



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Artes e Letras

**Interacção e sistemas *multi-touch***  
**A aplicação *Guide me...* Covilhã**

**Pedro Daniel Pereira Girão**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Design Multimédia**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Doutora Agueda Simó

Covilhã, Outubro de 2010



Agradeço aos meus pais, João e Emília por estarem sempre presentes e me terem dado as melhores bases que podia ter tido para enfrentar todos os desafios.

Aos meus irmãos, João e Bernardo pelos sorrisos e energia transmitidos todos os dias.

À Prof. Dra. Agueda Simó pelo apoio e acompanhamento dado ao longo destes meses.

À minha namorada Cátia por existir na minha vida e me apoiar.

Agradeço ao João Cardoso toda a disponibilidade em colaborar neste projecto.

A toda a minha família e amigos que directa ou indirectamente me apoiaram ao longo deste percurso.

Aos *MUSE* pela energia transmitida e por nunca se cansarem de tocar só para mim nas extensas horas de trabalho.

Obrigado



## Resumo

O aparecimento de ecrãs sensíveis ao toque levou a que se abrissem novos caminhos na interacção entre utilizadores e aplicações multimédia, tornando-a mais intuitiva, através do movimento e controlo de elementos multimédia num interface apenas com os dedos. O aparecimento do *multi-touch*, veio permitir a detecção de vários toques, aumentando o número de gestos possíveis, originando uma interacção mais rica e trazendo também a possibilidade de interacção multi-utilizador. Na actualidade a interacção e tecnologia *multi-touch* são uma área de pesquisa muito importante na Interacção Humano - Computador e no Design de Interacção. Desde os meados do ano 2000, a tecnologia *multi-touch* assistiu a um crescimento espectacular, com aplicações nos mais variados sistemas, desde telemóveis (*Apple*) a paredes em grande escala. Este projecto investiga a interacção e interfaces *multi-touch* mediante o desenvolvimento duma instalação interactiva *multi-touch* **Guide...me Covilhã** para um espaço público.

Palavras-chave: **sistemas *multi-touch*; multi-utilizador; interface; interacção humano computador;**

## **Abstract**

*The emergence of touch screens, opened new ways for interaction between users and multimedia applications, making it more intuitive, through movement and control of multimedia elements in an interface, just using our fingers. The emergence of multi-touch, has enabled the detection of various touches, increasing the number of possible gestures, creating a richer interaction and also bringing the possibility of multi-user interaction. Nowadays, interaction and multi-touch technology is a very important research area in Human - Computer Interaction and Interaction Design. Since the mid 2000, the multi-touch technology has seen spectacular growth, with applications in various systems, from mobile phones (Apple) to large-scale walls. This project investigates the interaction and multi-touch interfaces by developing a multi-touch interactive installation **Guide me ... Covilhã** to a public space.*

**Keywords:** *multi-touch, multi-user, interface, human computer interaction*



# Índice

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Agradecimentos</b>  | <b>iii</b>  |
| <b>Resumo</b>  | <b>v</b>    |
| <b><i>Abstract</i></b>   | <b>vi</b>   |
| <b>Índice</b>  | <b>viii</b> |
| <b>Lista de figuras</b>  | <b>xii</b>  |
| <br>   |             |
| <b>Capítulo I – INTRODUÇÃO</b>                                     |             |
| 1.1 Interesse do tema  | <b>1</b>    |
| 1.2 Objectivos   | <b>3</b>    |
| <br>   |             |
| <b>Capítulo II - Dos <i>touch-screen</i> ao <i>multi-touch</i></b> |             |
| 2.1 O reaparecimento do <i>multi-touch</i>                         | <b>4</b>    |
| 2.2 A evolução do <i>touch-screen</i>                              | <b>8</b>    |
| <br>   |             |
| <b>Capítulo III - Tecnologias <i>multi-touch</i></b>               |             |
| 3.1 Superfícies de toque baseadas em resistência                   | <b>18</b>   |
| 3.2 Superfícies de toque baseadas em capacidade eléctrica          | <b>19</b>   |
| 3.2.1 Superfícies de toque capacitivo à superfície                 | <b>20</b>   |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.2 Superfícies de toque capacitivo projectado  | 21 |
| 3.3 Superfícies de toque de onda superficial  | 22 |
| 3.4 Superfícies de toque baseadas em dispositivo óptico   | 23 |
| 3.4.1 Frustração total da reflexão interna  | 24 |
| 3.4.2 Iluminação difusa   | 26 |
| 3.4.3 Iluminação difusa da superfície   | 28 |
| 3.4.4 Plano de luz laser  | 30 |
| 3.4.5 Plano de luz de leds  | 31 |
| 3.4.6 Comparação  | 32 |
| 3.5 Arquitectura de Hardware para superfícies <i>multi-touch</i><br>baseadas num dispositivo óptico |    |
| 3.5.1 O uso da luz nos ecrãs <i>multi-touch</i>   | 35 |
| 3.5.2 Fonte de luz infra-vermelha   | 36 |
| 3.5.3 Câmaras infra-vermelhas   | 39 |
| 3.5.4 Projectores   | 42 |
| 3.5.5 Monitores LCD   | 43 |
| <b>3.6 Arquitectura de software</b>   |    |
| 3.6.1 Captura no <i>multi-touch</i>   | 44 |
| 3.6.2 Biblioteca de gestos para <i>multi-touch</i>  | 46 |
| <b>3.7 TableTops e marcadores</b>   |    |
| 3.7.1 A metáfora das <i>tabletops</i>   | 48 |
| 3.7.2 A utilização de objectos com marcadores   | 51 |
| <br>  |    |
| <b>Capítulo IV - Projectos com tecnologia <i>multi-touch</i></b>                                    |    |
| 4.1 <i>Vispol</i> - Visualização para a polícia   | 53 |
| 4.2 <i>Future Ocean Explorer</i> – exploração dos oceanos   | 56 |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.3 <b>Reactable</b> - instrumento musical interactivo | 58        |
| <br>   |           |
| <b>Capítulo V - Parte experimental</b>                 |           |
| <br>   |           |
| 5.1 Construção do sistema <i>muli-touch</i>            |           |
| 5.1.1 FTIR, o porquê da sua escolha                    | 59        |
| 5.1.2 Construção do hardware                           |           |
| 5.1.2.1 Protótipo                                      | 60        |
| 5.1.2.2 Construção do sistema <i>FTIR</i>              | 63        |
| 5.2 Desenvolvimento da aplicação                       |           |
| 5.2.1 Aplicação  | 77        |
| 5.2.2 Estrutura  | 79        |
| 5.2.3 Navegação  | 80        |
| 5.2.4 Programação                                      | 81        |
| 5.2.5 Elementos multimédia                             | 82        |
| 5.2.6 Design Gráfico                                   | 83        |
| 5.2.7 Usabilidade                                      | 88        |
| <br>   |           |
| <b>Conclusão</b>                                       | <b>89</b> |
| <br>   |           |
| <b>Referências Bibliográficas</b>                      | <b>91</b> |
| <br>   |           |
| <b>Anexos</b>  | <b>94</b> |



## Lista de Figuras

Fig.1 - Apresentação em 2006 de Jeff Han na TED

<http://ricardoalcocer.com/blog/opensource/la-innovacion-tecnologica-no-solo-existe-en-modelos-privativos/>

Fig.2 - Efeito dos dedos no toque com o vidro

<http://www.popularmechanics.com/technology/gadgets/news/4224762?series=37>

Fig.3 - Esquema de construção de um sistema que deriva do protótipo de Jeff Han.

<http://complexidadeorganizada.wordpress.com/>

Fig.4 - Myron Krueger. Imagem captada (monitor à esquerda) e elemento gráfico gerado (monitor à direita). [http://www.youtube.com/watch?v=A6ZYsX\\_dxzs](http://www.youtube.com/watch?v=A6ZYsX_dxzs)

Figuras 5 e 6 - Modos de interacção na instalação *Videoplace* de Myron Krueger's

[http://www.youtube.com/watch?v=A6ZYsX\\_dxzs](http://www.youtube.com/watch?v=A6ZYsX_dxzs)

Fig.7 - Mesa *multi-touch* desenvolvida na Universidade de Toronto, em 1985.

[http://www.istartedsomething.com/wp-content/uploads/2007/05/o\\_1985.jpg](http://www.istartedsomething.com/wp-content/uploads/2007/05/o_1985.jpg)

Fig.8 - Sistema *Digital Desk*

Wellner, P. (1991) The digital desk calculator:Tangible Manipulation on a desktop display. University of Cambridge Computer Laboratory and Rank Xerox EuroPARC, 7 (Nov. 1991), 28

Fig.9 - Cópia de um elemento gráfico por selecção e arrastamento.

[http://www.youtube.com/watch?v=S8lCetZ\\_57g](http://www.youtube.com/watch?v=S8lCetZ_57g)

Fig.10 - Desenho de um gráfico, cópia e redimensionamento do elemento gráfico.

[http://www.youtube.com/watch?v=S8lCetZ\\_57g](http://www.youtube.com/watch?v=S8lCetZ_57g)

Fig.11 - *iGesture Pad*, um dos produtos da *Fingerworks*.

[http://www.cs-software.com/hardware/fingerworks/igesture\\_pad.jpg](http://www.cs-software.com/hardware/fingerworks/igesture_pad.jpg)

Fig.12 - *Lemur*, mesa *multi-touch* para criar sequências de música.

<http://jinphoto.wordpress.com/2009/06/28/sound-art-and-the-pain-of-adult-learning/>

Fig.13 - *Onyx* ( *Synaptics & Pilotfish* )

<http://www.techfresh.net/synaptics-onyx-on-video/>

Fig.14 - *Microsoft Surface*

<http://www.microsoft.com/surface/en/us/Pages/Product/WhatIs.aspx>

Fig.16 - *Microsoft Surface*, transferência de dados de um dispositivo móvel

<http://iznovidade.wordpress.com/2009/03/02/portugal-fora-da-rota-da-surface/>

Fig.17 - Navegação na biblioteca de músicas de um *iPhone*  
<http://www.desinformado.com/wp-content/uploads/2008/05/iphone-music.jpg>

Fig.18 - *iPad*, com visualização de algumas das funções do kit *Voiceover*  
<http://www.apple.com/pt/ipad/features/accessibility.html>

Fig.19 - Esquema de funcionamento  
<http://www.planarembded.com/technology/touch/>

Fig.20 - Esquema de funcionamento  
<http://www.planarembded.com/technology/touch/>

Fig.21 - Esquema de funcionamento  
<http://www.planarembded.com/technology/touch/>

Fig.22 - Esquema de funcionamento  
<http://www.planarembded.com/technology/touch/>

Fig.23 - Esquema de funcionamento  
<http://www.planarembded.com/technology/touch/>

Fig.24 - Esquema de montagem  
<http://nuigroup.com/forums/viewthread/1982>

Fig.25 - Pontos de contacto capturados pela câmara  
<http://nuigroup.com/forums/viewthread/1982>

Fig.26 - Esquema de montagem  
<http://nuigroup.com/forums/viewthread/1982>

Fig.27 - Pontos de contacto capturados pela câmara  
<http://nuigroup.com/forums/viewthread/1982>

Fig.28 - Pontos de contacto capturados pela câmara  
<http://nuigroup.com/forums/viewthread/1982>

Fig.29 - Esquema de montagem  
<http://nuigroup.com/forums/viewthread/1982>

Fig.30 - Pontos de contacto capturados pela câmara  
<http://nuigroup.com/forums/viewthread/1982>

Fig.31 - Esquema de montagem  
<http://nuigroup.com/forums/viewthread/1982>

Fig.32 - Esquema de montagem

<http://peauproductions.com/ledlp.html>

Fig.33 - Espectro de luz visível 400nm (violeta) <700nm (vermelho)  
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Spectrum4websiteEval.png>

Fig.34 - Esquema representativo do ângulo ideal de entrada de luz no acrílico para um sistema *FTIR*.  
<http://lowres.ch/ftir/>

Fig.35 - Ps3 Eye webcam  
<http://gizmodo.com/assets/resources/2007/04/pseye.jpg>

Fig.36 - Lente *OEM*  
[http://peauproductions.com/store/index.php?main\\_page=product\\_reviews\\_info&products\\_id=28&reviews\\_id=5](http://peauproductions.com/store/index.php?main_page=product_reviews_info&products_id=28&reviews_id=5)

Fig.37 - Protótipo usando um ecrã LCD  
<http://nuigroup.com/forums/viewthread/9490/>

Fig.38 - Printscreen do CCV, com as várias fases de processamento da imagem.  
<http://ccv.nuigroup.com/>

Fig.39 - Ciclo de um sistema *multi-touch*  
<http://www.tuio.org/>

Fig.40 – Guia de referência *Touch Gesture* (2010).

Fig.41 - Quadro interactivo usado nas escolas portuguesas.  
[http://4.bp.blogspot.com/\\_3SO3QzZ8wfc/SHH8RinWRsI/AAAAAAAAASK/PFMdEs\\_DkCo/s400/sopa\\_quadro.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_3SO3QzZ8wfc/SHH8RinWRsI/AAAAAAAAASK/PFMdEs_DkCo/s400/sopa_quadro.jpg)

Fig.42 - Jogo *INVIZIMALS* para a *PSP*, onde surgem personagens virtuais no mundo real através de marcadores.  
[http://www.elpais.com/fotografia/portada/VIDEOJUEGO/ESPANOL/INVISIMALS/CREADO/NOVARAMA/PRIMERO/LANZA/SONY/ESPANOL/elpfot/20091011elpepspor\\_22/les](http://www.elpais.com/fotografia/portada/VIDEOJUEGO/ESPANOL/INVISIMALS/CREADO/NOVARAMA/PRIMERO/LANZA/SONY/ESPANOL/elpfot/20091011elpepspor_22/les)

Fig. 43 e 44 - Sistema multi-touch desenvolvido para Comemorações do Centenário da República Portuguesa. (*Near Interaction*).  
<http://www.flickr.com/photos/28617014@N05/sets/72157623090253105>

Fig. 45 – *Virttable*  
<http://nuigroup.com/forums/viewthread/4693/>

Fig.46 - *Vispol* em modo *FTIR*  
<http://johannesluderschmidt.de/lang/en-us/vispol-multi-touch-video/444/>

Fig.47- *Vispol* já com sistema *DI* sendo possível o uso de marcadores

<http://johannesluderschmidt.de/lang/en-us/vispol-tangible-and-multi-touch-interface-video/474/>

Fig.48 - *Future Ocean Explorer*

<http://www.wirmachenbunt.de/exhibitions/massive-multitouch>

Fig. 49 – Reactable

<http://www.reactable.com/>

Fig.50 - Moldura em alumínio. - Fotografia Pedro Girão

Fig.51 - Acrílico com dois dos lados cobertos com leds. - Fotografia Pedro Girão

Fig.52 – Protótipo concluído. - Fotografia Pedro Girão

Fig.53 Teste do efeito da frustração total da reflexão interna da luz (*FTIR*) - Fotografia Pedro Girão

Fig.54 – Corte da calha de alumínio. - Fotografia Pedro Girão

Fig.55 – Junção antes de ser colada. - Fotografia Pedro Girão

Fig.56 – Junção colada e a secar. - Fotografia Pedro Girão

Fig.57 – Fita de leds infravermelhos 850nm.

[http://www.led1.de/shop/product\\_info.php?pName=led-smd-modul-flexible-cuttable-50cm-infrared-850nm-p-1194&cName=led-light-bars-stripes-smd-led-strips-flexible-c-71\\_92&language=en](http://www.led1.de/shop/product_info.php?pName=led-smd-modul-flexible-cuttable-50cm-infrared-850nm-p-1194&cName=led-light-bars-stripes-smd-led-strips-flexible-c-71_92&language=en)

Fig.58- Espaçadores usados. - Fotografia Pedro Girão

Fig.59 - Fita de leds encaixada na moldura, com os espaçadores. - Fotografia Pedro Girão

Fig.60 - Acrílico semi-introduzido na moldura de alumínio, podendo ver-se os leds no interior da moldura. - Fotografia Pedro Girão

Fig.61 - Sistema aplicado para segurar o acrílico ao tampo de madeira.

Fig.62 - *Rosco Grey*, parte central à direita.

<http://nuigroup.com/forums/viewthread/4457/>

Fig.63- *PRÖJS* base protectora para secretárias, do *IKEA*. - Fotografia Pedro Girão

Fig.64 - Superfície *multi-touch* completa. - Fotografia Pedro Girão

Figuras 65 e 66 - Lente má à esquerda e lente boa à direita

<http://nuigroup.com/forums/viewthread/4457/>

Figuras 68 e 69 - Abertura da *PSEYE*. - Fotografia Pedro Girão

Fig.70 - Circuito da câmara com a lente. - Fotografia Pedro Girão

Fig.71 - Circuito sem a lente expondo o *CCD*. - Fotografia Pedro Girão

Fig.72 - Lente isolada, com o filtro infravermelho. - Fotografia Pedro Girão

Fig.73 - Lente com filtro IR. - Fotografia Pedro Girão

Fig.74 - Zona a desgastar na lente. - Fotografia Pedro Girão

Fig.75 - Lente com o filtro removido, ao lado. - Fotografia Pedro Girão

Fig.76 - Peça de disco. - Fotografia Pedro Girão

Fig.77 - Imagem obtida. Pedro Girão

Fig.78 - transmissão de luz para um filtro de passagem para 850nm.  
<http://i246.photobucket.com/albums/gg93/nolanramseyer/MT/850DF10115.gif>

Fig. 79 - Silicone com os 2 componentes – Fotografia Pedro Girão

Fig. 80 – Mistura dos componentes – Fotografia Pedro Girão

Fig. 81 e 82 – Aplicação no acrílico do silicone – Fotografia Pedro Girão

Fig.83– Montagem da câmara no interior da mesa – Fotografia Pedro Girão

Fig.84 - Mesa montada. - Fotografia Pedro Girão – Fotografia Pedro Girão

Fig.85 - Biblioteca de gestos para a aplicação. – adequado por Pedro Girão

Fig.86 - *Bing Maps* – *Printscreen* da aplicação.

Fig.87 - Proposta de *layout* para a aplicação. - Pedro Girão

Fig.88 - Aplicação dividida por camadas com as várias partes que integram o *layout*.

Fig.89 - Ícones a usar.

Fig.90 - Toque e arraste do ícone para cima do mapa, activando as zonas respectivas

Fig.91 – Ícones indicando no mapa as zonas activas

Fig. 92 – informação disponível para um determinado ponto de interesse.

# Capítulo I - INTRODUÇÃO

## 1.1 Interesse do tema

Os sistemas *multi-touch* permitem o desenvolvimento de interfaces físicas mais naturais, intuitivas, que as já tradicionais teclado e rato. Os utilizadores podem interagir directamente com a informação digital simplesmente tocando o ecrã. Se, antigamente a tecnologia disponível, apenas permitia uma interacção de cada vez por parte de um indivíduo - *single-touch* - hoje, é capaz de suportar múltiplos toques simultaneamente, o que permite um maior número de gestos, levando a uma interacção mais enriquecedora. Desta forma a tecnologia *multi-touch* oferece também a possibilidade de desenvolver aplicações multi-utilizador nas quais várias pessoas podem interagir simultaneamente e colaborar entre si.

As instalações baseadas em sistemas *multi-touch* permitem experiências sensoriais mais naturais pela maneira como estimulam os nossos sentidos e por oferecerem uma forma mais intuitiva de interagir com a aplicação (Simó et al, 2010). Diversas empresas como a Apple, Microsoft, Catchyo, Near Interaction, apostam na evolução e desenvolvimento destes novos interfaces e aplicações multimédia, não só para desenvolver grandes painéis ou mesas *multi-touch*, mas também dispositivos móveis como os já conhecidos iPhone (Apple, 2010) e o mais recente iPad (ibidem). No entanto, a tecnologia *multi-touch* não se encontra disponível para toda a gente, quer pela complexidade de construção, quer pelo elevado custo de desenvolvimento e consequente elevado custo de compra de um dispositivo comercializado.

O aparecimento dos sistemas *multi-touch* de baixo custo baseados num dispositivo óptico (câmara), permitiu a exploração e desenvolvimento desta tecnologia não só nos grandes centros de investigação mas também em diversos grupos independentes

como o grupo *NUI*<sup>1</sup> (Nui Group, 2010), levando a que ocorressem grandes avanços tanto ao nível tecnológico como das aplicações multimédia. No entanto, ainda há muitos aspectos que podem ser melhorados, exigindo uma investigação contínua na área.

Existe assim um interesse pessoal como designer em participar no desenvolvimento e aplicação desta tecnologia, na exploração deste tipo de interfaces e suas implicações no design da interacção, assim como da sua implementação na criação de instalações informativas para espaços públicos. Este é o objectivo deste projecto: desenvolver um sistema *multi-touch* e explorar as potencialidades desta tecnologia mediante a criação de uma aplicação: um guia turístico da cidade da Covilhã.

Trata-se assim de um projecto interdisciplinar com uma interacção contínua entre as áreas de Design e Engenharia, com uma forte componente técnica, pois para desenvolver o projecto foi necessário a construção do hardware, sem o qual não é possível explorar as capacidades de um sistema *multi-touch* nem criar uma aplicação (Simó, 2009a, 2009b, 2009c).

