cima, interface principal em utilização, em baixo informação de um equipamento elétrico selecionado



Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2014).

#### 4.2. Aplicação ao controlo de *picking* e *loading* de veículos

No mercado dos transportes de mercadoria existe a necessidade de proceder ao *picking* e *loading* de veículos. Em certos casos, o utilizador que está a realizar o processo possui luvas ou sujidade nas mãos, o que pode tornar difícil a interação com um computador através dos periféricos clássicos, como sejam teclado e rato. Por este motivo foi desenvolvida uma segunda solução de uma interface que permite ao utilizador interagir com a interface de gestão logística de forma mais simples e cómoda (Cardoso et al., 2015). Deste modo, a aplicação está encarregue de obter as informações

necessárias da base de dados da empresa de transportes e de disponibilizá-la numa lista interativa com todas as informações necessárias à carga dos veículos. Assim, no menu principal apresentado na Imagem 3, do lado esquerdo, é disponibilizada a lista de veículos a serem carregados incluindo: informações de matrícula por questões de identificação, estado atual de carga, mapa do percurso, distância do percurso e horários. Como na aplicação anterior, esta interface também possui o reconhecimento de gestos usando o sensor Leap Motion. Se o utilizador efetuar o *swipe* para a frente ou para trás consegue navegar entre os vários veículos. Para selecionar o transporte respetivo basta efetuar *swipe* para baixo e a aplicação entra no segundo menu (Imagem 3 do lado direito). Este submenu contém uma lista de todos os produtos e encomendas, que são necessários carregar. Quando um item da lista é carregado, o utilizador pode escolhê-lo da lista (da mesma forma que foi feito no menu principal) e ao efetuar o *swipe* para baixo, selecionar esse item como escolhido ou carregado no transporte. Para mais detalhes consultar Cardoso et al. (2015).

**Imagem 3: Interface para selecionar vários transportes (esquerda) e de *picking* (direita)**



Fonte: Adaptado de Cardoso et al. (2015).

#### 4.3. Aplicação de controlo do sistema PoolLiveAid

Uma outra aplicação desta tecnologia inclui as aplicações lúdicas como o PoolLiveAid (Alves, Sousa e Rodrigues, 2013). Nesta aplicação, os utilizadores podem navegar num menu interativo e escolher várias opções do sistema PoolLiveAid, tais como observar os resultados anteriores, partilhar na Internet o resultado e começar um novo jogo. Neste caso em particular, o sistema de reconhecimento de gestos com Leap Motion pode ser colocado onde for mais conveniente para o utilizador. Como conceito,

o sistema foi usado sobre a mesa (ver Imagem 4 do lado esquerdo) ou então projetado numa parede (Imagem 4 do lado direito). Tal como os exemplos anteriores, para o utilizador navegar entre as opções, basta efetuar o *swipe* para a frente e trás.

**Imagem 4: Interface usando o LeapMotion para o sistema PoolLiveAid. Utilização diretamente numa mesa de snooker à esquerda. Projeção do menu interativo numa parede à direita**



Fonte: Elaboração própria.

## 5. Conclusão

Neste artigo foram apresentados alguns conceitos de uma interface natural de utilizador, pela ilustração e desenvolvimento de três aplicações interativas de interfaces humano-computador. Estes interfaces são utilizados em cenários em que o uso de outro tipo de soluções de interação mostrar-se pouco cómoda ou impactante. Embora os sistemas propostos ainda estejam em fase de prova de conceito (PoC), os testes realizados com vários utilizadores indicam que o sistema possui boas hipóteses de ser implementado nas situações reais propostas.

No entanto, alguns problemas ainda existem quando se faz uso de um sensor 3D. Como foi descrito na secção 2, todos os sensores 3D apresentados funcionam com luz infravermelha, o que induz a algumas possíveis falhas se o mesmo for usado no exterior, ao sol, ou na proximidade de outra fonte de luz infravermelha (tal como alguns tipos de lâmpadas usadas dentro de edifícios). Nestes casos, a luz infravermelha provoca interferências no sensor acabando por prejudicar o seu funcionamento. O Leap Motion é o único sensor, dos apresentados, que contém menos problemas relacionados com as condições de luz, principalmente dentro de edifícios. Este sensor consegue-se ajustar ligeiramente e automaticamente à intensidade de interferência externa e auto compensar essa interferência.

