



Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Informática

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Informática

Interface Multitoque para Exploração de Colecção de Arte

Luís Manuel Raposo Silva (n.º 27226)

Lisboa
(Julho 2010)



Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Informática

Dissertação de Mestrado

Interface Multitoque para Exploração de Colecção de Arte

Luís Manuel Raposo Silva (n.º 27226)

Orientador: Prof. Doutor Nuno Manuel Robalo Correia

*Trabalho apresentado no âmbito do Mestrado em
Engenharia Informática, como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Informática.*

Lisboa
(Julho 2010)

À minha família

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor Nuno Correia pela possibilidade de trabalhar neste projecto ambicioso e também pela orientação, disponibilidade e apoio prestado ao longo de toda a duração desta dissertação. Gostaria de agradecer também, a todos os elementos que participaram neste projecto, em particular ao Rui Nóbrega, Tarquínio Mota, Andreia Almeida e ao Professor Pedro Andrade.

Os meus agradecimentos vão também para:

- O projecto de investigação onde se insere esta dissertação, intitulado "Comunicação pública da arte: o caso dos museus de arte locais e globais", com a referência PTDC/CCI/68595/2006, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia.
- O Centro de Informática e Tecnologias de Informação (CITI - DI/FCT) e o Centro de Estudos de Comunicação de Linguagens (CECL - FCSH) pela oportunidade de trabalhar neste projecto com bolsa de investigação.
- A Professora Teresa Romão pelos esclarecimentos sobre as técnicas de avaliação.
- Toda a minha família, em particular os meus pais Carlos e Maria Fernanda, por todo o amor e esforço realizado para que nada me faltasse ao longo de toda a minha vida.
- Todos os meus amigos e colegas que de alguma forma contribuíram para o meu bem estar e formação académica: Lara Vasconcelos, João Alves, Laura Silva, Joana Inglês, João Pereira, Bruno Gomes, João Solano, Mário Cunha, David Ferreira, Roberto Félix, Pedro Gabriel, Hélio Dolores, Guilherme Martins, Nélson Fonte, João Mateus, António Costa, Tiago Amorim, Luís Oliveira, Hélio Pereira, Ana Coelho, Joana Viana, Rui Vieira, Marco Leitão, Luís Assunção, Joana Costa...
- Todos os visitantes da exposição que de alguma forma interagiram com a mesa interactiva.

A todos,

Muito obrigado!

Resumo

Actualmente, os visitantes de um museu não procuram apenas uma colecção de objectos, mas sim uma experiência rica em interacção que os aproxime e envolva mais com a colecção. Este elevado grau de exigência deve-se à rápida progressão tecnológica, assim como à popularização da Internet e à mais recente tendência em inovar a forma como se visualiza e interage com a informação.

Da necessidade de acompanhar os avanços tecnológicos e de forma a responder às expectativas dos visitantes, os museus e as galerias de arte têm vindo a procurar sistemas com interfaces criativas, que permitam encorajar a interacção com os dispositivos de visualização. A utilização de mesas interactivas, tem vindo a ser uma prática comum, uma vez que incentiva a uma atmosfera mais agradável, familiar e colaborativa, beneficiando os visitantes. Esta torna-se ainda mais importante, caso permita a participação activa dos visitantes na colecção, a fim de criar uma exposição mais acessível para todos.

Com o intuito de envolver os visitantes de um museu com uma colecção de arte, a solução proposta tem por objectivo o desenvolvimento de um sistema com suporte para uma interface multitoque para a exploração de uma colecção, a ser executado numa mesa interactiva. O sistema deverá permitir aos visitantes uma interacção lúdica, a sós ou em grupo, de modo a gerar a discussão em torno das obras em exposição, permitindo a participação do público na colecção de arte, ao contribuir com o seu saber e opiniões. Através da atribuição de *tags* às obras, o sistema construirá uma rede de significados constituída pelo saber comum dos visitantes. Com a implementação da solução proposta, prevê-se a recolha, a partir da interacção lúdica dos utilizadores, de informações fundamentais para o estudo sociológico em que se insere o projecto. Esse estudo pretende efectuar uma análise dos públicos culturais que empreendem a comunicação pública da arte em museus físicos e virtuais.

Palavras-chave: Interfaces tangíveis, Interfaces multitoque, Participação, Visualização de informação

Abstract

Currently, museum visitors are looking for a rich experience in interaction, which makes them more involved with museum collections. Due to the rapid progress of technology, as well as the popularization of the Internet and the recent trends to innovate the way we interact with information, museum visitors' expectations are even higher.

The need to keep up with technological advances, coupled with the increasing expectations of visitors, museums and galleries lead to the development of systems with creative interfaces that encourage visitors to interact with display devices. The use of tabletop displays has been a common practice, since it provides a more pleasant and collaborative atmosphere, which benefits the users. This becomes even more important if it allows the active participation of the visitors, in order to create an exhibition more accessible to all.

In order to engage museum visitors with art collections, we propose the development of a multi-touch tabletop system for exploration of art collections. The proposed system will allow visitors a playful interaction, alone or in groups, in order to generate discussion around the displayed information. This allows for public participation by contributing with their knowledge and opinions. By assigning tags to the collection objects, the system will build a network of meanings constituted by the common knowledge of the visitors. With the implementation of the proposed system, we expect to collect information from visitors' interactions, in order to produce a sociological study. This study intends to make analysis of cultural public who undertakes public communication of art at physical and virtual museums.

Keywords: Tangible interfaces, Multitouch interfaces, Participation, Information visualization

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Descrição e contexto	2
1.3	Solução apresentada	3
1.4	Principais contribuições previstas	4
1.5	Estrutura do documento	5
2	Trabalho relacionado	7
2.1	Tecnologias multitoque	7
2.1.1	Hardware	7
2.1.1.1	FTIR - Frustrated Total Internal Reflection	8
2.1.1.2	DI - Diffused Illumination	11
2.1.1.3	DSI - Diffused Surface Illumination	14
2.1.1.4	LLP - Laser Light Plane	15
2.1.1.5	Comparação das técnicas	16
2.1.2	Software	17
2.1.2.1	TUIO	17
2.1.2.2	reactIVision	19
2.1.2.3	Touchlib	20
2.1.2.4	CCV - Community Core Vision	21
2.1.2.5	Comparação das soluções	23
2.2	Interfaces multitoque	23
2.2.1	reactTable	24
2.2.2	SongExplorer	27
2.2.3	VPlay	32
2.3	Tecnologia para museus	34
2.3.1	MobiTags	35
2.3.2	Tree of Life	38

2.3.3	ARTECT	40
2.4	Considerações finais	41
3	Interacção e exploração de colecção de arte	45
3.1	Conceito	45
3.2	Tecnologias utilizadas	46
3.3	Exploração de colecção de arte	48
3.3.1	Exploração	49
3.4	Interacção	50
3.4.1	Colecção de arte	51
3.4.2	Consultar obra	52
3.4.3	Consultar detalhes	53
3.4.4	Atribuir tags	54
3.4.5	Explorar tags	55
3.4.6	Comentários	55
3.4.7	Tricotomias	56
3.4.8	Questionário	56
3.4.9	Teclado virtual	58
4	Realização do sistema	59
4.1	Arquitectura	59
4.2	Interacção multitoque	62
4.2.1	Gestos	63
4.2.2	Manipulação de objectos	64
4.3	Colecção de arte	66
4.4	Exploração	68
4.4.1	Janelas interactivas	69
4.4.2	Mecanismos	73
4.5	Informações semânticas e sociais	77
4.6	Evolução e adaptação da aplicação	78
5	Avaliação	83
5.1	Análise de interacções	83
5.1.1	Resultados	84
5.2	Inquérito aos utilizadores	86
5.2.1	Resultados	87
5.3	Observação de utilizadores	92
5.3.1	Resultados	92

6	Conclusões e trabalho futuro	101
6.1	Conclusões	101
6.2	Trabalho futuro	102
A	Vantagens e desvantagens das configurações hardware	111
B	XML Schemas	115
C	Resultados das interacções	119
D	Questionário	123
E	Resultados do inquérito aos utilizadores	129
F	Formulário de observação	133
G	Resultados da observação de utilizadores	139
H	Registo de alterações	143

Lista de Figuras

2.1	Esquema representativo de uma configuração FTIR com os requisitos mínimos	10
2.2	Esquema representativo de uma configuração <i>Rear Diffused Illumination</i> .	13
2.3	Esquema representativo de uma configuração DSI	14
2.4	Esquema representativo de uma configuração LLP	15
2.5	Esquema representativo da utilização do protocolo TUIO	17
2.6	Exemplo de marcadores <i>fiducial</i> reconhecidos pela <i>reactIVision</i>	19
2.7	Diagrama da infraestrutura <i>reactIVision</i>	20
2.8	Imagem da aplicação fornecida pela <i>Touchlib</i>	21
2.9	Imagem da aplicação fornecida pela <i>Community Core Vision</i>	22
2.10	Imagem da operação de calibração disponibilizada pela <i>Community Core Vision</i>	22
2.11	Arquitetura do <i>reactTable</i> [JKGB05]	25
2.12	Imagem da superfície do <i>reactTable</i> [JKGB05]	26
2.13	Exemplo da estrutura hexagonal da rede do <i>SongExplorer</i> [JJ09]	28
2.14	Exemplo da representação de listas de reprodução no <i>SongExplorer</i> [JJ09]	29
2.15	Objectos tangíveis utilizados para interagir com o <i>SongExplorer</i> [JJ09]: a) <i>Playlist Navigator</i> ; b) <i>Color changer</i> ; c) <i>Magnifying glass</i> ; d) <i>Navigation</i> ; .	30
2.16	Exemplo da interface de utilizador do <i>VPlay</i>	33
2.17	Exemplo de um comportamento de colaboração durante a utilização do <i>VPlay</i> [TIK ⁺ 09]	34
2.18	Imagens da aplicação <i>MobiTags</i> [CBL ⁺ 09] em modo paisagem, onde são apresentadas as informações semânticas	35
2.19	Imagens da aplicação <i>MobiTags</i> [CBL ⁺ 09] em modo retrato, onde são apresentadas as informações semânticas	36
2.20	Imagem da superfície de interacção da <i>Tree of Life</i> [Hor08]	38
2.21	Imagem da superfície de interacção da <i>Tree of Life</i> [Hor08]	39
2.22	Imagem da interface da ferramenta <i>ARTECT</i> [KES ⁺ 09]	41

3.1	Mesas interactivas desenvolvidas no CITI - DI/FCT/UNL	47
3.2	Esquema representativo da configuração FTIR da mesa interactiva final	48
3.3	Interface utilizador do sistema proposto	51
3.4	Janela de interacção principal	53
3.5	Janela de interacção para a consulta de informação detalhada	54
3.6	Janela de interacção para atribuição de <i>tags</i>	54
3.7	Janela interactiva para a exploração de <i>tags</i>	55
3.8	Janela interactiva para a consulta de comentários	56
3.9	Janela interactiva para o jogo das Tricotomias	57
3.10	Janela interactiva para o questionário	57
3.11	Teclado virtual que permite a introdução de comentários e novas <i>tags</i> . .	58
4.1	Diagrama de blocos do sistema	60
4.2	Arquitectura da aplicação desenvolvida	61
4.3	Resumo do diagrama de classes referente aos objectos multitoque	65
4.4	Diagrama de classes referente à representação de uma colecção de arte .	67
4.5	Resumo do diagrama de classes dos principais componentes da aplicação desenvolvida	69
4.6	Resumo do diagrama de classes referente às janelas interactivas	71
4.7	Componentes utilizados na construção das janelas interactivas	72
4.8	Resumo do diagrama de classes referente ao teclado virtual	72
4.9	Esboço inicial da interface utilizador: representação da colecção de arte (à esquerda), representação das ligações entre as peças (ao centro), interactividade permitida ao utilizador (à direita)	79
5.1	Mapa de calor referente às consultas de obras	85
5.2	Resultados da classificação dos utilizadores sobre aspectos gerais	88
5.3	Resultados da classificação dos utilizadores sobre a usabilidade da solução	89
5.4	Resultados da classificação dos utilizadores sobre a facilidade de execução	89
5.5	Resultados da classificação dos utilizadores sobre a envolvente emocional	90
5.6	Tempo médio de utilização despendido pelos utilizadores	93
B.1	XML Schema para a organização da informação semântica de uma colecção de arte	116
B.2	XML Schema para a organização da informação associada à atribuição de <i>tags</i>	117
B.3	XML Schema para a organização da informação social obtida através dos comentários	117

B.4	XML Schema para a organização da informação relacionada com o questionário	117
B.5	XML Schema para a organização da informação obtida através das respostas ao questionário	118
B.6	XML Schema para a organização da informação associada ao jogo das relações semânticas entre obras	118
C.1	Mapa de calor referente ao número de <i>tags</i> atribuídas a cada obra	121
C.2	Mapa de calor referente ao número atribuições de <i>tags</i> em cada obra . .	122
C.3	Mapa de calor referente ao número de comentários atribuídos a cada obra	122

Lista de Tabelas

2.1	Vantagens da utilização de uma <i>compliant surface</i> numa configuração FTIR	11
2.2	Comparação entre as diferentes configurações hardware	16
2.3	Operações associadas a cada objecto tangível disponível no SongExplorer	31
A.1	Vantagens e desvantagens da utilização de uma configuração FTIR, apresentadas em [nui10]	111
A.2	Vantagens e desvantagens da utilização de uma configuração <i>Front Dif-fused Illumination</i> , apresentadas em [nui10]	112
A.3	Vantagens e desvantagens da utilização de uma configuração <i>Rear Dif-fused Illumination</i> , apresentadas em [nui10]	113
A.4	Vantagens e desvantagens da utilização de uma configuração <i>Diffused Surface Illumination</i> , apresentadas em [nui10]	113
A.5	Vantagens e desvantagens da utilização de uma configuração LLP - <i>Laser Light Plane</i> , apresentadas em [nui10]	114

Listagens

4.1	Método de configuração e inicialização dos componentes da aplicação .	61
4.2	Eventos gerados por um <i>listener</i> de mensagens TUIO	62
4.3	Métodos para o tratamento de eventos multitoque	68
4.4	Excerto do ficheiro XML onde são organizadas todas as <i>tags</i> existentes .	73
4.5	Excerto do ficheiro XML onde são organizados todos os comentários . .	74
4.6	Excerto do ficheiro XML onde são organizadas as perguntas do questionário	75
4.7	Excerto do ficheiro XML onde são organizadas as respostas ao questionário	76
4.8	Excerto do ficheiro XML onde são organizadas as relações semânticas entre obras	77
4.9	Código referente ao componente XMLdb	78



Introdução

O uso dos tradicionais periféricos como o rato e o teclado para interacção com um computador, torna-se essencial quando se pretende retirar uma maior produtividade da utilização deste. Por outro lado, em diferentes ambientes e tipos de interacções mais informais, a utilização do rato e do teclado pode não ser a mais indicada. Desta forma, cada vez mais existe uma tendência em alterar as formas de interacção, o que implica um desenvolvimento constante de novas tecnologias. Todas as alterações, bem como todos os avanços tecnológicos, visam um outro tipo de contacto entre o computador e o utilizador, no sentido deste retirar partido da informação de uma forma directa.

Para além da facilidade de acesso ser cada vez mais uma realidade, há o facto dos computadores sofrerem alterações constantes relativamente às suas dimensões. É comum encontrar um computador de qualquer dimensão, o que possibilita a sua integração em diversos ambientes, e com diversas finalidades. Aliada a estes avanços tecnológicos, está também a mudar a forma como a informação é visualizada e consumida. São vários os tipos de dispositivos, com as mais variadas tecnologias, utilizados para visualização. Actualmente, existem dispositivos de visualização que permitem uma interacção directa com a informação, dispensando a utilização dos tradicionais periféricos de interacção.

1.1 Motivação

Os museus sempre foram reconhecidos por proporcionarem experiências ricas através das suas colecções de arte. Porém, hoje em dia, essas experiências podem ser muito

mais interessantes. A utilização de novas tecnologias como complemento das colecções de arte em museus, permite aos seus visitantes experiências únicas em termos de interpretação e interacção com as colecções expostas.

Com a revolução tecnológica, os inúmeros dispositivos de informação e comunicação que foram surgindo permitiram que a maioria das pessoas se apropriasse das suas características interactivas ou portáteis, e as moldassem aos seus interesses e às suas necessidades. Adicionalmente, com a popularização da Internet, abriram-se novas portas à informação, alterando por completo a forma como esta era acedida e consumida até então, o que acabou por aumentar o grau de exigência por parte das pessoas.

Uma das mais recentes tendências da evolução tecnológica é, sem dúvida, a inovação na forma como se interage directamente com a informação, dispensando por completo a utilização dos tradicionais periféricos de interacção. A prova disso está nos inúmeros dispositivos e nas técnicas com suporte para multitoque, que têm vindo a ser apresentados. Desde os mais diversos dispositivos de comunicação aos mais variados dispositivos multimédia, é comum e expectável que estes suportem tecnologias multitoque. O elevado grau de aceitação e exigência por parte das pessoas que rapidamente se adaptaram a estes, torna-os quase imprescindíveis para as suas necessidades diárias.

Desta forma, o rápido progresso da tecnologia apresenta vários desafios para museus, centros de ciência e outras entidades ligadas à educação. Relativamente à introdução de novas tecnologias em museus, os desafios apontados em [Ing99] referem-se à constante necessidade de acompanhar os avanços tecnológicos, juntamente com a crescente sofisticação e as expectativas dos visitantes. Adicionalmente, a revolução provocada pelo surgimento da Internet, alimenta a necessidade de inovar e competir a um ritmo rápido nestas áreas.

1.2 Descrição e contexto

Actualmente, os visitantes de um museu não procuram apenas uma colecção de objectos, mas sim uma experiência rica em interacção que os aproxime e envolva mais. A utilização de tecnologia apropriada, para além de poder vir a enriquecer a experiência dos visitantes, pode também ser uma mais valia para o museu.

Os museus e as galerias de arte têm vindo a procurar activamente sistemas com interfaces criativas, de forma a encorajar a interacção com os dispositivos de visualização [Gel06]. Esta tendência tem-se verificado na utilização de mesas interactivas, uma vez que estas apelam a dois aspectos do dia a dia: a superfície horizontal como

posto de trabalho e os gestos manuais, ou objectos comuns, como ferramentas para manipulação de informação. Com a utilização deste tipo de tecnologia como suporte a uma colecção de arte num museu, de acordo com [Gel06], os benefícios são bastante evidentes, tanto para os visitantes como para o museu. A utilização de uma mesa interactiva num museu, incentiva a uma atmosfera mais agradável, familiar e colaborativa. É comum assistir-se a utilizações em grupo ou em família, onde os mais velhos tentam transmitir aos mais novos a experiência que retiram da interacção com a mesa, como observado num estudo, apresentado em [Hor08], efectuado ao modo como os visitantes interagem com uma mesa interactiva. Por outro lado, muitas das exposições beneficiam da experiência que os visitantes adquirem ao utilizarem uma mesa interactiva com outros visitantes. Torna-se ainda mais importante, quando a mesa interactiva permite de algum modo, a participação activa dos visitantes, uma prática cada vez mais comum [Sal08]. Como avançado em [Sal09b], os mecanismos de participação permitem um maior envolvimento dos visitantes para com as colecções de arte em museus. Para se obter o máximo partido da participação de utilizadores, os museus necessitam de criar uma rede coerente de actividades de participação. Essas actividades devem permitir a criação de uma exibição mais acessível para todos [Sal09a].

O trabalho desta dissertação insere-se no âmbito do projecto intitulado "Comunicação Pública da Arte: o caso dos museus de arte locais e globais", com a referência PTDC/CCI/68595/2006, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia. Este projecto encontra-se em desenvolvimento pelo Centro de Estudos de Comunicação de Linguagens (CECL), da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, em colaboração com o Centro de Informática e Tecnologias de Informação (CITI) da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. O desenvolvimento do projecto é efectuado em duas direcções principais e articuladas, de modo a ser efectuada uma análise sociológica dos públicos culturais que empreendem a comunicação pública da arte em museus físicos e virtuais, assim como uma implementação de um dispositivo multimédia para consulta interactiva de obras de arte pelo público dos museus. O dispositivo multimédia foi apresentado na exposição da artista Joana Vasconcelos, no período compreendido entre 1 de Março e 18 de Maio, de 2010. No contexto deste projecto, foi também realizado um inquérito por questionário ao público da exposição referida.

1.3 Solução apresentada

Com o intuito de envolver os visitantes de um museu na visita a uma colecção de arte, a solução proposta tem por objectivo o desenvolvimento de um sistema com suporte

para uma interface multitoque para a exploração de uma colecção, com os seguintes objectivos:

- Permitir aos visitantes uma interacção lúdica, a sós ou em grupo, com a intenção de se gerar a discussão entre visitantes em torno das obras em exposição, permitindo ao público deixar a sua marca em cada obra ao contribuir com o seu saber e opiniões.
- Construir, através da atribuição de *tags* (palavras-chave) às obras, uma rede de significados constituída pelo saber comum dos visitantes.
- Recolher, da interacção lúdica dos utilizadores, informações fundamentais para o estudo sociológico em que se insere o projecto e também para o estudo da introdução de tecnologia em museus, em particular em contextos sociais.

A informação semântica para cada obra da colecção de arte é representada por um conjunto de elementos multimédia, incluindo imagens, vídeos e texto. Para cada obra é possível adicionar *tags* definidas pelo utilizador, através de um sistema de *tags*, com base numa colecção pré-definida. As *tags* são utilizadas para pesquisas e para a organização da representação visual da colecção, numa estrutura em forma de grafo. Neste caso, as ligações são definidas pelas relações entre *tags* e têm uma representação visual que depende da força dessa relação.