---

<sup>1</sup> *Natural User Interface Group* – comunidade *open source* de meios interactivos para a pesquisa e criação de técnicas de visionamento e interacção para melhorar aplicações artísticas, comerciais e educacionais.

## 1.1 Objectivos

A implementação dos sistemas *multi-touch* de baixo custo causou um grande impacto na área da interacção humano - computador<sup>2</sup>, (HCI). No entanto, é muito recente e precisa duma investigação aprofundada que permita determinar quais são os aspectos das interfaces e aplicações *multi-touch* que podem ser melhorados.

O objectivo geral deste projecto é, portanto, desenvolver um sistema e uma aplicação *multi-touch* que permita criar bases e referências, tanto na construção deste tipo de interfaces, como no desenvolvimento de aplicações *multi-touch*.

Através de uma investigação teórica e prática, este trabalho tem como objectivos específicos:

-Construir um sistema *multi-touch* de baixo custo, baseado num dispositivo óptico, que permita o desenvolvimento de uma aplicação e o estudo dos aspectos que podem ser melhorados a nível da sua construção e dos seus componentes.

-Criar uma aplicação multimédia que explore as capacidades das superfícies *multi-touch* na área do Design Multimédia.

-Elaborar um manual de investigação sobre superfícies *multi-touch* que sirva de referência a outros investigadores e estudantes.

---

<sup>2</sup> *Human computer interaction* – área que estuda a interacção entre utilizadores e computadores.

## Capítulo II - Dos *touch-screen* ao *multi-touch*

### 2.1 O reaparecimento do *multi-touch*

Em 2006, durante o primeiro dia das conferências *TED* (conferência anual de tecnologia, entretenimento e design, em Monterey, Califórnia), Jeff Han<sup>3</sup> fez a sua apresentação onde, pela primeira vez, apresentou a sua superfície *multi-touch*. Durante a apresentação, Han através do toque dos seus dedos, manipulou fotografias, desenhou linhas e elementos gráficos que variavam consoante a pressão do seu toque e do seu movimento. No ar iam permanecendo algumas afirmações, à medida que cativa cada vez mais a atenção do público.

*“...we are not going to introduce a whole new generation of people to computing with the standard keyboard, mouse and windows pointer interface.”*

*“This his really the way we should be interacting with the machines.”*

*“There is no reason in this day and age that we should be conforming to a physical advice.”*

*“This interface should start conforming to us”.*

*Jeff Han In TED 2006, Califórnia*



Fig.1 - Apresentação em 2006 de Jeff Han na TED

Com um aplauso extraordinário do público, Han terminava a sua apresentação, feita através do uso dos seus dedos, reinventando e demonstrando algo que embora não

---

<sup>3</sup> Jefferson Han – cientista e investigador da Universidade de Nova Iorque, um dos responsáveis pelo desenvolvimento na área *multi-touch*.

sendo recente, fora abordado por uma perspectiva completamente diferente das usadas até aquele dia.

No dia em que Han decidiu estudar e aprofundar a ideia sobre tecnologias das superfícies de toque, deparou-se com o facto de que alguns investigadores estavam a trabalhar em paredes interactivas e *tabletops*<sup>4</sup>, existindo já alguns registos acerca disso. Mas também percebeu que o conceito não tinha avançado muito desde 1980, ano em que Bill Buxton<sup>5</sup>, investigador da *Microsoft* naquela altura, fazia experiências com sintetizadores por *touch-screen*. Nesta altura os investigadores criavam e desenhavam sem um propósito. Foi então que Jeff Han tentou uma abordagem diferente: criar algo inovador e útil.

Reparou um dia ao beber água, que a luz reflectia de maneira diferente nas zonas em que os seus dedos tocavam o copo e rapidamente lhe veio à ideia a maneira como as fibras ópticas reflectem no seu interior os raios da luz até que estes encontrem a saída.



Fig.2 - Efeito dos dedos no toque com o vidro

Então se a superfície era feita de vidro e se um dedo ao tocá-lo, funcionava como um ponto de fuga para a luz existente, nesse ponto de contacto a mesma saía para baixo – princípio da frustração total da reflexão interna da luz.

Han desenvolveu um protótipo baseado em materiais que dispunha no seu laboratório e de uma maneira muito simples colocou leds nas arestas de um pedaço de acrílico,

---

<sup>4</sup> *tabletops* – tampo de mesa

<sup>5</sup> Bill Buxton – cientista na área da computação e design, conhecido como um dos pioneiros na área da *HCI* (*Human Computer Interaction*)

que funcionariam como fonte de luz. Por trás montou uma câmara de infra-vermelhos e reparou que ao tocar com os seus dedos na parte de cima do acrílico, a câmara capturava a luz nesse ponto de contacto. Reparou também que, consoante a pressão exercida maior era a luz capturada, uma vez que aumentava a superfície de contacto com o acrílico.

A partir deste primeiro protótipo, Han idealizou que conseguiria desenhar um software com capacidade para medir a forma e o tamanho de cada um dos pontos de contacto gerados, e associar-lhe uma série de coordenadas para os localizar.

Um dos pontos fortes da tecnologia *multi-touch* que estava a surgir e a maneira com era feita, prendia-se com o facto de que uma vez que a luz infra-vermelha atravessava na horizontal a superfície de toque e projecção, o sistema capturava não só a posição da mão, mas também a pressão e a proximidade desta, sendo estes os pormenores que marcam a diferença entre um ponto fixo onde se pode clicar (quiosques multimédia, com funções semelhantes às de um rato de computador) para uma superfície *multi-touch* onde podem por exemplo duas ou mais pessoas manipular imagens de uma forma independente (*multi-touch photo demo*).

Surgia assim uma reinvenção do *multi-touch* que durante anos se baseou sempre na tentativa de criar algo novo e revolucionário, ao contrário da pesquisa de Han que se baseou em melhorar o que já existia e criar algo útil. Começava uma nova era no *multi-touch*.

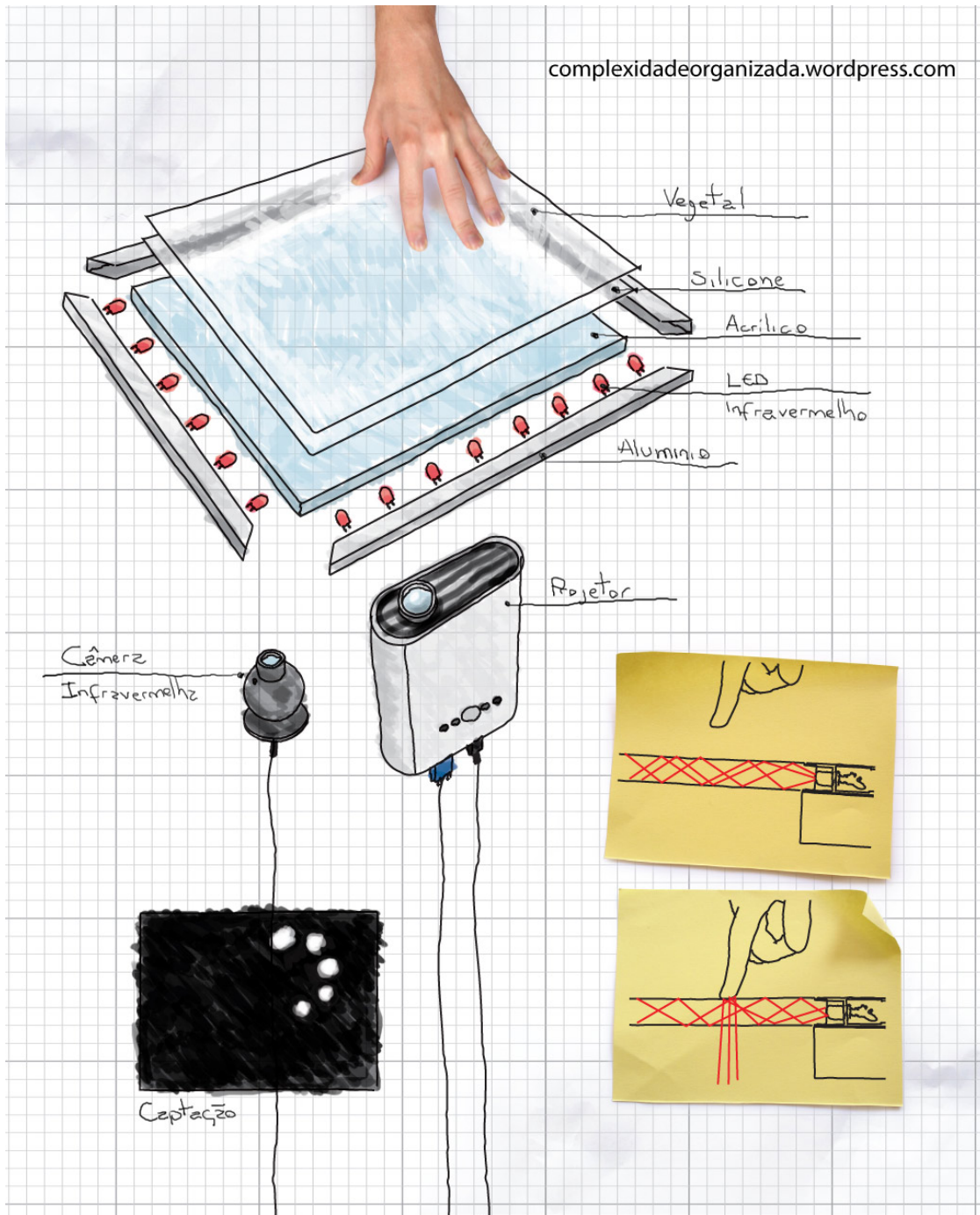


Fig.3 - Esquema de construção de um sistema que deriva do protótipo de Jeff Han.

## 2.2 - A evolução do *touch-screen*

Os primeiros registos na área *multi-touch* surgiram mais ou menos em 1970, mas apenas 10 anos depois começaram a surgir evoluções notáveis. Em seguida apresentam-se alguns dos pontos mais significativos ao longo da história do *multi-touch*.

Em 1982, Nimish Mehta da Universidade de Toronto apresentava o *Flexible Machine Interface*, considerado por muitos como o primeiro sistema *multi-touch* de que se tem conhecimento (Buxton, 2007-09). A interface física deste, associada a um processamento simples de imagem, permitia desenhar uma figura através de *inputs* por *multi-touch*.

Mehta desenvolveu um interface constituído por vidro fosco e cujas propriedades ópticas, tornavam possível detectar o toque do dedo. Esse toque era possível de detectar uma vez que a imagem isolada se apresentava como branca e o dedo ao entrar em contacto com o vidro, surgia como uma marca preta, variando em tamanho consoante a pressão exercida. Introduzia-se também aqui o conceito *multi-touch* uma vez que este interface permitia mais do que um toque, ou seja, era possível tocar em mais que um sítio ao mesmo tempo e manipular uma imagem, ainda que esta manipulação ou desenho ocorresse a um nível muito básico (Saffer, 2008).

Segundo Myron Krueger, “a melhor e mais básica forma que temos de experimentar o mundo é directamente através dos nossos sentidos, mais do que a partir de conceitos simbólicos ou abstractos.” (1994) Esta afirmação serviu certamente de inspiração a muitos investigadores, uma vez que o autor acredita na importância da experimentação directa através dos sentidos na interacção com computadores.

O *Video Place* (Krueger, 1991), foi considerado como o primeiro sistema de manipulação interactiva por gestos, permitindo aos utilizadores interagirem sem ser necessário recorrer a um aparelho, luvas ou capacetes, com a particularidade de poder

ser montado quer em sistema de projecção vertical (parede), quer em sistema de projecção horizontal (mesa). Como se pode ver na figura em baixo, o programa capturava e projectava a silhueta do utilizador, que interagia com a sua imagem projectada e gerava elementos gráficos de acordo com a sua movimentação.



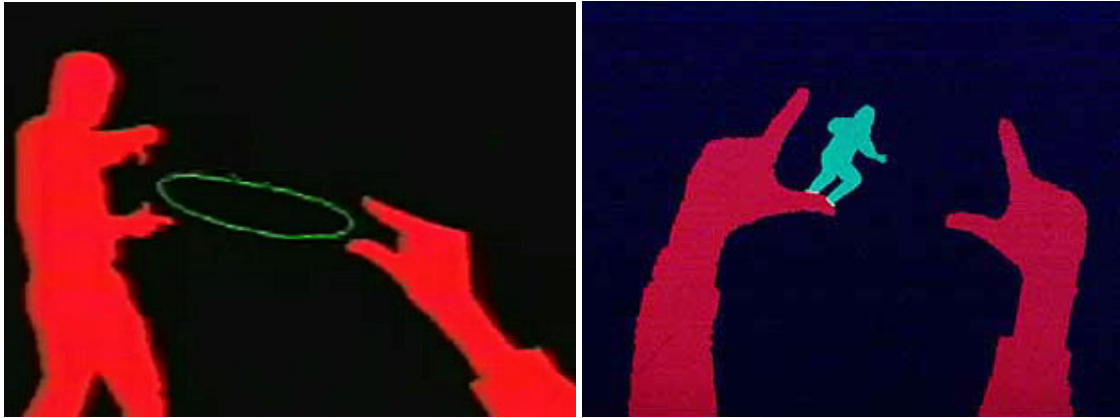
Fig.4 - Myron Krueger. Imagem captada (monitor à esquerda) e elemento gráfico gerado (monitor à direita)

Datado de 1983, era uma instalação interactiva constituída por um projector e uma câmara, na qual o programa capturava a pessoa à sua frente, digitalizava e gerava a sua silhueta. A partir daí o utilizador podia interagir com os gráficos ou o som a partir dos movimentos efectuados. Krueger desenvolveu diversos ambientes virtuais baseados no mesmo sistema, oferecendo também a possibilidade de os utilizadores pintarem linhas com os seus dedos ou criarem formas com o seu corpo.

Mas não foi só a nível da interactividade por meio de gestos que o *VIDEOPLACE* trouxe inovação. Esta instalação também permitia que por exemplo, dois utilizadores em localizações diferentes ligados através de rede local pudessem partilhar e interagir no mesmo espaço virtual, numa implementação que o autor definiu como “realidade artificial”, o primeiro espaço virtual multi-utilizador.

Nesta instalação pode-se realçar o facto de ter sido desenvolvida antes de o rato se ter consolidado como um objecto omnipresente no nosso dia-a-dia e que ainda hoje se

encontra operacional. Os seus visitantes podem usufruir de 25 diferentes programas de interacção desenvolvidos até hoje, que alternam entre si sempre que a câmara da instalação detecta uma presença nova no espaço (Media Art Net, 2010).



Figuras 5 e 6 - Modos de interacção na instalação *Videoplace* de Myron Krueger's

Em 1985, um grupo de investigação denominado *Input Research Group* da Universidade de Toronto, desenvolveu através do uso de sensores capacitivos<sup>6</sup>, uma mesa sensível ao toque, capaz de identificar um número arbitrário de toques, de reportar a localização e o grau de inclinação de cada um deles (Buxton, 2007-09).

Neste trabalho, a grande vantagem ao recorrerem a sensores capacitivos, foi a de obterem um produto final (a superfície de uma mesa) mais simples e menos grossa do que os sistemas baseados em dispositivos ópticos.

---

<sup>6</sup> Sensor capacitivo – condensador que exhibe variação na capacidade sem ser através de uma carga eléctrica

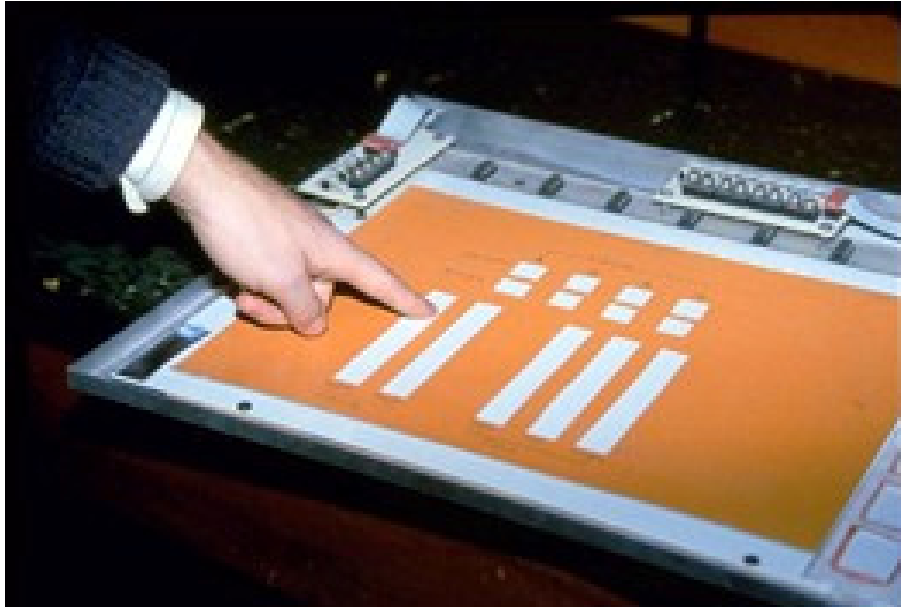


Fig.7 - Mesa *multi-touch* desenvolvida na Universidade de Toronto, em 1985

*Digital Desk*, foi o nome dado ao trabalho desenvolvido em 1991 por Pierre Wellner juntamente com a *Rank Xerox*<sup>7</sup> e a *EuroPARC*, em Cambridge. Este trabalho trouxe uma nova visão e marcou sem dúvida o início de uma nova era. Na sua base tinha o facto de se trabalhar no nosso dia-a-dia com duas mesas, uma mesa física na qual se têm todas as ferramentas do nosso trabalho e uma “mesa” que ele define como digital, representada pelo ambiente de trabalho dos computadores.

O facto de existirem em ambientes completamente distintos, levou a que o autor as considerasse bastantes separadas, pela diferente maneira com que se manipulam os objectos. Normalmente o que acontecia para aproximar esses dois espaços, recorrendo à metáfora do “desktop”, era uma tentativa de transportar o espaço físico para o espaço digital. Pierre Wallner decidiu fazer a abordagem ao contrário e levar todas as tarefas do computador para uma mesa física, deixando de existir a metáfora, uma vez que a mesa de trabalho física, desaparece.

Através de um sistema de projecção superior frontal e através de uma câmara era possível projectar uma secretária electrónica (com determinadas características), capturando as acções do utilizador (Wellner, 1991). Pelo meio de técnicas de luz e

---

<sup>7</sup> Rank Xerox - formada em 1956, uniu a empresa Xerox (USA) com a Organização Rank (UK), tendo por objectivo produzir e distribuir equipamento da Xerox inicialmente na Europa, seguindo-se África e Ásia.

acústica era possível interagir com alguns objectos, em particular com dados e informação em papel. Essa interacção podia ocorrer com vários dedos, ficando demonstrada a capacidade *multi-touch* assim como a possibilidade de modificar a escala dos objectos, transportar e copiar elementos gráficos usando várias técnicas.

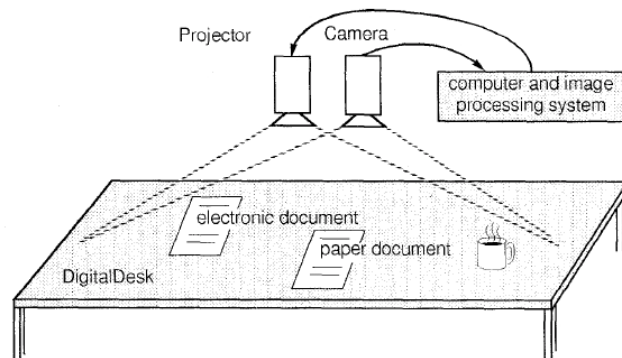


Fig.8 - Sistema *Digital Desk*

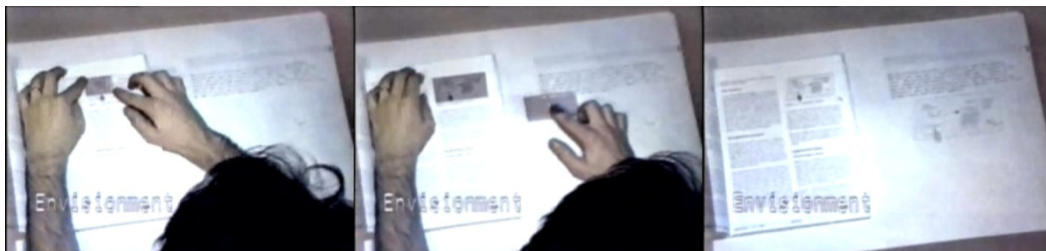


Fig.9 - Cópia de um elemento gráfico por selecção e arrastamento



Fig.10 - Desenho de um gráfico, cópia e redimensionamento do elemento gráfico

Fundada em 1998 por John Elias e Wayne Westerman, surgiu em *Newark a Fingerworks*, empresa especializada na construção de dispositivos e mesas com capacidades *multi-touch* e que suportavam já uma vasta biblioteca de gestos. Baseada

em trabalhos anteriores como o de Myron Kruger, deixaram uma forte marca e desenvolvimento nesta área e mesmo depois de fecharem portas em 2005, pelo facto da sua empresa ter sido adquirida pela *Apple Computer*, mantiveram através do seu website, informação, documentação, tutoriais e manuais de suporte para que estes pudessem ser consultados tanto por clientes da empresa, como por indivíduos ou empresas interessados em se basear nessa informação para desenvolvimentos futuros na área *multi-touch* (Fingerworks).