Outro problema deve-se ao facto do sensor poder ter falsas deteções de movimentos. Para minimizar este problema, é possível alterar as propriedades de configuração da API do Leap Motion para cada tipo de aplicação ou pessoa que usa a interface (descrito na secção 3). Para cada pessoa existem estes valores ideais que diminuem as falsas deteções de movimentos, pelo que poderá ser necessário uma configuração inicial da interface com o objetivo de determinar os melhores valores.

Para o trabalho futuro, estão a ser estudadas novas formas de gestos que podem conter uma menor taxa de falsos positivos e negativos e que ao mesmo tempo aumentam a facilidade de interação com a interface. Também para cada tipo de interface, justifica-se a criação de uma pequena configuração inicial para determinar a velocidade média e distância percorrida para cada gesto e programar a aplicação com esses valores, com o objetivo de diminuir as falsas deteções. Outra possibilidade, com a finalidade da diminuição de problemas relacionadas com a interferência da luz infravermelha, poderá passar pela criação de um pequeno habitáculo à volta do sensor, com uma entrada apenas para a mão/braço com o objetivo de bloquear a luz infravermelha vinda do exterior.

### **Agradecimentos**

Este trabalho foi parcialmente suportado pelos projetos i3FR: Intelligent Fresh Food Fleet Router - QREN I&D, n. 34130, PRHOLO: The Realistic Holographic Public Relations - QREN I&DT n. 33845, MTI: Managing the Intelligence - QREN I&DT n. 30260, POPH, FEDER, e a Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia (FCT), projeto LARSyS [UID/EEA/50009/2013].

### **Referências bibliográficas**

- ALVES, R., MADEIRA, M., FERRER, J., COSTA, S., LOPES, D., SILVA, B.M., SOUSA, L., MARTINS, J. e RODRIGUES, J. (2014). Fátima Revisited: An Interactive Installation. In *Proceedings of SGEM 2014*, International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts (pp. 141–148). Bulgaria: Varna, 1-9 September 2014. Doi: 10.5593/sgemsocial2014/B41/S13.016
- ALVES, R., NEGRIER, A., SOUSA, L., RODRIGUES, J.M.F., FELISBERTO, P., GOMES, M. e BICA, P. (2015). Interactive 180° Rear Projection Public Relations. *Procedia Computer Science*, 51, 592–601. Doi: 10.1016/j.procs.2015.05.327
- ALVES, R., SOUSA, L. e RODRIGUES, J.M.F. (2013). PoolLiveAid: Augmented Reality Pool Table to Assist Inexperienced Players. In *Proceedings of WSCG 2013*, 21<sup>st</sup> International Conference on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision (pp. 184-193). Czech Republic: Plzen, 24-27 June 2013.
- CARDOSO, P.J.S., RODRIGUES, J.M.F., SOUSA, L.C., MAZAYEV, A., EY, E., CORRÊA, T. e SALEIRO, M. (2015). A Freehand System for the Management of Orders Picking and Loading of Vehicles. In M. Antona e C. Stephanidis (eds.), *Universal Access in Human-Computer*