Uma vez representada toda a colecção em forma de grafo, é permitido ao utilizador efectuar um conjunto de acções, que permitem explorar as informações semânticas das obras da colecção. Para cada objecto da colecção, o utilizador poderá obter de forma interactiva a informação semântica associada ao objecto. Ao arrastar o objecto para um determinado ponto da mesa, será exibida uma janela de visualização de informação relacionada com esse objecto. Nessa janela o utilizador poderá consultar vídeos, fotografias e textos sobre cada obra, bem como deixar comentários por escrito e ler os comentários dos outros utilizadores. Para cada obra, também é permitido ao utilizador atribuir *tags* da sua autoria. Para além disso, o utilizador pode consultar as ligações estabelecidas entre obras a partir de cada *tag*.

1.4 Principais contribuições previstas

As principais contribuições previstas com a implementação da solução apresentada são divididas em três categorias distintas: interface, métodos de participação do público e avaliação de utilizadores.

No que diz respeito à interface, foi desenvolvida uma interface interactiva, multi-utilizador que permite a exploração de uma colecção de arte, de forma colaborativa.

Quanto aos métodos de participação do público, através de sistemas de *tags*, comentários e actividades lúdicas, foram criadas as infraestruturas necessárias para a participação do público, com finalidade na partilha de conhecimento entre os demais visitantes do museu, e no envolvimento dos visitantes com a colecção.

Por último, prevê-se que esta dissertação contribua para o estudo do público dos museus, com base numa avaliação de utilizadores, realizada através de um registo (*log*) por parte da solução implementada, de todas as interacções efectuadas, bem como através de inquéritos e observações efectuadas, numa situação de utilização real.

1.5 Estrutura do documento

O presente documento encontra-se estruturado em seis capítulos, descritos de seguida:

Capítulo 1 - Introdução: Apresenta uma visão geral da dissertação, no que diz respeito à motivação, ao contexto, à descrição do problema, à solução apresentada e às principais contribuições previstas.

Capítulo 2 - Trabalho relacionado: Estabelece uma ligação entre os objectivos desta dissertação e o trabalho relacionado. São apresentadas técnicas utilizadas para a construção de interfaces multitoque, bem como sistemas multitoque conceituados, ou que de algum modo estão relacionados com a solução proposta. Por fim, são apresentadas soluções tecnológicas implementadas em museus.

Capítulo 3 - Interação e exploração de colecção de arte: Apresenta formalmente a solução implementada, através do seu conceito, as tecnologias utilizadas, bem como as funcionalidades oferecidas e a interacção com a solução.

Capítulo 4 - Realização do sistema Apresenta os detalhes mais relevantes, assim como as decisões tomadas durante o processo de desenvolvimento da solução implementada.

Capítulo 5 - Avaliação: Apresenta uma análise dos resultados obtidos através das três abordagens utilizadas para a validação da solução implementada.

Capítulo 6 - Conclusões: Apresenta uma apreciação do trabalho realizado, assim como as sugestões para alguns caminhos a tomar em relação à evolução do mesmo.

2

Trabalho relacionado

Neste capítulo apresentam-se os conceitos e as técnicas necessárias para o desenvolvimento da solução proposta. Para tal, tornou-se fundamental rever um conjunto de trabalhos de investigação relacionados com o tema desta dissertação. Os temas serão abordados em três secções principais. Na primeira secção, são apresentadas as técnicas utilizadas para a construção de interfaces multitoque. Numa segunda fase, são apresentados sistemas multitoque que contribuíram para o estudo e desenvolvimento de outros, ou que de algum modo estão relacionados com a solução proposta. Por último, são apresentadas aplicações ou soluções tecnológicas implementadas em museus.

2.1 Tecnologias multitoque

De um modo geral, tem-se verificado, nos últimos anos, um acréscimo na investigação e no desenvolvimento de novas tecnologias multitoque. Prova disso, é a quantidade das técnicas e dos dispositivos apresentados a cada dia. Os mais importantes são destacados por Bill Buxton, num artigo [Bux10] que sumariza a história da tecnologia multitoque, desde o primeiro ao mais recente dispositivo, apresentando as principais características e influências dos mesmos.

2.1.1 Hardware

Tal como indicado por Bill Buxton [Bux10], várias são as configurações possíveis para a elaboração de uma superfície multitoque. No entanto, a maioria das soluções requer uma construção de qualidade industrial e não são adequadas para a auto-construção

de superfícies. Por sua vez, a maioria dessas tecnologias enfrenta algumas dificuldades no que diz respeito à captura dos vários pontos, bem como algumas limitações nas dimensões [CZBC09]. Desta forma, a abordagem comum passa pela utilização de um sistema óptico, utilizando técnicas de processamento de imagem, em imagens capturadas por uma câmara sensível à luz infravermelha. Este tipo de abordagem permite a utilização de superfícies de qualquer escala, bem como a detecção de vários dedos e vários objectos em contacto com a superfície [CZBC09].

2.1.1.1 FTIR - Frustrated Total Internal Reflection

Uma das mais importantes contribuições para a investigação neste campo foi a solução de Jeff Han [Han05], apresentada como um sensor multitoque de baixo custo, que tira partido do fenómeno óptico da reflexão interna total frustrada (FTIR - *Frustrated Total Internal Reflection*), pelo qual ficou conhecida.

Quando um raio de luz atinge um meio de baixo índice de refração, proveniente de um outro meio com um índice de refração superior, num determinado ângulo de incidência, o raio é refractado ao longo de uma extensão que depende desse ângulo. Caso o ângulo de incidência seja superior ao ângulo crítico, que é o limite onde a refração ocorre, o raio é reflectido, originando assim o fenómeno óptico conhecido por reflexão interna total [Hec98]. No entanto, caso seja colocado um outro meio de baixo índice de refração perto do meio onde ocorre a reflexão interna total, irá ocorrer um acoplamento de energia entre os meios de baixo índice, frustrando a reflexão existente. Obtém-se assim, a reflexão interna total frustrada [Hec98].

Com base nas propriedades desse fenómeno óptico, bem como na facilidade de acesso actual, aos mais variados tipos de hardware que permitem obter e processar imagem, Jeff Han apresentou então um protótipo que tirasse partido desses factores, constituído por uma folha de acrílico, por um conjunto de LEDs infravermelhos, por uma câmara digital com um filtro infravermelhos, por um material difusor e por um resguardo para evitar a perda de luz em redor dos LEDs.

Segundo Jeff Han, a utilização de uma folha de acrílico como superfície de interacção ao invés de vidro, deve-se ao facto de que o vidro provoca uma má transmissão óptica e é mais propício aos riscos do que o acrílico. No entanto, para utilizar a folha de acrílico como superfície do sensor multitoque, é necessário efectuar um procedimento inicial que consiste no polimento dos lados da folha, de modo a melhorar a iluminação. Posto isto, os lados da folha de acrílico são directamente iluminados pelo conjunto de LEDs infravermelhos, de modo a inundar todo o interior com luz infravermelha, maximizando o fenómeno da reflexão interna total, acima descrito. Desta feita, caso o utilizador entre em contacto com a superfície, a reflexão interna total existente

na folha de acrílico é frustrada, causando uma dispersão de luz que é capturada pela câmara. A aplicação do material difusor na parte posterior da superfície de interacção, isto é, onde não existe qualquer contacto, para além de não frustrar a reflexão interna total existente na superfície, uma vez que existe um pequeno espaço entre os materiais, permite que a câmara apenas capture *blobs* (*bright luminescent objects*), originados pelos toques, evitando assim qualquer tipo de ruído.

Uma vez que, para cada imagem capturada pela câmara digital, são apenas necessárias as operações simples de processamento de imagem, mais propriamente as operações de remoção do fundo (*background subtraction*), remoção de ruído (*noise removal*) e análise de componentes ligados (*connected components analysis*), Jeff Han garante que a solução fornece informação completa sobre os toques na superfície sem qualquer problema de ambiguidade ou de oclusão. No entanto, acrescenta que sendo um sistema óptico está susceptível às condições da luz ambiente.

Um dos contras apontados em [Han05] está no facto de ser uma solução baseada numa câmara, o que requer algum espaço atrás da superfície de interacção. No entanto, sendo uma solução visualmente transparente, permite a utilização conjunta de uma projecção traseira, sem perda de brilho, enriquecendo a interacção do utilizador com um *feedback* directo das suas acções.

Em termos de robustez, segundo [Han05], a solução está bastante dependente das qualidades ópticas dos *blobs* que são capturados. Um dos exemplos dessa possível fraqueza está no facto de que o sistema poderá não detectar as mãos de um utilizador com luvas. Por outro lado, peles húmidas geram sinais ópticos fracos. Outra situação a ter em conta, está na utilização excessiva da superfície de interacção, uma vez que com o decorrer do tempo a superfície tende a ficar contaminada com marcas deixadas pelas mãos dos utilizadores, tal como eventuais riscos, o que irá afectar o processamento das imagens capturadas, tendo em conta que cada vez mais ruído será introduzido.

Com base nos eventuais problemas anteriormente referidos e após alguns testes, tornou-se fundamental a utilização de uma superfície apropriada. De acordo com [Han05], de todos os tipos de materiais testados, apenas um permitiu obter uma performance desejável. O material em causa é uma tela de retro projecção específica, conhecida por "Rosco Gray #02105". Ao utilizar-se este tipo de material a utilização do difusor torna-se desnecessária, deixando também em aberto a investigação do material perfeito de modo a melhorar a performance do sistema, mantendo o conceito de solução de baixo custo.

Uma vez deixada em aberto a investigação do material perfeito a utilizar como superfície apropriada, várias foram as propostas efectuadas pela comunidade *open source* de criação e investigação conhecida por NUI Group (Natural User Interface Group). De

acordo com a comunidade [nui10], por *compliant surface* entende-se as camadas colocadas em sobreposição da superfície de acrílico. Esta camada irá favorecer o contacto dos dedos com a superfície tornando os *blobs* mais robustos, especialmente em operações de *dragging* onde a aderência com a superfície é menor.

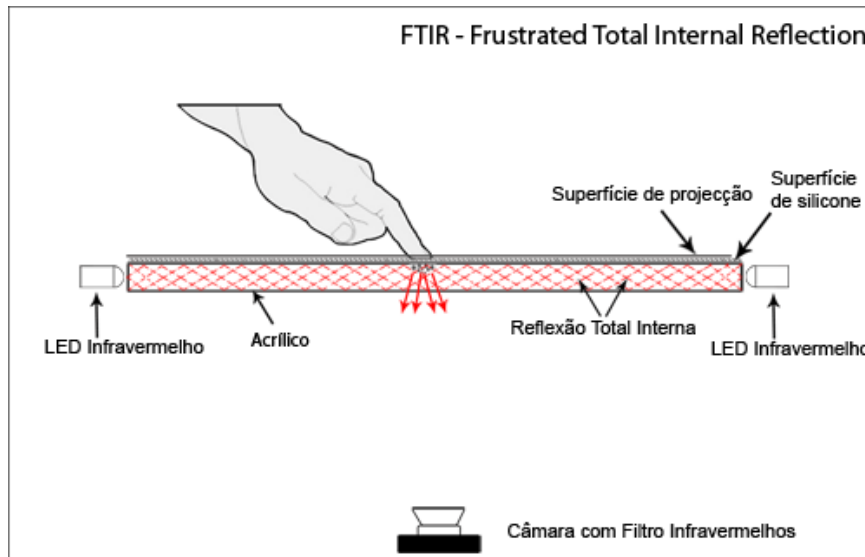


Figura 2.1: Esquema representativo de uma configuração FTIR com os requisitos mínimos

A escolha do material certo para *compliant surface* dependerá do índice de refração que deverá ser superior ao da folha de acrílico, de modo a garantir que a configuração do sistema continue a tirar partido do fenómeno da reflexão interna total frustrada. Desta feita, de acordo com a sumarização apresentada pela comunidade NUI Group, a maioria dos materiais utilizados na investigação são baseados em silicone, uma vez que a silicone contém um índice de refração ligeiramente superior ao do acrílico.

Um dos métodos mais popular, estudado e utilizado pela comunidade NUI Group, consiste na aplicação de uma camada de silicone no topo da superfície de acrílico, sobreposta pela superfície de projecção. No entanto, esta poderá não ser uma boa solução caso o tipo de acrílico utilizado seja de elevado custo, visto que mal aplicada poderá danificar de algum modo a superfície. Outro dos métodos utilizados e que tem vindo a ganhar popularidade no seio da comunidade, foi o método apresentado em [Tin10], conhecido por Cast Texture. A diferença deste método para com o anterior está no facto da camada de silicone ser aplicada numa superfície própria. Isto é, a solução Cast Texture consiste em aplicar uma textura, através da mistura da silicone com diluente, directa e uniformemente numa folha de papel vegetal, de forma a criar uma *compliant surface*. Essa superfície será então colocada entre a superfície de acrílico e a superfície de projecção, como se pode verificar na figura 2.1. Deste modo, a *compliant*

surface utilizada deixará de ser parte integrante do fenómeno da reflexão interna total existente no acrílico, o que elimina a limitação dos tipos de materiais a utilizar com um índice de refração semelhante ao do acrílico. Posto isto, a *compliant surface* em causa, ao entrar em contacto com a superfície de acrílico aquando de um toque, originará *blobs* mais brilhantes devido à textura da silicone existente.

Tabela 2.1: Vantagens da utilização de uma *compliant surface* numa configuração FTIR

Utilização de uma <i>compliant surface</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Protege as folhas de acrílico de custo elevado, contra potenciais riscos. • Bloqueia uma grande quantidade de poluição luminosa. • Proporciona resultados consistentes. • Disparidade visual nula entre a superfície de interacção e a superfície de projecção. • Sensível à pressão efectuada no contacto com a superfície. • Melhor reacção aos movimentos de arrastamento. • Captura de <i>blobs</i> mais brilhantes uma vez que deixa de existir um difusor entre a luz infravermelha do <i>blob</i> e a câmara.

Não sendo um requisito base para a construção de um sistema multitoque baseado na técnica FTIR, de acordo com a comunidade NUI Group [nui10], a utilização de uma *compliant surface* acrescenta um conjunto de vantagens como apresentado na tabela 2.1.

2.1.1.2 DI - Diffused Illumination

Não menos importante que a solução conhecida por FTIR, apresentada por Jeff Han [Han05], é a solução conhecida por *Diffused Illumination*, utilizada pela Microsoft na implementação da mesa multitoque, conhecida por Microsoft Surface [Mic10]. Esta solução é de algum modo semelhante à técnica FTIR, uma vez que a sua constituição é de certa forma idêntica, dado que ambas utilizam uma superfície de interacção transparente, uma câmara digital e um material difusor. Por outro lado, esta é a técnica ideal para construções de pequena dimensão, onde o principal objectivo é a possibilidade de se poderem realizar testes e experiências em menor escala. Um exemplo disso

é o projecto MTmini [mtm10] que disponibiliza um tutorial simples para que qualquer utilizador recree um pequeno sensor multitoque de maneira fácil, rápida e económica.

Uma das principais características desta solução está no facto de se dividir em duas categorias [nui10], ou seja, durante a construção de um sensor multitoque baseado nesta solução, pode-se optar pelo tipo de iluminação que se pretende: *Front Diffused Illumination* ou *Rear Diffused Illumination*. De acordo com a comunidade NUI Group [nui10], as duas técnicas envolvem os mesmos princípios básicos, isto é, o contraste entre a imagem limpa da superfície de interacção, sem qualquer conteúdo ou ruído, e o objecto que toca nessa mesma superfície.

Front Diffused Illumination Ao utilizar-se um configuração com base na técnica *Front Diffused Illumination*, tira-se partido da luz infravermelha existente na luz ambiente em torno do sensor multitoque e que ilumina a superfície de interacção. Para tal, ao contrário das soluções anteriores, o material difusor é aplicado por cima da superfície transparente, fazendo com que um objecto ao tocar na superfície crie uma sombra nessa posição e não um *blob*. A sombra produzida é então capturada pela câmara digital, sem qualquer tipo de filtro aplicado a esta. Apesar de ser uma técnica simples, está totalmente dependente da luz ambiente, o que a torna limitada logo à partida pelas condições dessa mesma luz. No entanto, é a técnica adequada para a construção de um pequeno sensor multitoque de acordo com [mtm10].

Rear Diffused Illumination Quanto à técnica *Rear Diffused Illumination*, ao contrário da anterior, não é uma técnica de simples utilização, uma vez que tira partido da luz infravermelha proveniente de um iluminador colocado atrás da superfície de interacção, ao invés da existente na luz ambiente, sendo também necessário utilizar uma câmara digital com um filtro infravermelhos, como se verifica na figura 2.2.

A principal dificuldade na utilização desta técnica, prende-se com o tamanho do sensor que se pretende construir, uma vez que é necessário garantir uma distribuição uniforme da luz infravermelha por toda a superfície de interacção. Isto é, com apenas um iluminador, não é possível garantir que um objecto ao entrar em contacto com a superfície (toque) seja facilmente detectável, visto que se pode dar o caso em que existem áreas bem iluminadas e outras fracamente iluminadas, onde a detecção é difícil ou praticamente nula. De acordo com a comunidade NUI Group [nui10], para evitar este tipo de problemas deve-se ter em conta o número e o posicionamento dos iluminadores de luz infravermelha, bem como o tipo de materiais utilizados.

Tal como a técnica anterior, o material difusor também é colocado por cima da superfície de interacção, de modo a remover algum ruído nas imagens capturadas pela câmara digital. Estando a superfície de interacção completamente iluminada com a

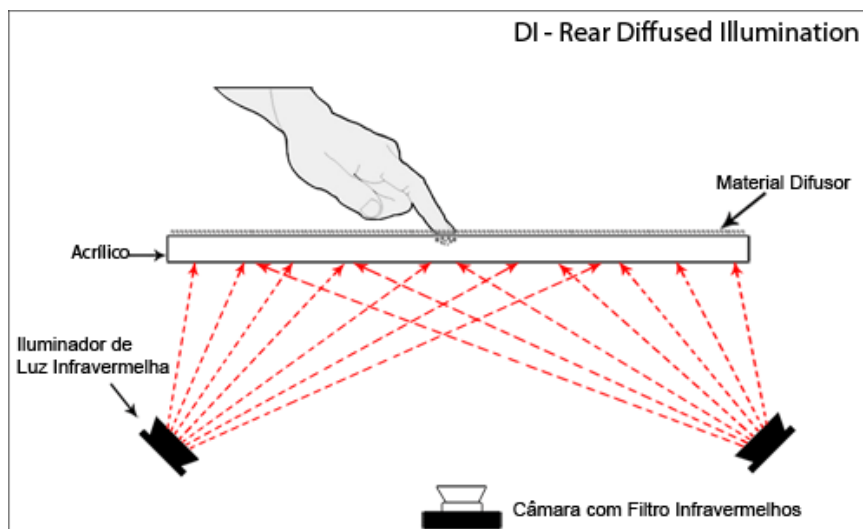


Figura 2.2: Esquema representativo de uma configuração *Rear Diffused Illumination*

luz emitida pelos iluminadores, tornando-a mais brilhante no espectro de luz infravermelha, um objecto ao entrar em contacto com a superfície irá reflectir mais luz que o difusor. Essa reflexão em excesso é então capturada pela câmara. Dessa forma e uma vez que a superfície de interacção difunde luz, conseguindo iluminar objectos na sua proximidade [SBD⁺08], permitirá também a identificação de objectos através das suas formas, ou de marcas facilmente reconhecíveis impressas na base das suas superfícies. Por outro lado, de acordo com a comunidade NUI Group, consoante o tipo de material difusor utilizado, também poderá ser possível a detecção de *hovering*¹.

Ao contrário de outras metodologias utilizadas para a implementação de um sensor multitoque, este tipo de solução resolve algumas dependências que se verificaram anteriormente. Isto é, o material transparente utilizado para superfície de interacção, deixa de ser um material específico, uma vez que a técnica de sensor não dependerá deste [SBD⁺08]. De acordo com Septimiu Crisian [CZBC09], é comum a escolha de um sistema que combine a técnica DI (utilizando a técnica de *Rear Diffused Illumination*), com a técnica FTIR. A sua justificação é simples e plausível, uma vez que com as duas técnicas evitam-se alguns erros que possam surgir com a escolha de uma única. A técnica FTIR, apresentada anteriormente, tem uma boa performance mesmo em salas iluminadas, no entanto não permite a detecção de objectos. Por outro lado, a técnica DI com *Rear Diffused Illumination*, é mais difícil de ajustar para funcionar com a luz do dia, mas permite a utilização de objectos na interacção com a superfície, bem como uma interacção mais suave.

¹Por *hovering* entende-se a acção de suspender um objecto no ar, próximo da superfície de contacto.

2.1.1.3 DSI - Diffused Surface Illumination

Outra das possíveis soluções para a implementação de um sensor multitoque é a solução conhecida por *Diffused Surface Illumination*, que pretende resolver os problemas encontrados na implementação da solução DI, no que diz respeito à obtenção de uma distribuição uniforme da luz infravermelha por toda a superfície de interacção.

De acordo com Tim Roth [Rot10], ao utilizar-se a solução DI para a implementação de um sensor multitoque, é comum a utilização de um par de iluminadores de luz infravermelha como uma fonte de luz infravermelha, de modo a obter uma distribuição uniforme. Porém, é necessário ter em conta e lidar com as possíveis reflexões entre os iluminadores. Desta feita, Tim Roth, apresenta uma solução que pretende facilitar este processo.