Fig.11 - *iGesture Pad*, um dos produtos da *Fingerwork*.

Em 2002 surge a *Jazz Mutant*, uma empresa fundada por Guillaume Largillier e Pascal Joguet, com o objectivo de desenvolver novas interfaces humano computadores para a indústria criativa que apresentava cada vez mais um forte crescimento (JazzMuttant, 2010). Em dois anos consolidaram o seu trabalho e registaram a sua primeira patente ao criar o primeiro ecrã *multi-touch* com capacidade para detectar inúmeros toques de dedos, sendo esta, a base, para que no ano de 2005, lançassem o primeiro produto comercial na área *multi-touch*, o *Lemur* (Stantum, 2010).

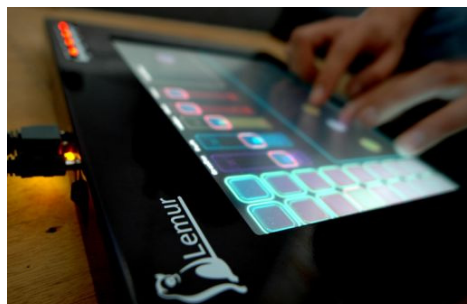


Fig.12 - *Lemur*, mesa *multi-touch* para criar sequências de música

Uma das fortes características do *Lemur* era dar aos seus utilizadores a possibilidade de desenharem o seu próprio interface. Hoje em dia ainda é comercializado e para além das suas características na área da música, também tem aplicações em áreas como o *vjing*<sup>8</sup> ou o controlo de luzes num espectáculo.

Por esta altura eram já várias as empresas que tinham despertado para esta tecnologia. A *Pilotfish*, agência de inovação e design progressivo para o desenvolvimento de melhores experiências do utilizador (*Pilotfish, 2010*) e a *Synaptics*, uma das empresas mundiais líder em soluções para interfaces humanos em diversas áreas (*Synaptics, 2010*,) lançaram 2006 o *Onyx*. Este destacou-se ao serem eliminados os botões mecânicos que permitiam a navegação nos dispositivos do género, introduzindo um interface por toques e gestos no ecrã do telemóvel e também a possibilidade de ter mais do que uma aplicação aberta ao mesmo tempo.



Fig.13 - *Onyx* (*Synaptics & Pilotfish*)

Em 2007, a *Microsoft*, um dos gigantes multinacionais de tecnologia informática lança a *Surface* (*Microsoft,2010*) baseada em tecnologia *DI*, um computador *multi-touch* sob a forma de uma mesa larga, que permite a mais do que um utilizador interagir com conteúdos digitais de uma forma mais intuitiva, estimulando dessa forma a colaboração e interacção entre os utilizadores.

---

<sup>8</sup> *Vjing* – palavra que denomina a atividade praticada pelos video jockey, responsáveis pela manipulação em tempo real de vídeo.



Fig.14 - Microsoft Surface

A capacidade de reconhecer diversos objectos é também uma grande vantagem desta mesa. Ao colocá-los no cimo da mesa, o sistema origina respostas diferentes a cada um deles, proporcionando a transferência de dados de dispositivos móveis e também uma interacção entre programas.



Fig.16 - Microsoft Surface, transferência de dados de um dispositivo móvel

Também em 2007 a *Apple*, outro gigante da tecnologia informática, lançava aquele que é considerado um dos seus ícones, o *iPhone* (Apple, 2010). Reconhecido a nível mundial pelo seu design, integra na sua construção um interface por *multi-touch*, ainda que limitado ao número de toques simultâneos – dois no máximo.



Fig.17 - Navegação na biblioteca de músicas de um *iPhone*

Ao nível da interação, foram aplicadas técnicas introduzidas por *Myron Krueger*, onde através dos dedos se pode fazer *zoom in* ou *zoom out* em fotografias, mapas, páginas Web, ou arrastar na galeria de fotos uma foto para o lado para se ver a foto seguinte (Buxton, 2007-09).

Em 2010, a *Apple* lança um novo dispositivo para o mercado, o *iPad*. Situando-se numa posição intermédia entre um *smartphone* e um computador portátil, integra em grande parte tecnologia desenvolvida e aplicada no seu irmão mais velho, visto anteriormente. O seu ecrã com 9,7 polegadas de diagonal (Apple, 2010), aliado ao processador que o equipa e outras características, faz dele um poderoso instrumento, onde toda as funções ocorrem por *multi-touch*, num interface altamente preciso, sendo inúmeras as possibilidades existentes dentro das aplicações desenvolvidas para o mesmo: navegar na internet, enviar um e-mail, ler livros, ver fotografias, vídeos, consultar o *Youtube*, navegar em mapas, entre muitas outras.

A destacar ainda, as funcionalidades de acessibilidade que permitem que, pessoas com algumas deficiências possam usufruir deste dispositivo. O *VoiceOver* por exemplo, é o primeiro programa do mundo que permite a deficientes audiovisuais, navegarem pelo *iPad* sem ser necessário decorar comandos de teclas ou premir teclas. Apenas é necessário tocar no ecrã para ouvir a descrição desse item e em seguida fazer um duplo toque para aceder ao seu conteúdo, estando esta funcionalidade disponível para todas as aplicações integradas no *iPad*. (ibidem).



Fig.18 - iPad, com visualização de algumas das funções do kit Voiceover

## Capítulo III - Tecnologias *multi-touch*

O que distingue a tecnologia *single-touch* da tecnologia *multi-touch* é precisamente o número de pontos de contacto com o ecrã. A *single-touch* permite uma detecção de cada vez enquanto a *multi-touch* permite a detecção de vários contactos e uma experimentação multi-utilizador.

Dentro da tecnologia *multi-touch* existem vários tipos de construção, cada um com características específicas. No entanto em todos eles, os utilizadores podem interagir física e directamente com a superfície *multi-touch*, usando os dedos ou determinados objectos para o efeito, obtendo desta forma uma interacção directa entre homem e computador.

Para este projecto e tendo em conta a complexidade da tecnologia *multi-touch*, foi necessária uma pesquisa mais profunda sobre os vários tipos de sistema existentes, quais as suas diferenças e capacidades. Tendo também como objectivo a construção de um sistema de baixo custo eficiente, esta pesquisa teve um papel fundamental na escolha do sistema que se iria construir.

### **3.1 Superfícies de toque baseadas em resistência (*Resistance Based Touch Surfaces - RBTS*)**

O ecrã baseado na tecnologia *RBTS* (Schöning, J. et al, 2008) é constituído por várias camadas, dos quais as mais importantes são duas camadas boas condutoras eléctricas (metálicas em geral, ou carregadas com partículas boas condutoras eléctricas como o óxido de estanho), separadas por uma estreita camada que pode estar vazia ou preenchida por pequenos pontos de silicone. A camada frontal é normalmente feita de um material flexível, enquanto a camada final será de vidro. Existe um controlador que faz passar uma determinada corrente numa das camadas metálicas e ao mesmo tempo, mede a corrente da outra. Quando um objecto, por exemplo uma caneta ou um dedo, pressionam um determinado ponto, as duas camadas metálicas ficam unidas

nesse ponto, gerando-se a passagem de corrente que é medida tanto a nível vertical como a nível horizontal pelo controlador, calculando assim a posição exacta detectada do toque. Esta tecnologia é bastante usada e existe por exemplo em algumas câmaras digitais, *PDA*'s e na conhecida consola de jogos *Nintendo DS*.

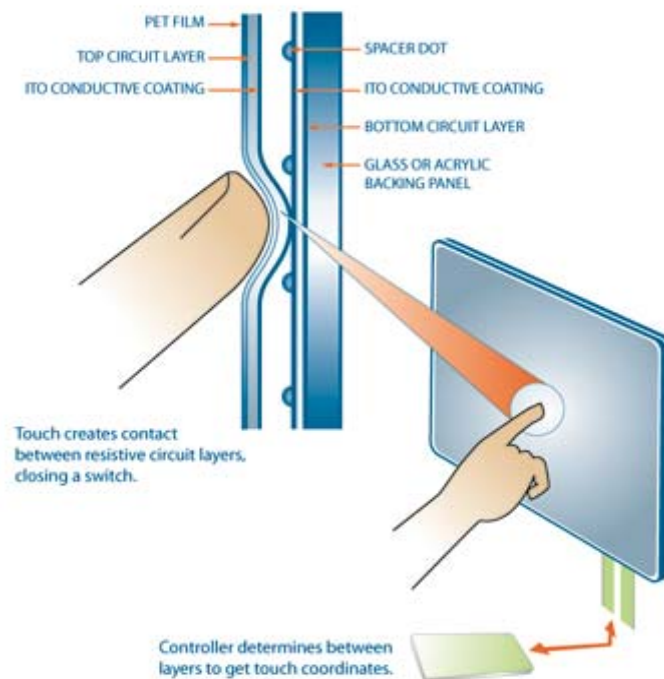


Fig.19 - Esquema de funcionamento

### **3.2 Superfícies de toque baseadas em capacidade eléctrica (*Capacitance Based Touch Surfaces - CBTS*)**

Os sistemas que utilizam a tecnologia *CBTS* (ibidem) consistem num isolador de corrente como por exemplo o vidro, cobertos de um condutor transparente. Para funcionarem correctamente, necessitam de um bom condutor eléctrico como por exemplo o corpo humano ou algum objecto dotado dessa característica.

Ao ser feito um contacto com o ecrã, gera-se uma alteração no campo electrostático, sendo essa alteração medida em potência e de acordo com a tecnologia aplicada, é feito o cálculo do local de toque havendo uma interpretação por parte de uma aplicação a correr num computador. Dentro deste tipo de tecnologia podem-se destacar duas, como sendo as principais.

### 3.2.1 Superfícies de toque capacitivo à superfície (*Surface Capacitive Touch Surfaces-SCTS*)

Esta tecnologia (ibidem) consiste numa camada condutora uniforme sobre uma camada de vidro. Apenas um dos lados está electrificado, onde se aplica uma pequena corrente formando um campo electrostático. Existem nos quatro cantos da superfície, eléctrodos que mantêm com toda a precisão a carga que passa no campo, tanto a nível horizontal, como a nível vertical.

Quando por exemplo um dedo humano entra em contacto com a superfície de revestimento, gera-se dinamicamente uma potência/condensador, uma vez que existe um transporte de carga do campo electrostático, para o ponto de toque do objecto. A corrente que segue de cada um dos quatro cantos da superfície é então medida no ponto de contacto, onde um microprocessador consegue calcular com uma precisão muito boa, a posição do toque.

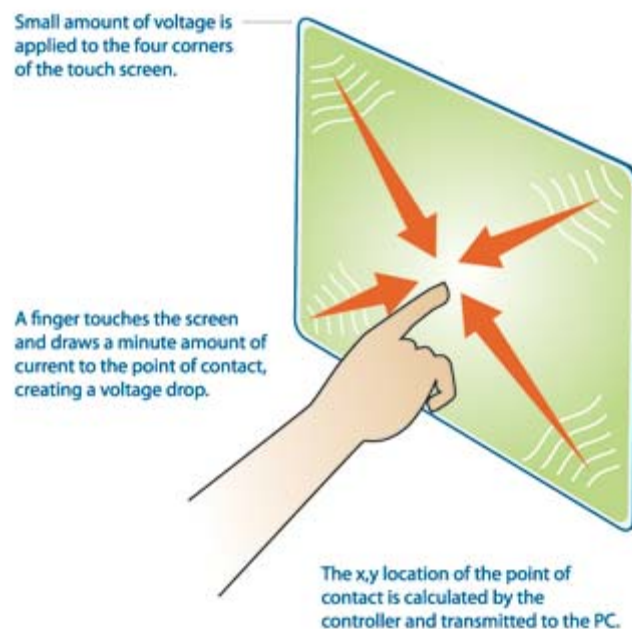


Fig.20 - Esquema de funcionamento

### 3.2.2 Superfícies de toque capacitivo projectado (*Projected Capacitive Touch Surfaces-PCTS*)

A tecnologia *PCTS* consiste (ibidem) na construção de uma grelha de eléctrodos, dispostos em uma ou duas camadas. Ao se aplicar corrente forma-se uma grelha de potência ou condensadores. A aproximação de um objecto como por exemplo um dedo humano, com capacidades condutoras<sup>9</sup>, faz com que se altere o campo electrostático dessa zona.

O facto de ser usada uma grelha permite para além de uma precisão elevada, o facto de poder ser estabelecido mais que um ponto de contacto (*multi-touch*). Os resultados em relação à tecnologia anterior são muito semelhantes, no entanto existe uma melhoria em termos de qualidade da imagem, havendo mais definição pois a grelha pode ser construída de maneira quase transparente. Por esta razão é também possível aplicar uma camada protectora sem se perder definição na imagem, alargando as possibilidades de aplicações desta tecnologia.

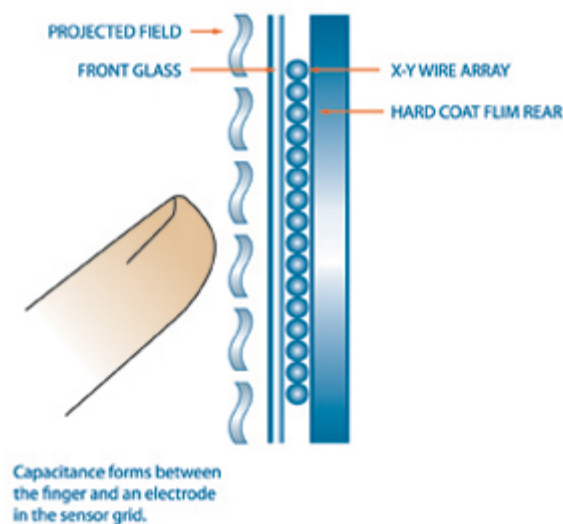


Fig.21 - Esquema de funcionamento

<sup>9</sup> Capacidade condutora – característica dos corpos que permite que os mesmos conservem ou não as cargas eléctricas vindas do exterior. O corpo humano é considerado bom condutor uma vez que espalha imediatamente a carga eléctrica que recebe do exterior.

### 3.3 Superfícies de toque em onda superficial (*Surface Wave Touch Surfaces - SAW*)

Tecnologia semelhante às duas anteriores, formando-se uma grelha gerada por ondas ultrasónicas numa superfície de vidro, dispostas em ambos os eixos X e Y. Quando a superfície recebe um toque uma parte das ondas é absorvida (TVI Electronics, 2009). As ondas de som são convertidas em sinais electrónicos e estas alterações permitem calcular a posição do ponto de interacção.

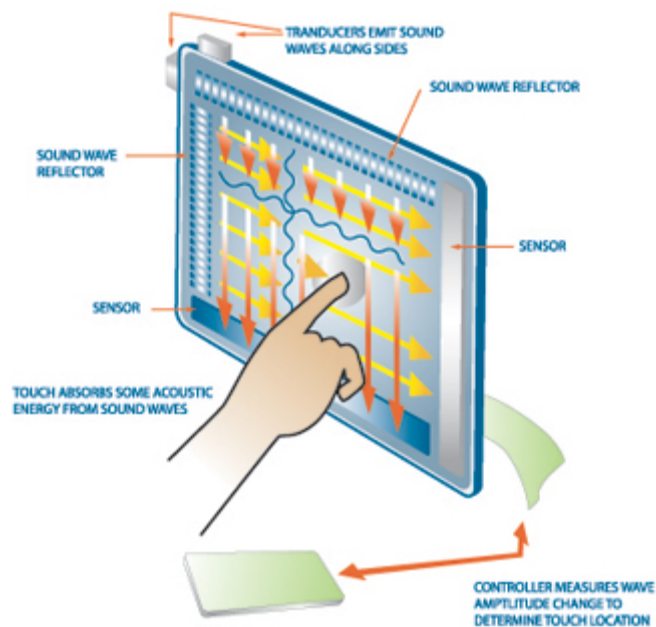


Fig.22 - Esquema de funcionamento

### 3.4 Superfícies de toque baseadas em dispositivo óptico (*Optical Based Touch Surfaces - OBTS*)

As superfícies de toque baseadas em dispositivos ópticos (câmara) têm por base iluminação por luz infra-vermelha de uma superfície e conseqüentemente a captura através de uma câmara de infra-vermelhos dos pontos de contacto estabelecidos na superfície de toque.

Existem vários sistemas de construção, dos quais se abordarão alguns a seguir.

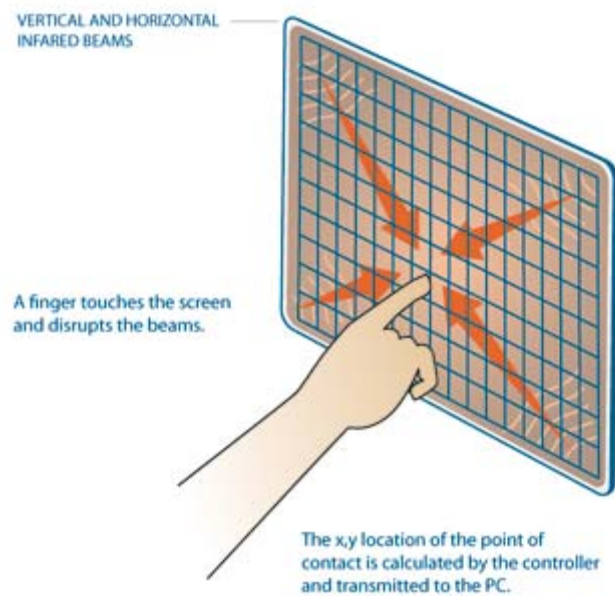


Fig. 23 - Esquema de funcionamento

### 3.4.1 Frustração total da reflexão interna – (*Frustrated Total Internal Reflection - FTIR*)

Este sistema necessita de um acrílico transparente, uma vez que tira partido das características reflectoras deste. Normalmente na concepção deste sistema são montados na superfície lateral do acrílico leds infra-vermelhos (em várias unidades isoladas e montadas em circuito ou através de uma fita de leds). Ao serem montados nessa posição os leds emitem luz infra-vermelha para o interior do acrílico que devido às suas características “aprisiona” a luz no seu interior, reflectindo-se em todas as direcções, o que leva a que existam milhares de raios de luz espalhados no interior do acrílico, dando-se a este fenómeno o nome de reflexão interna (Veen, 2007)

Quando um objecto ou um dedo tocam a superfície do acrílico, ocorre a chamada “frustração” na qual os raios de luz são acumulados num ponto e capturados assim por uma câmara de infra-vermelhos.

Por vezes ao tocar-se o acrílico de certos sistemas é necessário fazer alguma pressão ou ter os dedos húmidos para se poder arrastar os objectos gráficos. De maneira a melhorar a performance deste sistema, pode-se adicionar uma camada fina de silicone, denominada de *compliant surface*, aumentando a capacidade de arraste e a sensibilidade do dispositivo.

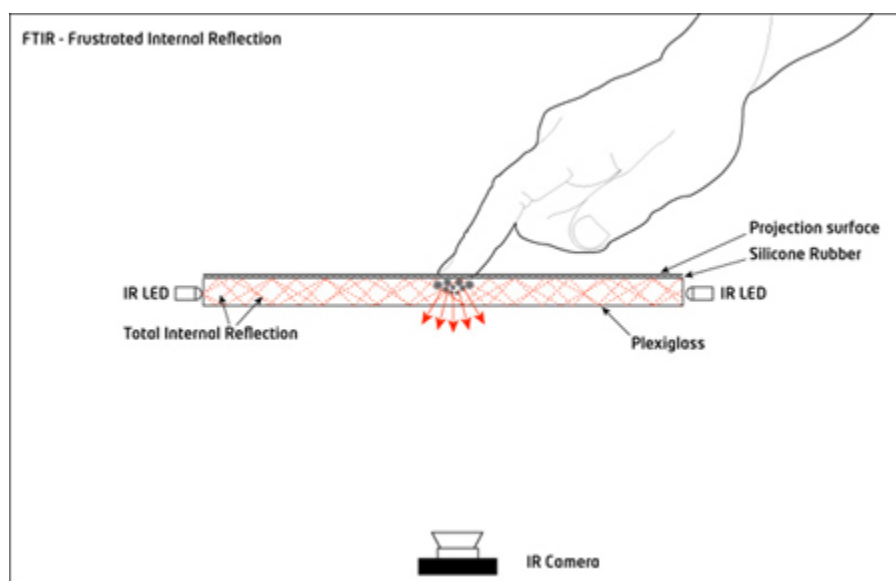


Fig.24 - Esquema de montagem



Fig.25 - Pontos de contacto capturados pela câmara

### 3.4.2 Iluminação difusa (*Diffuse Illumination - DI*)

O sistema *DI* pode ser feito de duas maneiras, de acordo com o tipo de iluminação, se é frontal (*front*) ou traseiro (*rear*). Ambas as técnicas usam os mesmos princípios básicos (NUI group Authors, 2009).

#### Iluminação difusa traseira (*Rear DI*)

A luz infra-vermelha é projectada no ecrã por baixo da superfície de toque. É colocado um difusor na parte superior ou inferior da mesma. Quando um objecto toca a superfície, reflecte mais luz que o difusor ou os objectos no fundo, sendo essa a luz que é capturada pela câmara. Dependendo do tipo de difusor, este sistema pode ainda detectar movimentos que pairam e objectos colocados na superfície.