- Interaction: Access to the Human Environment and Culture* (pp. 422-431). Cham: Springer. Doi: 10.1007/978-3-319-20687-5\_41
- CHUNG, I.-C., HUANG, C.-Y., YEH, S.-C., CHIANG, W.-C. e TSENG, M.-H. (2014). Developing Kinect Games Integrated with Virtual Reality on Activities of Daily Living for Children with Developmental Delay. In Y.-M. Huang, H.-C. Chao, D.-J. Deng, J.J. Park (eds.), *Advanced Technologies, Embedded and Multimedia for Human-Centric Computing* (pp. 1091-1097). Dordrecht: Springer. Doi: 10.1007/978-94-007-7262-5\_124
- DUMAS, B., LALANNE, D. e OVIATT, S. (2009). Multimodal Interfaces: A Survey of Principles, Models and Frameworks. In D. Lalanne e J. Kohlas (eds.), *Human Machine Interaction* (pp. 3-26). Berlin: Springer. Doi: 10.1007/978-3-642-00437-7\_1
- FIGUEIREDO, M.J.G., SOUSA, L., CARDOSO, P.J.S., RODRIGUES, J.M.F., GONÇALVES, C. e ALVES, R. (2014). Learning Technical Drawing with Augmented Reality and Holograms. In *Proceedings of EDU '14, 13<sup>th</sup> International Conference on Education and Educational Technology* (pp. 11-20). Portugal: Lisbon, 30 October-1 November 2014.
- KINECT - KINECT FOR WINDOWS (2015). *Kinect for Windows*. Disponível em <[www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows](http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows)> consultado em 01.05.2015.
- LEAPAPI - SWIPE GESTURE API (2015). *Swipe Gesture API*. Disponível em <<https://developer.leapmotion.com/documentation/csharp/api/Leap.SwipeGesture.html>> consultado em 01.05.2015.
- LEAPMOTION – LEAP MOTION (2015). *Leap Motion*. Disponível em <[www.leapmotion.com](http://www.leapmotion.com)> consultado em 01.05.2015.
- MONTEIRO, J., CARDOSO, P.J.S., SERRA, R. e FERNANDES, L. (2014a). Evaluation of the Human Factor in the Scheduling of Smart Appliances in Smart Grids. In C. Stephanidis e M. Antona (eds.), *Universal Access in Human-Computer Interaction: Aging and Assistive Environments* (pp. 537-548). Springer International Publishing. Doi: 10.1007/978-3-319-07446-7\_52
- MONTEIRO, J., EDUARDO, J., CARDOSO, P.J.S. e SEMIÃO, J. (2014b). A Distributed Load Scheduling Mechanism for Micro Grids. In *Proceedings of IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm)* (pp. 278-283). Italy: Venice, 3-6 November 2014. Doi: 10.1109/SmartGridComm.2014.7007659
- POTTER, L. E., ARAULLO, J. e CARTER, L. (2013). The Leap Motion Controller: A View on Sign Language. In *Proceedings of OzCHI '13, 25<sup>th</sup> Australian Computer-Human Interaction Conference: Augmentation, Application, Innovation, Collaboration* (pp. 175-178). Australia: Adelaide, 25-29 November 2013. Doi: 10.1145/2541016.2541072
- RYBKA, J. e JANICKI, A. (2013). Comparison of Speaker Dependent and Speaker Independent Emotion Recognition. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 23(4), 797-808. Doi: 10.2478/amcs-2013-0060
- SOUSA, L., RODRIGUES, J.M.F., MONTEIRO, J., CARDOSO, P.J.S., SEMIÃO, J. e ALVES, R. (2014). A 3D Gesture Recognition Interface for Energy Monitoring and Control Applications. In *Proceedings of ACE '14, 13<sup>th</sup> International Conference on Applications of Computer Engineering* (pp. 62-71). Portugal: Lisbon, 30 October-1 November 2014.
- STRUCTURESENSOR - STRUCTURE SENSOR (2015). *Structure Sensor*. Disponível em <[www.structure.io](http://www.structure.io)> consultado em 01.05.2015.
- SUTTON, J. (2013). Air Painting with Corel Painter Freestyle and the Leap Motion Controller: A Revolutionary New Way to Paint! In *Proceedings of SIGGRAPH'2013 ACM Studio Talks* (p. 21). USA: New York, 21-25 July 2013. Doi: 10.1145/2503673.2503694
- SWEETHOME - SWEET HOME 3D (2015). *Sweet Home 3D*. Disponível em <[www.sweethome3d.com](http://www.sweethome3d.com)> consultado em 01.05.2015.
- UNITY3D – UNITY 3D (2015). *Unity 3D*. Disponível em <[www.unity3d.com](http://www.unity3d.com)> consultado em 01.05.2015.
- XTION - XTION PRO (2015). *Xtion Pro*. Disponível em <[www.asus.com/pt/Multimedia/Xtion\\_PRO](http://www.asus.com/pt/Multimedia/Xtion_PRO)> consultado em 01.05.2015.