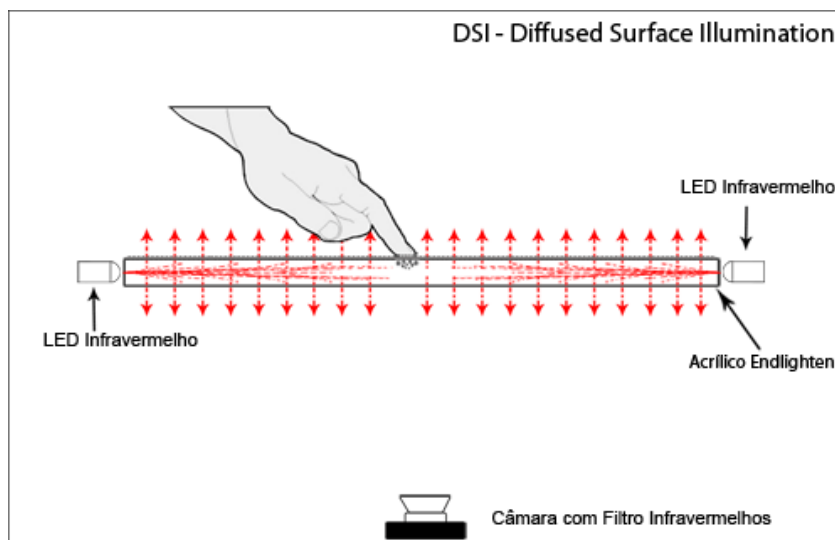


Figura 2.3: Esquema representativo de uma configuração DSI

Para a implementação de um sensor multitoque utilizando a técnica *Diffused Surface Illumination*, Tim Roth sugere então que se efectue uma junção entre a técnica FTIR e a técnica de *Rear Diffused Illumination*, abordadas anteriormente. Isto é, ao invés de se utilizar um par de iluminadores como fonte de luz infravermelha, de modo a garantir uma distribuição uniforme por toda a superfície de interacção, utiliza-se a técnica descrita na solução FTIR, onde um conjunto de LEDs é aplicado directamente nos lados de uma superfície de acrílico. No entanto, é necessária a utilização de um material de acrílico especial que incorpora pequenas partículas que agem como pequenos espelhos, de modo a garantir que a luz emitida pelo conjunto de LEDs é redireccionada e propagada uniformemente por toda a superfície, como indica a figura 2.3.

2.1.1.4 LLP - Laser Light Plane

A solução Laser Light Plane foi apresentada pela comunidade NUI Group [nui10], como a solução mais fácil e uma das mais baratas para implementar um sensor multitoque. Fácil e barata, porque ao contrário das soluções anteriormente apresentadas, esta solução não depende do tipo de material utilizado como superfície, nem tão pouco de uma *compliant surface*, ou até mesmo de uma estrutura especial.

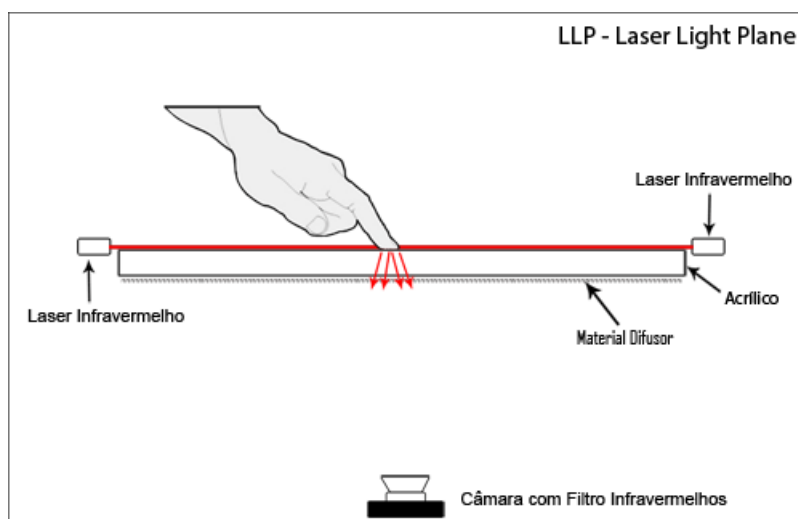


Figura 2.4: Esquema representativo de uma configuração LLP

Segundo a comunidade NUI Group, a maioria das configurações baseadas na solução *Laser Light Plane* utiliza um conjunto de lasers, normalmente 4, posicionados nos cantos da superfície de interação. Cada laser emite uma luz infravermelha. Os lasers são então posicionados ligeiramente acima da superfície, de modo a obter-se um plano de luz infravermelha com cerca de 1mm de espessura sobre a superfície de interação. Ao efectuar-se um toque com um dedo na superfície, a ponta do dedo é atingida pelo plano de luz, originando um *blob* infravermelho, capturado pela câmara digital que contém um filtro infravermelhos, como indicado na figura 2.4. Tal como na solução FTIR, é aplicado um material difusor na parte detrás da superfície de interação, de modo a permitir que a câmara capture apenas *blobs*, evitando assim qualquer tipo de ruído proveniente do *background*.

Para se obter um plano de luz infravermelha a partir do conjunto de lasers, é necessário que cada módulo laser contenha lentes geradoras de linha, sendo comum a utilização de geradores de linha com um ângulo de abertura de 120 graus, de modo a reduzir o número de módulos a utilizar. Por outro lado, a potência dos módulos laser utilizados está directamente relacionada com o brilho do laser, portanto, quanto mais potentes, mais brilhante será o plano de luz criado pelos lasers.

Um dos factores a ter em conta durante a implementação de um sensor multitoque que utilize esta solução, diz respeito à segurança. Isto é, uma vez que os lasers utilizados são de luz infravermelha e imperceptíveis para o olho humano, existe a possibilidade de provocarem danos graves. Apesar de não existir uma certeza concreta quanto a este eventual perigo, a utilização de uma solução baseada nesta configuração, num espaço público, aumenta consideravelmente as preocupações a ter em conta quanto à segurança dos utilizadores.

2.1.1.5 Comparação das técnicas

De acordo com a comunidade NUI Group [nui10], não existe uma técnica ideal para a construção de um sensor multitoque, uma vez que há um conjunto de factores que devem ser tidos em conta. Isto é, é importante definir à partida quais as características e os objectivos do sensor a construir.

A tabela 2.2 apresenta um sumário relativo à comparação das diferentes técnicas abordadas, que pretende facilitar a escolha da técnica para a construção de um sensor multitoque, de acordo com os objectivos pretendidos.

No anexo A, é apresentado um levantamento das vantagens e das desvantagens relativas à utilização de cada uma das técnicas apresentadas ao longo desta secção, efectuado pela comunidade em [nui10].

Tabela 2.2: Comparação entre as diferentes configurações hardware

	Blobs	Objectos	Compliant Surface	Sensível ao Toque	Configuração Simples
FTIR	Contraste forte	Não	Sim	Sim	Não
F-DI	Deteção de sombras; Probabilidade de falsos blobs	Não	Não	Não	Sim
R-DI	Menor contraste; Probabilidade de falsos blobs	Sim	Não	Não	Não
DSI	Menor contraste	Sim	Não	Sim	Não
LLP	Contraste forte	Não	Não	Não	Sim

2.1.2 Software

Após a apresentação da referida solução de Jeff Han [Han05], que de certa forma revolucionou o mundo dos sistemas multitoque, verificou-se o desenvolvimento de uma quantidade elevada de software para interfaces deste tipo. Este acontecimento deve-se ao facto de que a maioria dos sistemas multitoque desenvolvidos é baseada em reconhecimento óptico, utilizando técnicas de processamento em imagens capturadas por uma câmara sensível à luz infravermelha. Para tal, foi necessária a implementação de várias soluções de software que permitissem responder às necessidades dos sistemas multitoque desenvolvidos, no que diz respeito à detecção de dedos e objectos em contacto com a superfície.

2.1.2.1 TUIO

O TUIO [KBBC05] é um plataforma aberta que define um protocolo comum e uma API (*Application Programming Interface*), criada para atender às necessidades impostas pelas superfícies tangíveis com multitoque, onde um utilizador é capaz de manipular um conjunto de objectos. O protocolo TUIO vem assim fornecer uma interface geral e versátil de comunicação, entre as interfaces de controlo das superfícies tangíveis e as camadas aplicacionais subjacentes, esquematizado na figura 2.5².

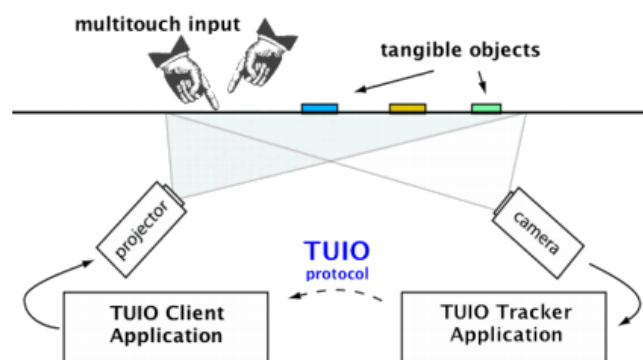


Figura 2.5: Esquema representativo da utilização do protocolo TUIO

Utilizando o protocolo TUIO, a aplicação que controla os objectos, isto é, a aplicação que irá funcionar como um sistema de sensores, poderá identificá-los, localizá-los, bem como obter a sua orientação na superfície de interacção. Para além disso, o protocolo TUIO fornece um cursor especial que não tem uma identificação única nem qualquer informação sobre rotação/orientação, para representação dos toques efectuados com os dedos na superfície. Em termos de detalhes de implementação, o protocolo TUIO

²www.tuio.org

define duas classes principais de mensagens: *set* e *alive*. As mensagens *set* são utilizadas para comunicar os parâmetros de um objecto, como, por exemplo, a sua posição e a sua orientação, entre outros. Já as mensagens *alive*, apenas indicam o conjunto actual de objectos presentes na superfície, utilizando uma lista de identificadores únicos de sessão ³. Desta forma, os parâmetros de um objecto são apenas enviados após uma alteração do seu estado, através do envio de uma mensagem do tipo *set*. Caso o objecto seja removido da superfície, é enviada uma mensagem do tipo *alive*. Uma das particularidades deste protocolo, está no facto de este não implementar qualquer tipo de mensagem explícita de adição ou remoção, uma vez que o receptor irá deduzir o tempo de vida de cada objecto, examinando a diferença entre as sequências de mensagens do tipo *alive*. Adicionalmente, são utilizadas mensagens *fseq* (*frame sequence*) que associam um identificador único da sequência de *frames*, a um conjunto de mensagens *set* e *alive*.

Relativamente à eficiência e fiabilidade do protocolo TUIO, este utiliza mensagens UDP de modo a proporcionar uma comunicação de baixa latência. Uma vez que utilizando mensagens UDP a perda de pacotes é uma possibilidade, o protocolo TUIO introduz informação redundante para corrigir essas eventuais perdas, enquanto mantém uma utilização eficiente do canal de comunicação. Por outro lado, as mensagens *set* são empacotadas de modo a utilizar por completo o espaço disponibilizado pelos pacotes UDP. Cada pacote começa com uma mensagem *source* de modo a identificar a fonte TUIO. Os pacotes de mensagens *set* incluem uma mensagem *alive* que contém os identificadores de sessão de todos os objectos tangíveis que estão activos. Para além disso, cada pacote contém também uma mensagem *fseq*, com um número incremental que é o mesmo para todos os pacotes que contêm dados capturados ao mesmo tempo. Por fim, caso a superfície tangível se encontre em repouso, as mensagens *alive* são reenviadas periodicamente. Já o estado do subconjunto cíclico dos objectos inalterados mas activos, é reenviado de forma redundante através das mensagens *set*.

Outra das características do protocolo TUIO, está no facto de este ser baseado em *Open Sound Control* (OSC). Assim, todas as mensagens implementadas pelo protocolo seguem a sintaxe original do OSC. Permite também que possa vir a ser facilmente implementado em qualquer plataforma que suporte OSC.

Open Sound Control O Open Sound Control (OSC) [WFM03] é um protocolo baseado em mensagens, criado para a comunicação entre computadores, sintetizadores de som e outros dispositivos multimédia. Fornece os mecanismos necessários para o controlo de som e outro tipo de processamento de informação multimédia, em tempo

³O identificador de sessão é um identificador único atribuído a cada objecto, que é mantido durante a sua presença na sessão.

real, mantendo-se flexível e de fácil de implementação. O OSC alcançou uma ampla utilização no campo das novas interfaces de expressão musical baseadas em computador para sistemas de música, distribuídos em redes do tipo WAN (*Wide Area Network*) e LAN (*Local Area Network*), bem como em comunicações inter-processos e mesmo dentro de uma única aplicação.

2.1.2.2 reacTIVision

O reacTIVision [KB07] é um sistema *open source*, multiplataforma, que permite um *tracking* rápido e robusto, de objectos e de dedos numa superfície tangível. Construído como componente primário da reacTable [JKGB05], uma superfície tangível que representa um instrumento musical electro-acústico, o reacTIVision foi um dos mais importantes avanços na construção de sistemas multitoque. Foi durante o desenvolvimento do sistema reacTIVision que se procedeu à primeira implementação do protocolo TUIO [KBBC05], anteriormente apresentado, de forma a codificar o estado dos objectos e dos eventos multitoque existentes na superfície de uma mesa interactiva. Outra das características do reacTIVision está no facto de este permitir a identificação de objectos através de marcadores *fiducial* colocados nos mesmos. Para tal, é utilizado um algoritmo optimizado para marcadores especialmente desenhados, como ilustra a figura 2.6⁴, de forma a melhorar o desempenho e a robustez do processo de reconhecimento. Esse desenho específico permite determinar a posição correcta e a sua orientação.

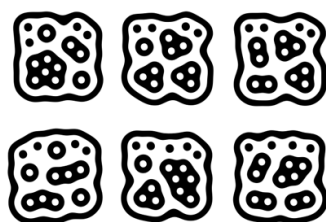


Figura 2.6: Exemplo de marcadores *fiducial* reconhecidos pela reacTIVision

Em termos de funcionamento, o reacTIVision age como uma aplicação *standalone* que analisa uma sequência de vídeo em tempo real e que envia mensagens TUIO relativas aos eventos detectados, para cada aplicação cliente ligada a esta, como se verifica na figura 2.7 onde é apresentado o esquema de uma configuração que utiliza o reacTIVision como mecanismo de sensor multitoque. Alternativamente, a aplicação pode enviar mensagens de controlo MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) que podem ser configuradas individualmente para cada marca fiducial.

⁴<http://reactivision.sourceforge.net/>

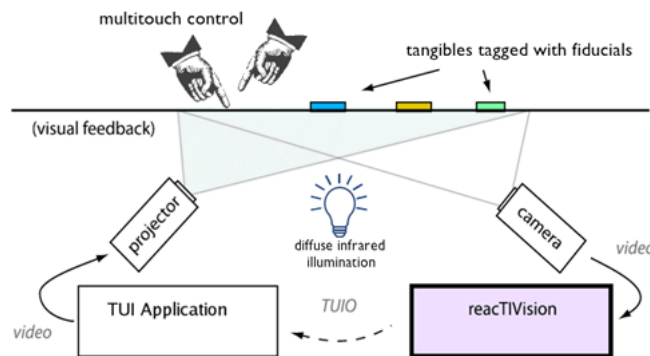


Figura 2.7: Diagrama da infraestrutura reactIVision

No que diz respeito ao sistema de detecção e *tracking* de objectos e dedos na superfície de interacção, o processo é efectuado seguindo uma determinada ordem de operações, aplicadas a cada imagem capturada na sequência de vídeo. Ou seja, inicialmente a imagem capturada é convertida para preto e branco, com um algoritmo de *threshold* adaptativo. De seguida, a imagem é segmentada num grafo de regiões, alternadas em preto e branco (Region Adjacency Graph). Posto isto, o grafo é pesquisado de forma a serem identificadas estruturas de árvore únicas que são codificadas nos marcadores *fiducial*. Por fim, para cada árvore identificada é efectuada uma pesquisa num dicionário de modo a recuperar o identificador de marcador único referente à árvore. Para a obtenção dos *blobs* relativos aos toques efectuados na superfície, o reactIVision tira partido dos resultados da segmentação de imagens efectuada anteriormente, de modo a obter e identificar *blobs* brancos, pequenos e redondos, que representam as pontas dos dedos na superfície.

2.1.2.3 Touchlib

A Touchlib [tou10], é uma biblioteca *open source* que permite o desenvolvimento e a investigação de sistemas multitoque baseados em sistemas ópticos. Esta biblioteca surgiu após vários desenvolvimentos no que diz respeito à detecção de objectos e dedos, ao longo do projecto que estudou e apresentou a técnica FTIR (*Frustrated Total Internal Reflection*) [Han05]. Tendo sido lançada pelos primeiros criadores das mesas FTIR, a Touchlib foi apresentada como sendo uma biblioteca abrangente e uma solução de software que permite a criação de aplicações interactivas multitoque [tou10], utilizadas por sistemas baseados nas técnicas FTIR e *Diffused Illumination*, ambas anteriormente apresentadas na secção 2.1.1.

Em termos aplicativos, a Touchlib oferece uma aplicação que suporta diversas funcionalidades, tais como a detecção de uma câmara, processamento de imagens, suporte a protocolos de comunicação, detecção de *blobs* e eventos multitoque, como por exemplo "*finger down*", "*finger moved*" e "*finger released*".

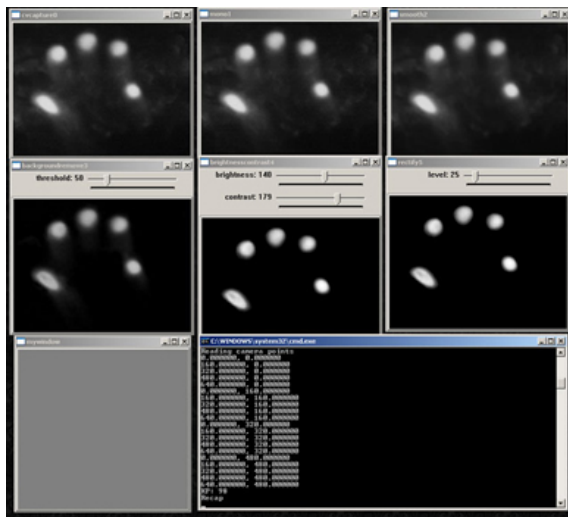


Figura 2.8: Imagem da aplicação fornecida pela Touchlib

No que diz respeito ao processo de detecção de *blobs* efectuado pela Touchlib, este segue uma ordem de operações aplicadas a uma sequência de vídeo capturada através de uma câmara. Desta forma, por cada imagem da sequência de vídeo capturada, é aplicado um conjunto de filtros de forma personalizada que permitem uma maior adaptação às necessidades do sistema multitoque em causa. O processamento bem como a aplicação do conjunto de filtros, são efectuados através da biblioteca gráfica OpenCV (*Open Source Computer Vision*) [ope10].

Relativamente ao funcionamento da aplicação (figura 2.8), esta actua de forma cliente-servidor, assumindo o papel de servidor. Isto é, apenas envia as mensagens de eventos multitoque para uma aplicação cliente, utilizando o protocolo TUIO [KBBC05]. Desta forma, permite a construção de um sistema com uma arquitectura distribuída, em que uma máquina se dedica apenas à detecção e *tracking* de objectos e outra à aplicação cliente que irá receber os eventos multitoque.

2.1.2.4 CCV - Community Core Vision

A mais recente e uma das mais importantes soluções de software para o desenvolvimento e investigação, no que diz respeito ao uso de sistemas multitoque baseados em sistemas ópticos, é a solução denominada Community Core Vision (CCV) [CCV10], anteriormente conhecida por *tbeta*. Ao contrário das soluções de software apresentadas, a CCV é uma aplicação multi-plataforma e compatível com todas as tecnologias

multitoque apresentadas anteriormente, na secção 2.1.1.

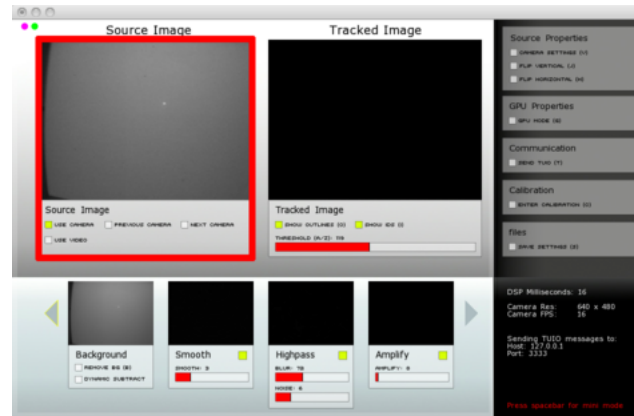


Figura 2.9: Imagem da aplicação fornecida pela *Community Core Vision*

Em termos de funcionalidade, no que diz respeito ao processo de detecção e seguimento de *blobs*, este é efectuado através da aplicação de um conjunto de filtros personalizados, a uma sequência de vídeo. A sequência de vídeo pode ser carregada a partir de um ficheiro, bem como capturada em tempo real, através de uma câmara digital. Os filtros aplicados são personalizados de acordo com a configuração do sistema multitoque em causa, uma vez que consoante a técnica utilizada os tipos de *blobs* obtidos contêm um determinado contraste, como apresentado na secção 2.1.1. Através da figura 2.9, é possível verificar o conjunto de opções existentes relativamente aos filtros a aplicar, tal como o resultado de uma aplicação em tempo real.



Figura 2.10: Imagem da operação de calibração disponibilizada pela *Community Core Vision*

Uma das características mais importantes da solução CCV, é o facto de esta ter em conta a utilização de sistemas multitoque com projecções traseiras, uma vez que fornece uma opção que permite efectuar uma calibração entre a câmara e o projector, definindo os limites de interacção na superfície. A figura 2.10 apresenta um exemplo

do processo de calibração. Desta forma, ao tocar-se em algo que está a ser exibido na superfície, o toque é registado na posição correcta.

Não menos importante, é o facto de que para além de poder ser utilizada com vários tipos de câmaras e dispositivos de vídeo, a solução CCV poder também ser ligada a várias aplicações através de TUIO/OSC/XML.