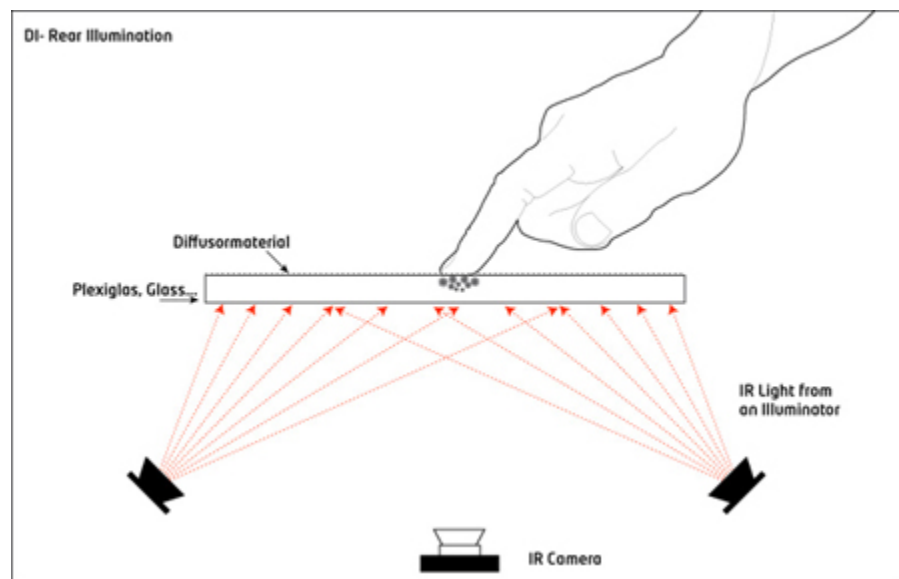


Fig.26 - Esquema de montagem

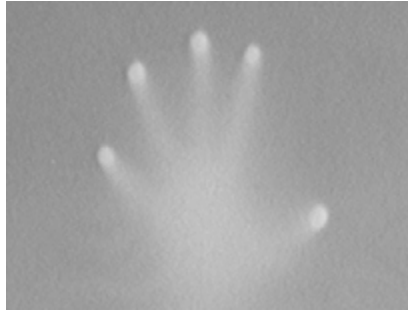


Fig.27 - Pontos de contacto capturados pela câmara

### **Iluminação difusa frontal (*Front DI*)**

A diferença deste sistema para o anterior deve-se ao facto de a luz infra-vermelha ser projectada no ecrã por cima da superfície de toque. Também aqui, é colocado um difusor na parte superior ou inferior da superfície de toque. Quando um objecto toca a superfície, em vez de reflectir luz, provoca uma sombra que é capturada pela câmara.

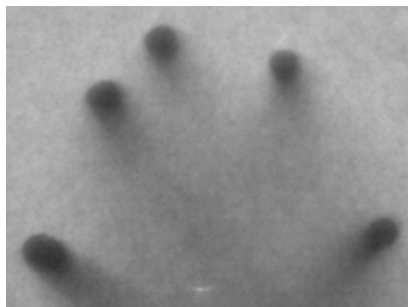


Fig.28 - Pontos de contacto capturados pela câmara

### 3.4.3 Iluminação difusa da superfície (*Diffused Surface Illumination - DSI*)

Este sistema é muito semelhante ao sistema *FTIR* mas não necessita de uma superfície complacente de silicone (ibidem). No entanto na construção deste sistema é necessário o uso de um acrílico específico de nome *Endlighten*, o qual tem no interior da sua construção, micro partículas que funcionam como pequenos espelhos. Através de uma configuração de leds semelhante à do sistema *FTIR*, o acrílico ao ser iluminado vai reflectir a iluminação infra-vermelha para fora, funcionando como um espelho de luz do tamanho de toda a superfície usada. Um objecto ou um dedo, ao entrar em contacto com a superfície, irá bloquear a passagem de luz, reflectindo-a para a câmara originando aquilo que normalmente se denomina de *blob* (mancha), sendo assim possível detectar o toque nesse ponto.

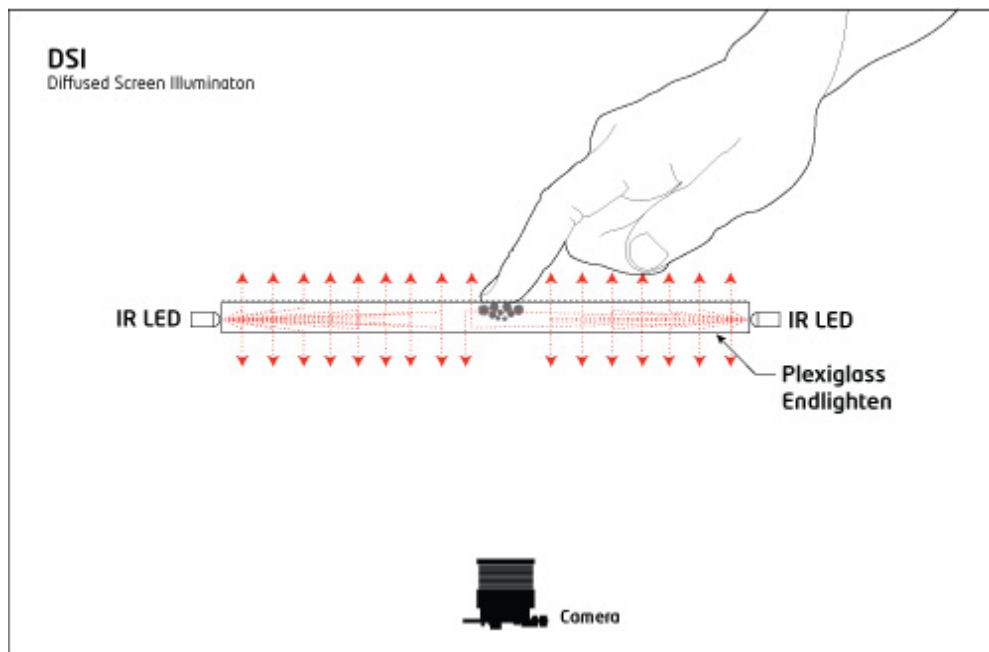


Fig.29 - Esquema de montagem

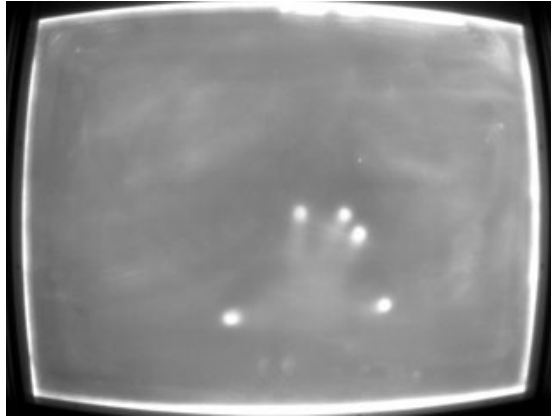


Fig.30 - Pontos de contacto capturados pela câmara

### 3.4.4 Plano de luz laser (*Laser Light Plane – LLP*)

Neste sistema existe um plano de luz infra-vermelha com cerca de 1 mm de espessura, colocado por cima da superfície (*Peau Productions, 2010*). Para se obter esse plano de luz, é necessário colocar um filtro na origem do laser infra-vermelho, que faz com que a luz se espalhe mais ou menos num ângulo de 180º graus em vez de apenas num ponto, originando o tal plano de luz infra-vermelha. O dedo ao tocar esse plano, irá traçá-lo e irá dar a origem a um *blob* (mancha).

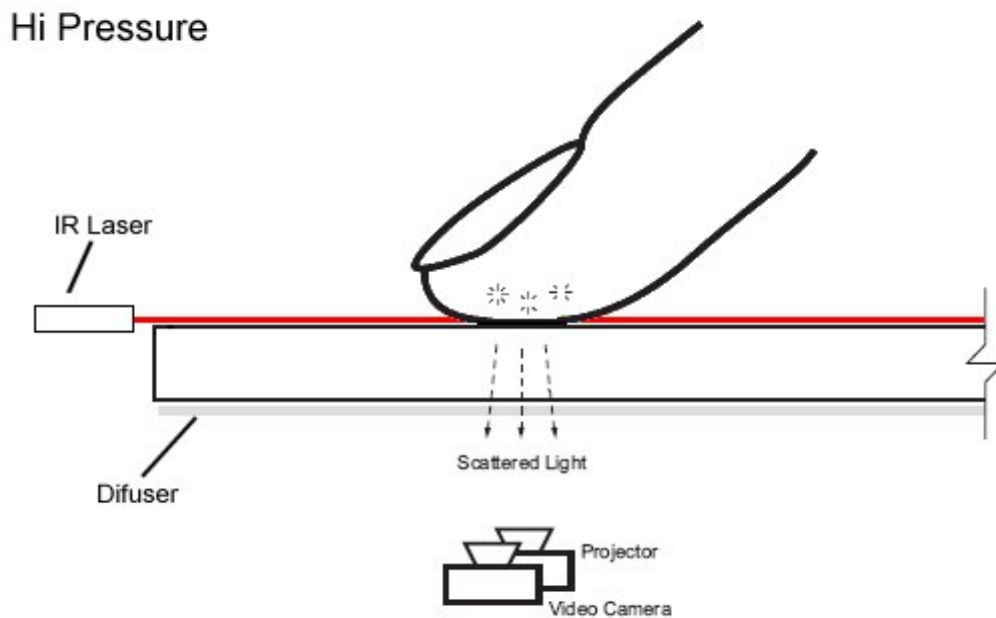


Fig.31 - Esquema de montagem

### 3.4.5 Plano de luz de LED (*LED Light Plane - LED-LP*)

Semelhante ao sistema *FTIR*, o acrílico deixa de estar encaixado na moldura que contém os leds e onde é feita a transmissão directamente para o interior do acrílico, passando estes a ficarem ligeiramente acima da superfície, iluminando-a, à semelhança também daquilo que acontece no sistema *LLP* (ibidem).

Neste sistema colocam-se os leds infra-vermelhos a toda a volta da superfície de contacto, para que a iluminação seja eficiente, evitando assim problemas de distribuição regular de luz e também precavendo o efeito de ocultação de um objecto, por parte de outro, uma vez que ao formar-se um plano de luz em vez de uma linha, os objectos são facilmente iluminados.



Fig.32 - Esquema de montagem

### 3.4.6 Comparação dos vários sistemas

Depois de apresentadas as várias técnicas baseadas no uso da luz, é frequente perguntar qual o sistema mais adequado e como em todas as vezes que nos surgem este tipo de questões, um sistema apresenta perante outro as suas vantagens e desvantagens. A resposta, depende da utilização que se quer dar e de qual o método, ou neste caso sistema, que melhor se adequa às nossas necessidades.

Como tal analisam-se as vantagens e desvantagens de cada um no seguinte quadro. (Nui Group Authors, 2009).

| <b>FTIR</b>   |  |
|---|--|
| Vantagens   | Desvantagens   |
| Não necessita de uma caixa fechada  | Necessita de um caixilho para acoplar os leds  |
| As manchas têm um forte contraste   | Não reconhece objectos com marcadores  |
| Permite a variação de pressão   | Superfície em acrílico   |
| Recorrendo a uma superfície complacente, permite o toque mediante pequenos objectos como uma caneta | Para um uso optimizado, necessita de uma superfície complacente, feito normalmente de silicone |
| <b>DI (retaguarda)</b>  |  |
| Vantagens   | Desvantagens   |
| Não necessita uma superfície complacente, apenas de um difusor                                      | Necessita de uma caixa fechada   |
| Pode usar outros materiais para a superfície para além do acrílico                                  | Difícil iluminar de uma forma regular  |
| Não necessita de caixilho para os Leds  | Manchas têm um baixo contraste, difíceis de capturar pelo software                             |
| Iluminação através de focos   | Maior possibilidade de obter falsas manchas  |
| Permite capturar objectos, dedos, marcadores, objectos ou movimentos que pairam                     |  |

| <b>DI (frontal)</b>  |   |
|--|---|
| Vantagens  | Desvantagens  |
| <p>Não necessita uma superfície complacente</p> <p>Pode usar outros materiais para a superfície para além do acrílico</p> <p>Não necessita caixilho para os LEDS</p> <p>Iluminação através de focos</p> <p>Permite capturar dedos, objectos ou movimentos que pairam</p> <p>Sistema simples de construir</p> | <p>Difícil iluminar de uma forma regular</p> <p>Maior possibilidade de obter falsas manchas</p> <p>Não captura objectos ou marcadores</p>   |
| <b>LLP</b>   |   |
| Vantagens  | Desvantagens  |
| <p>Não necessita uma superfície complacente</p> <p>Pode usar outros materiais para a superfície para além do acrílico</p> <p>Não necessita caixilho para os LEDS</p> <p>Iluminação através de focos</p> <p>Permite capturar dedos, objectos ou movimentos que pairam</p> <p>Sistema simples de construir</p> | <p>Não captura objectos ou marcadores</p> <p>Não é sensível à pressão uma vez que a intensidade da luz não varia com a pressão</p> <p>Pode ocorrer oclusão se apenas se usarem um ou dois lasers. A luz ao bater num dedo bloqueia outro dedo de receber essa luz</p> |

| <b>DSI</b>  |  |
|---|--|
| Vantagens   | Desvantagens   |
| <p>Não necessita uma superfície complacente</p> <p>Pode-se facilmente optar entre <i>DI (DSI)</i> e <i>FTIR</i></p> <p>Detecta objectos, marcadores e movimentos que pairam</p> <p>É sensível à pressão</p> <p>Iluminação regular através da superfície de dedos e objectos</p> | <p>O acrílico <i>Endlighten</i> tem um custo superior ao acrílico normal</p> <p>Manchas têm um baixo contraste, inferior ao <i>FTIR</i> e ao <i>LLP</i></p> <p>Restrições de tamanho devido à rigidez do acrílico <i>Endlighten</i></p>        |
| <b>LED-LP</b>   |  |
| Vantagens   | Desvantagens   |
| <p>Não necessita uma superfície complacente</p> <p>Pode usar outros materiais para a superfície para além do acrílico</p> <p>Não necessita caixilho para os leds</p> <p>Não necessita de uma caixa fechada</p> <p>Ligeiramente mais barata que as outras técnicas</p>           | <p>Detecta movimentos que pairam indesejadamente</p> <p>Não captura objectos ou marcadores</p> <p>Necessita de um caixilho para os leds</p> <p>Só podem ser montados leds em unidade montadas em circuito. Não pode ser usada fita de leds</p> |
|   |  |

### **3.5 Arquitectura de Hardware para superfícies *multi-touch* baseadas num dispositivo óptico**

#### **3.5.1 – O uso da luz nas superfícies *multi-touch***

Como se pode verificar anteriormente, são várias as técnicas usadas em dispositivos *multi-touch*. Alguns destes dispositivos e interfaces incluem proximidade, acústica, potência, resistência, movimento, orientação e pressão, podendo haver combinações entre estes vários conceitos.

No entanto o uso da luz nas superfícies *multi-touch* ocupa uma percentagem muito grande no campo dos dispositivos *multi-touch*, por várias razões, das quais de destacam o fácil transporte e montagem, a construção poder ser adaptada a várias escalas e também o facto de ser uma solução de baixo custo.

Em qualquer um dos sistemas apresentados existem elementos essenciais sem os quais não seria possível obter o resultado pretendido. É necessário um sensor óptico (câmara), fonte de luz infra-vermelha e de um *feedback* ao nível visual obtido através do recurso de um projector de luz ou de um LCD. No entanto e apesar das diferenças de cada uma das técnicas, é importante compreender as três partes em comum de cada um dos sistemas ópticos para superfícies *multi-touch*.

### 3.5.2 Fonte de luz infra-vermelha

A luz pode ser simplesmente traduzida como uma gama de comprimentos de onda à qual o olho humano é sensível, 700 nanômetros a 400 nanômetros (Correia, 1992). A cada comprimento de onda, corresponde uma cor tal e qual como se conhece, dentro do espectro visível.



Fig.33 - Espectro de luz visível 400nm (violeta) <700nm (vermelho)

Nos sistemas que recorrem ao uso da luz, é aplicada iluminação infra-vermelha, superior a 700nm, não sendo visível ao olho humano, fazendo parte dos espectros invisíveis. De uma forma geral, esta iluminação é usada para permitir uma diferenciação entre a imagem visual que se tem na superfície de toque e o objecto ou dedo que está a ser seguido.

Uma vez que estes sistemas recorrem a um projector de luz ou ecrã LCD, ao tentar seguir-se um objecto através do uso de luz normal o sistema não vai conseguir processar as duas imagens separadas, confundindo a imagem projectada com o objecto ou dedo que tem que seguir.

Para se separarem as duas imagens recorre-se a iluminação infra-vermelha como já dito anteriormente, mas é também necessário uma câmara que capture luz infra-vermelha. Todas as câmaras possuem um filtro que bloqueia a luz infra-vermelha. Ao remover-se esse filtro e encaixar-se um novo filtro que bloqueie a luz visível, obtém-se uma câmara de infra-vermelhos. Desta forma a câmara conseguirá distinguir a imagem projectada que será bloqueada uma vez que não permite a passagem de luz visível, capturando apenas a luz infra-vermelha que ilumina o dedo ou o objecto na superfície de toque.

Existem alguns factores a ter em conta na compra da fonte de luz infra-vermelha, seja esta através de focos ou de leds. Muitas marcas de acrílico constroem de forma intencional os seus acrílicos, de maneira a reduzir a transmissão de luz infra-vermelha acima dos 900nm e dessa forma controlam o seu aquecimento quando usados em janelas (Nui group Authors, 2010). Também algumas câmaras possuem sensibilidades diferentes para luz infra-vermelha.

Por várias razões deve-se olhar para a ficha técnica dos leds que se vão comprar e analisar as suas características técnicas. O comprimento de onda deverá andar no intervalo dos 780nm a 940nm, uma vez que a maior parte das câmaras no mercado compreende este comprimento de onda no seu funcionamento. Por sua vez é também para estes comprimentos de onda que é mais fácil encontrar no mercado os filtros adequados. Um comprimento de onda mais baixo, permite uma sensibilidade maior ou seja, uma melhor aptidão para determinar a pressão. No entanto convém referir o facto de quando se opta por leds mais baratos (normalmente num intervalo perto dos 780nm), poder existir uma maior dificuldade de calibração e o resultado final poder não ser o melhor se houver luz ambiente, uma vez que essa gama se encontra no limite do espectro visível (Nui group, 2010).

Relativamente à Intensidade radiante o mínimo aceitável será de 80mw mas quanto mais elevada melhor. Os leds, como qualquer fonte de luz têm um ângulo de transmissão de luz. Para os sistemas *FTIR* o ângulo ideal estará compreendido entre os +/-48 graus. Abaixo desse valor não tirará rendimento pleno da reflexão interna total e acima desse valor fará com que luz escape do acrílico.

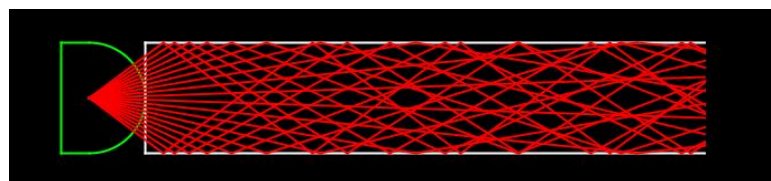


Fig.34 - Esquema representativo do ângulo ideal de entrada de luz no acrílico para um sistema *FTIR*.

Relativamente aos sistemas do tipo *DI*, pode-se dizer que os leds com uma amplitude angular maior são os mais rentáveis, uma vez que permitem uma iluminação mais regular de toda a superfície.

Para os vários sistemas é recomendado a compra para a câmara de um filtro de luz infra-vermelho para uma determinada gama de espectro, substituindo os filtros caseiros feitos a partir de um pedaço do disco de uma disquete ou de filme de fotografia exposto, evitando assim o problema da captura de falsos sinais.

### 3.5.3 Câmaras infra-vermelhas

Como em toda a escolha de material, também na escolha da câmara para o sistema, deve-se adequar a escolha tendo em conta o projecto. Se se pretende desenvolver um protótipo experimental não é necessário investir tanto numa câmara, ao passo que se se está a pensar em algo mais profissional os requisitos são superiores. Existem no mercado algumas soluções baratas mas com alto rendimento como as webcams da *Xbox* ou a *PSEYE* da *Playstation 3*, que devidamente alteradas produzem bons resultados, destacando-se nesta última câmara a alta taxa de *frames* por segundo, podendo atingir 125 fps (*frames* por segundo), para uma resolução de 320x240 (Peau Productions, 2010).

Pode-se também optar por uma câmara profissional, mas uma vez que o objectivo se trata de montar um sistema de baixo custo, essa opção está à partida de parte.



Fig.35 - Ps3 Eye webcam

Normalmente, qualquer webcam existente no mercado terá um funcionamento correcto num sistema *multi-touch*, desde que se adapte da forma correcta para cumprir a sua função: capturar luz infra-vermelha. Para tal necessita-se modificar a webcam, abrindo-a e removendo o filtro que bloqueia a passagem de luz infra-vermelha, e inserindo um filtro que bloqueie a passagem de luz visível (Schöning, J. et

al, 2008). Na realidade, este processo de modificação pretende obter no final o resultado contrário para o qual as câmaras são desenhadas e construídas, ou seja, bloquear a luz visível e deixar passar a luz infra-vermelha.