**LUÍS SOUSA** é investigador bolsheiro na Universidade do Algarve (UAlg) e atualmente encontra-se a concluir o Mestrado em Engenharia Elétrica e Eletrónica, na especialização de Tecnologias de Informação e Telecomunicações (UAlg). Também é formador em Workshops da ferramenta de criação de jogos Unity 3D. Os seus maiores interesses estão centrados nos sistemas de eletrónica, embebidos, IoT (*Internet of Things*), visão computacional e impressão 3D. É coautor de mais de 10 publicações, sendo os seus projetos com maior reconhecimento, o sistema interativo de ajuda num jogo de *snooker* PoolLiveAid e a luva eletrónica (GyroGlove) capaz de estimular a aprendizagem de linguagem gestual como também ajudar na recuperação de pacientes em fisioterapia. Endereço institucional: Instituto Superior de Engenharia, Campus da Penha, Universidade do Algarve, 8005-139 Faro, Portugal.

**JÂNIO MONTEIRO** licenciou-se em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores em 1995 pela Universidade do Porto, tendo posteriormente obtido os graus de Mestre em 2003 e Doutor em 2010, também em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, pelo Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Desde 2003 é membro do INESC Inovação em Lisboa, tendo neste âmbito participado em vários Projetos I&D Europeus financiados pelo programa *Information Society Technologies (IST)*, da Comissão Europeia, nomeadamente: Olympic, My-e-Director, Saracen e PlanGridEV. Na Universidade do Algarve participou também num projeto internacional e em vários projetos nacionais com empresas da região. É coautor de mais de três dezenas de publicações nas áreas de conhecimento de redes de comunicação, redes energéticas inteligentes, redes de sensores ou *Internet of Things*. Endereço institucional: Instituto Superior de Engenharia, Campus da Penha, Universidade do Algarve, 8005-139 Faro, Portugal.

**PEDRO J. S. CARDOSO** licenciou-se em Matemática – Ciências da Computação em 1996, obteve o mestrado em Matemática Computacional em 1999 e doutoramento em Matemática Discreta em 2007, pela Universidade de Sevilha. É professor do Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve desde 1998, onde tem vindo a lecionar disciplinas na área da Matemática e das Ciências Informáticas. É membro do Laboratório Associado LARSyS (ISR-Lisboa). Participou em 5 projetos científicos financiados nacionalmente tendo vindo a desenvolver o papel de coordenador num deles. É coautor de mais de 30 publicações científicas sendo a Investigação Operacional e as Bases de Dados as suas principais áreas de conhecimento. Endereço institucional: Instituto Superior de Engenharia, Campus da Penha, Universidade do Algarve, 8005-139 Faro, Portugal.

**JOÃO M. F. RODRIGUES** licenciou-se em Engenharia Eletrotécnica em 1993, obteve o seu mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação em 1998 e doutoramento em Engenharia Eletrónica e Computação, Especialidade Ciências da Computação em 2008, pela Universidade do Algarve (UAlg). É Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia (UAlg), onde leciona unidades curriculares nas áreas das Ciências da Computação e Visão Computacional desde 1994. É membro do Laboratório Associado LARSyS (ISR-Lisboa), CIAC e Associações OE, APRP, IAPR e ARTECH. Participou em 13 projetos científicos financiados nacionalmente ou internacionalmente, alguns dos quais como o coordenador. É coautor de mais de 100 publicações científicas. As suas áreas de investigação são Visão Computacional e Visão Humana, Tecnologias Assistivas, Interação Humano-Computador e Realidade Aumentada. Endereço institucional: Instituto Superior de Engenharia, Campus da Penha, Universidade do Algarve, 8005-139 Faro, Portugal.

*Submitted: 15 May 2015.*

*Accepted: 3 July 2015.*