2.1.2.5 Comparação das soluções

Apesar das soluções apresentadas terem sido desenvolvidas com a mesma finalidade, isto é, a detecção de eventos multitoque num sistema multitoque baseado no sistema óptico, nem todas oferecem as mesmas funcionalidades, da mesma forma que nem todas são compatíveis com todas as configurações hardware apresentadas.

A solução reacTIVision [KB07] que permite um *tracking* rápido e robusto, de objectos e de dedos numa superfície tangível, está limitada a duas configurações hardware. Ou seja, uma vez que esta solução foi desenvolvida para a detecção de dedos e objectos, é necessário que o sistema apresente uma configuração *Rear Diffused Illumination* ou *Diffused Surface Illumination*, dado que estas são as únicas configurações que permitem a interacção com objectos tangíveis.

Quanto à solução touchlib [tou10], esta foi desenvolvida com as primeiras construções de sistemas com uma configuração *Frustrated Total Internal Reflection*, estando limitada a sistemas com semelhante configuração, o que não permite a interacção com objectos tangíveis.

Por último, apesar da solução Community Core Vision [CCV10] não permitir a detecção de objectos tangíveis, é compatível com todas as configurações hardware apresentadas. Para além disso, é a única solução que tem em conta a existência de uma projecção traseira, uma vez que fornece uma funcionalidade que permite calibrar a câmara com o projector, de forma a definir os limites de interacção.

2.2 Interfaces multitoque

Com o acréscimo verificado tanto na investigação como no desenvolvimento de novas tecnologias multitoque, bem como no software de suporte às tecnologias deste tipo, vários são os sistemas multitoque que têm vindo a ser apresentados, nas mais diversas áreas. Alguns desses sistemas tornaram-se então nos mais conceituados, servindo como base de construção para os demais, no que diz respeito quer à sua configuração, bem como aos seus objectivos. Outros, foram apenas criados com a finalidade de se observar até que ponto a introdução das interacções inerentes às tecnologias multitoque seria uma mais valia, para áreas onde já existisse uma quantidade considerável de

soluções. Nesta secção, são apresentados três tipos de interfaces multitoque. As duas primeiras utilizam objectos tangíveis como complemento para a interacção com estas, embora para diferentes propósitos. Tanto a primeira como a última interface apresentada tem como o objectivo a composição de conteúdos multimédia, neste caso música e vídeo, respectivamente. Já a segunda interface apresentada pretende estudar as potencialidades de uma interface multitoque para a exploração de conteúdos, estando de certa forma relacionada com os objectivos pretendidos por esta dissertação.

2.2.1 reacTable

O reacTable [JKGB05] é um instrumento musical electro-acústico, multi-utilizador, com uma interface tangível com multitoque na superfície de uma mesa interactiva. Desenvolvido pelo Music Technology Group (MTG) ⁵, da Universidade Pompeu Fabra, em Barcelona, é um instrumento musical colaborativo, interessante, de fácil aprendizagem e adequado para qualquer tipo de músico, do mais inexperiente ao mais experiente. O que torna o reacTable num instrumento bastante interessante, é o facto de incluir uma tecnologia transparente ao utilizador, inovadora e permitir que um número flexível de utilizadores usufrua ou abandone o instrumento sem qualquer anúncio prévio, ou sem que isso interfira com o funcionamento directo do sistema.

Construído com base numa mesa redonda, transparente, o sistema reacTable apresenta uma configuração baseada na técnica *Rear Diffused Illumination*, apresentada anteriormente na secção 2.1.1. Contém uma câmara por baixo da superfície de interacção que captura continuamente todas as acções efectuadas na superfície de interacção. Contém ainda um projector que desenha animações dinâmicas na superfície de interacção, de modo a promover um *feedback* visual para cada acção, bem como a representação visual do estado actual do sintetizador, como se verifica na figura 2.12⁶.

A arquitectura do reacTable, esquematizada na figura 2.11, é composta por quatro componentes fundamentais: um componente de visão, um sintetizador de áudio, um sintetizador visual e um gestor de conexões.

Componente de Visão: Componente responsável pelo motor de visão, encarregue de detectar todas as interacções efectuadas na superfície. Para tal, foi necessária a implementação de um sistema de *tracking* rápido e robusto que permitisse atender às necessidades inerentes a um instrumento musical expressivo, como o reacTable. Surge então o sistema reacTIVision [KB07] como componente de visão do reacTable, apresentado anteriormente na secção 2.1.2.

⁵<http://mtg.upf.edu/>

⁶<http://www.reactable.com/>

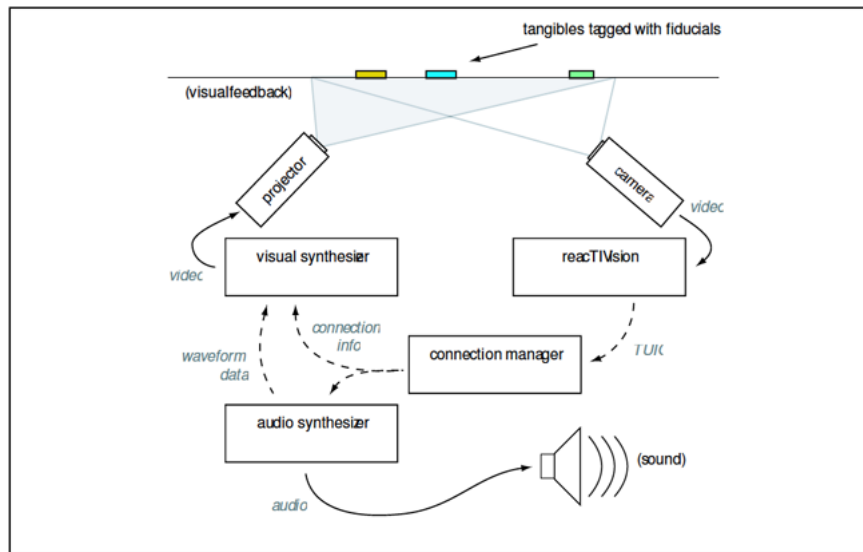


Figura 2.11: Arquitetura do reacTable [JKGB05]

Sintetizador de Áudio: Componente responsável pela síntese de áudio que tira partido da existência de todos os tipos de objectos de alto nível (ritmos sofisticados, geradores de melodias, ou quantizadores) e dos vários tipos de algoritmos e técnicas de síntese e processamento de som.

Sintetizador Visual: Componente responsável pela síntese de imagens, de forma a permitir um *feedback* visual de todas as interacções efectuadas pelos utilizadores. Implementado de forma semelhante ao componente de síntese de áudio, é apresentado como um sintetizador visual completo. Recebe mensagens provenientes do componente gestor de conexões que contém os dados sobre os estados e os parâmetros dos objectos, de forma a que este os possa desenhar nas suas posições correctas, com as linhas que os conectam. No entanto, para ser um sintetizador capaz de reproduzir uma informação visual completa, este mantém uma conexão adicional com o sintetizador de áudio, de forma a obter as informações precisas sobre os fluxos de dados no sintetizador.

Gestor de Conexões: Componente responsável pela gestão central de conexões entre os restantes componentes, servindo como elo de ligação entre o componente de visão e os dois sintetizadores existentes. Para tal, recebe mensagens OSC [WFM03] provenientes do componente de visão, que contém as informações referentes aos objectos existentes na superfície de interacção. Uma vez que essas informações indicam o tipo de objecto, a sua posição e a sua orientação, cabe ao componente de gestão calcular e construir a rede actual de conexões entre os objectos, de acordo com um conjunto de regras simples. Ao contrário de outras linguagens de

programação visual, as ligações entre os objectos são efectuadas de forma automática, uma vez que cada objecto contém um número de diferentes conectores de entrada e saída, para além de que cada objecto verifica se na sua vizinhança existe algum objecto que contenha portos de ligação disponíveis e compatíveis. As ligações existentes entre os objectos, bem como os parâmetros adicionais, referentes a cada objecto, são enviados para os diferentes sintetizadores, que constroem dinamicamente as redes resultantes e decidem como tratar toda a informação nos respectivos processos de síntese.



Figura 2.12: Imagem da superfície do reactTable [JKGB05]

Em termos de funcionalidade, como já referido anteriormente, o reactTable foi concebido para um vasto leque de utilizadores, através de um desenho o mais simples possível mas, ao mesmo tempo, musicalmente poderoso no que diz respeito a um instrumento musical. Tal como a maioria dos instrumentos musicais, no reactTable as mãos também desempenham um papel importante, dado que estas manipulam os objectos tangíveis e são tratadas como super objectos, uma vez que podem cortar ou silenciar uma sequência de áudio, com um dedo ou recorrendo a um gesto ao estilo de "karaté", como se uma barreira interrompesse a sequência. Outras das características apontadas em [JKGB05], está no facto do reactTable suportar um número flexível de utilizadores em simultâneo, sem qualquer tipo de regras predefinidas, permitindo comportamentos colaborativos por parte dos utilizadores, podendo estes trabalhar em *threads* de áudio independentes, ou partilhar o controlo das *threads* de áudio. De acrescentar que o sistema permite ainda a possibilidade de ligação remota a outra mesa, partilhando o mesmo espaço virtual. Desta forma, os objectos físicos de cada mesa são

projectos nas restantes, permitindo interacções entre objectos de mesas distintas, o que origina um cenário verdadeiramente colaborativo.

2.2.2 SongExplorer

O SongExplorer [JJ09] é um sistema para a exploração de colecções de música, com uma interface tangível com multitoque, na superfície de uma mesa interactiva. Concebido pelo grupo de investigação Music Technology Group (MTG)⁷, o mesmo grupo que desenvolveu o reacTable [JKGB05], o SongExplorer pretende solucionar o problema da pesquisa de novas músicas em grandes bases de dados de música. De acordo com Carles Julià [JJ09], um dos criadores do SongExplorer, ao longo dos últimos anos, com a popularização da Internet e com a facilidade de acesso à banda larga, a quantidade de conteúdos multimédia a que estamos expostos, sobretudo conteúdos áudio, tem vindo a aumentar permanentemente. Ao mesmo tempo, foram surgindo vários tipos de serviços *online* que recomendam músicas aos seus utilizadores, de forma a facilitar as pesquisas das mesmas. No entanto, Carles Julià afirma que a maioria desses serviços utiliza mecanismos ou algoritmos de filtragem que de algum modo acabam por ocultar algumas músicas novas e interessantes. De modo a resolver os eventuais problemas de ocultação de conteúdos, o SongExplorer apresenta uma nova forma de representação de informação relativa a uma colecção de música, através de mapas conceptuais de modo, a representar a colecção inteira, sem ocorrer qualquer tipo de filtragem ou ocultação de conteúdos. Por outro lado, ao ser utilizado este tipo de mapas para representação, é fornecida também uma forma rápida e fácil de exploração, permitindo que os utilizadores interajam directamente com estes.

Construído com base numa mesa com uma superfície de interacção redonda, à semelhança do sistema reacTable [JKGB05], o SongExplorer apresenta uma configuração baseada na técnica *Rear Diffused Illumination*, apresentada na secção 2.1.1. A escolha de uma superfície de interacção redonda, deve-se ao facto de se pretender encorajar os utilizadores a um comportamento colaborativo. A configuração do sistema é então composta por uma superfície de interacção transparente, por uma câmara com filtro de infravermelhos, por um conjunto de iluminadores de luz infravermelha e por um projector que exhibe na superfície de interacção um *feedback* visual para cada acção efectuada pelo utilizador em contacto com o sistema. O projector, tal como os iluminadores e a câmara, encontram-se por baixo da superfície de interacção. No que diz respeito ao sistema de *tracking* das interacções com a superfície, este foi baseado no sistema reacTIVision [KB07], uma vez que permite um reconhecimento rápido e robusto de dedos, bem como de objectos tangíveis com marcadores *fiducial* nas suas faces. Desta forma,

⁷<http://mtg.upf.edu/>

os objectos e os dedos em contacto com a superfície de interacção são capturados pela câmara e processados pelo reacTIVision. A cada *frame* são enviados ao SongExplorer os dados referentes aos objectos e aos dedos, através do protocolo TUIO [KBBC05]. Ao receber esses dados, o SongExplorer identifica os gestos e as acções executadas na superfície de interacção da mesa, procedendo às respostas adequadas de modo a gerar o *feedback* visual exibido na superfície pelo projector.

Para o desenvolvimento do SongExplorer, foi então utilizada uma base de dados *online* de música, conhecida por Magnatune⁸, com cerca de 6666 músicas, num total de 26 GB. Cada música foi então processada por uma biblioteca de anotação de músicas [LMS⁺09] e os resultados do processamento transformados em ficheiros binários que são carregados pelo SongExplorer através da biblioteca para a linguagem de programação C++, Boost⁹. No entanto, de todas as anotações geradas pela biblioteca de anotação de músicas, apenas são consideradas as propriedades de mais alto nível que de algum modo representam estados de espírito que as músicas possam transmitir. Deste modo, são então capturadas seis características que melhor representam uma música, sendo elas: *Happy*, *Sad*, *Party*, *Acoustic*, *Aggressive* e *Relaxed*. Segundo [JJ09], uma vez que estas características são independentes [LMS⁺09], os seus valores são então considerados binários, considerando que o valor de cada característica indica a probabilidade da mesma ser verdadeira. Juntamente com uma propriedade de mais baixo nível, a BPM (*beats per minute*), é construído um espaço de características multidimensional (de 7 dimensões), onde cada música é um ponto único de dados, com a posição definida pelas sete características.



Figura 2.13: Exemplo da estrutura hexagonal da rede do SongExplorer [JJ09]

Uma vez obtido o espaço de características multidimensional, é construído um espaço 2D, utilizando um Self-Organizing Map (SOM) [KSH01] para distribuir os dados nesse espaço 2D. Neste caso em particular, é utilizada uma rede neuronal circular, de

⁸<http://www.magnatune.com/>

⁹<http://www.boost.org/>

modo a ajustar-se à superfície de interacção. Ao contrário da implementação original do SOM, é adicionada uma restrição de modo a garantir que um nó da rede apenas contenha uma música. Cada música é então representada por um círculo colorido que palpita consoante o valor da propriedade BPM, apresentando o grafismo associado a esta, no centro do círculo consoante o *zoom* actual, como se pode verificar na figura 2.13. As cores que preenchem os círculos representativos das músicas existentes na colecção não são escolhidas ao acaso. Cada cor pretende evidenciar as diferentes características de cada música. Para tal, como indicado em [JJ09], as cores atribuídas a cada característica, foram seleccionadas a partir de um estudo efectuado com 25 pessoas, com o objectivo de escolher a cor de um conjunto de cores que melhor se identificasse com cada uma. O conjunto de cores proposto, foi o das sete cores básicas com maior saturação e luminosidade: vermelho, azul, verde, castanho, ciano, amarelo e magenta. Os resultados obtidos para cada par característica-cor, foram: *aggressive*-vermelho, *relaxed*-ciano, *acoustic*-castanho, *happy*-amarelo, *sad*-azul. Para além de representar uma colecção na sua totalidade, em forma de mapa, o SongExplorer permite também a criação e a gestão de listas de reprodução, sendo estas representadas graficamente como constelações, onde as estrelas, que representam as músicas que fazem parte de uma lista de reprodução, são ligadas por linhas de maneira a estabelecer uma ordem de reprodução, como apresentado na figura 2.14. Em termos de cores, as estrelas são representadas com linhas brancas. Caso a música representada pela estrela esteja a ser reproduzida, ou focada, as cores utilizadas são o vermelho e o verde, respectivamente.



Figura 2.14: Exemplo da representação de listas de reprodução no SongExplorer [JJ09]

Estando a colecção de música representada na totalidade como um mapa, exibido na superfície de interacção da mesa, são então fornecidas formas de interacção rápidas e adequadas, de maneira a que os utilizadores interajam directamente com o mapa a fim de explorar toda a colecção. Essas formas de interacção, são o resultado de uma combinação entre as interacções básicas com os dedos e as interacções com objectos

tangíveis. No que diz respeito às interações básicas com os dedos, estas incluem gestos com um ou vários dedos e uma ou várias mãos, permitindo desta forma seleccionar um objecto representativo de uma música, através de um simples toque na posição onde este é exibido.

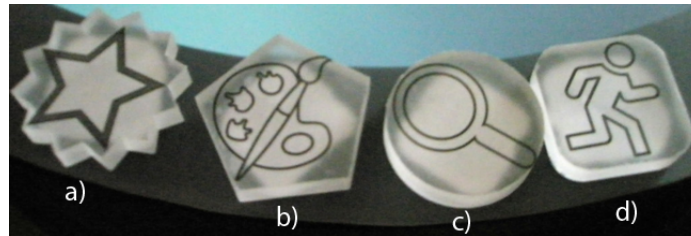






Figura 2.15: Objectos tangíveis utilizados para interagir com o SongExplorer [JJ09]: a) *Playlist Navigator*; b) *Color changer*; c) *Magnifying glass*; d) *Navigation*;

Ao utilizar uma mão, o utilizador pode efectuar as operações de navegação sobre o mapa, sendo apenas necessário a utilização das duas mãos caso este pretenda efectuar operações de *zoom* ou de rotação no mesmo. Relativamente aos objectos tangíveis que se encontram no topo da mesa, fora da superfície de interacção, são disponibilizados quatro objectos de acrílico, com formas e ícones diferentes que indicam a sua funcionalidade, apresentados na figura 2.15. Ao serem colocados na superfície de interacção, estes tornam-se activos e iluminados, permitindo ao utilizador efectuar as operações associadas a cada objecto, apresentadas na tabela 2.3.

Após a implementação do sistema SongExplorer, foram efectuados alguns testes de avaliação ao comportamento dos utilizadores, que incidiam sobre três aspectos fundamentais: experiência subjectiva, visualização e organização adequada, e interacção. Dada uma breve explicação inicial sobre o conceito e o objectivo do sistema, bem como a visualização e a interacção com o mesmo, foi então solicitado aos utilizadores que encontrassem uma música nova e interessante, sem limite de tempo. No final, os utilizadores apenas teriam que preencher um pequeno questionário. Os resultados obtidos nos testes foram bastante positivos. A maioria dos utilizadores gostou da experiência, descobriu uma música nova e interessante e sentiu-se confortável ao utilizar o sistema, indicando-o como uma ferramenta útil.

Posto isto, em [JJ09] conclui-se que o SongExplorer é uma mais valia para a exploração de grandes colecções de música, sendo visto como uma ferramenta de pesquisa, baseada na similaridade e nas características de alto-nível das músicas, que permite aos utilizadores pesquisar novas músicas tal como demonstrado pelos resultados das avaliações efectuadas aos utilizadores. O SongExplorer permitiu também, o teste de fiabilidade da biblioteca de anotações, podendo utilizar-se o mapa do sistema para detectar eventuais inconsistências.

Tabela 2.3: Operações associadas a cada objecto tangível disponível no SongExplorer

Símbolo	Nome	Descrição
	<i>Color changer</i>	Permite seleccionar uma cor de forma a evidenciar as músicas com uma determinada característica, associada a essa cor.
	<i>Magnifying glass</i>	Permite a visualização da informação associada a uma música, quando colocado na superfície de interacção, sobre a música em questão.
	<i>Navigation</i>	Permite ao utilizador efectuar acções relacionadas com a exploração do mapa, bem como voltar a posições iniciais.
	<i>Playlist Navigator</i>	Permite a criação e a gestão de listas de reprodução.

2.2.3 VPlay

O VPlay [TIK⁺09] é uma aplicação multitoque para mesas interactivas que permite aos utilizadores misturarem e manipularem várias sequências de vídeo em tempo real. A maioria do *software* existente para *VJing*¹⁰ oferece uma quantidade elevada de funcionalidades mas é demasiado complexo. Por outro lado, a maioria do software para *VJing* é executado num portátil, o que coloca uma barreira natural entre a audiência e o VJ (*Video Jockey*). Por vezes, a maioria das audiência desconhece que os efeitos visuais são gerados em tempo real. O VPlay tem assim o objectivo de explorar até que ponto a introdução de superfícies interactivas nesta área, pode influenciar ou ampliar a prática do *VJing*.

Apresentado com uma versão inteiramente digital, Stuart Taylor adianta que o trabalho efectuado na implementação do sistema, é análogo a sistemas com interfaces tangíveis já conhecidos, em particular com sistemas de manipulação de vídeo e de composição de música, incluindo neste último caso o sistema *reactTable* [JKGB05], apresentado anteriormente. Sendo inteiramente digital, Stuart Taylor acrescenta que o desenho da interface de utilizador adoptado, segue os princípios gerais das redes de fluxos de dados, em que o movimento e a transformação dos dados são representados por um conjunto de objectos que formam um grafo. A razão por tal escolha, de acordo com o próprio, está no facto de os benefícios da utilização deste tipo de aproximação já serem conhecidos, quer no campo da programação visual [YAK95, IWC⁺88], quer no desenvolvimento de conteúdos multimédia [cyc10]. O processo de desenho do VPlay foi baseado no modelo de desenvolvimento iterativo, através de uma exposição constante a uma comunidade de VJs, bem como ao público em eventos de música ao vivo. Desta forma, foi necessário desenvolver uma estrutura que permitisse a utilização do VPlay como um sistema com uma superfície tangível, com multitoque e que de igual forma facilitasse o transporte da mesma. Para tal, foi construída uma estrutura de algum modo flexível, com uma configuração hardware baseada na técnica FTIR, apresentada na secção 2.1.1, com um projector colocado por baixo da superfície de interacção, de modo a efectuar uma projecção traseira na superfície.

No que diz respeito à interface de utilizador do VPlay, esta foi desenhada em torno de um pequeno conjunto de objectos. Estes, ao serem arrastados para a proximidade de outros, estabelecem uma ligação automática de acordo com um conjunto de regras predefinidas, formando desta forma um grafo. O grafo então obtido, representa um fluxo de dados de vídeo, unidireccional, com a possibilidade de pré-visualizar o resultado final numa janela própria para o efeito, como se pode verificar na figura 2.16.