Existem alguns aspectos a ter em conta na compra de uma câmara, ou até mesmo ainda antes, quando se pensa que tipo de superfície *multi-touch* se vai construir. O primeiro e mais importante (Nui group Authors, 2009), tem a ver com a resolução. Uma vez que o software, reconhece e captura as manchas formada pelo toque, quanto maior for a resolução maior será a quantidade de pixéis presentes, logo maior será a precisão do toque. Podem-se assim criar protótipos ou pequenas superfícies *multi-touch*, com resoluções mínimas para webcams de 320x240 pixéis, enquanto se se pretende construir superfícies maiores a resolução mínima aceitável será de 640x480 pixéis.

O segundo tem a ver com a taxa de actualização de *frames*. Este aspecto é importante na medida em que é ele que dá a sensação de resposta daquilo que se está a fazer. Uma taxa de 30 fps (*frames* por segundo) é o mínimo aceitável para uma boa resposta do sistema aos movimentos. Quanto maior for a taxa de *frames* por segundo, melhor é a resposta e a experiência, não ocorrendo a sensação de arrasto e de falta de resposta do sistema.

O interface é o terceiro aspecto a ter em conta, uma vez que é ele que permite a ligação da câmara ao computador. Dentro dos dois tipos de ligação, dependendo do orçamento disponível, pode-se optar por uma webcam com ligação por usb ou por uma câmara profissional com ligação por *FireWire* (IEEE1394). Esta última é a que tem melhores resultados uma vez que tem uma maior rapidez de transferência de dados, reflectindo-se uma vez mais na rapidez da resposta do sistema.

O quarto aspecto tem a ver com o tipo de lentes. Como o objectivo é capturar a luz infra-vermelha e já dito anteriormente, é necessário remover o filtro que bloqueia a passagem de luz infra-vermelha. No entanto, em algumas webcams esse filtro que tem por objectivo impedir a passagem de luz infra-vermelha e conseqüente distorção da

imagem, encontra-se no interior da própria lente. A solução nestes casos passa pela compra de uma lente nova, tendo em conta o tipo de lente compatível, normalmente *OEM* ou *M12* (Schöning, J. et al, 2008). Tendo em conta esse pormenor do fabricante, tem que se encontrar uma lente adequada à nossa webcam. Esse processo de escolha é facilitado em alguns construtores de webcams, recorrendo-se a tabelas de cálculo on-line que através de alguns parâmetros, permitem calcular o comprimento de foco necessário da lente.



Fig 36 - Lente *OEM*

Por último o sensor da câmara e o filtro infra-vermelho. Na construção de um sistema *multi-touch* tem que se ter em conta qual é o espectro de luz infra-vermelha que vai ser usado, partindo do princípio que esse espectro está contemplado na gama de espectro possível de capturar pelo sensor de luz da nossa câmara. Na compra de uns leds ou foco de luz infra-vermelho, na gama dos 850nm, tem que se comprar um filtro de luz para 850nm. Pretende-se que o filtro bloqueie todo o espectro de luz fora dessa gama de cor, passando apenas a luz infra-vermelha com o espectro de 850nm.

### 3.5.4 Projectores

Para se obter um *feedback* visual na mesa pode-se recorrer a um projector, como alternativa a qualquer dispositivo de projecção de vídeo, uma vez que estes tendem a ser os mais versáteis e populares em termos de tamanho de imagem (Nui group Authors, 2009).

Existem dois tipos principais de projectores: DLP e LCD. Os LCD (*Liquid Crystal Display*) são feitos de uma grelha de pontos que se ligam e desligam consoante a necessidade. Esta é a mesma tecnologia dos monitores planos ou dos monitores dos computadores portáteis. Estes são muito nítidos e têm cores fortes, no entanto, essa cor vai se perdendo com o passar dos anos. O tipo DLP (*Digital Light Processing*) é uma tecnologia que funciona mediante a movimentação de milhares de espelhos que se movem para trás e para a frente. A cor é então gerada por uma roda de cor em movimento. Este tipo de projecto tem um contraste muito bom e um tamanho físico reduzido, no entanto poderá ter uma resposta mais lenta.

Em qualquer uma das opções é necessário salientar a importância do brilho nas projecções. Esta medição é feita em ANSI lúmenes<sup>10</sup> e quanto mais alto o número, mais brilhante é a projecção, o que poderá ser um problema nas superfícies *multi-touch*. Com proximidade do projector ao ecrã e com uma área de projecção reduzida, a projecção em si pode-se tornar de tal modo brilhante ao ponto de criar zonas irradiantes que se podem tornar ofuscantes após alguns minutos a olhar para o ecrã, podendo até em alguns casos confundir o software de captura de imagem.

Um dos pontos que limitam o uso de um projector tem a ver com a distância de projecção. Esta é a distância necessária entre as lentes do projector e a superfície de projecção para obter a imagem ideal com o tamanho correcto.

---

<sup>10</sup> *Lumen* – unidade do Sistema Internacional de Medidas para medir o fluxo de luz.

### 3.5.5 Monitores LCD

Enquanto os sistemas baseados em projectores tendem a ser os mais versáteis em termos de tamanho, os monitores LCD são também uma opção para se obter um feedback visual em sistemas *multi-touch*. Todos os *displays* dos LCD são completamente transparentes – a matriz do LCD não tem opacidade. Se se remover todo o invólucro plástico que o envolve e se excluir as camadas bloqueadoras de luz infra-vermelha, a matriz do LCD permanece ligada aos seus circuitos, controladores e fonte de alimentação (*PSU*). Quando montada num sistema *multi-touch*, esta matriz do LCD permite que a luz infra-vermelha passe por ela e que ao mesmo tempo, mostre uma imagem igual à de LCD inalterado.



Fig.37 - Protótipo usando um ecrã LCD

## 3.6 Arquitectura de software

### 3.6.1 Captura no *multi-touch*

A localização é um elemento muito importante na tecnologia *multi-touch* pois é ela que permite que os vários dedos actuem de várias maneiras, sem haver interrupção mediante os comportamentos de cada um. Da mesma maneira, pode identificar gestos através da trajectória de cada dedo que podem ser localizados em tempo real. Felizmente o hardware existente nos dias de hoje facilita bastante esta tarefa.

Nos sistemas *multi-touch* e em particular nos sistemas *FTIR* ou *DI* a imagem de fundo pode se tornar num problema, apesar do recurso a iluminação por luz infra-vermelha. É então necessário que o software remova automaticamente esse fundo, de maneira a eliminar a luz ambiente que vem do exterior, permitindo assim uma captura eficaz das manchas formadas pelo toque de dedos ou objectos na superfície táctil. Basicamente, aquilo que o software faz é extrair e eliminar as *frames* capturadas dessa imagem de fundo mantendo apenas os sinais infra-vermelhos obtidos pelo contacto com a superfície e consequentemente pelas manchas formadas.

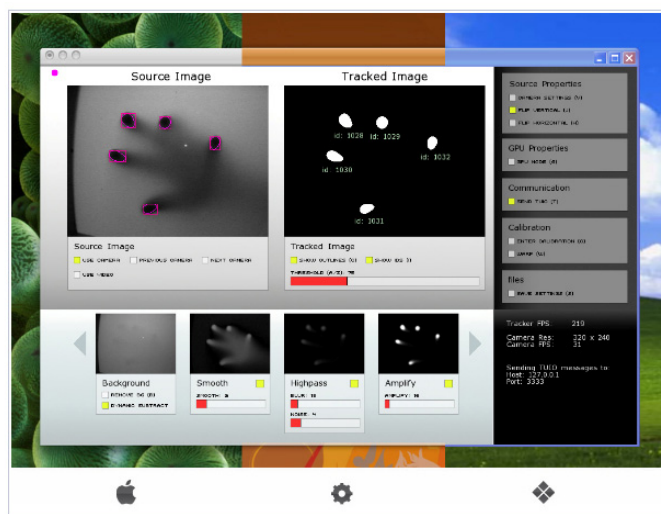


Fig.38 - Screenshot do CCV, com as várias fases de processamento da imagem

Hoje em dia dos programas mais usados para este tipo de captura é o *CCV*<sup>11</sup>. Através do *OpenCV*, uma livreria de gestos *open source*, é possível de uma forma muito rápida, manipular imagens ou vídeos, uma vez que este software detecta facilmente as manchas em tempo real e com grande precisão. A informação associada às manchas capturadas (posição, identidade, área, entre outras) através do protocolo *TUIO*<sup>12</sup>, são enviadas a eventos que identificam quando uma nova mancha é detectada, quando desaparece ou quando se movimenta pela superfície *multi-touch*. Através destes parâmetros, os designers de aplicações utilizam esta informação para criarem aplicações que funcionam através dos *inputs* das manchas geradas no toque com a superfície *multi-touch*.

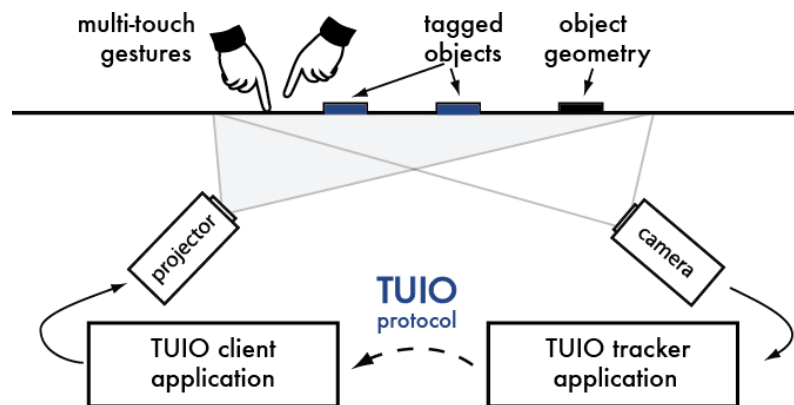


Fig.39 - Ciclo de um sistema *multi-touch*.

<sup>11</sup> Community Core Vision – plataforma *open source* para aplicações *multi-touch*, responsável pela ligação entre a imagem capturada e o processamento do sistema.

<sup>12</sup> TUIO – *Framework* que permite a transmissão dos toques e objectos presentes numa superfície *multi-touch*.

### 3.6.2 Biblioteca de gestos para *multi-touch*

A biblioteca de gestos para *multi-touch* representa uma ferramenta essencial ao desenvolvimento de interfaces por parte dos designers de software e investigadores de superfícies *multi-touch*. A introdução do *multi-touch* nos ecrãs sensíveis ao toque, levou a que a variedade e complexidade dos toques possíveis aumentasse, aumentando também a funcionalidade dos mesmos, tendo sido necessário construir bibliotecas de gestos possíveis de se fazer e do seu mapeamento para uma determinada acção. Desta maneira os designers e engenheiros de aplicações podem começar a trabalhar a interacção de determinada aplicação mediante os gestos já existentes e também desenvolver novos gestos.

Hoje em dia, com o forte crescimento que o *multi-touch*, são várias as plataformas para as quais existem gestos definidos, sendo semelhantes em alguns casos, mas nem sempre iguais. Sendo assim é importante perceber também para cada tipo de plataforma a especificidade de cada gesto e qual o seu objectivo. Existem, entre outras, gestos definidos para *iPhone OS*, *Windows Phone 7*, *Android*, *Wacom Bamboo* (LukeW, 2010).

De seguida apresentam-se alguns dos gestos mais comuns.



# Touch Gesture

# Guia de Referência

|                        |  |                          |  |
|------------------------|--|--------------------------|--|
| Toque                  |  | Pressão                  |  |
| Toque multi-dedos      |  | Pressão e toque          |  |
| Duplo toque            |  | Pressão e arraste        |  |
| Arraste                |  | Pressão, toque e arraste |  |
| Arraste multi-dedo     |  | Aproximar                |  |
| Arraste com dois dedos |  | Espremer                 |  |
| Flick                  |  | Afastar                  |  |
| Lasso e cruz           |  | Separar                  |  |
| Rodar                  |  |                          |  |

Fig.40 – Guia de referência *Touch Gesture* (2010)

### **3.7 - Tabletops e marcadores**

#### **3.7.1 A metáfora das *tabletops***

Quando se pensa na criação de um espaço de interacção, pensa-se logicamente em dois tipos diferentes de disposição: vertical e horizontal. À primeira vista, a diferença entre estes dois espaços tem a ver com o ângulo e com a maneira como o se vê. No entanto esta orientação tem fortes implicações quer a nível da tecnologia empregue, quer ao nível do comportamento por parte do utilizador. (Simó, 2003; Simó and Karman, 2005; Simó 2008a,2008b, 2008c).

A um espaço de interacção vertical, associa-se prontamente um quadro de escola para apenas um utilizador, onde o principal objectivo é dar informações. Por exemplo, os quadros interactivos que hoje em dia equipam muitas das escolas em Portugal, os professores ou estudantes, escrevem ou vão buscar informações para partilhar com o resto da turma. Essa partilha pode ocorrer através da visão geral da aula, do computador portátil caso o aluno disponha de um, ou até do armazenamento num servidor geral que poderá ser consultado sempre que necessário. Desta maneira quebram-se várias barreiras como por exemplo as temporais ou espaciais directamente associadas ao espaço e tempo de duração de uma aula tradicional. A navegação e inserção de dados são feitas através do toque no quadro podendo ser aplicadas diversas tecnologias para detectar esse toque.

Também a navegação neste caso é mais simples. Como exemplo os menus *standard* que se têm nos nossos computadores, uma vez que a perspectiva é a mesma para todos os utilizadores.

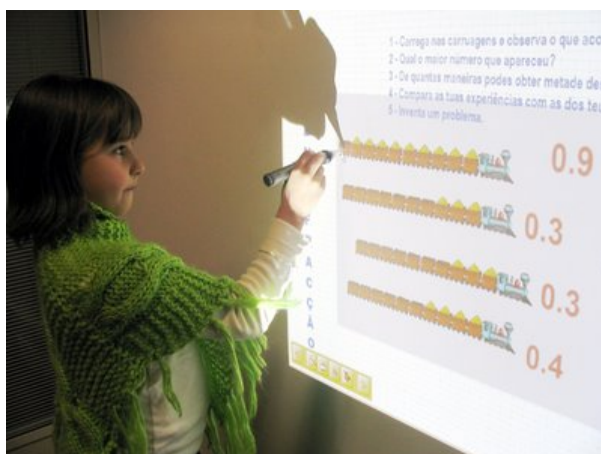


Fig.41 - Quadro interactivo usado nas escolas portuguesas

Num espaço de interacção horizontal, a função principal ao contrário da vertical, não é tanto a de informar, mas sim criar informação através de um utilizador ou de um pequeno grupo de utilizadores. Apelidados normalmente de *tabletops* estes espaços estão profundamente ligados a imagem de uma mesa de trabalho, servem para gerar informação, manipular informação e partilhar informação, para que num caso de um pequeno grupo de utilizadores se possa proceder à sua discussão. No entanto esta disposição aliada a estas características levou a desafios na concepção do seu sistema e design.

Normalmente, perante um sistema horizontal, os utilizadores sentam-se à volta da mesa, logo, cada um com uma perspectiva diferente perante aquilo que está a ver e sobre o todo. Desta forma menus standard como os presentes nos espaços verticais, são impossíveis de manter no horizontal, pela sua falta de legibilidade. Ao mesmo tempo surgem possibilidades como as de colocar objectos físicos, os quais o sistema identifica ou não como sendo parte integrante do mesmo. O programador da aplicação poderá definir diferentes comportamentos ao nível do toque, podendo por exemplo gerar menus diferentes caso o toque seja feito com a mão, com uma caneta ou através de objectos com marcadores específicos colocados sobre o sistema, abrindo assim uma vasta gama de possibilidades para que se atinjam os resultados pretendidos.

No entanto escrever num sistema horizontal pode se tornar numa tarefa difícil, pela quantidade de objectos e interpretação de inputs que o sistema terá que ter e que caso não seja bem programado será extremamente difícil executar essa tarefa.

Sendo assim, fica clara a ideia de que a evolução das *tabletops* terá ter em conta a utilização por parte de vários utilizadores e não de apenas um utilizador. Também nos sistemas horizontais a possibilidade de se usarem objectos com marcadores oferece inúmeras possibilidades à evolução e desenvolvimento.

### 3.7.2 Utilização de objectos com marcadores

Nos sistemas *multi-touch* a interacção é feita com os gestos das nossas mãos e dedos. No entanto pode-se também interagir através de objectos com marcadores específicos. Os marcadores usados nos sistemas ópticos, são colocados em objectos físicos e estes por sua vez são colocados sobre a superfície *multi-touch*, podendo servir, de acordo com o autor Fischkin, de recipientes, ferramentas ou símbolos (2004). Os recipientes são objectos que permitem a movimentação de informação entre diferentes dispositivos ou plataformas, as ferramentas permitem manipular informação digital e por último os símbolos são como objectos que fisicamente se assemelham à informação que representam.

O sistema tem que ter a capacidade de distinguir os marcadores dos dedos humanos e ao mesmo tempo distinguir os vários marcadores. Para que sejam reconhecidos pelo sistema, têm que ter um *ID*, um identificador com uma imagem específica na parte inferior, que em contacto com a superfície, é captada pela câmara e mediante a programação efectuada o sistema atribui-lhe a sua função ou acção específica.

O seu uso permite abrir novas opções no design de aplicações, aumentando as suas funcionalidades. Uma das mais usadas é a identificação do utilizador e em exemplo disso tem-se o recente jogo para a PSP onde cada jogador através de um marcador específico tem acesso ao seu personagem.



Fig.42 - Jogo *INVIZIMALS* para a *PSP*, onde surgem personagens virtuais no mundo real através de marcadores

Outro exemplo é o da aplicação desenvolvida pela empresa portuguesa, *Near Interaction*, para as Comemorações do Centenário da República. Os utilizadores podem recolher vários cartões que estão expostos e colocá-los por cima da mesa, acedendo assim a informação específica de cada um deles.



Figuras 43 e 44 - Sistema multi-touch desenvolvido para Comemorações do Centenário da República Portuguesa. (*Near Interaction*)

## Capítulo IV - Projectos com tecnologia *multi-touch*

### 4.1 *Vispol* – Visualização para a polícia

O projecto *Vispol*<sup>13</sup>, inicialmente desenvolvido por Jluder Schmidt (2008) para sua tese de mestrado, tinha por objectivo criar uma visualização interactiva para um sistema de investigação policial, através de um sistema *multi-touch*.

Inspirando-se no filme *MINORITY REPORT* e na investigação policial, Schmidt decidiu criar uma ferramenta visual que ajuda-se a polícia na investigação de homicídios, assaltos, entre outras situações. Através de uma base de dados, procura recolher informação sobre as pessoas envolvidas numa situação específica, representando-as de uma forma visual. Normalmente esse processo seria feito escrevendo notas sobre as várias pessoas e variáveis envolvidas na pesquisa, num quadro vertical tradicional.

Trata-se de um sistema horizontal, que inicialmente apenas usou a tecnologia *FTIR*, pela sua eficiência. Toda a programação foi feita em *Adobe Flash Actionscript 3*<sup>14</sup> e *Adobe Flex*<sup>15</sup>, fazendo uso do excelente programa de visualização de dados desenvolvidos por Jeffrey Heer em *Actionscript 3*, sendo a comunicação com a mesa estabelecida através do protocolo *TUIO*. Mais tarde e já como um desenvolvimento do primeiro *Vispol* para uma tese de bacharelato por parte de Frederic Friess (2009), fez-se a integração da tecnologia *FTIR* com a *DI*. Frederic criou através de *reactIVision*<sup>16</sup> um sistema capaz de interpretar os objectos colocados no cimo da mesa e suas funções específicas. Com esta abordagem híbrida foi possível manter a eficiência do sistema *FTIR* e também acrescentar a possibilidade de usar objectos com marcadores para interagir com a aplicação. O próprio marcador melhorou o seu sinal perante a fusão destes dois sistemas, funcionando como um bom objectivo extra alcançado.

---

<sup>13</sup> *Vispol - Visualization for the police*

<sup>14</sup> *Actionscript* – linguagem de programação orientada a objectos

<sup>15</sup> *Adobe Flex* - tecnologia que suporta o desenvolvimento de aplicações ricas para a Internet, baseadas na plataforma do *Adobe Flash*

<sup>16</sup> *reactIVision* - plataforma *open source* para captura de marcadores em objectos físicos e do toque de dedos em superfícies *multi-touch*.

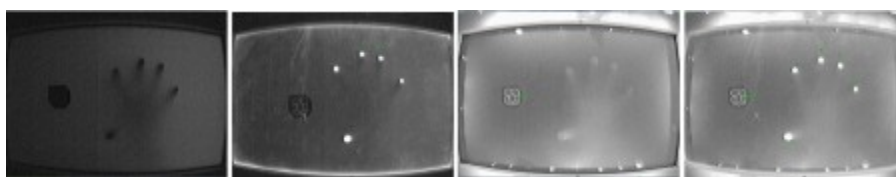


Fig. 45 – Virttable

Na figura 45, pode ver-se à esquerda a visualização com ambos os sistemas desligados, seguidos de iluminação *FTIR*, *DI* e finalmente uma fusão de ambos. Como se pode ver os toques são claros e precisos, tendo também os marcadores dos objectos melhorado.