¹⁰VJing é uma forma de arte visual, através da representação de vídeo em tempo real, na maioria das vezes realizada com DJs e músicos, para criar um cenário visual em eventos musicais.

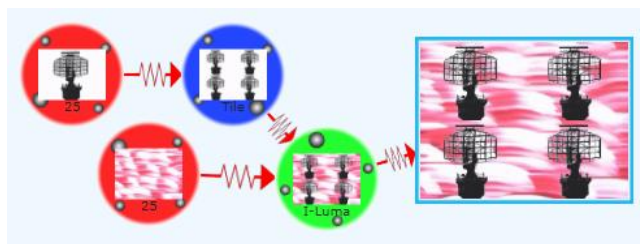


Figura 2.16: Exemplo da interface de utilizador do VPlay

O VPlay permite, de igual modo, a criação e a utilização de múltiplos grafos em simultâneo, permitindo que diferentes utilizadores preparem misturas antes da conexão com a janela de saída principal, para visualização no espaço onde está a ser utilizado o sistema. A criação de cada objecto, bem como a selecção dos vídeos pretendidos, é efectuada através de um simples menu de sistema. Para permitir um *feedback* visual ao utilizador, cada objecto é representado por um círculo que contém um pequeno *thumbnail*¹¹ no centro, de modo a permitir a pré-visualização dos dados do vídeo enquanto passam pelo objecto em causa. Os objectos que compõem o sistema, estão divididos em seis tipos diferentes: *source*, *mixer*, *effect*, *splitter*, *recorder*, *display*. Cada objecto está então associado a determinadas acções e objectivos, onde uns representam os conteúdos a manipular, outros operações de manipulação e outros então associados a operações de visualização e armazenamento dos conteúdos produzidos.

Relativamente à interacção com o VPlay, de acordo com [TIK⁺09], foram testados diferentes tipos de interfaces procurando sempre minimizar eventuais complexidades. Posto isto, existem apenas dois tipos de interacção com os objectos do VPlay: rotação e translação. Para efectuar uma translação, basta tocar com um dedo na proximidade do centro do objecto e arrastá-lo ao longo da interface. Caso se pretenda efectuar uma rotação a um objecto, basta tocar com um dedo na sua extremidade e efectuar movimentos circulares ao longe desta. Tal como mencionado anteriormente, as acções de translação permitem a criação de grafos, pois estes são construídos arrastando objectos para a proximidade de outros, ficando automaticamente ligados. Por outro lado, também permite a eliminação de grafos, uma vez que a acção inversa, isto é, afastar objectos de outros, remove a ligação existente entre estes. No caso das acções de rotação, estas têm um efeito diferente no comportamento dos grafos, uma vez que permitem ajustar os parâmetros associados a determinados objectos, como por exemplo os objectos que representam efeitos. Já nos objectos representativos das sequências de vídeo, através de uma acção de rotação sobre estes, é possível procurar um ponto arbitrário na sequência para iniciar a reprodução da mesma. Ainda para este tipo de objectos,

¹¹Thumbnail é uma versão reduzida de uma imagem, útil para facilitar o processo de pesquisa e reconhecimento de imagens ou vídeos.

um simples toque nas suas extremidades permite iniciar ou colocar em pausa a reprodução da sequência. Por fim, com um movimento súbito na extremidade do objecto, é possível inverter o sentido da reprodução da sequência de vídeo.



Figura 2.17: Exemplo de um comportamento de colaboração durante a utilização do VPlay [TIK⁺09]

A exposição à comunidade de VJs, bem como a uma variedade de público, permitiu apontar algumas conclusões, sobre o comportamento e a aceitação por parte dos utilizadores do VPlay. Tal como anteriormente relatado por Sergi Jordà [JKGB05], Stuart Taylor fez também questão de sublinhar que a natureza multitoque do sistema foi crucial para a introdução da noção de colaboração nos sistemas de *VJing*. Isto porque foi comum a utilização do sistema por várias pessoas em simultâneo, como se pode observar na figura 2.17. Por outro lado, ao ser permitido este tipo de comportamento, verificou-se uma aproximação do público para com este tipo de sistemas, uma vez que o interesse despertava à medida que iam acompanhando a performance do VJ. Verificou-se uma tendência na maioria dos utilizadores em interagir com apenas um dedo, ao contrário dos VJs mais experientes, onde facilmente utilizavam múltiplos dedos para interagir com o sistema. Posto isto, conclui-se que o sistema se mostrou promissor, abrindo uma interessante ligação entre a arte da performance e a participação da audiência.

2.3 Tecnologia para museus

Num estudo [Gel06] levado a cabo em nove museus distintos, verificou-se que os museus e as galerias de arte são os espaços ideais para a demonstração da melhor tecnologia de visualização de informação e interfaces de interacção. Adicionalmente, os museus e as galerias de arte têm vindo a procurar activamente sistemas com interfaces criativas, de forma a encorajar a interacção com os dispositivos de visualização. Posto isto, várias foram as soluções tecnológicas que foram surgindo nos últimos anos e que pretendem servir de suporte a museus ou a galerias de arte, onde o principal objectivo passa maioritariamente por uma aproximação dos visitantes às colecções.

2.3.1 MobiTags

O MobiTags [CBL⁺09] é um sistema social móvel, desenvolvido com o objectivo de incentivar o envolvimento das pessoas para com uma colecção *open storage* de um museu. Neste tipo de colecção, os objectos que de uma outra forma estariam armazenados, são expostos em estruturas com o mínimo de informação e organização. Com o intuito de ajudar os visitantes a organizar e a explorar de forma colaborativa colecções deste tipo, o MobiTags integra um sistema de *tags*, um mapa interactivo e informação relativa aos objectos.

De acordo com [HBM03], a navegação social utilizando a actividade dos outros para efectuar escolhas, complementa a navegação semântica. Por outro lado, a navegação espacial não se limita a um só espaço. As pessoas definem os espaços através da forma como os usam e a experiência que deles retiram. Desta forma, utilizando o sistema de *tags* como ferramenta de navegação social, os mapas da colecção como ferramenta de navegação espacial e as informações detalhadas dos objectos da colecção como informação semântica, o MobiTags, como indicado em [CBL⁺09], integra a navegação social, espacial e semântica, de modo a permitir o estudo da forma como as pessoas se movimentam entre estes modos num sistema social móvel, enquanto enriquecem as suas experiências em colecções *open storage* de museus. Para tal, foi utilizada como caso de estudo uma pequena colecção, existente no Herbert F. Johnson Museum of Art, na Cornell University. Constituída por 51 objectos expostos em vitrinas, a colecção ocupava apenas um piso do museu, dividida em três espaços distintos: *African Corner*, *Lobby* e *Workshop*. Os objectos eram maioritariamente artefactos ancestrais.

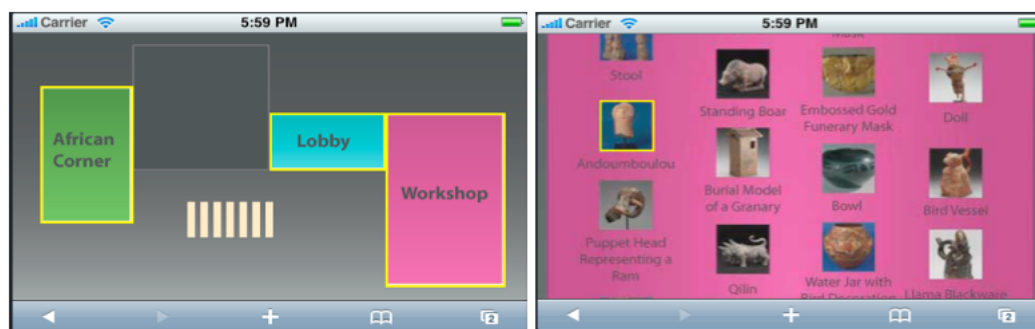


Figura 2.18: Imagens da aplicação MobiTags [CBL⁺09] em modo paisagem, onde são apresentadas as informações semânticas

Relativamente ao funcionamento do sistema MobiTags, este é executado como uma aplicação web num Apple iPod Touch, utilizando a biblioteca CiUI do JavaScript, de forma a fornecer um *feedback* visual através de navegações animadas e *caching* para melhorar os tempos de resposta. Sendo um sistema móvel, um dos problemas apontados

em [CBL⁺09] relativamente à sua utilização num museu, é o facto de poder vir a distrair o utilizador do espaço físico, podendo interferir com a exploração do mesmo. No entanto, conforme indicado em [CBL⁺09] esse problema é ultrapassado, uma vez que a aplicação é executada num iPod Touch, o que permite ao MobiTags tirar partido dos sensores de orientação existentes no iPod. Assim, são fornecidas diferentes visões da colecção, umas em modo retrato (com o iPod na vertical) e outras em modo paisagem (com o iPod na horizontal), o que obriga o utilizador a estar de certa forma atento. Ou seja, caso a aplicação se encontre em modo paisagem, são então apresentadas as informações espaciais relativas à colecção, como indica a figura 2.18: um mapa com a visão geral do museu, indicando o posicionamento das três subcoleções. Caso a aplicação se encontre em modo retrato, são apresentadas ao utilizador as informações semânticas relativas a um determinado objecto, como se verifica na figura 2.19: uma página com uma visão geral do objecto (à esquerda), uma página dedicada ao objecto, com a sua informação expandida (ao centro) e uma página que permite a exploração, a votação e a associação de *tags* ao objecto (à direita).

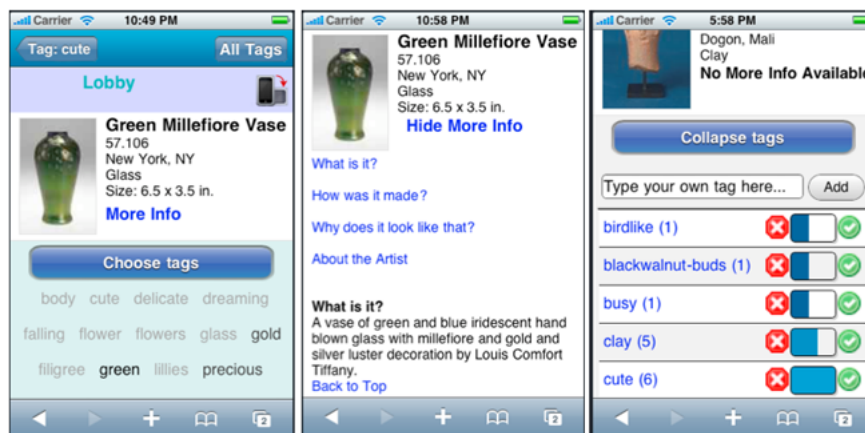


Figura 2.19: Imagens da aplicação MobiTags [CBL⁺09] em modo retrato, onde são apresentadas as informações semânticas

Nas páginas com informação espacial, é permitido ao utilizador efectuar operações de *zoom* aos mapas, o que permite alternar entre subcoleções, tal como obter uma visão da lista dos objectos que constituem uma subcoleção. Ao ser seleccionado um objecto dessa lista, é carregada em modo retrato uma página de informação, com uma informação geral do objecto, obrigando o utilizar a rodar o iPod. A partir dessa página é possível aceder às informações detalhadas do objecto, bem como ao sistema de *tags* que permite a votação e a atribuição de novas *tags*. No entanto, caso o utilizador seleccione uma *tag* apresentada nessa página, é possível visualizar uma lista de objectos associados a essa *tag*, bastando para isso rodar o iPod de forma a regressar ao modo paisagem.

Uma vez implementado o sistema MobiTags, foi então iniciado o estudo à forma como as pessoas se movimentavam entre a navegação social, espacial e semântica. O estudo teve como base uma avaliação efectuada durante onze dias, a um conjunto de pessoas que visitaram o museu durante o período de avaliação. Aos participantes desse estudo, após uma breve descrição sobre o MobiTags, apenas lhes foi solicitado que utilizassem o sistema sem qualquer restrição de tempo, durante a sua visita ao museu. No final, cada participante respondeu a um pequeno questionário. Para além dos participantes terem sido observados à distância, o MobiTags registou a utilização do dispositivo num pequeno *log* com as acções semânticas em torno da escolha de *tags* e dos objectos, bem como com os elementos espaciais e os aspectos sociais resultantes do sistema de votação e de atribuição de *tags*.

Através da combinação destes dados qualitativos e quantitativos, foi então criada uma imagem de como as pessoas utilizaram o MobiTags, o que permitiu concluir-se em [CBL⁺09] que o sistema se mostrou promissor no que diz respeito ao suporte de colecções *open storage* em museus. As pessoas utilizaram as *tags* não só para seleccionar objectos mas também para pensar sobre a arte.

Outra das conclusões, é o facto de que adicionar tecnologia às práticas correntes altera as experiências das pessoas. Deste modo, os dispositivos devem direccionar explicitamente a atenção das pessoas para o mundo real, utilizando, por exemplo, indicações precisas para uma observação concreta de um pormenor do objecto de arte. No que diz respeito às relações entre as características espaciais e semânticas existentes no sistema MobiTags, estas permitiram o desenvolvimento de estratégias de exploração por parte das pessoas, que melhor se relacionavam com a sua personalidade. Por fim, apesar de não existirem nas interfaces qualquer tipo de indicadores sociais, as pessoas sentiram fortemente a presença de outras através das suas *tags*, um fenómeno estudado em [TBC07], o que permitiu fornecer uma forma de compreensão colaborativa da colecção.

Este é um dos sistemas mais importantes em termos de trabalho relacionado. Embora seja um sistema executado num dispositivo móvel, integra uma série de mecanismos semelhantes aos propostos por esta dissertação e que permitem explorar uma colecção de arte, ao mesmo tempo que incentiva a participação activa dos visitantes. Ao contrário da solução proposta, este sistema é executado num contexto mais pessoal, acabando por influenciar directamente o percurso e a experiência de um visitante. No entanto, com a introdução de semelhantes mecanismos na solução proposta, prevê-se que os visitantes retirem igual proveito dos benefícios apresentados, potenciado pela utilização de tais mecanismos num contexto social.

2.3.2 Tree of Life

A Tree of Life [Hor08], é uma mesa interactiva com uma superfície tangível com multitoque, categorizada como um explorador de informação, introduzida num salão do The Berlin Museum of Natural History, inteiramente dedicado à Evolução. Com uma tecnologia diferente das apresentadas na secção 2.1.1, a Tree of Life, com cerca de 75cm de altura e uma superfície de projecção de 1.15 x 2.15m, com um rebordo com cerca de 15cm, usa uma tecnologia de sensores capacitativos, patenteados pela ART+COM, para a detecção dos eventos multitoque. A projecção de imagens no topo da superfície, é efectuada através de um projector colocado por cima da mesa. As dimensões da mesa, bem como a tecnologia utilizada para detecção dos eventos multitoque, permite a divisão da mesma em quatro áreas distintas, reduzindo o problema de potenciais interferências entre utilizadores. No entanto, como indicado em [Hor08], este tipo de tecnologia de sensores por vezes reage à aproximação do corpo dos utilizadores, a partir de uma determinada distância para com a superfície.

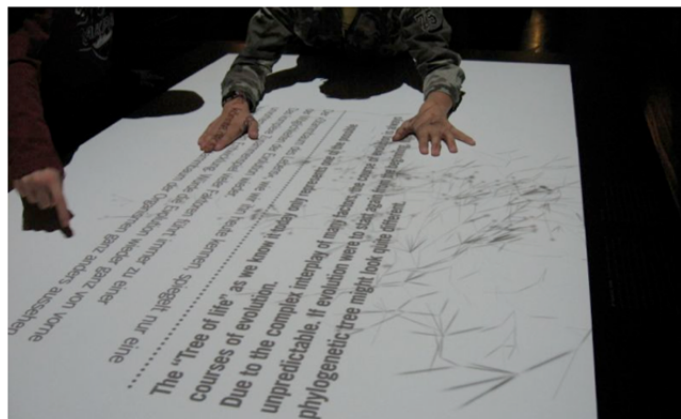


Figura 2.20: Imagem da superfície de interacção da Tree of Life [Hor08]

Sendo categorizada como um explorador de informação, a Tree of Life, permite um conjunto de interacções com um conjunto de questões que vão sendo exibidas na superfície da mesa. Os visitantes podem escolher questões relacionadas com as espécies que vão sendo exibidas na superfície. A cada sete minutos as questões desaparecem, dando lugar a um texto de carácter geral sobre a evolução, em torno do qual vai surgindo uma rede de rebentos de plantas que vão evoluindo, com o objectivo de representar a árvore da evolução, como se verifica na figura 2.20. Todos os elementos exibidos na superfície da mesa parecem flutuar na superfície branca, surgindo subtilmente na posição final onde vão ser exibidos. Pouco depois, as questões reaparecem num círculo (como uma bolha), que contém uma imagem e o texto da pergunta, como se pode observar na figura 2.21. Em cada bolha, existe um símbolo com uma mão, de

forma a dar uma pista ao utilizador para lhe tocar. Ao tocar na bolha, esta transforma-se em duas de maior dimensão, contendo uma imagem, um grande plano da árvore de evolução e o texto relativo à resposta da questão em causa. Uma vez que o texto normalmente é demasiado longo para aparecer na totalidade do espaço disponível, é permitido ao utilizador efectuar operações *scroll*, com as setas que se encontram junto ao texto, ou através do toque no corpo do texto. De acordo com [Hor08], o desenho da aplicação teve em conta que o sensor capacitativo utilizado para detecção de eventos multitoque na superfície da mesa não é exacto, daí todos os elementos exibidos na superfície serem de grande dimensão.



Figura 2.21: Imagem da superfície de interacção da Tree of Life [Hor08]

Posto isto, foi efectuado em [Hor08] um estudo que seguiu uma abordagem etnográfica, com base nos princípios da investigação etnográfica e nas análises de interacção, a partir de observações, gravações de video e entrevistas. O estudo tinha por objectivo a análise detalhada da forma como os visitantes interagem com a mesa e do tipo de gestos utilizados. Através da combinação dos dados recolhidos, em [Hor08] conclui-se que a utilização de uma interface que não se assemelha a uma interface tradicional, originou um repertório rico em gestos dos mais variados tipos, desde a utilização de vários dedos, à utilização das duas mãos. Ou seja, os elementos orgânicos exibidos na interface, como por exemplo, as bolhas, suscitaram gestos com a utilização de vários dedos. Já os elementos semelhantes a botões, foram maioritariamente apontados ou pressionados. Por outro lado, a mesa tinha um conjunto de pequenos problemas técnicos, o que obrigou aos visitantes a efectuar um esforço maior para aprender a interagir com a interface. Segundo [Hor08], estes pequenos problemas causaram a distração do conteúdo a ser explorado, o que levou a tempos de permanência mais curtos. Em termos de interacções com a informação exibida na mesa, as análises dos padrões de interacção revelaram que o sistema com o seu modelo de explorador de informação, deu início a alguns debates entre os visitantes, sobre os conteúdos exibidos.

No entanto, foi destacado em [Hor08] que a maioria dos visitantes julgaram a mesa como um brinquedo para crianças. Este resultado indica que as aplicações apenas para exploração de informação podem ser inadequadas para um contexto de museu, uma vez que não cumprem o potencial das mesas interactivas.

2.3.3 ARTECT

A ARTECT [KES⁺09] é uma ferramenta concebida com o objectivo de permitir aos especialistas de museus a criação de artefactos híbridos, a partir da sua perspectiva baseada na experiência. As colecções de arte, na grande maioria, têm uma variedade de interpretações associadas, assim como materiais de apoio, que os criadores do museu pretendem apresentar. Os museus, por sua vez, têm vindo a utilizar sistemas de apoio, nomeadamente realidade aumentada, com a finalidade de educar, divertir e envolver os visitantes com a colecção de arte. Para tal, são desenvolvidos artefactos híbridos, onde os artefactos físicos de uma colecção do museu são aumentados com conteúdos multimédia, para permitir que o conteúdo seja activamente explorado. Para construir esses artefactos híbridos, os objectos físicos são normalmente codificados, a fim de associá-los aos conteúdos digitais. No entanto, independentemente da abordagem adoptada, o desenvolvimento de artefactos híbridos é um processo tecnicamente complexo que envolve a criação de conteúdos digitais, assim como a definição de comportamentos e manipulações, a associar aos objectos físicos. A ferramenta ARTECT utiliza marcadores visuais para associar recursos digitais com artefactos físicos. Como indicado em [KES⁺09], a utilização de marcadores visuais para identificar os artefactos, deve-se ao facto de esta abordagem ser relativamente simples e robusta, portanto, adequada para prototipagem. Desta forma, a construção da ferramenta foi baseada na biblioteca ARToolkit¹² e no Equator Component Toolkit¹³, o que deu origem ao nome da ferramenta, a ARTECT.

De modo a centrar o processo de desenho da ferramenta na experiência dos especialistas de museus, o desenvolvimento desta evoluiu ao longo de três iterações, cada uma com um ênfase diferente, sendo que estas foram inteiramente guiadas pelo *feedback* dos especialistas. A primeira iteração do desenvolvimento da ferramenta, foi um protótipo que permite que artefactos híbridos simples sejam construídos através da ligação das propriedades de componentes de software. Numa segunda iteração, foi introduzida a interface da nova abordagem baseada numa representação abstracta orientada ao utilizador, dos recursos físicos e digitais. Na terceira e ultima iteração, foi focada uma nova versão da ferramenta que incorporava novas funcionalidades e melhorias para a interface.

¹²<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

¹³<http://www.equator.ac.uk/index.php/articles/578>

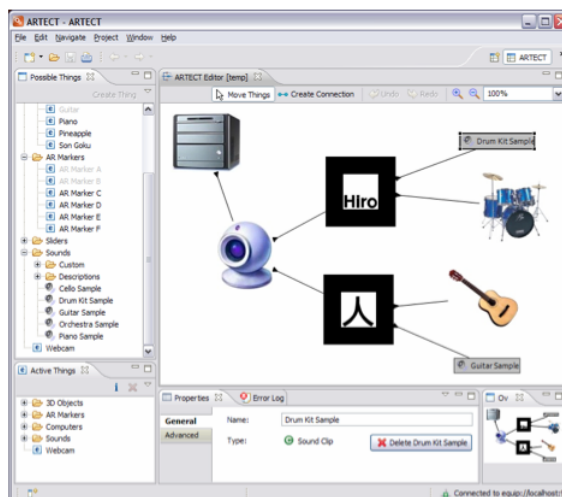


Figura 2.22: Imagem da interface da ferramenta ARTECT [KES⁺09]

A ferramenta ARTECT, é então um editor visual (figura 2.22), que permite efectuar protótipos de exposições, associando os artefactos físicos a marcadores visuais e a conteúdos multimédia. Uma vez que foi desenvolvida num processo centrado no utilizador, esta abordagem permitiu que especialistas de museus construíssem facilmente protótipos de duas exposições distintas, explorando localmente as utilizações apropriadas de exposições híbridas, de forma a melhorar a experiência num museu.

2.4 Considerações finais

No presente capítulo foram apresentados os conceitos e as técnicas necessárias para o desenvolvimento de sistemas multitoque, assim como um conjunto de soluções tecnológicas de suporte a museus ou a galerias de arte.

Na secção 2.1 foram apresentadas as configurações utilizadas para a implementação de um sistema multitoque, assim como um conjunto de soluções que visam responder às necessidades dos sistemas que seguem uma abordagem baseada em reconhecimento óptico. Este tipo de abordagem, para além de permitir a utilização de superfícies interactivas de qualquer escala, permitem também a detecção de vários dedos e vários objectos em contacto com a superfície [CZBC09].

No contexto desta dissertação, o estudo apresentado permitiu tirar ilações sobre o tipo de configuração a utilizar, assim como a solução de suporte para detecção dos eventos multitoque numa superfície interactiva. No entanto, nem todas as configurações estudadas permitem obter os mesmos resultados, assim como atingir os mesmos objectivos. Desta forma, antes de se proceder ao desenvolvimento de um sistema multitoque baseado no sistema óptico, é fundamental efectuar um levantamento dos

objectivos pretendidos, assim como o tipo de interacção com o sistema. Isto é, como se pode observar na tabela 2.2, apresentada no final da secção 2.1.1, apenas duas configurações hardware permitem uma interacção complementar com objectos tangíveis. Por outro lado, nem todas obtêm os mesmos níveis de *performance* e em algumas soluções existe uma grande probabilidade de falsos resultados. Por vezes, a utilização de uma *compliant surface* torna-se necessária, de forma a melhorar a interacção com o sistema.

Na secção 2.2 foi apresentado um conjunto de sistemas multitoque que seguiram a abordagem referida. Um dos sistemas apresentados, o *reactTable* [JKGB05], tornou-se num dos mais conceituados, uma vez que foi a partir da implementação deste que surgiram as soluções mais influentes na investigação e desenvolvimento de sistemas multitoque.

Este estudo, de certa forma, complementa o estudo anteriormente referido, uma vez que permitiu observar as potencialidades da utilização de um sistema multitoque. Isto é, em todos os sistemas apresentados, foi destacado o comportamento dos utilizadores para com o sistema, onde estes, na sua grande maioria, demonstravam uma utilização colaborativa, benéfica para todos os utilizadores envolvidos.

Na secção 2.3 foi apresentado um conjunto de soluções tecnológicas que visam o suporte a museus ou a galerias de arte, com o objectivo principal de aproximar os visitantes às colecções. No contexto desta dissertação, a última solução apresentada na secção referida, embora seja uma das tecnologias mais utilizadas em museus, não será tão relevante, uma vez que o tipo de tecnologia difere da tecnologia da solução proposta.

Este estudo permitiu observar os benefícios que a introdução de diferentes tipos de tecnologia pode trazer para um museu e os seus visitantes. A introdução de novas tecnologias num museu, como referido no estudo apresentado, tem vindo a ser uma prática comum. Essas tecnologias incluem a utilização de PDAs, sistemas com ecrãs multitoque, assim como sistemas de reconhecimento de imagem, como referido em [vLHLH07]. No entanto, os museus tem vindo a abandonar algumas dessas tecnologias, de forma a evitar interacções demasiado isoladas, dando lugar a novas formas de comunicação que permitam uma interacção social com as exposições [KG08]. Desta forma, várias mesas interactivas foram introduzidas em museus, uma vez que proporcionam utilizações colaborativas como verificado na secção 2.2.

No entanto, num estudo [Gel06] sobre mesas interactivas em museus, a maioria das mesas estudadas apenas permitem a interacção com imagens ou textos. Este tipo de mesas interactivas é categorizado como explorador de informação, sendo apontado em [Hor08] como inadequado para o contexto de um museu, uma vez que não retira partido do potencial de comunicação de uma mesa interactiva. De acordo com

[vLHLH07, Sal09b], a utilização de uma mesa interactiva que permita a participação activa dos visitantes, através de mecanismos de participação, como os mecanismos apresentados em [CBL⁺09], proporcionam um maior envolvimento dos visitantes com as colecções de arte.

A tecnologia multitoque, conforme afirmado em [SKO09], já ultrapassou o pico das expectativas inflacionadas e está agora a entrar no nível de produtividade, onde o número de projectos que utilizam este tipo de tecnologia está a aumentar consideravelmente. Actualmente, a tecnologia multitoque é utilizada nos mais diversos projectos multimédia [CZBC09, JMR⁺10, PKS⁺08], incluindo exposições em museus.

3

Interacção e exploração de colecção de arte

Neste capítulo apresentam-se os conceitos e as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema proposto, assim como as funcionalidades e modos de interacção. A secção inicial foca o contexto do problema e são apresentados os principais requisitos a cumprir. Na secção seguinte, são apresentadas as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento de uma solução robusta a introduzir num espaço público. De seguida, são apresentados os mecanismos e as funcionalidades que visam dar suporte aos objectivos do sistema proposto. Por fim, é descrita a interface, assim como a interacção com as funcionalidades oferecidas pelo sistema proposto.

3.1 Conceito

Um dos principais objectivos do projecto que define o âmbito desta dissertação, é a criação de um dispositivo multimédia para exploração virtual de uma colecção de arte que permita, aos visitantes de um museu, uma interacção lúdica, a sós ou em grupo. Desta forma, a proposta inicial consiste na criação de um sistema com suporte para uma interface tangível com multitoque, que será executado no dispositivo multimédia. Com a criação e a introdução deste dispositivo multimédia numa exposição, pretende-se gerar a discussão entre os visitantes em torno das obras em exposição, permitindo ao público deixar a sua marca em cada obra ao contribuir com o seu saber e opiniões.

O dispositivo multimédia foi colocado no Museu Colecção Berardo, um museu de arte moderna e contemporânea que conta com um número de visitantes elevado, cerca

de 500.000 visitantes por ano. O museu contém uma colecção permanente em que partes desta são exibidas sazonalmente e a programação de exposições é orientada pela rotação de diversos movimentos artísticos que compõem a colecção, com o objectivo de criar uma dinâmica cultural geradora de fluxos de público diversificados. No caso do dispositivo multimédia criado, foi introduzido na exposição *Sem Rede*, da artista Joana Vasconcelos, que é constituída por cerca de trinta e cinco obras de arte e que serviu de caso de estudo para o desenvolvimento do sistema proposto. A exposição decorreu de 1 de Março a 18 de Maio de 2010, estando disponível para todo o público, num período médio de nove horas diárias.

De forma a ser utilizado e testado numa situação de utilização real, o sistema deve preencher um conjunto de requisitos. A representação de toda a colecção de arte da exposição e a disponibilização de todas as informações semânticas sobre cada obra, são os principais requisitos a cumprir. A interface deve ser um sistema colaborativo que permita a utilização por várias pessoas em simultâneo, num espaço público. Deve ser concebido com base no ponto de vista dos utilizadores e atingir um equilíbrio entre a tecnologia e as expectativas do utilizador. Os visitantes devem ter uma interacção agradável e informativa com as obras da colecção de forma a reunir novas informações sobre estas, assim como deixar a sua própria marca em cada obra. Para além disso, a interface deve promover a produção de indexação social, através da atribuição de palavras-chave a cada obra por parte dos visitantes e despertar a participação activa e o debate em torno de cada universo artístico.

Em termos de interacção, a interface utilizador deve ser de fácil aprendizagem e de fácil utilização para os diferentes tipos de utilizadores. Para além disso, deve suportar a utilização em simultâneo por várias pessoas. Diferentes tipos de utilizadores são esperados, desde o público em geral, ao utilizador experiente, assim como utilizadores que apenas pretendem explorar o sistema.

3.2 Tecnologias utilizadas

Como descrito na secção anterior, o sistema proposto é parte integrante de um dispositivo multimédia, com uma interface tangível com multitoque. O dispositivo multimédia segue uma abordagem baseada no sistema óptico, combinando um conjunto de tecnologias apresentadas anteriormente na secção 2.1. As tecnologias utilizadas são então divididas em duas categorias: hardware e software.

Em termos de hardware, antes de ser totalmente integrado no dispositivo multimédia, o sistema proposto foi executado e testado ao longo da sua realização, numa mesa interactiva desenvolvida no Centro de Informática e Tecnologias de Informação



(a) Mesa protótipo



(b) Dispositivo multimédia instalado no museu

Figura 3.1: Mesas interactivas desenvolvidas no CITI - DI/FCT/UNL

(CITI - DI/FCT/UNL), com uma configuração baseada na técnica FTIR [Han05], apresentada na secção 2.1.1.1. A mesa, apresentada na figura 3.1(a), conta com uma área de projecção de dimensão 60x50 cm e foi utilizada como protótipo para a criação da mesa interactiva final, assim como para o estudo de diversas *compliant surfaces* a aplicar na solução final.

Seguindo a forma de uma mesa interactiva rectangular, o dispositivo multimédia final, apresentado na figura 3.1(b), conta com uma área de projecção de dimensão 133x100 cm. Inicialmente, o dispositivo multimédia seguiu uma configuração baseada na técnica LLP, apresentada na secção 2.1.1.4. Apesar desta configuração apresentar uma boa qualidade visual, foram detectados alguns problemas, anteriormente identificados e apresentados na secção 2.1.1.4, que forçaram o abandono desta configuração. Dos problemas detectados, destaca-se a oclusão detectada em diversas ocasiões, assim como a ocorrência de interferências inesperadas que prejudicavam a detecção de eventos multitoque. As interferências detectadas eram causadas, na sua grande maioria, pela roupa dos utilizadores, em particular pelo tecido de algumas mangas. Por outro lado, existiu também o factor segurança referente aos riscos da utilização de lasers de luz infravermelha, num espaço público. Isto é, apesar de não existir uma certeza concreta quanto a eventuais riscos, a sua utilização poderia ser prejudicial tanto para os visitantes como para o projecto. Posto isto, o dispositivo multimédia final passou a seguir uma configuração baseada na técnica FTIR com uma *compliant surface*, como apresentado na figura 3.2, que permitiu melhorar a qualidade da detecção dos eventos multimédia, assim como favorecer as operações de *dragging*, tendo em conta as condições do ambiente do museu. Ainda em termos de hardware, foi utilizada a câmara digital Sony PS3Eye para capturar as interacções na superfície de interacção. O sistema proposto foi executado num portátil HP Pavilion dv6-2160ep, que conta com um

processador Intel Core i3i3-330M 2,13 GHz, com 4 GB DDR3 de memória, disco rígido SATA de 500 GB (7200 rpm) e com uma placa gráfica NVIDIA GeForce G 105M.

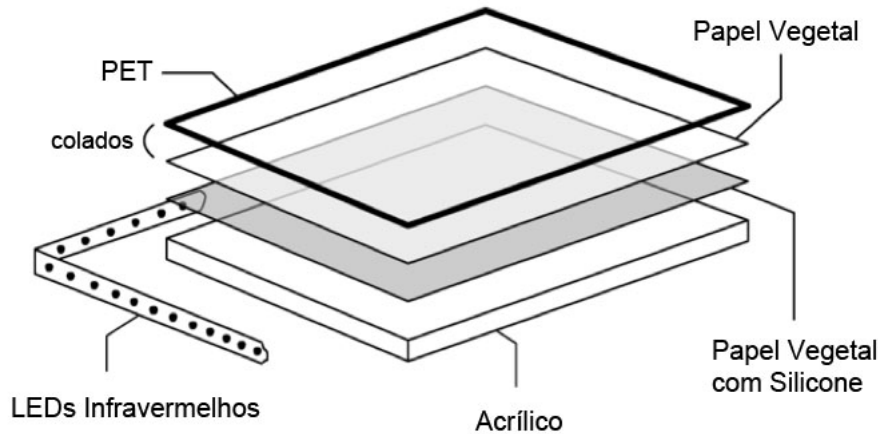


Figura 3.2: Esquema representativo da configuração FTIR da mesa interactiva final

No que diz respeito ao software, como componente de visualização que permite detectar e identificar os eventos multitoque, na superfície de interacção do dispositivo multimédia, foi utilizada a solução Community Core Vision (CCV) [CCV10]. Esta utilização deve-se ao facto de ser uma solução multi-plataforma e compatível com a maioria das configurações apresentadas na secção 2.1.1. Para além desta característica, esta solução oferece uma funcionalidade que permite efectuar uma calibração entre a câmara e o projector. Desta forma, é possível determinar os limites de interacção na superfície, tendo em conta as possíveis limitações de uma projecção traseira.

Em termos de desenvolvimento, o sistema proposto foi concebido com recurso à plataforma openFrameworks¹, uma biblioteca *open source* em C++, desenhada para a programação criativa de aplicações interactivas. Para a organização de toda a informação semântica correspondente a cada obra de uma colecção de arte, assim como para a organização das informações recolhidas através da interacção dos utilizadores com o sistema, foi utilizada uma base de dados em formato XML.

3.3 Exploração de colecção de arte

As obras da colecção de arte são representadas, essencialmente, por um conjunto de elementos multimédia. Este conjunto, que representa a informação semântica associada a cada obra, é constituído por imagens, vídeos e textos. Através das imagens e dos

¹<http://www.openframeworks.cc>

vídeos, o utilizador poderá observar com maior detalhe uma eventual particularidade, assim como a obra na sua totalidade. A partir dos textos, o utilizador poderá consultar uma informação mais detalhada sobre a obra, complementar à informação existente na exposição onde a colecção é exibida.

Para além dos elementos multimédia, cada obra contém um conjunto de *tags* pré-definidas pela artista. As *tags* são utilizadas como base para a pesquisa e organização da representação visual da colecção, numa estrutura em forma de grafo, onde as ligações entre cada obra são definidas pelas relações existentes entre *tags*.

3.3.1 Exploração

Com o objectivo de explorar o potencial da utilização de uma mesa interactiva no contexto de um museu, o trabalho desta dissertação, para além de fornecer um sistema categorizado como um explorador de informação [Hor08], oferece também diferentes mecanismos de participação.

Desta forma, através de um conjunto de funcionalidades oferecidas, os visitantes do museu podem explorar e consultar toda a colecção, assim como participar activamente, de forma a enriquecer as suas experiências e proporcionar uma colecção mais próxima de todos. As funcionalidades oferecidas são apresentadas em seguida.

Consultar obra: Permite ao utilizador a consulta das informações semânticas associadas a uma obra, assim como o acesso a todas as funcionalidades e mecanismos de participação disponibilizados.

Consultar detalhes: Permite ao utilizador a consulta das informações detalhadas sobre uma obra, incluindo um texto descritivo e os materiais utilizados na sua concepção, as suas dimensões físicas, assim como a colecção a que esta pertence.

Atribuir tags: Permite ao utilizador deixar a sua marca em cada obra e criar uma rede de ligações entre as obras da colecção, através da atribuição de *tags* à obra. O utilizador poderá atribuir *tags* existentes no sistema, assim como novas *tags* introduzidas pelo utilizador, através deste mecanismo de participação.

Explorar tags: Permite ao utilizador a exploração das *tags* atribuídas a uma obra, através da consulta de uma lista de obras relacionadas com uma determinada *tag*. Este mecanismo permite uma diferente forma de exploração da colecção de arte, através das relações existentes entre *tags*.

Comentários: Permite ao utilizador deixar a sua marca em cada obra, contribuindo com os seus comentários e permite também a consulta de comentários anteriores.

Esta funcionalidade possibilita a criação de uma comunidade de conhecimento em torno das obras de arte, tornando a colecção mais próxima para todos os utilizadores.

Tricotomias: Permite através de uma interface lúdica gerar a discussão entre grupos de utilizadores, em torno das relações entre as obras da colecção. Uma tricotomia é simplesmente uma associação, de conteúdo ou formal, entre três obras de arte. Neste caso é pedido ao utilizador que selecione três obras que formem um tricotomia, em que caso seja uma tricotomia válida, é exibida uma descrição acerca da tricotomia em questão.

Questionário: Mecanismo de suporte para o estudo do público dos museus, no âmbito do projecto em que se insere esta dissertação.

Com as funcionalidades apresentadas, são fornecidas aos utilizadores as ferramentas que visam atingir os principais objectivos desta dissertação, assim como cumprir os requisitos anteriormente identificados na secção 3.1.

3.4 Interacção

A interacção com o sistema proposto é efectuada através de uma interface tangível com multitoque, o que permite a interacção de vários utilizadores com o sistema, incentivando uma atmosfera de participação e colaborativa.

Através de interacções básicas com os dedos, que incluem gestos com um ou múltiplos dedos, utilizando uma ou duas mãos, é efectuada a interacção com o sistema, onde o utilizador poderá seleccionar um objecto representativo de uma obra, exibido na interface de utilizador, e aplicar-lhe as interacções necessárias de forma a consultar a informação associada a essa obra.

Os diferentes tipos de interacção com o sistema dividem-se em duas categorias distintas: exploração e consulta. Por exploração, entende-se a interacção ao longo da interface de utilizador com os diversos objectos exibidos que representam a colecção de arte. Relativamente à categoria consulta, esta refere-se às interacções necessárias para consultar a informação semântica de uma obra, assim como interagir com os diferentes mecanismos de participação disponíveis. Ao contrário das interacções da categoria exploração, as interacções para consulta são efectuadas numa área de interacção específica.

Na área de interacção são exibidas todas as janelas interactivas, adequadas para cada tipo de funcionalidade oferecida pelo sistema e que permitem a consulta e a exploração dos conteúdos semânticos da colecção de arte. Em todas as janelas interactivas é permitido ao utilizador escolher a linguagem pretendida, Português ou Inglês. As janelas encerram-se automaticamente após cinco minutos sem qualquer tipo de interacção.

O desenho da interface de utilizador foi efectuado com base nos resultados obtidos em diversas reuniões entre os vários elementos que participam no projecto, o Atelier Joana Vasconcelos e responsáveis pela exposição no museu.

3.4.1 Colecção de arte

Como apresentado na figura 3.3, a colecção de arte é exibida na sua totalidade e cada obra da colecção é representada por uma imagem de forma circular, em tons de cinzento, cujas dimensões estão directamente relacionadas com o número de *tags* atribuídas. As obras encontram-se espalhadas ao longo da interface, sobre um fundo branco, com uma posição inicial pré-definida, de forma aleatória sem qualquer tipo de ordenação.

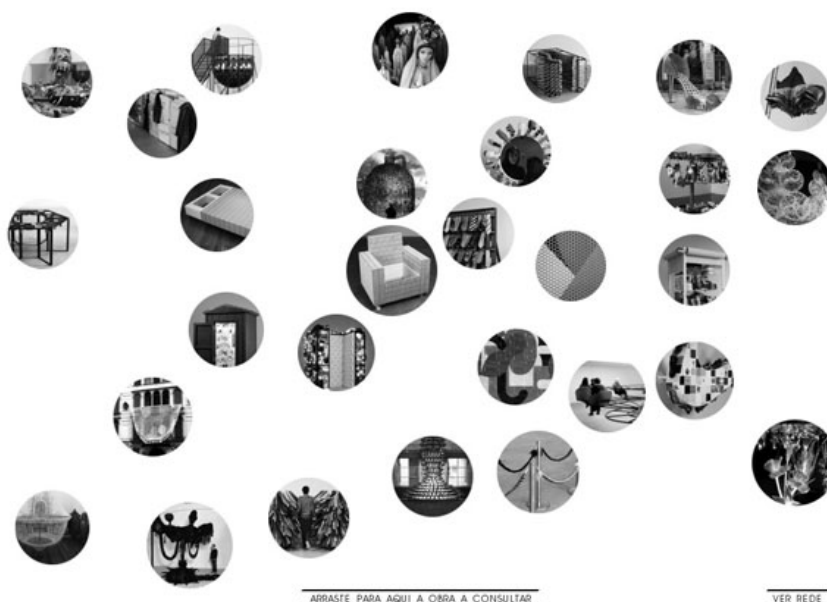


Figura 3.3: Interface utilizador do sistema proposto

No canto inferior direito da interface, existe um botão que ao ser pressionado permite visualizar a rede de ligações entre as obras, resultante das relações entre *tags*. Essa rede será exibida enquanto o botão for pressionado, isto é, enquanto existir um toque activo na área do botão.

Na parte inferior da interface encontra-se a área de interacção, onde é exibida uma mensagem a indicar a acção necessária para activar a janela de interacção principal. Sempre que exista pelo menos uma obra seleccionada, esta mensagem sofre uma animação relativamente à sua cor de fundo, de modo a capturar a atenção do utilizador. A partir do momento em que uma obra é pressionada, esta é considerada como seleccionada, passando para um estado de pré-visualização.