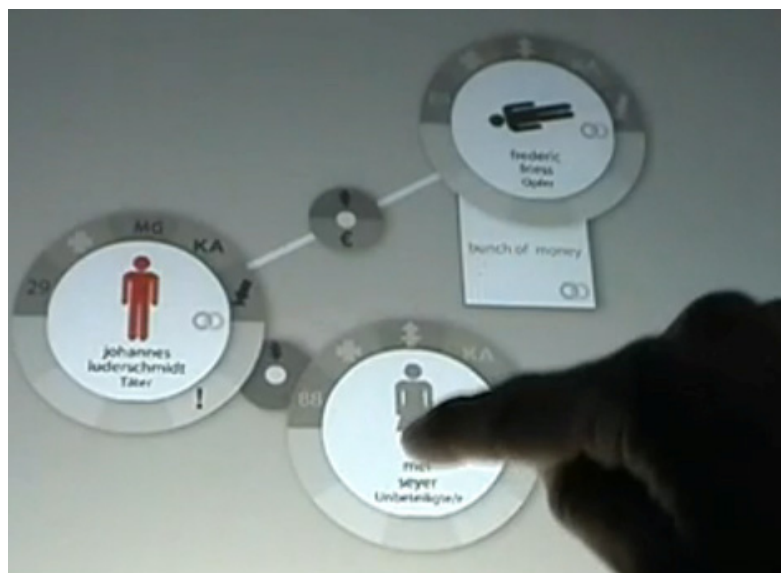


Fig.46 - Vispol em modo *FTIR*

Esta instalação multimédia demonstrou com sucesso a possibilidade de criar visualizações interactivas através de sistemas *multi-touch*, na qual os utilizadores, podendo introduzir vítimas, possíveis suspeitos e objectos, organizando-os e interligando-os mediante as características de cada. Basicamente recolhe toda a informação acerca de um possível cenário e faz a sua tradução de uma forma visual, a qual é mais facilmente compreendida. A introdução do sistema *DI*, veio permitir a utilização de objectos tangíveis, na interacção com o interface.

Acrescentou ainda funcionalidades nas quais é possível definir um marcador como “vítima” no qual todos os sujeitos vítimas serão atraídos para esse ponto. Ao mesmo tempo pode-se acrescentar um marcador “masculino” no qual a aplicação automaticamente reagrupará toda a rede de pessoas existentes, consoante as características que estão definidas nesse momento.

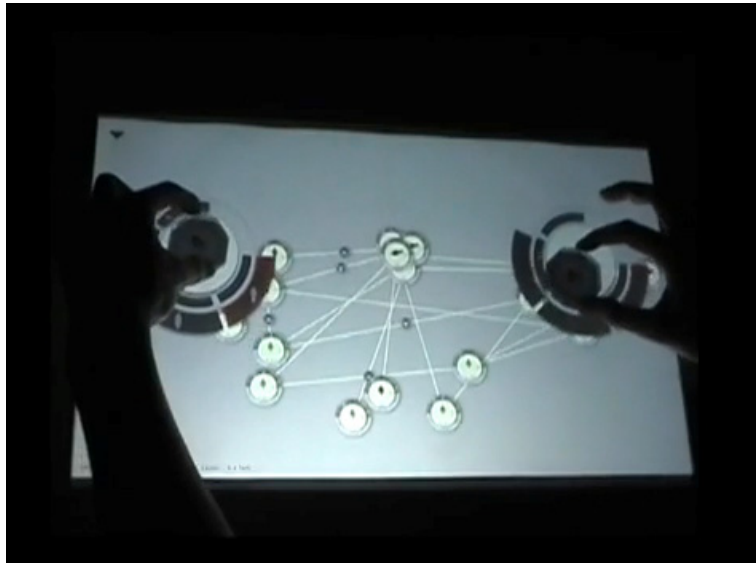


Fig.47 - *Vispol* já com sistema *DI* sendo possível o uso de marcadores

## 4.2 *Future Ocean Explorer* – exploração dos oceanos

O *Future Ocean Explorer* é um dos maiores sistemas *multi-touch* que existem. Apesar do seu tamanho e peso, não deixa de ser um sistema horizontal móvel, multi-utilizador, desenhado para fornecer informação resultante da investigação levada a cabo por um grupo inter-disciplinar de cerca de 140 cientistas, que procuram investigar as alterações climáticas e a forma como estão a modificar os oceanos, reavaliar as oportunidades e os riscos das alterações globais a nível dos oceanos, para que se possa desenvolver um sistema sustentável de gestão dos oceanos e dos recursos marinhos. (Ozean Der Zukunft, 2008)



Fig.48 - *Future Ocean Explorer*

O utilizador pode apanhar palavras que surgem como se fossem um cardume de peixes e estas automaticamente dispõem-se de forma hierárquica consoante a escolha feita, visualizando-se directa e indirectamente as relações entre as palavras. Pode-se aceder a informação em forma de texto, associada a filmes ou animações (Wirmachenbunt, 2008).

A nível de software está programada em *MySQL Database*<sup>17</sup>, permitindo o acesso à programação por parte de toda a gente e não só dos programadores facilitando a constante actualização de dados.

Esta aplicação destaca-se pelo tamanho (cinco metros) do seu sistema *multi-touch*, permitindo a interacção de seis utilizadores ao mesmo tempo, ficando bem patente a capacidade multi-utilizadora deste tipo de interfaces a essa escala. A realçar ainda a possibilidade de os utilizadores através de *headphones*, poderem assistir e ouvir em directo, os cientistas no discussão do seu trabalho.

---

<sup>17</sup> *MySQL Database*- sistema de gestão de base de dados

### 4.3 *Reactable* - instrumento musical interactivo

Desenvolvida na Universidade de Pompeu Fabra, a *Reactable*, é um instrumento musical interactivo. A versão inicial foi desenvolvida para interagir com recurso a objectos com marcadores fiduciais. Basicamente, cada marcador representa um gerador de som com várias características alteráveis consoante a disposição do objecto na mesa, podendo ser manipulado por vários utilizadores, o que se traduz num número infinito de criações sonoras possíveis. No entanto, perante a tecnologia disponível e para que a detecção dos objectos fosse possível, foi necessário desenvolver o *reactVISION*, um software *opensource* destinado a capturar os marcadores fiduciais e que está na base de inúmeros projectos nos dias de hoje.

Este foi um dos factores importantes do desenvolvimento da *Reactable*, mas também é necessário destacar a forma simples com se conseguiram traduzir para objectos aspectos complexos da criação de música electrónica.



Fig. 49 – Reactable (2010)

Numa versão final, a *Reactable* foi construída de maneira a detectar para além dos objectos, também a interacção por *multi-touch*. A possibilidade de detectar o toque fez com que a *Reactable* deixa-se de ser apenas um instrumento musical interactivo, abrindo portas para inúmeras aplicações e desenvolvimentos a nível mundial, desempenhando um papel importante na evolução das aplicações em sistemas *multi-touch* com recurso a objectos físicos.

## Capítulo V - Parte experimental

### 5.1.1 FTIR, o porquê da sua escolha

A decisão de construir um sistema *FTIR* deriva do estudo das diversas tecnologias *multi-touch* através da sua comparação (ver tabela pág. 32), assim como da revisão de alguns projectos desenvolvidos na área.

A técnica *FTIR* permite desenvolver um sistema *multi-touch* de baixo custo, estando a sua eficiência demonstrada e todo o processo da sua construção bem documentado. Embora os sistemas *multi-touch FTIR* não permitam a utilização de objectos físicos com marcadores, o objectivo desde o início do projecto seria utilizar só o gesto - dedos e mãos - para interagir. Uma vez que este sistema não permite utilizar marcadores físicos para activar determinadas funções na aplicação, criou-se uma metáfora, através de uma *GUI*<sup>18</sup> com ícones que funcionariam como marcadores virtuais e que mediante o seu arraste para uma determinada zona da aplicação, dariam origem a determinadas acções e permitiriam navegar na aplicação multimédia.

---

<sup>18</sup> *GUI* – *Graphical user interface*; é um tipo de interface gráfico que permite a interacção humano - computador.

## 5.1.2 Construção do hardware

### 5.1.2.1 Protótipo

Iniciou-se a parte prática do projecto com a construção de um pequeno protótipo para testar o princípio de reflexão interna total (*FTIR*) e observar o seu funcionamento. Para tal utilizou-se um acrílico incolor (100x100x8mm.), calha em alumínio, e fita de leds azul com uma fonte de alimentação.

O primeiro passo no desenvolvimento deste protótipo foi construir uma moldura em alumínio. Para esta calha recomenda-se o uso do alumínio uma vez que ao ligar os leds gera-se algum calor, que se dissipa mais facilmente no alumínio que por exemplo em plástico. Uma vez que esta teria que ter no seu interior os leds, foi necessário guardar alguma distância para que não houvesse nenhum problema na última etapa desta construção, ao encaixar a acrílico na moldura de alumínio. Foi também necessário criar uma abertura para que pudessem passar os fios eléctricos.

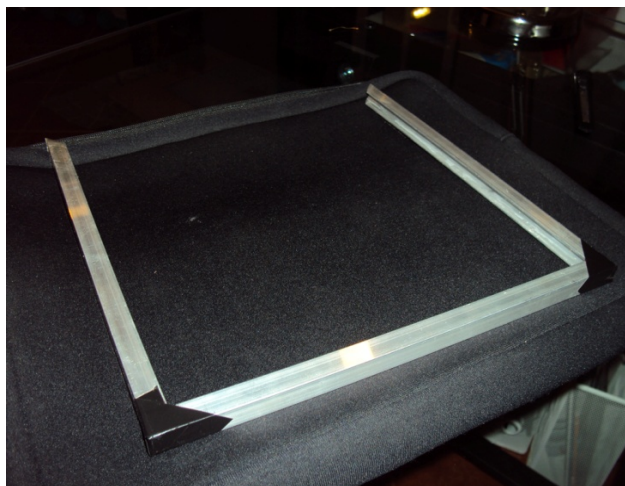


Fig.50 - Moldura em alumínio

Em seguida, os leds foram colocados em “L”, ou seja, cobrindo dois dos lados do acrílico. Este foi um pormenor que se achou ser necessário analisar e embora a uma escala mais reduzida, pretendia-se perceber até que ponto era eficaz este tipo de

iluminação feito apenas em dois dos quatro lados existentes. Este pormenor seria bastante importante, uma vez que reduziria significativamente o preço de construção da superfície final. Apesar das várias referências por parte de outros investigadores, pretendia-se comprovar essa eficácia. De realçar o facto de se ter usado leds de cor azul, visível, sendo assim possível observar naturalmente este fenómeno físico e o seu comportamento.

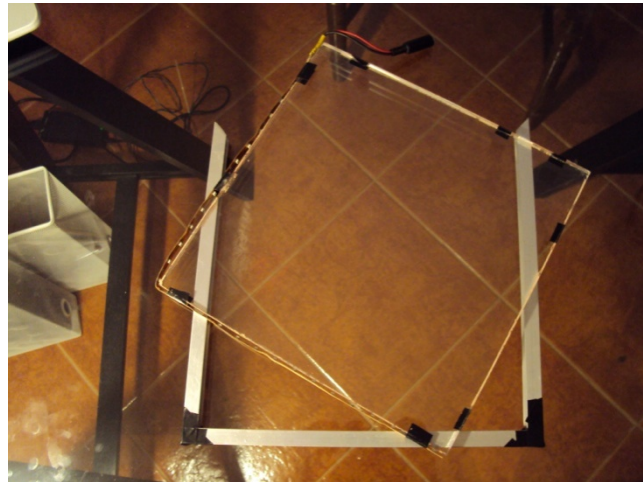


Fig.51 - Acrílico com dois dos lados cobertos com leds

Para concluir este protótipo bastava apenas colocar-se o acrílico no interior da moldura e fechá-la, tendo em conta a zona de passagem dos fios eléctricos que alimentavam os leds.



Fig.52 - Protótipo concluído

Depois de concluído o processo de construção deu-se início ao seu teste. Ao se ligarem os leds à corrente eléctrica facilmente se observou que o interior do acrílico incolor,

rapidamente se encheu da cor dos leds que se estava a usar. Este fenómeno ocorre, uma vez que a luz fica aprisionada no interior do acrílico. A tocar-se o acrílico era facilmente perceptível que no ponto de contacto se formava uma mancha, dado o elevado número de raios concentrados nessa área. Concluía-se esta fase inicial de testes com resultados muito positivos.



Fig.53 - Teste do efeito da frustração total da reflexão interna da luz (FTIR)

Modificou-se uma webcam barata, para que se pudesse testar o software de processamento, ou seja, o programa que analisa a imagem captada pela câmara e determina o número de toques, posição destes ou ainda outras informações como o movimento. A modificação da webcam consistiu na remoção do filtro que bloqueia a passagem de luz infra-vermelha e na introdução de um filtro que bloqueasse a luz visível. A solução encontrada e mais barata possível para o efeito, foi um pedaço do disco de uma disquete, que embora não fosse a solução mais eficaz serviu perfeitamente para o efeito pretendido. Como fonte de luz infra-vermelha, foram usados dois comandos à distância de televisores. Ao serem pressionadas as teclas do comando, ocorre uma emissão de dados por luz infra-vermelha. A webcam capturava os dois pontos de luz e era possível manipular através de uma aplicação, fotografias no monitor do computador.

### 5.1.2.2 Construção do sistema FTIR

Após a conclusão do protótipo e o sucesso dos primeiros testes/experiências, decidiu-se avançar para a construção do sistema *multi-touch FTIR*. Era assim necessário retirar do longo processo de análise de materiais, conclusões relativamente ao material mais adequado ao sistema que se pretendia construir, assim como encontrar a melhor forma de comprar esse material, uma vez que grande parte provém dos USA ou China, encarecendo o custo por parte dos portes de envio, taxas alfandegárias ou mesmo de tempo de envio. Esta foi sem dúvida das partes mais difíceis, com longos dias de pesquisa para encontrar os componentes que satisfizessem a melhor relação qualidade/preço, de forma a manter o objectivo de construção de uma superfície *multi-touch* de baixo custo. No geral o processo de construção deveria ser mais ou menos 200€, uma vez que o projector seria cedido pela universidade.

O primeiro passo foi definir a área da mesa, tendo em conta o tamanho de uma mesa já existente que serviria de suporte à superfície *multi-touch*. Desta maneira optou-se pela medida 600x400x8mm para o acrílico e respectiva área de toque. Ficava já assim definido também a medida da fita led que seria necessário comprar, equivalente a dois dos lados do acrílico, fazendo um total de 1 metro.

Definidas as medidas, o primeiro passo na construção da superfície *multi-touch* seria montar a moldura onde encaixariam os leds e o acrílico. As calhas em alumínio podem ser encontradas nas casas específicas que vendem este tipo de material. Uma vez que estas vêm em medidas universais, foi necessário cortá-las com o tamanho ideal para integrar a placa de acrílico, sem esquecer a altura dos leds.



Fig.54 - Corte da calha de alumínio

Para colar os lados do alumínio, cortaram-se umas junções também em alumínio, moldadas aproximadamente com um ângulo de 45 graus. Para uni-las optou-se por usar cola de mistura *Epoxy*, com um resultado bastante eficaz.



Fig.55 - Junção antes de ser colada



Fig.56 - Junção colada e a secar

Ao mesmo tempo que decorria este processo de construção era também feita uma análise para que se procedesse à encomenda da fita de leds infra-vermelha.

Sabia-se à partida que a webcam que iria ser usada seria a *PSEYE (Playstation 3)*. Esta câmara de acordo com várias dados presentes no *NUI Group (2010)*, oferece uma melhor resposta para uma iluminação infra-vermelha do espectro 850nm.

Tendo em conta esse pormenor e seguindo várias indicações existentes nesse mesmo grupo, foi feita uma simulação dos leds vendidos através de *Environmentallights* (2010) nos USA. No entanto uma vez que os leds pretendidos ficavam mais caros em portes que o preço dos leds em si, optou-se por fazer uma pesquisa nível da Europa de modo a encontrar os leds pretendidos com portes bastante mais reduzidos. Após uma extensa e longa pesquisa (sensivelmente 2 semanas), encontrou-se uma empresa alemã *Winger Electronics GmbH & Co. KG* (2010), que vendia leds semelhantes. Uma vez que o conhecimento técnico acerca dos mesmos não permitia decidir se seriam uma boa opção ou não, recorreu-se ao serviço de apoio ao cliente dessa empresa, numa tentativa de encontrar alguém que ajuda-se nesse campo. Era necessário perceber se os dados técnicos eram iguais ou semelhantes, uma vez que para este tipo de sistema, existem características dos leds a ter em conta, como por exemplo o ângulo de dissipação da luz. Não demorou muito a obter uma resposta positiva do serviço que afirmava serem muito semelhantes e que de certeza que fariam o mesmo efeito. Foi feita a encomenda com um custo menor ao estimado inicialmente.

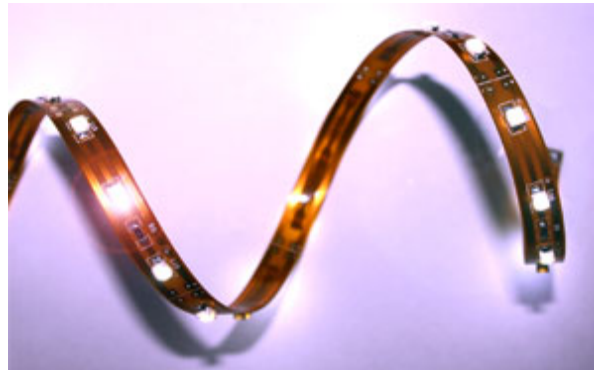


Fig.57 - Fita de leds infra-vermelhos 850nm

Assim que os leds chegaram, era tempo de os montar na moldura em alumínio. De maneira a proteger os leds e criar um espaço homogéneo no seu interior, cortaram-se uns espaçadores em borracha para serem colocados ao longo da fita de leds.



Fig.58 - Espaçadores usados

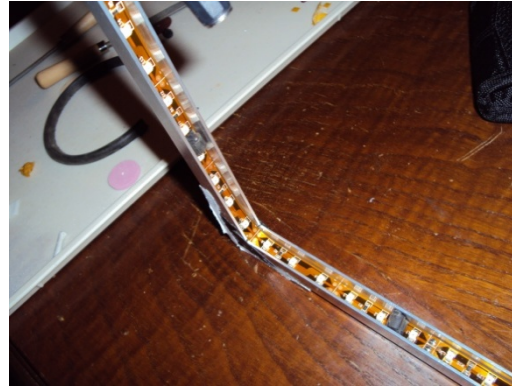


Fig.59 - Fita de leds encaixada na moldura, com os espaçadores



Fig.60 - Acrílico semi-introduzido na moldura de alumínio, podendo ver-se os leds no interior da moldura

O acrílico depois de estar dentro da moldura, foi vedado com fita adesiva preta de maneira a bloquear a eventual luz infra-vermelha que se escapasse.

Para fazer o tampo onde encaixaria o acrílico, comprou-se madeira que foi cortada, abrindo uma janela para a superfície *multi-touch*. Uma vez que o material disponível para este tipo de operações não era muito, teve que se arranjar maneira de segurar a moldura com o acrílico ao tampo de madeira. A solução recaiu sobre o corte de umas

partes em alumínio, que funcionariam como os adesivos usados antigamente para colocar fotografias nos álbuns. Dois dos cantos ficariam fixos, enquanto os outros dois estariam soltos de maneira a que se pudesse retirar o acrílico da madeira facilmente.



Fig.61 – Sistema aplicado para segurar o acrílico ao tampo de madeira

Para concluir os trabalhos na superfície de *multi-touch* faltava encontrar uma superfície que servisse para projectar a imagem uma vez que o acrílico é transparente. Na pesquisa efectuada, encontraram-se inúmeras referências ao material de projecção mais usado, de seu nome tela de retro projecção *Rosco Grey*. Embora existam outros materiais no mercado, este apresenta-se com a melhor relação preço qualidade.



Fig.62 - *Rosco Grey*, parte central à direita

Ao colocar-se uma tela de projecção por cima do acrílico deixa de ocorrer o efeito *FTIR*. É então necessário criar uma camada complacente que permita a ocorrência deste efeito e facilite também a deslocação dos dedos ao longo da tela. Normalmente esta camada é feita de silicone que se distribui de uma maneira uniforme no cimo do acrílico, com uma espessura de cerca de 1 mm. Uma vez que não se conseguia encontrar tela *Rosco Grey*, este ponto ficaria para melhorar mais tarde.

A solução encontrada fez-se através da adaptação de uma base em silicone para colocar os computadores portáteis quando usados em cima de um tampo de uma mesa, encontrada no *IKEA*.



Fig.63 - *PRÖJS*, base protectora para secretárias, do *IKEA*

A espessura era idêntica, o material era silicone com um dos lados texturados, semelhante à textura do dedo humano. A base foi cortada para cobrir a medida do acrílico, vedada com adesivo preto para não permitir a passagem de luz infravermelha. A superfície *multi-touch* estava assim concluída, avançando-se nesta altura para uma nova fase do projecto.