Quando uma obra se encontra no estado de pré-visualização, a imagem circular que a representa sofre uma alteração. Isto é, para além de passar de uma imagem em tons de cinzento para uma imagem a cores e de maiores dimensões, são exibidas duas caixas à sua esquerda e à sua direita, onde se pode observar o nome da obra e o conjunto de *tags* pré-definidas, respectivamente. Adicionalmente, enquanto uma obra estiver a ser pressionada, é desenhada a rede de ligações existente entre a obra e as restantes.

Sempre que uma obra esteja fora da sua posição inicial, caso tenha sido arrastada para uma outra posição, esta regressa automaticamente à posição inicial assim que o utilizador deixar de a pressionar. Esta acção é reforçada com a simulação de uma força que se opõe ao movimento relativo da obra. Assim que o utilizador deixar de pressionar a obra e após quinze segundos sem qualquer interacção com a obra, esta sai do estado de pré-visualização, voltando a imagem às dimensões iniciais de tons cinzentos.

3.4.2 Consultar obra

Para consultar os conteúdos de uma obra é necessário pressionar a imagem circular que a representa e arrastá-la para a área de interacção. Assim que a imagem estiver dentro dessa área, é exibida a janela de interacção principal. A partir desta podem efectuar-se todas as funcionalidades oferecidas pela aplicação.

Na janela de interacção principal, apresentada na figura 3.4, são apresentados os objectos multimédia que representam a obra, assim como o nome da obra e a lista de *tags* atribuídas. Cada *tag* existente nessa lista contém um indicador visual da força da relação entre a *tag* e a obra. Existe também um menu que permite ao utilizador consultar a informação completa e detalhada sobre a obra, assim como aceder às restantes funcionalidades oferecidas pelo sistema.

Às imagens exibidas na janela de interacção principal, o utilizador pode aplicar

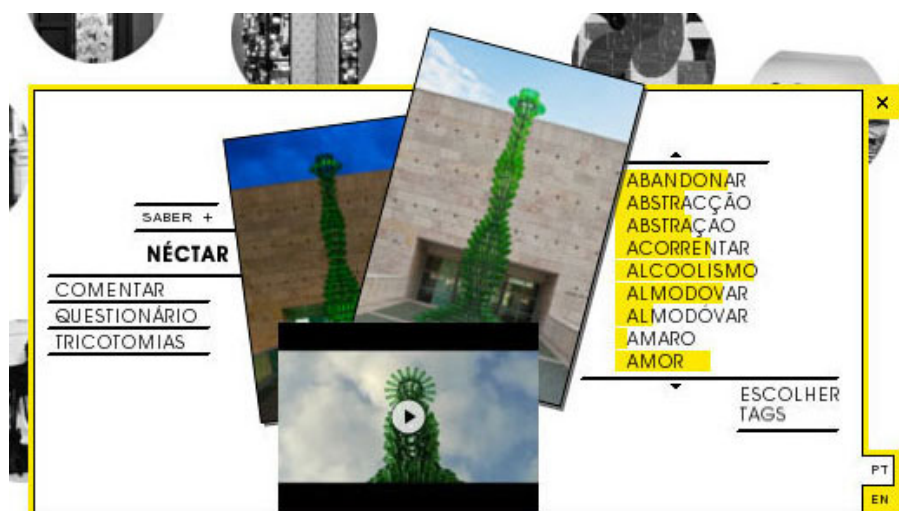


Figura 3.4: Janela de interacção principal

três tipos de transformações: translação, rotação e escala. Quanto aos vídeos, estes são representados com uma imagem que os identifica, conjuntamente com um botão a indicar a opção de reprodução do vídeo. Para reproduzir o vídeo, o utilizador apenas necessita de tocar no botão referido. Ao contrário das imagens, aos vídeos o utilizador apenas pode aplicar translações.

Para efectuar as transformações referidas aos objectos multimédia exibidos, o utilizador apenas precisa de tocar dentro da área correspondente a cada um dos objectos e efectuar os gestos necessários para cada transformação. Para efectuar uma translação, o utilizador necessita de tocar o objecto e arrastá-lo para a posição que desejar. Para efectuar uma transformação de escala, o utilizador necessita de tocar o objecto dentro da sua área com dois dedos e afastá-los ou aproximá-los, para aumentar ou diminuir as dimensões do objecto, respectivamente. Caso o utilizador pretenda efectuar uma rotação a um dos objectos, necessita de tocar o objecto com dois ou três dedos e rodá-los.

3.4.3 Consultar detalhes

A janela apresentada na figura 3.5, permite ao utilizador consultar a informação detalhada da obra. Essa informação é constituída pelos materiais utilizados, as dimensões, a colecção a que a obra pertence e um texto descritivo sobre esta. Esta funcionalidade é acedida após o utilizador pressionar o nome da obra ou o botão "Saber +", exibidos na janela de interacção principal. O texto exibido, sendo um objecto multimédia, pode ser manipulado pelo utilizador. Neste caso o utilizador pode efectuar operações de *scrolling* directamente no texto, bastando para tal arrastar o texto de forma a percorrê-lo no sentido pretendido.

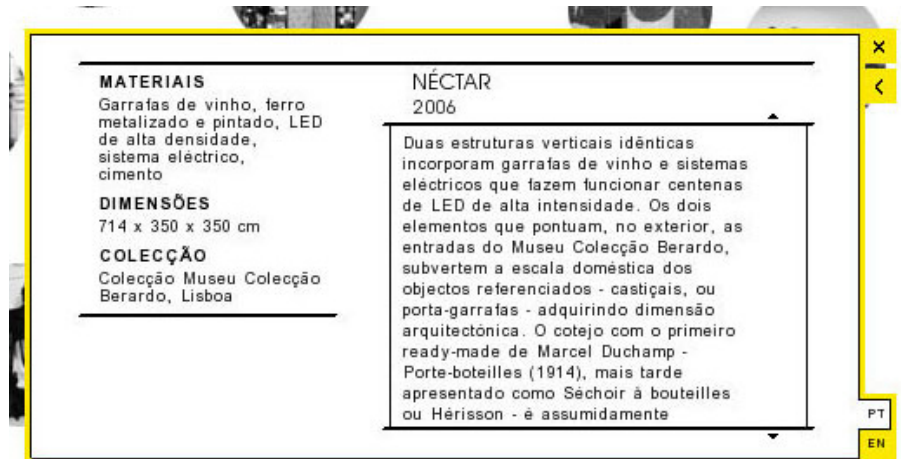


Figura 3.5: Janela de interacção para a consulta de informação detalhada

3.4.4 Atribuir tags

A atribuição de *tags* a uma obra é efectuada numa janela própria, apresentada na figura 3.6, onde são apresentados os objectos multimédia que a representam, assim como a lista de *tags* atribuídas a esta. Existe também uma lista circular com todas as *tags* introduzidas no sistema, para o utilizador seleccionar as que pretende atribuir à obra em causa. Caso o utilizador pretenda introduzir uma nova *tag* que não pertença à lista, existe um campo de texto que permite a sua introdução. Para tal, basta o utilizador tocar nesse campo para que seja exibido um teclado virtual, apresentado na figura 3.11. Uma vez seleccionadas as *tags* pretendidas, é necessário pressionar o botão "Submeter" para concluir a operação com sucesso.



Figura 3.6: Janela de interacção para atribuição de *tags*

3.4.5 Explorar tags

Na figura 3.7 é apresentada a janela interactiva que permite ao utilizador explorar as *tags* atribuídas a um obra, de forma a consultar as obras relacionadas. Esta janela é exibida sempre que o utilizador pressionar uma *tag* existente numa lista de *tags* atribuídas a uma obra. Para além de consultar a lista das obras associadas a essa *tag*, o utilizador pode explorar as restantes *tags* atribuídas à obra em consulta, pressionando a *tag* pretendida. Se o utilizador pressionar uma das obras relacionadas, será exibida a janela de interacção principal respeitante à obra pressionada.



Figura 3.7: Janela interactiva para a exploração de *tags*

3.4.6 Comentários

A consulta de comentários efectuados a uma obra, assim como a introdução de novos comentários, é efectuada na janela interactiva apresentada na figura 3.8. Caso exista algum comentário associado à obra, é exibida uma lista de comentários, como se pode observar na figura referida. No entanto, estes não são exibidos na sua totalidade, sendo necessário tocar no comentário pretendido para que este seja expandido. Ao pressionar o botão "Comente também", um formulário de introdução de dados é exibido. Caso não exista nenhum comentário associado à obra consultada, o formulário é exibido de imediato. Para adicionar um comentário, é necessário tocar nos campos de texto que constituem o formulário de forma a activar o teclado virtual. Assim que os campos de texto estejam devidamente preenchidos, é necessário pressionar o botão "Submeter" para concluir a operação com sucesso.

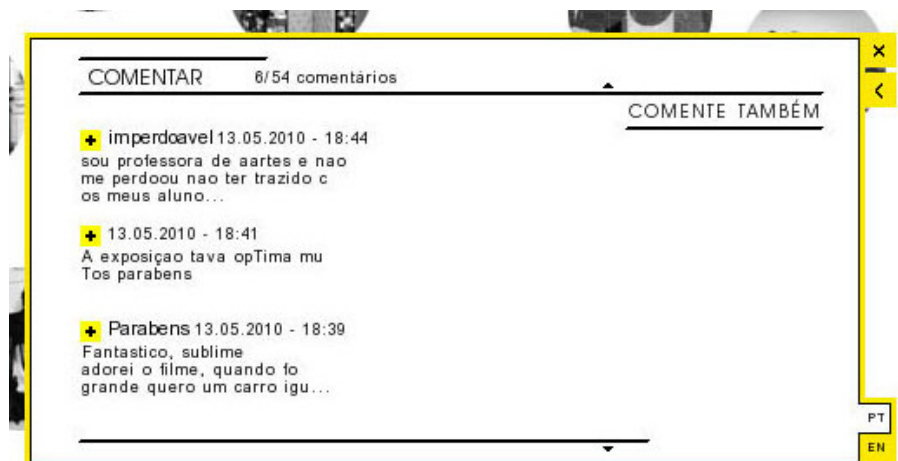


Figura 3.8: Janela interactiva para a consulta de comentários

3.4.7 Tricotomias

Pressionando o botão "Tricotomias" existente na janela de interacção principal, é exibida a janela dedicada ao jogo sobre as relações semânticas entre as obras da colecção. A janela, como se pode observar na figura 3.9, apresenta uma estrutura diferente das restantes, onde é exibida uma lista de nove imagens que representam uma obra e um triângulo com três caixas vazias. Para jogar é necessário arrastar uma imagem para cada uma das caixas até se formar uma tricotomia válida. O jogo é composto por três níveis de dificuldade. O número de tricotomias possíveis, de acordo com as obras exibidas, vai diminuindo conforme o nível de dificuldade. Consoante o nível de dificuldade e o tempo gasto para formar uma tricotomia válida, é atribuída uma pontuação. No final do jogo, caso este seja concluído com sucesso, é exibida uma tabela de pontuações mais altas.

3.4.8 Questionário

Na janela dedicada ao questionário, são exibidas as perguntas por uma ordem numérica, em que o utilizador poderá seleccionar uma única resposta, ou respostas múltiplas, consoante a pergunta. Como se pode observar na figura 3.10, é permitido ao utilizador navegar entre todas as perguntas, através dos botões "Continuar" e "Voltar". Na última pergunta do questionário, o botão "Continuar" é substituído por um botão "Submeter" que apenas funcionará se existir pelo menos uma pergunta com uma resposta.

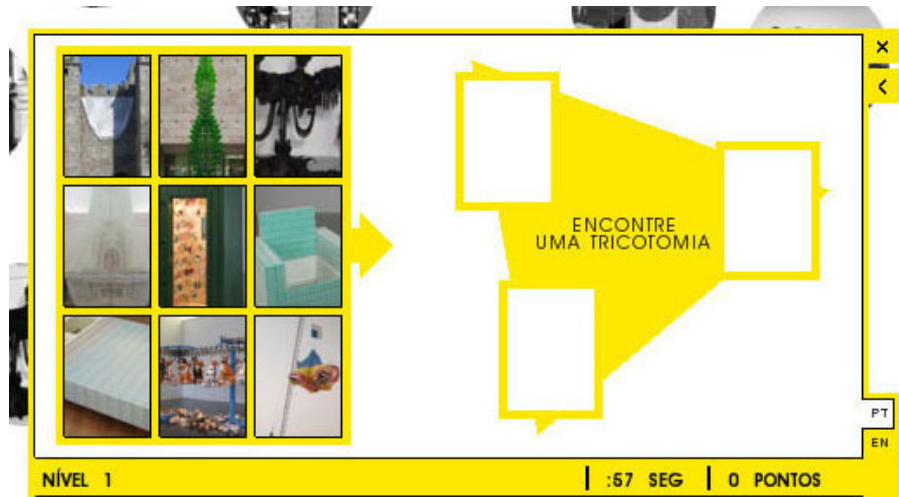


Figura 3.9: Janela interactiva para o jogo das Tricotomias

QUESTIONÁRIO VISITAS A EXPOSIÇÕES DE ARTE

SE É A PRIMEIRA VEZ QUE VISITA UMA EXPOSIÇÃO SOBRE ARTE, QUAL A RAZÃO DE NÃO O TER FEITO ANTÉS?

pouco tempo disponível

moro longe de museus

preço de entrada alto

não tenho hábitos familiares de visitas culturais

difícil conseguir quem fique com os meus filhos

não costumo arranjar companhia

não conhecia locais de exposições artísticas

não vi publicidade de exposições

pensava não compreender aquilo que é mostrado

outra razão

CONTINUAR

Figura 3.10: Janela interactiva para o questionário

3.4.9 Teclado virtual

De forma a permitir ao utilizador a introdução de *tags* da sua autoria, assim como comentários por escrito, existe um teclado virtual, como apresentado na figura 3.11. Para activar o teclado virtual é necessário tocar na área referente ao campo de texto em que o utilizador pretende introduzir dados. O teclado, com um *design* semelhante a um teclado convencional, permite uma interacção de igual modo semelhante a um teclado convencional. Para facilitar a utilização sem perturbar a área de interacção do utilizador, foi adicionada uma tecla extra que permite desactivar o teclado a qualquer momento. A cada interacção, o teclado produz um *feedback* visual e sonoro, de forma a que o utilizador tenha a percepção das interacções efectuadas.

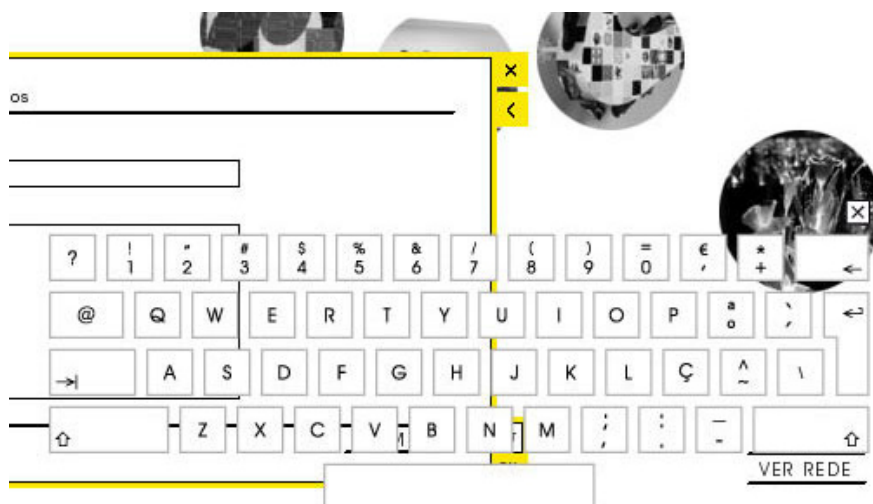


Figura 3.11: Teclado virtual que permite a introdução de comentários e novas *tags*

4

Realização do sistema

Este capítulo descreve os aspectos mais relevantes, assim como os detalhes e as dificuldades encontradas ao longo do trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação. Como referido na secção 3.2, o sistema implementado foi desenvolvido em linguagem C++, através da plataforma openFrameworks. O processo de desenvolvimento foi dividido essencialmente em três fases. Numa primeira fase, foram desenvolvidos os componentes de suporte à interacção multitoque. De seguida, foram desenvolvidos os componentes necessários para a representação de uma colecção de arte. Numa última fase, foram desenvolvidos os componentes de suporte para exploração de colecção de arte, incluindo as janelas interactivas e os mecanismos de participação.

4.1 Arquitectura

O sistema implementado apresenta uma arquitectura baseada em eventos, constituída por dois componentes principais: um componente de visualização servidor e um componente de visualização cliente, integrado na aplicação desenvolvida, como se pode observar na figura 4.1.

O componente de visualização servidor é responsável pela detecção e *tracking* de eventos multitoque na superfície de interacção, capturados por uma câmara digital. Para tal foi utilizada a solução Community Core Vision (CCV) [CCV10], como anteriormente referido na secção 3.2.

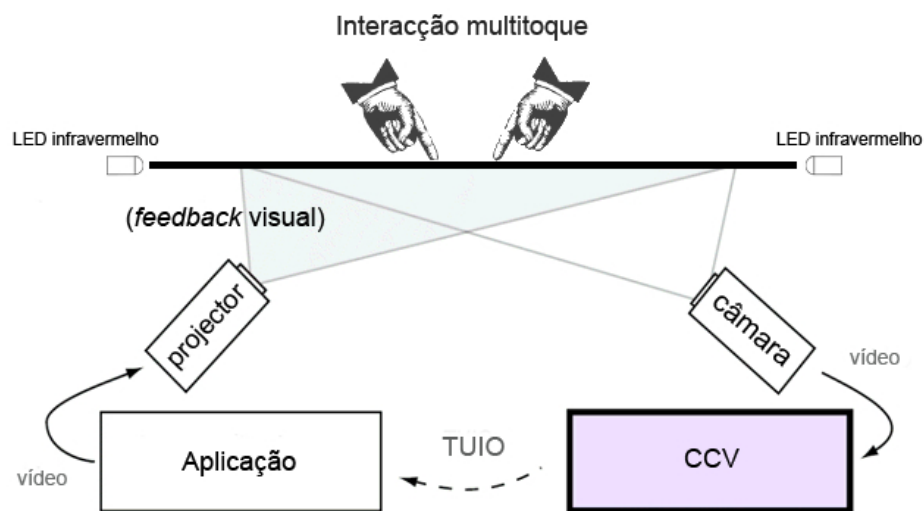


Figura 4.1: Diagrama de blocos do sistema

O componente de visualização cliente, integrado na aplicação desenvolvida, é responsável pelo tratamento dos eventos multitoque detectados na superfície de interação, de forma a produzir o *feedback* correspondente a cada evento, projectado na superfície.

A comunicação entre os dois componentes é efectuada através de *sockets* TCP/IP, utilizando o protocolo TUIO [KBBC05], anteriormente apresentado na secção 2.1.2.

Uma aplicação desenvolvida através da plataforma openFrameworks tem como base um componente denominado testApp. Este componente reescreve os métodos utilizados para o tratamento dos eventos de uma aplicação interactiva, incluindo métodos para inicializar, desenhar, actualizar e métodos de tratamento de eventos provenientes dos periféricos de entrada de dados. Para além deste componente, a aplicação desenvolvida é também constituída por mais quatro componentes principais:

- Um componente de visualização cliente, responsável pelo tratamento dos eventos multitoque recebidos.
- Um componente responsável pela representação de toda a colecção de arte.
- Um componente dedicado ao carregamento e armazenamento das informações semânticas e sociais.
- Um componente dedicado aos mecanismos que visam a exploração da colecção de arte.

A figura 4.2 apresenta a arquitectura da aplicação desenvolvida, onde se pode observar em pormenor os componentes descritos, assim como as ligações entre estes.

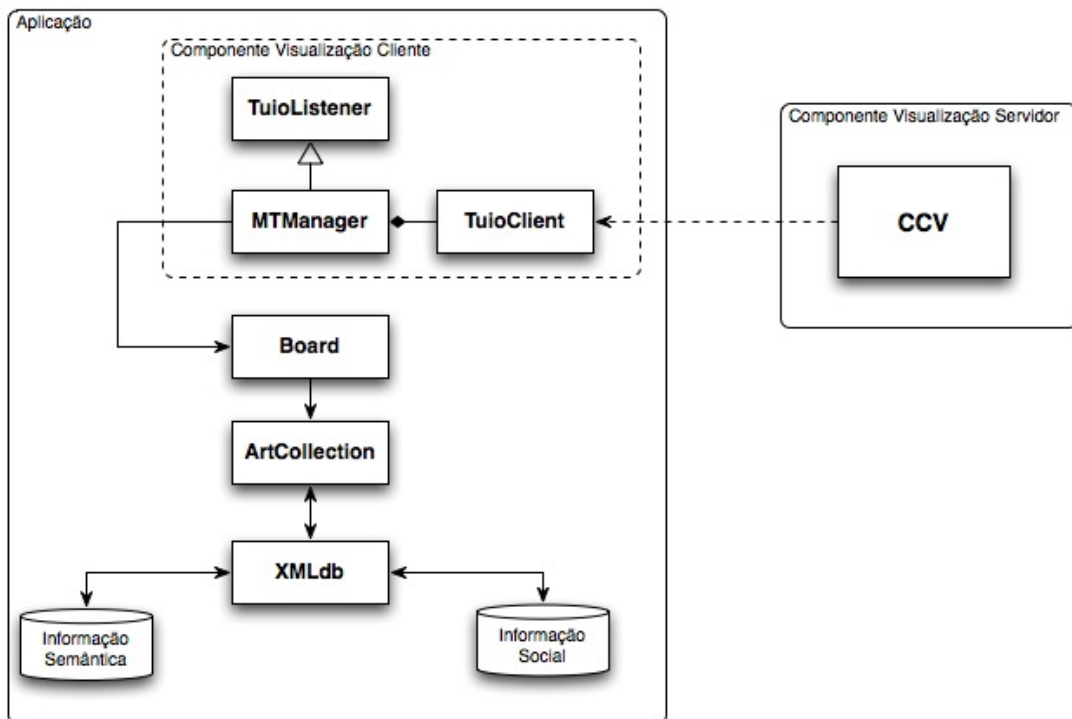


Figura 4.2: Arquitectura da aplicação desenvolvida

A inicialização dos componentes acima descritos é efectuada aquando do início da aplicação, através do método `testApp::setup()` disponibilizado pelo componente `testApp`, que visa permitir a configuração e inicialização dos componentes de uma aplicação. A inicialização é efectuada de acordo com o código apresentado na listagem 4.1.