Fig.64 - Superfície *multi-touch* completa

Antes de se proceder à compra da webcam *PsEye*, fizeram-se uns primeiros testes com a primeira webcam usada, para se ver se até este ponto tudo estava a funcionar bem. Embora a qualidade da imagem não fosse a melhor e o filtro usado na webcam fosse a solução mais barata e menos fiável (disco de uma disquete), conseguia ver-se na imagem de teste o efeito do toque dos dedos no acrílico. No entanto ao correr o programa *CCV*, os resultados obtidos eram fracos. Comparando a imagem obtida entre a webcam modificada inicialmente e uma máquina de filmar da *Sony* em sistema de visualização nocturna, eram notáveis as diferenças, embora na câmara de filmar se captasse também a luz visível.

Estava na altura de avançar para o passo seguinte que seria a compra da câmara *PsEye* e sua modificação de modo a conseguir bloquear a luz visível. De acordo com a

pesquisa feita, seria necessário ter em conta os dois tipos de câmara à venda no mercado. Embora sejam ambos o mesmo modelo de câmara da *Sony*, a sua construção é ligeiramente diferente, uma vez que num dos modelos o filtro que bloqueia a luz infra-vermelha está integrado no interior da lente (Peauproductions, 2009) e na outra não, sendo neste caso a solução comprar um suporte de lente novo.



Figuras 65 e 66 – Lente má à esquerda e lente boa à direita

Para atingir os melhores resultados é necessário um *band pass filter*, ou seja, um filtro que bloqueie a passagem de luz visível, deixando apenas passar a luz infra-vermelha do espectro que se pretende.



Figuras 67 e 68 - Abertura da PSEYE

Depois de aberta a câmara a tarefa que exigia mais paciência e cuidado era a remoção do filtro que bloqueia a luz infra-vermelha. Primeiro foi necessário retirar a lente do circuito da máquina, expondo o sensor *CCD* da máquina, que seria necessário proteger para que não se danificasse.



Fig.69 – Circuito da câmara com a lente

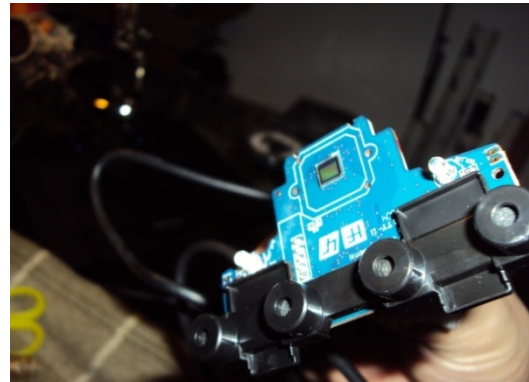


Fig.70 - Circuito sem a lente  
expondo o CCD



Fig.72 - Lente isolada, com o filtro infra-vermelho

Com a lente isolada, podia dar-se início à remoção do filtro de infra-vermelhos. Sempre com muita calma, era necessário com a ajuda de um x-acto, ir picando a área à sua volta, para que se fosse desgastando aos poucos.



Fig.73 - Lente com filtro IR



Fig.74- Zona a desgastar na lente



Fig.75 - Lente com o filtro removido, ao lado

Após algum trabalho conseguiu remover-se o filtro que no entanto lascou ao sair. Este não seria um problema uma vez que nunca mais será utilizado. Para concluir o processo de modificação da câmara, faltava agora introduzir um filtro que bloqueasse a passagem de luz visível. Como feito na primeira webcam usada no protótipo, recorreu-se a um pedaço de um disco de uma disquete.

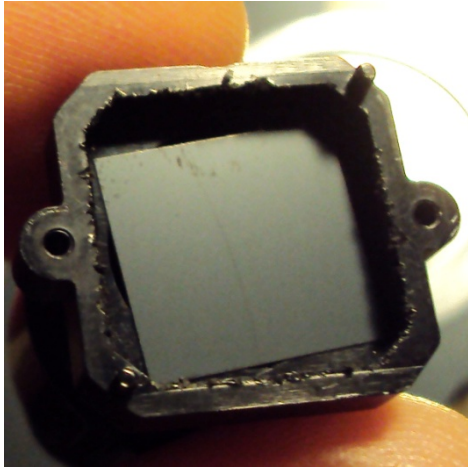


Fig.76 - Pedaco de disco

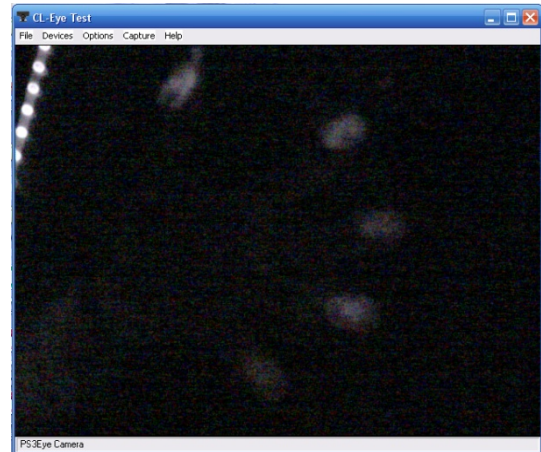


Fig.77 - Imagem obtida

Percebeu-se rapidamente a necessidade de optar por um outro tipo de alternativa e embora se tenha feito também uma experiência com duas camadas de um negativo de fotografia exposto com resultados bastante positivos, não se pode comparar à eficácia alcançada com um filtro profissional. Recorrendo ao fórum do *NUIGroup* (2010), obteve-se uma resposta clarificadora quanto à necessidade de encomendar um filtro, para se obter os melhores resultados. No mercado existem dois tipos de sistema de suporte para as lentes, o *OEM* e o *M12*. Na compra de um filtro de passagem infra-vermelho, é muito importante ter em conta o tipo de suporte da lente, uma vez que os filtros para cada um dos suportes têm diâmetros e espessuras diferentes. Procedeu-se assim à encomenda de um filtro que de acordo com os leds, deixaria passar o espectro de luz infra-vermelha equivalente a 850nm, como mostra o gráfico em baixo.

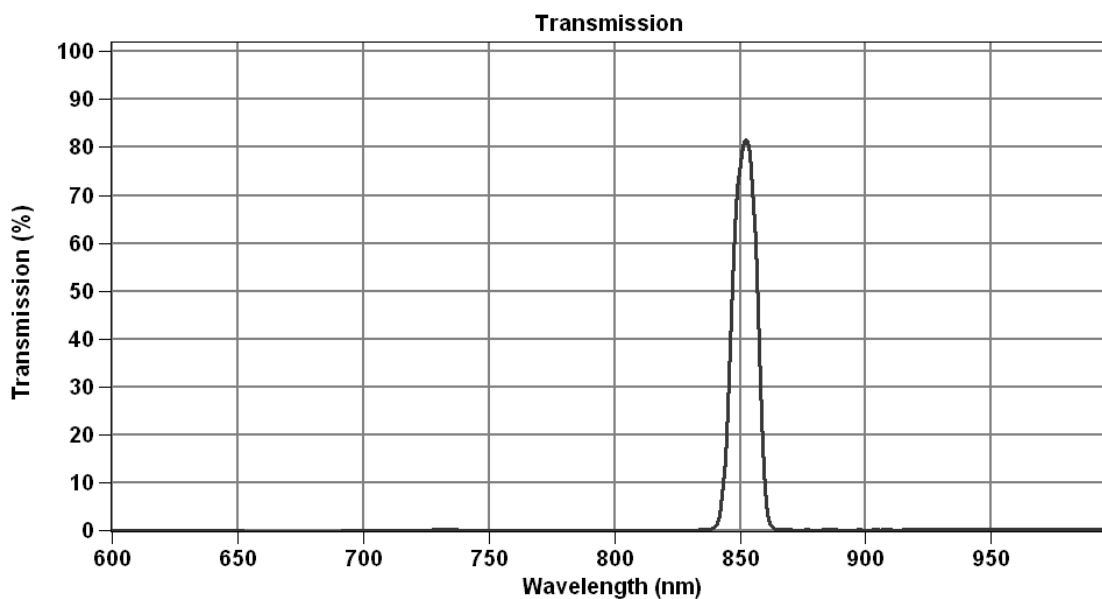


Fig.78 - Transmissão de luz para um filtro de passagem para 850nm

Após a chegada do filtro efectuou-se o seu encaixe na lente da câmara, com cuidado extra ao apertar os parafusos para que estes não pressionassem o sensor *CCD* da câmara e o partissem. De realçar o grande nível de encomendas do vendedor destes filtros e a sua preocupação em ao longo do tempo adequar a largura e espessura do filtro, para que esta caiba na perfeição no espaço que existe para a sua colocação e também no cuidado ao aproximar ao máximo as distâncias focais para que a imagem seja a mais nítida possível.

Numa fase mais avançada foi então possível colocar a silicone e a tela *rosco* por cima do acrílico, substituindo a solução previamente encontrado, para melhorar esse aspecto. Após contacto com uma empresa especializada, comprou-se silicone (tipo de adição componente a + b com uma dureza de 30, transparente) para ser aplicado. Na sua aplicação teve-se o cuidado de encontrar uma sala o mais limpa possível, para que não ocorressem defeitos durante o processo de secagem do silicone por parte de partículas de pó existentes no ar, danificando o produto final. Misturaram-se os dois componentes numa proporção de 1:1.



Fig. 79 - Silicone com os 2 componentes



Fig. 80 – Mistura dos componentes

Rapidamente e uma vez que o catalisador acelera o processo de endurecimento e secagem do silicone, aplicou-se o silicone no acrílico e espalhou-se com a ajuda de uma espátula de metal o silicone, uniformemente com uma camada de 1mm.



Fig. 81 e 82 – Aplicação no acrílico do silicone

Em seguida e após 24h de secagem, colocou-se a tela *rosco* por cima, ficando terminada a mesa.

Desta maneira concluí-se a construção e modificação do hardware necessário a este sistema *multi-touch*. A fase final seria a montagem das várias partes na estrutura de uma mesa já existente.

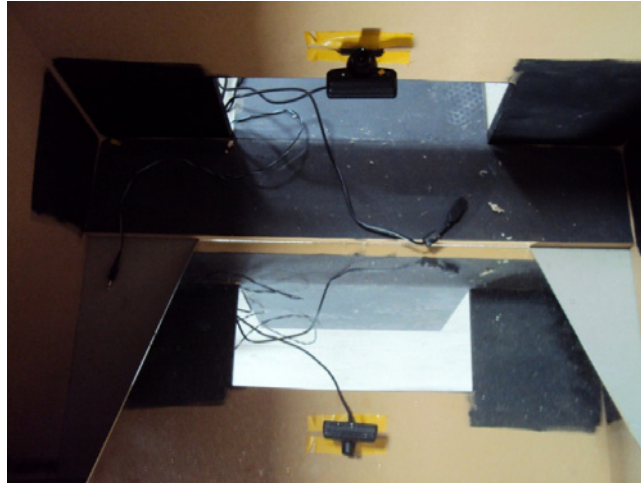


Fig.83 – Montagem da câmara no interior da mesa



Fig.84 - Mesa montada

No total gastaram-se muitas horas quer a nível de pesquisa, quer a nível de construção. Para primeiro protótipo o resultado foi bastante positivo e pôde-se desde logo começar a experimentar algumas das demos existentes. Inclusivamente a base de silicone usada como superfície de projecção cumpriu a sua tarefa, embora a qualidade da captura do movimento dos dedos não fosse a melhor. Optou-se assim pelo uso da silicone como superfície complacente e da tela *rosco* para superfície de projecção, funcionando ambos na perfeição.

## 5.2 Desenvolvimento da aplicação

### 5.2.1 Aplicação

A ideia inicial para aplicação a desenvolver, tinha por base os roteiros pedestres estabelecidos recentemente na Covilhã. Contudo, dado a falta de informação disponível e de muitos dos pontos dessas rotas se encontrarem vandalizados, decidiu-se abandonar esta ideia. Obteve-se no entanto informação relativamente a rotas pedestres no Parque Natural da Serra da Estrela. Mas uma vez que iria ser feita integração de mapas de interactivos online, a qualidade de imagem dos mesmos fora dos circuitos urbanos nem sempre é boa, pelo que esta ideia também foi abandonada.

Tendo em conta estes factores, finalmente decidiu-se desenvolver uma aplicação mais geral sobre a cidade da Covilhã: um guia turístico. A aplicação **GuideMe... Covilhã** surge com o objectivo de dar orientações sobre os mais importantes pontos de interesse turístico da cidade da Covilhã. Será possível navegar sobre o mapa da Covilhã e ao mesmo tempo aceder às informações mais relevantes desses pontos, mostrar fotografias e vídeo. Ao contrário dos mapas estáticos existentes nas cidades nos *mupis*, este tipo de aplicação, pretendem impor-se como uma alternativa, possibilitando aos utilizadores interagir com os mapas e aceder à informação de uma maneira dinâmica e intuitiva.

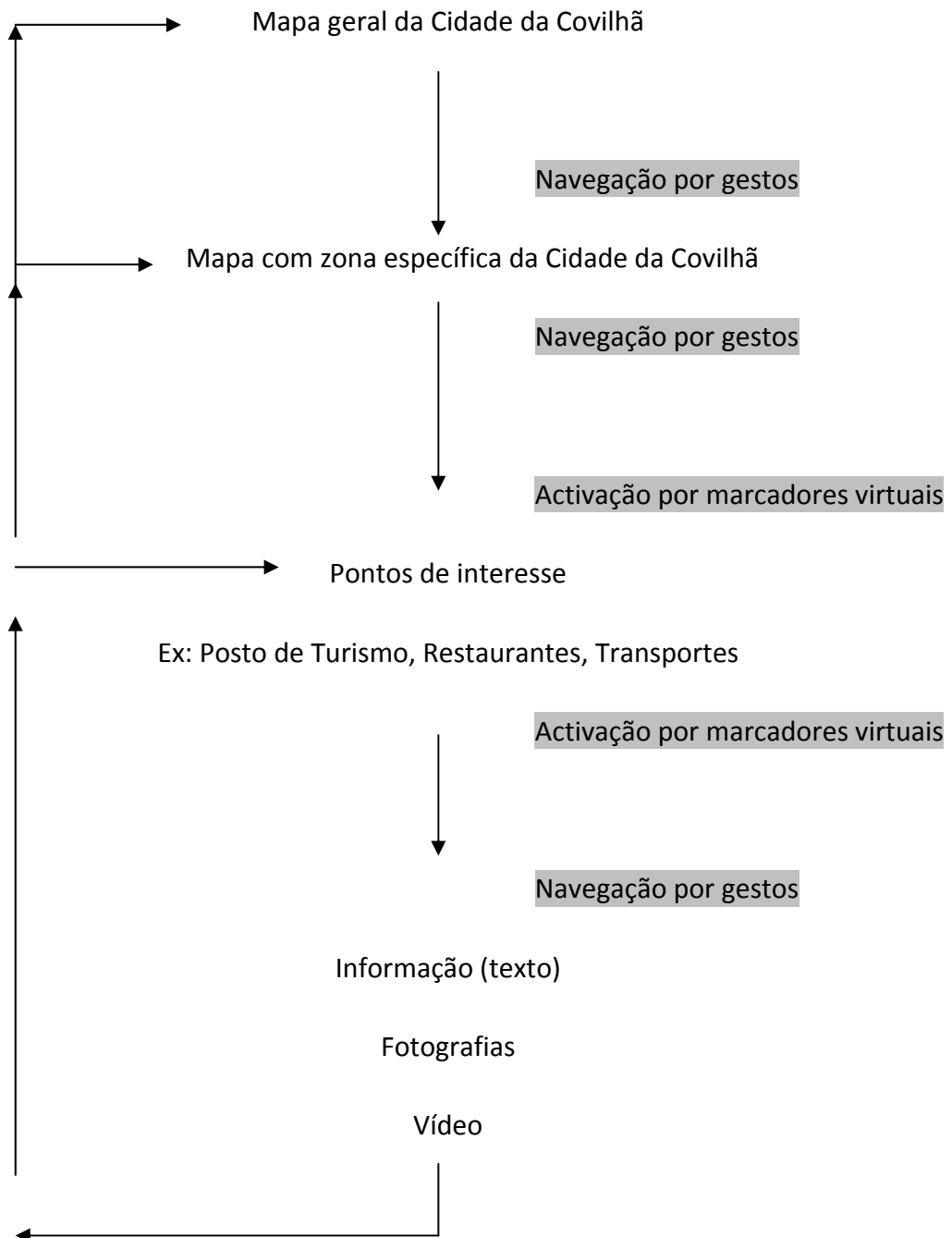
A aplicação tem por base uma superfície *multi-touch*, onde o utilizador pode através de toque, interagir com o mapa da cidade da Covilhã. A navegação feita através de uma biblioteca de gestos, permite mover o mapa, fazer *zoom in*, *zoom out* e arrastar ícones (marcadores virtuais) que na intercepção com o mapa desempenham determinadas funções. Embora no primeiro nível da aplicação, a navegação pelo mapa apenas seja para um utilizador, ao serem acedidos os pontos de interesse da cidade, os restantes utilizadores que estejam à volta da mesa, poderão aceder ao conteúdo visível para cada um desses pontos, da maneira mais adequada à sua posição e ponto de vista. Como público-alvo pretende-se alcançar toda a população em geral, em

especial os turistas que pretendam obter mais informações sobre a cidade. O modo de navegação é simples, intuitivo e sugestivo, permitindo a todas as pessoas, conhecedoras ou não da tecnologia, explorar o mapa e os seus pontos de interesse. De acordo com a temática abordada, trata-se de um tipo de aplicação implementada numa mesa *multi-touch* que faz todo o sentido em estar presente nos pontos de turismo, câmara municipal, juntas de freguesias e principais estações de transportes públicos à cidade.

O desenvolvimento desta aplicação, apesar de à primeira vista poder parecer simples, serve também como um protótipo de aprendizagem e de teste das partes envolvidas – hardware e software - uma vez que se trata de uma tecnologia muito recente e existem certamente imensos pontos a ter em conta e melhorar.

## 5.2.2 Estrutura

De acordo com os objectivos traçados a aplicação tem a seguinte estrutura:



### 5.2.3 Navegação

A navegação é feita através de uma biblioteca de gestos que permite usufruir das funcionalidades da aplicação e da tecnologia *multi-touch*.

Esta é desenvolvida de acordo com vários factores como por exemplo a capacidade do programa em suportar os gestos necessários ou também o nível de programação exigida.

A biblioteca de gestos desenvolvida inclui as funcionalidades comuns nas interfaces *multi-touch*. Embora existam hoje em dia muitos mais gestos possíveis de fazer em dispositivos *multi-touch*, esta tecnologia encontra-se ainda nos primeiros passos. Tendo em conta a aplicação e as limitações de software, fez-se uma selecção de gestos para interagir com a aplicação.

Uma vez que o sistema *FTIR* não permite o uso de objectos, criaram-se ícones que funcionariam como marcadores digitais e que permitiriam que lhes fossem atribuídas determinadas funções no design da aplicação, permitindo activar ou desactivar determinada acção.



Fig.85 - Biblioteca de gestos para a aplicação.

#### 5.2.4 Programação

Os sistemas *multi-touch* ao trazerem um paradigma de interação mais intuitivo trazem também um novo estilo de programação, diferente do habitual que normalmente é pensado para inputs através de interfaces como um teclado ou um rato. Aqui têm-se vários *inputs* ao mesmo tempo o que torna mais complexo o trabalho ao nível do design e da programação da aplicação. Este é o grande desafio tanto para os designers como para os programadores na área do *multi-touch*.

Basicamente a programação *multi-touch* implica um programa de captura para detectar a posição do toque / tipo de gesto e um protocolo de comunicação que o transmita à aplicação (ver ponto 3.6 do capítulo III). Nesta aplicação o *CCV* será o programa responsável pela captura e processamento de toda a informação gerada a partir dos pontos de contacto com a superfície *multi-touch*.

Para o desenvolvimento de aplicações existem vários programas que podem ser usados como *Flash*, *Director*, *PureData*, ou *WPF* entre outros. Decidiu-se trabalhar com *WPF* que utiliza *C#* como linguagem de programação e a tecnologia *Silverlight* para a parte de representação gráfica. Para tal foi necessário trabalhar em conjunto com um programador e desta forma obter os benefícios duma investigação interdisciplinar.

Para a implementação do *multi-touch* no *C#* foi utilizada a *framework Breeze* que de acordo com as exigências do projecto seria a plataforma ideal para obter o resultado final pretendido, destacando-se a capacidade de capturar vários pontos sem que esse facto implique com a velocidade da aplicação. Esta acrescenta também a possibilidade de representar movimentos com propriedades físicas como a inércia, melhorando a experiência interactiva do utilizador, uma vez que existe um maior realismo nos movimentos.

## 5.2.5 Elementos multimédia

Uma vez que a base da aplicação é um mapa, fez-se uma integração recorrendo ao serviço *BingMaps*. Este serviço permite a visualização em tempo real de mapas, através de uma ligação à internet. A sua escolha deve-se ao facto de que, por trás da visualização interactiva de mapas online, estar o *Virtual Earth* da *Microsoft*, responsável pelo carregamento dos mapas e por ser o único serviço possível de aceder através de *C# / WPF*.

Desta maneira obteve-se o mapa da cidade da Covilhã, de acordo com a última actualização presente no servidor do serviço.

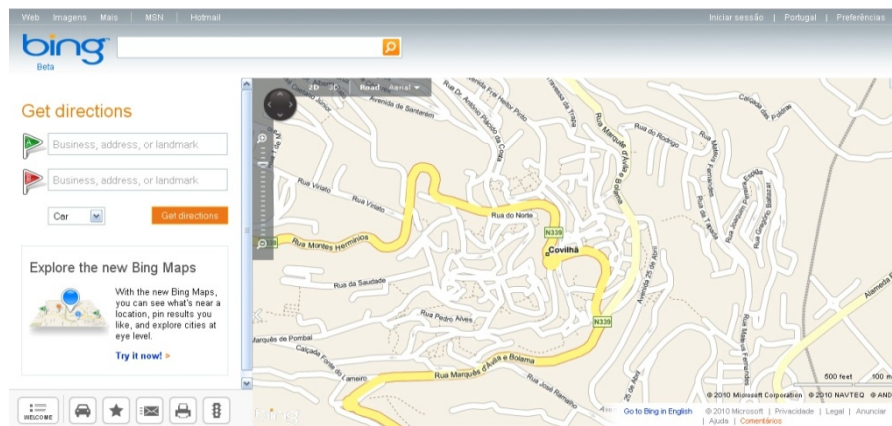


Fig.86 - *Bing Maps*

A janela de fundo teria uma resolução de 1024 x 798 pixéis uma vez que seria esta a melhor resolução possível para o projector que integra o sistema *multi-touch FTIR*. O mapa inseriu-se numa janela redonda com diâmetro de 798 pixéis, sobreposta ao fundo criado. Consecutivamente desenharam-se uns ícones que ficariam dispostos na moldura do círculo, ou numa *scroll bar* na parte inferior.

Para os pontos de interesse desenvolveram-se ícones que representariam as diversas áreas de interesse, textos descritivos desses mesmos pontos, acompanhados de fotografias e talvez um pequeno vídeo em alguns casos.

## 5.2.6 Design Gráfico

De acordo com o modelo de navegação implementado elaborou-se o seguinte *layout*.



Fig.87 - Proposta de *layout* para a aplicação

Para a composição gráfica do fundo da aplicação e uma vez que grande parte da aplicação mostra terra através do mapa, optou-se por usar a cor azul, com tons de branco, numa aproximação aos tons do céu, conseguindo-se desta maneira um certo contraste. O logo apresenta um fonte simples, de fácil leitura, separada por uma linha em verde, cor dominante nesta região.

Uma vez que a resolução máxima para a projecção seria de 1024 x 768 pixéis, o tamanho da janela máxima em que os vários elementos seriam inseridos, teria que respeitar esse parâmetro. De acordo com o sistema de navegação estabelecido, optou-se por criar um fundo com o nome do projecto, colocando-se por cima o mapa e os ícones que permitiriam aceder a cada um dos pontos de interesse. Da junção de todos esses factores surgiu uma proposta de *layout*, na qual o mapa inteiramente navegável estaria inserido numa moldura redonda, semelhante às das escotilhas dos barcos. Ao mesmo tempo obter-se-ia um efeito semelhante ao de se estar a ver através de uma lupa, uma vez que o mapa apenas se movimentaria no interior dessa moldura.

Colocados na moldura estariam ícones respectivos aos vários pontos de interesse. Para serem activados, bastaria tocar o ícone pretendido e arrastá-lo para cima do mapa. No desenho dos ícones teve-se especial atenção ao tamanho dos mesmos, uma vez que iriam funcionar como marcadores virtuais e seria através deles que se navegaria em partes fundamentais da aplicação.



Fig.88 - Aplicação dividida por camadas com as várias partes que integram o *layout*

Ainda ao nível de ícones, de acordo com os pontos de interesse desenvolveram-se elementos gráficos de maneira a identificar as diferentes áreas de interesse. Por exemplo recorreu-se ao “i” para indicar zonas de informação, ou uma árvore que indica os espaços verdes. Foi ainda criado um ícone que permitisse ao utilizador limpar a informação de pontos de interesse no mapa, podendo dessa forma navegar no mapa de uma forma mais limpa, caso fosse essa a sua intenção. Este processo substitui de uma forma muito simples, uma acção que mediante por exemplo um rato, seria feito em dois ou três “clicks”. Aqui, recorrendo à metáfora de marcador virtual, apenas com um gesto interactivo, consegue-se limpar toda a área do mapa, para assim se poder explorar livremente.



Fig.89 – Ícones a usar

Ao ser tocado, arrastado e largado o ícone para dentro da zona definida do mapa, activa-se no mapa as zonas correspondentes a esse ponto de interesse. O utilizador pode assim optar qual o ponto activo que deseja ver no mapa.



Fig.90 - Toque e arraste do ícone para cima do mapa, activando as zonas respectivas



Fig. 91 – Ícones indicando no mapa as zonas activas

Neste ponto da aplicação, o utilizador pode seleccionar cada um dos vários pontos de interesse indicados no mapa através de *pins*, acedendo assim a alguma informação acerca dos mesmos. Para o fazer basta clicar uma vez por cima do *pin*. Ao entrar na área correspondente à desse *pin*, a navegação no mapa fica bloqueada.

O utilizador tem então acesso a um “cartão” com informação escrita acerca desse ponto, fotografias e por vezes vídeos, todos eles manipuláveis quer em termos de zoom quer de posição. No cartão é possível fazer *scroll* no texto, bastando para isso arrastar o dedo por cima do texto. Nesta situação, foram várias as opções para apresentar a informação no cartão. Uma delas seria o texto a correr dinamicamente, o que faria com que o utilizador não tivesse controlo nenhum sobre o que estava a ler. Outra seria tentar criar um gesto semelhante ao aplicado no *iPad*, por exemplo. No entanto a *framework* usada e que engloba a lista de gestos disponíveis para aplicações *multi-touch* a nível de computadores, não dispõe ainda dessa opção. Existia a possibilidade de se tentar programar mas essa opção a nível de tempo seria muito dispendiosa, optando-se por tanto por efectuar um *scroll* directamente no texto. Este cartão como elemento principal de todo o conteúdo é o único que oferece a

possibilidade de fechar toda a informação e regressar para o mapa. Numa fase futura um dos melhoramentos passará por todos os outros elementos funcionarem como elementos individuais, os quais se podem apagar individualmente caso não se necessite deles. Já nas fotografias é possível alterar a sua escala e orientação, assim como nos vídeos onde ainda se acrescentam as funcionalidades de *Play* e *Pause*.



Fig. 92 – informação disponível para um determinado ponto de interesse

Ao se sair de um ponto de interesse continua-se a ter os *pins* correspondentes a essa tipologia activos. Caso se pretenda mudar para outra tipologia, basta tocar o ícone correspondente e arrastá-la para cima do mapa, ficando automaticamente activos.

Caso o utilizador pretenda navegar no mapa, sem a presença de ícones que indiquem um determinado tipo de zonas de interesse, pode fazê-lo tocando e arrastando o ícone “X”. Desta forma o utilizador limpa toda a informação disponível.

### 5.2.7 Usabilidade

O interface definiu-se tendo em conta os princípios de usabilidade definidos por Jakob Nielsen (2009): Aprendizagem, Eficiência, Memorização, Baixa taxa de erros, Satisfação; e também através de aspectos de navegação e design.

A base gráfica recorre a elementos simples, ícones com uma ligação visual de fácil associação com os conteúdos e também de fácil memorização, que fazem com que o utilizador saiba sempre como aceder a informação. Uma vez que alguns ícones funcionam como marcadores virtuais (ver ponto 3.7.2, pág. 51) tiveram que ser desenhados com tamanho suficiente para que a forma do dedo na zona de toque, não os tapasse. Dessa forma é possível ver o movimento de arrasto do ícone para cima do mapa, para que durante esse processo o utilizador não se perca a meio da interacção. Esta acção tem uma importância fundamental pois é através da intercepção do ícone com o mapa que se activam novas funcionalidades.

A navegação ocorre de uma maneira muito simples e intuitiva em todos os níveis. Inicialmente, pode-se navegar com os dedos sobre um mapa. Ao arrastar-se um ícone sobre o mapa, activa-se a zona respectiva, sendo a activação indicada pela aparição de ícones, no interior do mapa. Ao clicar-se num destes ícones, acede-se a informação relativa a esse ponto, passando assim para um outro nível de navegação. Nesse nível podem-se visualizar informações específicas dispostas em diversos elementos, todos eles manipuláveis ao mesmo tempo. Para regressar ao nível anterior desenhou-se um botão no elemento definido como principal – cartão com informação – que permite encerrar todos os elementos correspondentes a esse ponto e regressar ao mapa.

## Conclusão

A aplicação *Guide me...Covilhã* foi idealizada com base numa navegação por *multi-touch*, tendo-se consciência, desde o primeiro instante, da necessidade de criar um sistema *multi-touch* que permitisse o desenvolvimento e teste da aplicação, avaliando as suas vantagens e desvantagens.

Do processo de construção do sistema *multi-touch* pôde concluir-se que é necessário acima de tudo, numa primeira fase, perceber qual a tecnologia que mais se adequa à aplicação a desenvolver, pois na actualidade há diversas tecnologias disponíveis.

Neste caso optou-se por desenvolver um sistema horizontal, uma *tableTop*, com a tecnologia de baixo custo *FTIR* baseada num sistema óptico. Pode concluir-se que a *tableTop*, comparada com os sistemas *multi-touch* verticais é muito eficiente para este tipo de aplicações, um guia turístico num espaço público, no qual os usuários podem explorar e manipular mapas, imagens e textos, de uma maneira semelhante à organização de informação que acontece numa secretária na vida real. Relativamente a tecnologia *FTIR*, pode-se dizer que ainda que tenha uma certa complexidade, é acessível e muito eficaz na detecção do toque com vários dedos. No entanto, o facto de não suportar o uso de marcadores físicos pode ser considerada uma desvantagem. Para superar essa desvantagem, neste projecto desenvolveram-se marcadores virtuais que mediante o seu deslocamento pelo ecrã em determinadas zonas da aplicação, permitiam a activação de diversas funcionalidades. No entanto, não deixam de ser objectos virtuais, dos quais apenas se tem um *feedback* visual ou sonoro, podendo em alguns casos fazer com que os utilizadores prefiram o uso de objectos físicos, tangíveis. Ainda assim e no caso de se querer evoluir a aplicação através da manipulação de objectos físicos, podem-se colocar luzes infra-vermelhas na parte inferior da mesa, para que se possa fazer a leitura desses objectos físicos.

Tendo em conta a função informativa da aplicação, desenvolveu-se um sistema de navegação simples e intuitivo que permitisse explorar a região da Covilhã e pontos específicos de interesse por manipulação directa de elementos, para um ou mais utilizadores. No desenho da aplicação, teve que se optar por um número de gestos

limitados, mas que permitiram a navegação de forma intuitiva e eficiente, tanto a nível da usabilidade como da performance. Como já explicado, devido ao software utilizado, a biblioteca de gestos encontra-se limitada a cinco gestos, havendo acções específicas como o caso do *scroll* do texto, que apresentaram alguma dificuldade, podendo ser resolvidas de forma mais simples com novos gestos, mas o desenvolvimento e implementação dos mesmos implicaria um custo adicional.

Quanto à capacidade multi-utilizadora, embora a um primeiro nível o interface seja apenas navegável para uma pessoa tendo em conta a orientação da aplicação perante o utilizador, pelo facto de tratar-se de uma mesa na qual os utilizadores podem ter diferentes posições, para um desenvolvimento futuro, fica a sugestão de um anel rotativo, o qual seja possível de adequar à posição de cada utilizador disposto à volta da mesa, podendo assim a navegação nesse nível ser feita através de qualquer ponto na mesa.

Ao longo destes meses pôde-se perceber ao completar o projecto, a importância nos dias de hoje na criação de interfaces que melhorem cada vez mais a experiência com o utilizador, na tentativa constante de aproximar o melhor dos dois mundos, o real e o virtual. O *multi-touch* ao suportar a manipulação directa de elementos virtuais, faz com a experiência de interagir com estas interfaces, seja sem dúvida mais natural, enriquecedora e prolongada. Por vezes, tão natural que se torna até viciante a maneira como se faz. Do desenvolvimento deste trabalho ficou reforçada a ideia cada vez mais presente nos dias de hoje da interdisciplinaridade e da necessidade de fundir o melhor de vários mundos. Como designer, posso afirmar a importância de um engenheiro informático na programação para o interface desenvolvido, mas também a importância de um designer no desenho do interface, navegação, elementos de comunicação e forma de dispor a informação, sem o qual o trabalho do programador não tem fundamento. Sem dúvida alguma esta é a maneira de trabalhar e para onde se deve caminhar cada vez mais na busca de trabalhos mais profissionais.

## Referências Bibliográficas

Apple (2010), Consultado em Janeiro de 2010: <http://www.apple.com>

Buxton, B. (2007-2009). *Multi-Touch Systems that I Have Known and Loved*, Consultado em Dezembro 2009, de <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>

CCV Community Core Vision, consultado em Setembro de 2009: <http://ccv.nuigroup.com/>

Correia, M. *Nova Enciclopédia Portuguesa*. Lisboa: Ediclube, 1992. Vol.9.

Dohse, K., Dohse, T., Still, J., and Parkhurst, D. (2008) *Enhancing multi-user interaction with multi-touch tabletop displays using hand tracking*. In: Proceedings of the First International Conference on Advances in Computer-Human Interaction 2008.

Environmental lights (2010). Consultado em Outubro de 2009:  
<http://www.environmentallights.com/>

Fingerworks, Consultado em Maio 2010: <http://www.fingerworks.com/index.html>

Fishkin, Kenneth P. (2004). A Taxonomy for and Analysis of Tangible Interfaces. *Journal of Personal and Ubiquitous Computing*, 8 (5), September 2004, 347-358

Han, J. (2003). Consultado em Outubro 2009: <http://www.cs.nyu.edu/~jhan/>

Interactive Environments UCLD D|MA. Consultado em Maio de 2010:  
<http://classes.dma.ucla.edu/Winter04/256/projects/andrew/report.html>

JazzMutant (2010). Consultado em Maio de 2010: <http://www.jazzmutant.com/>

Krueger, M.( 1994). Consultado em Dezembro de 2009:  
<http://www.exhibitresearch.com/kevin/nyc/kreuger/index.html>

LukeW (2010). Consultado em Janeiro de 2010:  
<http://www.medienkunstnetz.de/works/videoplace/>

Media Art Net (2010), consultado em Março de 2010  
<http://www.medienkunstnetz.de/works/videoplace/>

Microsoft Surface (2010). Consultado em Janeiro de 2009:  
<http://www.microsoft.com/surface/en/us/Default.aspx>

Multi-Touch Interaction Research (2006). Consultado em Outubro de 2009 :  
<http://www.cs.nyu.edu/~jhan/FTIRtouch/index.html>

Nielsen, J.(2009). Consultado em Fevereiro de 2009: <http://www.useit.com/>

NUI group (2010). Consultado em Setembro de 2009: <http://nuigroup.com/>

NUI group Authors (2009). *Multi-touch technologies*, 1st edition [Community Release], (May 2009)

Nui Group Community Forums (2010). Consultado em Outubro de 2009:  
<http://nuigroup.com/forums/viewthread/8380/>

Ozean Der Zukunft (2008). Consultado em Janeiro de 2010:  
<http://www.ozean-der-zukunft.de/english/>

Peau Productions (2010). Consultado em Outubro de 2010 :  
<http://peauproductions.com/>

Peau Productions blog(2009). Consultado em 22 Outubro de 2009  
<http://peauproductions.blogspot.com/2009/04/two-types-of-ps3-eye-stock-lenses.html>

Pilotfish (2010). Consultado em Maio de 2010: <http://www.pilotfish.eu/>

Planar (2009), consultado em Outubro de 2009  
<http://www.planarembded.com/technology/touch/>

ReacTIVision. Consultado em Dezembro de 2009: <http://reactivision.sourceforge.net/>

Saffer, D. (2009). *Designing Gestural Interfaces*. Sebastapool, CA: O'Reilly.

Schöning, J., Brandl, P., Daiber, F., Echtler, F., Hilliges, O., Hook, J. M. Löchtefeld, N. Motamedi, L. Muller, P. Olivier, T. Roth & U. von Zadow (2008), *Multi-Touch Surfaces: A Technical Guide* Technical Report TUM-I0833 (2008)

Schöning, J. (2010). *Touching the future: the rise of multitouch interfaces*. Consultado em Fevereiro 2010: <http://www.perada-magazine.eu/pdf/002864/002864.pdf>

Simo, A.: *A Horizontal Stereoscopic Display System & Mimesis, the Function that Made the Organ*, in Conference Abstracts and Applications ACM SIGGRAPH'03, San Diego, EEUU, 2003.

Simo, A., and Karman, G.: *Mimesis a Visual and Musical Instrument*, in Proceedings of ICMC'05, International Computer Music Conference, Barcelona, Spain, 2005

Simó, A.: *Human-computer Interfaces and their Narrative: a Dynamic Interaction between Art, Science and Technology*, in Proceedings of CIANTEC Internacional Conference Art and New Technologies, Aveiro, Portugal, 2009a.

- Simó, A.: *Art, Science and Technology as a Multicellular Organism*, in Proceedings of I-arte, I International Art Research Conference, Lisbon, Portugal, 2009b (in press).

Simó, A. and Moira, C.: *Teaching Multimedia Design and the Experience of Bologna at the University of Beira Interior*, in Proceedings of E-design, Lisbon, Portugal, 2009c.

Simó, A.: *Instalación Interactiva JCC, Brain Research II*, in Proceedings of ARTECH, International Conference on Digital Art, Porto, Portugal, 2008a.

Simó, A.: *JCC revisited, Instalación Interactiva*, in *El Discreto Encanto de la Tecnología, Artes en España*, Claudia Giannetti (ed.), MEIAC and ZKM, 2008b.

Simó, A.: *Reflecting JCC, Brain Research II, Banquete, Nodos y Redes*, Laboral Centro de Arte, Spain, ZKM Kalsruhe, Germany, 2008c.

Simó, A., Quinaz, F., Cardoso, J., Silva, L., Silva, F., Reis, P., Carvalho, F., Gomes, A.: *Intact R1* (Internal Report for Grant 2010-2011 PT Inovação). 2010.2011.

Stantum (2010), Consultado em Maio de 2010: <http://www.stantum.com>

Schmidt, J.(2008), consultado em Maio de 2010: <http://johannesluderschmidt.de/>

Synaptics (2010), consultado em Março de 2010: <http://www.synaptics.com/about/company>

TED, consultado em Outubro 2009:

[http://www.ted.com/talks/jeff\\_han\\_demos\\_his\\_breakthrough\\_touchscreen.html](http://www.ted.com/talks/jeff_han_demos_his_breakthrough_touchscreen.html)

TVI Electronics. Consultado em Outubro de 2009

[http://www.tvielectronics.com/Touch\\_Screen.html](http://www.tvielectronics.com/Touch_Screen.html)

Veen, H. (2007). *FTIR multi-touch display how-to guide*. alpha version 0.2

Ward, L. (2009). *Jeff Han's Multitouch Media Wall Takes Teamwork to the Future*. Consultado Abril de 2010, em Popular Mechanics:

<http://www.popularmechanics.com/technology/gadgets/news/4224762?series=37>

Wellner, P.(1991). *The digital desk calculator:Tangible Manipulation on a desktop display*. University of Cambridge Computer Laboratory and Rank Xerox EuroPARC, (Nov. 1991), 28-29.

Winger Electronics GmbH & Co. KG (2010), consultado em Dezembro de 2009:

<http://www.led1.de/shop/>

Wirmachenbunt (2008), consultado em Janeiro de 2010:

<http://www.wirmachenbunt.de/exhibitions/massive-multitouch>

## ANEXOS

### Anexo A – Tabela de materiais de construção do sistema FTIR

| Protótipo à escala reduzida –<br>luz visível |               |                           |
|--|---------------|---------------------------|
| Acrílico 100x100x8mm                         | 12€           | Acrialbi – Castelo Branco |
| Calha de alumínio                            | 2,75€         | BricoMarche – Covilhã     |
| Fita de leds azul 20cm                       | 15€           | Civiléctrica – Covilhã    |
| Jack Fêmea                                   | 1€            | Civiléctrica – Covilhã    |
| Transformador – alimentação                  | 6€            | Civiléctrica – Covilhã    |
| <b>Total</b>                                 | <b>36,75€</b> |                           |

| Protótipo sistema FTIR                                |                |                           |
|---|----------------|---------------------------|
| Acrílico 600x400x8mm                                  | 31€            | Acrialbi – Castelo Branco |
| Calha de alumínio + barra<br>alumínio                 | 12,25€         | BricoMarche – Covilhã     |
| Tampo madeira   | +/- 10€        | BricoMarche – Covilhã     |
| Leds infravermelhos 850nm +<br>conector               | 67€            | LED1 - Alemanha           |
| PSEYE webcam  | 40€            | Get – Covilhã             |
| Superfície projecção/toque<br>Base de Protecção IKEA  | 5€             | IKEA - Lisboa             |
| Filtro de passagem de luz<br>infra-vermelha OEM 850nm | 28€            | Peau Productions - USA    |
| <b>Total</b>  | <b>188,25€</b> |                           |

| Melhoramento superfície de<br>projecção e de toque |         |          |
|--|---------|----------|
| Tela Rosco grey 600*400mm                          | +/- 20€ | Lightset |
| Silicone   | +/- 15€ | Multipol |