Listagem 4.1: Método de configuração e inicialização dos componentes da aplicação

```

1  /* Inicializar componente responsável pela colecção de arte */
2  collection = new ArtCollection();
3
4  /* Inicializar componente responsável pela gestão das informações
5     semânticas e sociais */
6  xmlDB = new XMLdb(collection);
7
8  /* Carregar dados a partir dos ficheiros XML */
9  xmlDB->loadCollection("xml/Collection.xml");
10 xmlDB->loadComments("xml/UsersComments.xml");
11 xmlDB->loadTags("xml/UsersTags.xml");
12 xmlDB->loadQuestions("xml/QuestionaryQuestions.xml");
13 xmlDB->loadTrichotomies("xml/Trichotomies.xml");
14
15 /* Inicializar componente responsável pelos mecanismos de exploração */
  
```

```

16 board = new Board(collection);
17
18 /* Inicializar componente de visualização cliente */
19 mtManager = new MTManager(3333, board);
20
21 /* Activação dos eventos para armazenar os dados resultantes
22    das interacções */
23 ofAddListener(collection->saveDataEvent, this, &testApp::saveData);
24 ofAddListener(collection->saveQuestionaryEvent, this,
25    &testApp::saveQuestionaryAnswers);
26
27 /* Activação dos mecanismos de registo das interacções dos utilizadores */
28 log("Aplicação iniciada.");
29 board->enableUserLog(true);

```

4.2 Interacção multitoque

De forma a efectuar o tratamento dos eventos multitoque emitidos pelo componente de visualização servidor, foi necessário proceder-se à implementação de um componente de visualização cliente. A utilização deste componente viabiliza a criação de várias combinações de gestos de forma a interagir com a interface, entre os quais os gestos que permitem seleccionar ou arrastar uma obra, assim como manipular os conteúdos multimédia exibidos.

O desenvolvimento do componente teve como base o exemplo de uma aplicação cliente do reactIVision [KB07] que implementa o protocolo TUIO [KBBC05], como apresentados na secção 2.1.2. Para tal, foi criada uma classe MTManager que implementa um *listener* de mensagens TUIO, onde são gerados os eventos apresentados na listagem 4.2. No contexto desta dissertação, os eventos relacionados com a manipulação de objectos tangíveis não são relevantes, uma vez que a interacção com o sistema é efectuada através de toques na superfície de interacção.

Listagem 4.2: Eventos gerados por um *listener* de mensagens TUIO

```

1 void addTuioObject (TuioObject *tobj)=0;
2 void updateTuioObject (TuioObject *tobj)=0;
3 void removeTuioObject (TuioObject *tobj)=0;
4
5 void addTuioCursor (TuioCursor *tcur)=0;
6 void updateTuioCursor (TuioCursor *tcur)=0;
7 void removeTuioCursor (TuioCursor *tcur)=0;
8
9 void refresh (TuioTime ftime)=0;

```

4.2.1 Gestos

Como se pode observar na listagem 4.2, todos os eventos gerados passam por argumento um objecto com as características do evento em causa. No caso de um evento relacionado com a manipulação de um objecto tangível, é passado por argumento um objecto do tipo `TuioObject`. Caso o evento esteja relacionado com um toque na superfície de interação, o objecto é do tipo `TuioCursor`.

Através de um objecto do tipo `TuioCursor` é possível obter o número do cursor, o identificador de sessão, assim como a sua posição, entre outras características, o que possibilita a criação de várias combinações de gestos que permitem definir a interação com a interface.

As combinações de gestos implementadas correspondem às operações mais comuns em aplicações interactivas multitoque: translação, rotação e escala. Em todas as operações é necessário analisar dois *frames*, o actual e o anterior, de forma a proceder-se aos cálculos da operação resultante da interação com a interface.

Para efectuar uma translação, o utilizador necessita de tocar o objecto e arrastá-lo para a posição que desejar. Desta forma, como apresentado em [Nób08], é necessário calcular, em cada *frame* f , o centro geométrico de todos os toques detectados. Para cada ponto i as coordenadas do centro geométrico C_f são:

$$C_f = (X, Y) \quad (4.1)$$

$$X = \frac{\sum_{i=0}^{i < n} x_i}{n} \quad (4.2)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=0}^{i < n} y_i}{n} \quad (4.3)$$

A translação será então aplicada ao ponto C_f com o seguinte vector de direcção:

$$\overrightarrow{C_{f+1} - C_f} \quad (4.4)$$

Quanto à operação de mudança de escala, o utilizador necessita de tocar o objecto dentro da sua área com dois dedos e afastá-los ou aproximá-los, para aumentar ou diminuir as dimensões do objecto, respectivamente. O cálculo desta operação é efectuado através da média da soma das distâncias entre os pontos i e o centro geométrico C_f do *frame* actual:

$$D_f \in \mathbb{R} \quad (4.5)$$

$$D_f = \frac{\sum_{i=0}^{i < n} \sqrt{(x_i - X)^2 + (y_i - Y)^2}}{n} \quad (4.6)$$

A percentagem da escala P_f a aplicar no *frame* f ao objecto, é definida por:

$$P_0 = 1 \quad (4.7)$$

$$P_{f+1} = \frac{D_{f+1}}{D_f} \quad (4.8)$$

Por último, para aplicar uma operação de rotação a um objecto, o utilizador necessita de tocar o objecto com dois dedos e rodá-los. O ângulo de rotação α será aplicado com centro de rotação em C_f . Seja V o vector criado pelos dois pontos:

$$V_f = (x_1 - x_0, y_1 - y_0) \quad (4.9)$$

$$V_{f+1} \cdot V_f = |V_{f+1}| |V_f| \cos \theta \iff \theta = \arccos \left(\frac{V_{f+1} \cdot V_f}{|V_{f+1}| |V_f|} \right) \quad (4.10)$$

Após o cálculo do angulo θ é necessário calcular a direcção da rotação, através do produto vectorial k :

$$k = V_{f+1} \times V_f \quad (4.11)$$

Por fim, o objecto manipulado será rodado em α radianos, calculado através de:

$$\alpha = \begin{cases} 2\pi - \theta & k < 0 \\ \theta & k \geq 0 \end{cases} \quad (4.12)$$

4.2.2 Manipulação de objectos

As operações multitoque oferecidas para a interação com o sistema implementado, estão directamente relacionadas com a manipulação de objectos exibidos na superfície de interação. Isto é, não foram disponibilizadas operações de navegação mas sim de manipulação. Para tal, foi necessário criar uma representação de objectos interactivos de forma a suportar a manipulação, através das operações multitoque.

Na figura 4.3 é apresentado o diagrama de classes referente à representação de objectos implementada. Esta representação surgiu com base num exemplo do componente `ofxMultiTouchActions` [ofx10] para a plataforma `openFrameworks`, destinado à manipulação de uma pilha de objectos exibidos na interface de utilizador. Com a introdução deste componente, o cálculo das operações multitoque é efectuado por cada

objecto em que são aplicadas. Isto é, ao contrário de uma aplicação de navegação, onde o cálculo das operações é efectuado de forma global, numa aplicação de manipulação de objectos esses cálculos são efectuados localmente. Para tal, cada objecto tem conhecimento dos toques detectados na sua área e cada toque contém os dados do *frame* actual e anterior, necessários para o cálculo das operações.

Outra das funcionalidades oferecidas pelo componente introduzido consiste na representação de uma pilha de objectos interactivos, permitindo que estes sejam manipulados e exibidos de forma ordenada. Desta forma, os objectos são exibidos de acordo com o número identificador de sessão do último toque. O objecto que contém o número mais elevado é exibido no topo da pilha.

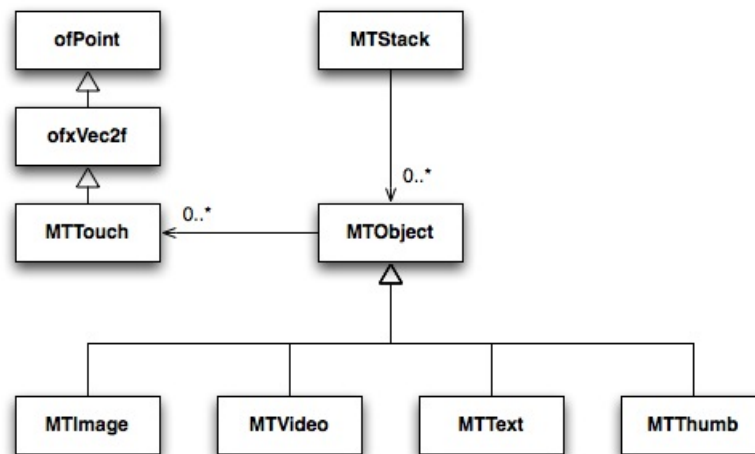


Figura 4.3: Resumo do diagrama de classes referente aos objectos multitoque

A partir desta representação foram então criadas as representações das imagens, vídeos e textos manipuláveis através das operações multitoque oferecidas, apresentadas de seguida.

- **MImage**: Representação utilizada para as imagens das obras exibidas na janela de interacção principal, onde o utilizador poderá aplicar as três operações multitoque.
- **MVideo**: Representação utilizada para os vídeos das obras exibidas na janela de interacção principal, onde o utilizador apenas poderá aplicar a operação multitoque de translação. Para além do vídeo a exibir, esta representação contém também mais duas imagens. Uma diz respeito à imagem representativa do vídeo e a outra ao botão que indica a acção de reprodução do vídeo.

- **MTText**: Representação de um texto descritivo de uma obra, exibido na janela de interacção respeitante à funcionalidade "Consultar detalhes". Através da operação de translação efectuadas no interior da área respeitante ao texto, são oferecidas as operações de *scrolling*.
- **MTThumb**: Representação dos *thumbnails* utilizados no jogo sobre as relações semânticas entre as obras da colecção. A este tipo de objecto, o utilizador apenas poderá aplicar a operação de translação de forma a completar o jogo. Ao contrário dos objectos anteriores, este reage ao toque. Isto é, sempre que existir um toque activo (objecto pressionado) as dimensões do objecto aumentam, voltando à dimensão inicial sempre que se verifique o contrário.

4.3 Colecção de arte

Tal como apresentado na secção 3.3, cada obra pertencente à colecção de arte é representada por um conjunto de elementos multimédia que inclui imagens, vídeos e textos, assim como por um conjunto de *tags* pré-definidas, que constituem a informação semântica associada à obra. Desta forma, foi necessário proceder à recolha de toda a informação associada a cada obra, com o intuito de obter uma representação da colecção de arte, assim como a organização de toda a informação semântica. A recolha da informação foi efectuada com o apoio do Atelier Joana Vasconcelos.

A organização de informação semântica relativa a cada obra pertencente à colecção de arte, é efectuada, de forma estruturada, num ficheiro XML. O ficheiro é organizado de acordo com a estrutura apresentada em maior detalhe através do XML Schema, na figura B.1 no anexo B. Esta estrutura foi discutida entre os vários intervenientes do projecto em que se insere o trabalho desta dissertação, de forma a ser igualmente utilizado para o funcionamento do *website* do projecto.

No início da aplicação, a informação é carregada a partir do ficheiro XML, para o componente *ArtCollection* (figura 4.4) que representa a colecção de arte. Este componente é então constituído por um conjunto de classes que visam representar cada objecto pertencente à colecção de arte, assim como suportar todos os mecanismos de participação para com a colecção. Como se pode observar pela figura 4.4, tanto a classe *Info*, que representa as informações detalhadas de uma obra, como a classe *Question*, que representa as perguntas inerentes a um questionário, inclui uma série de atributos com nomes semelhantes, mas com sufixos diferentes (e.g., *titlePT* e *titleEN*). Esta semelhança deve-se à necessidade da aplicação cumprir um dos requisitos impostos para um sistema num espaço público, onde é necessário fornecer informações em duas línguas: Português (PT) e Inglês (EN).

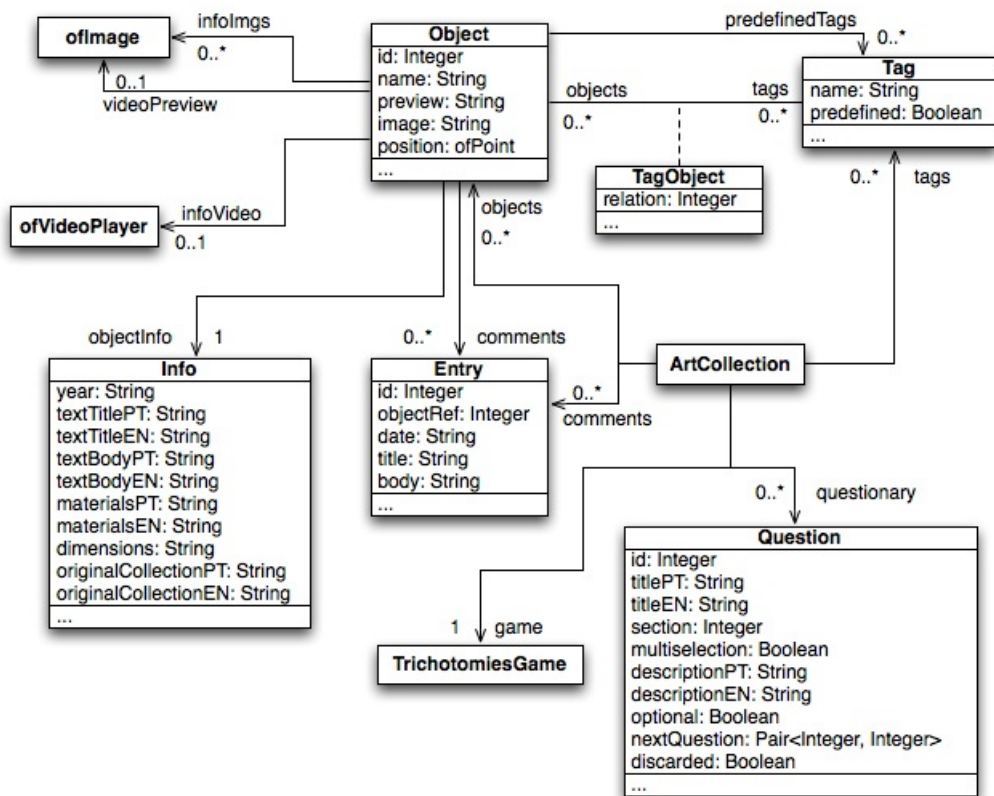


Figura 4.4: Diagrama de classes referente à representação de uma colecção de arte

4.4 Exploração

Outro dos componentes principais que constituem a aplicação desenvolvida, é o componente Board, responsável pelos diversos mecanismos que visam a exploração da colecção de arte, desde a sua representação, à gestão das janelas interactivas e seus conteúdos. Este componente é também responsável pela interacção entre os diferentes elementos exibidos.

Em termos da representação da colecção de arte, este componente está encarregue da organização da colecção numa estrutura semelhante à pretendida para representação visual. Isto é, uma vez que a representação visual da colecção de arte é efectuada em forma de um grafo, é introduzido o conceito de nó e ligação, sendo o componente responsável pela organização do conjunto de nós, assim como pelo cálculo das ligações entre estes. O nó surge então como representante de uma obra e as ligações criadas a partir da intersecção entre os conjuntos de *tags* das diversas obras. O componente é iniciado após o carregamento das informações semânticas e sociais da colecção de arte para o componente ArtCollection, de forma a que este possa criar os nós que representam as diferentes obras, assim como determinar as ligações entre estes.

Como se pode observar através da figura 4.5, existe uma associação unidireccional entre o componente MTManager e o componente Board, o que permite a interacção do utilizador com o sistema. Para tal, é necessário que este disponibilize métodos de interacção, como apresentado na listagem 4.3, que permitam o tratamento dos eventos multitoque.

Listagem 4.3: Métodos para o tratamento de eventos multitoque

```

1 void cursorPressed(int cursor, int session, int x, int y);
2 void cursorDragged(int cursor, int session, int x, int y);
3 void cursorReleased(int cursor, int session, int x, int y);

```

Relativamente à simulação de uma força que se opõe ao movimento relativo da obra, esta é aplicada sempre que um nó não contenha nenhum toque activo e se encontre fora da sua posição inicial, onde a sua posição corrente é dada pela seguinte expressão:

$$\alpha : \mathbb{R} \in [0, 1] \quad (4.13)$$

$$P_{f+1} = P_f + \alpha(P_0 - P_f) \quad (4.14)$$

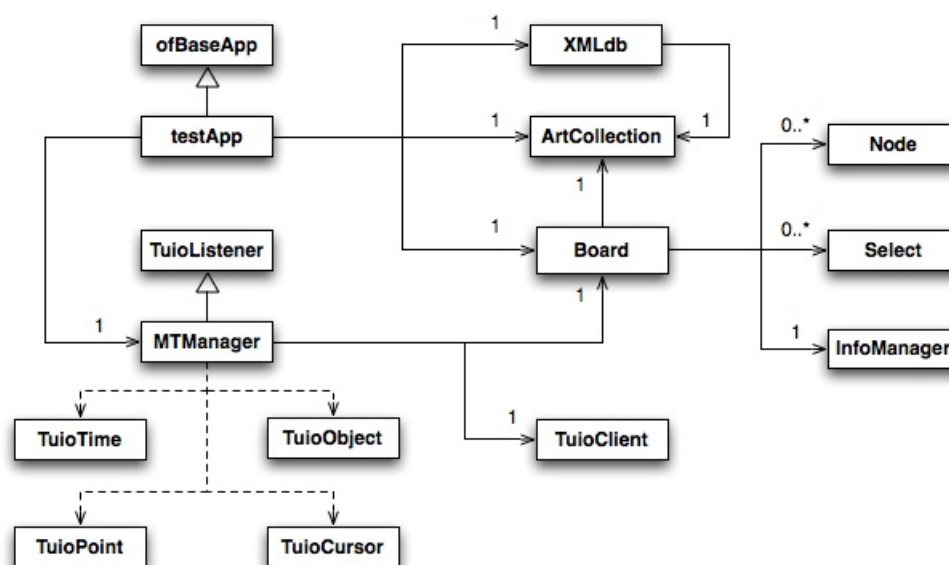


Figura 4.5: Resumo do diagrama de classes dos principais componentes da aplicação desenvolvida

4.4.1 Janelas interactivas

Uma das principais dificuldades encontradas, durante a implementação do trabalho desta dissertação, diz respeito à criação e introdução do conceito de janelas interactivas, numa aplicação desenvolvida através da plataforma openFrameworks. A razão para tal dificuldade, deve-se ao facto desta plataforma ter como objectivo a criação de aplicações interactivas de produção e manipulação de conteúdos multimédia, numa única janela.

Dos componentes adicionais disponibilizados para a plataforma openFrameworks, são poucos os que possibilitam a criação de conteúdos de interacção tradicionais (e.g., caixas de texto). A maioria apenas permite a criação de pequenos menus compostos por barras e/ou botões interactivos. Desta forma, foi necessário criar um conjunto de componentes interactivos que possibilitassem a construção das janelas interactivas com os conteúdos necessários para a consulta de informação semântica associada a cada obra da colecção.

De forma a introduzir o conceito de componentes interactivos, numa aplicação executada numa única janela, é necessário que estes sigam um conjunto de requisitos quanto à sua composição. Isto é, para cada componente, é necessário que este disponibilize os atributos essenciais para o cálculo da sua posição e área de interacção, através da definição da posição e da dimensão. A partir destes, é então possível determinar se um toque num determinado ponto está contido na área de interacção do componente.

Janela interactiva De forma a introduzir o conceito de janela interactiva, foi implementada uma classe *InfoWindow*, representativa da estrutura base de uma janela interactiva.

Como apresentado na figura 4.6, a classe *InfoWindow* contém os atributos necessários para a constituição de um objecto interactivo, assim como uma versão simplificada dos métodos necessários para o tratamento de eventos multitoque, anteriormente referidos na listagem 4.3. Para além disto, contém também os métodos necessários para o seu desenho e actualização, assim como os métodos necessários para o tratamento de dois tipos de eventos que envolvem a estrutura principal da janela. Isto é, um evento despoletado pela acção de fechar a janela e outro evento despoletado pela acção de regressar à janela anterior.

A aplicação desenvolvida contém cerca de sete janelas distintas, sendo que todas estas herdam os atributos e os métodos definidos pela classe *InfoWindow*, como representado na figura 4.6.

A gestão das janelas interactivas é efectuada através da classe *InfoManager*, integrada no componente *Board*, como se pode verificar no diagrama apresentado na figura 4.5. A classe *InfoManager* contém então todas as janelas interactivas implementadas, sendo responsável por disponibilizar a janela interactiva correspondente a cada funcionalidade oferecida pela aplicação desenvolvida, assim como permitir a interacção com a várias janelas. Para além disso, é também responsável pela gestão de todos os eventos despoletados pela interacção com o sistema, tais como:

- Mostrar janela.
- Fechar janela.
- Mostrar janela anterior.
- Adicionar novo comentário.
- Atribuir *tags* a uma obra.
- Guardar resposta ao questionário.
- Guardar pontuações do jogo das relações semânticas entre obras.
- Armazenar em disco todas as informações semânticas e sociais.

Desta forma, todas as interacções que envolvem a consulta de informação semântica e social passam pela classe *InfoManager*, sendo por isso o local escolhido para aplicar o mecanismo de registo das interacções dos utilizadores, que serviu como base para uma análise das interacções, apresentada no próximo capítulo.

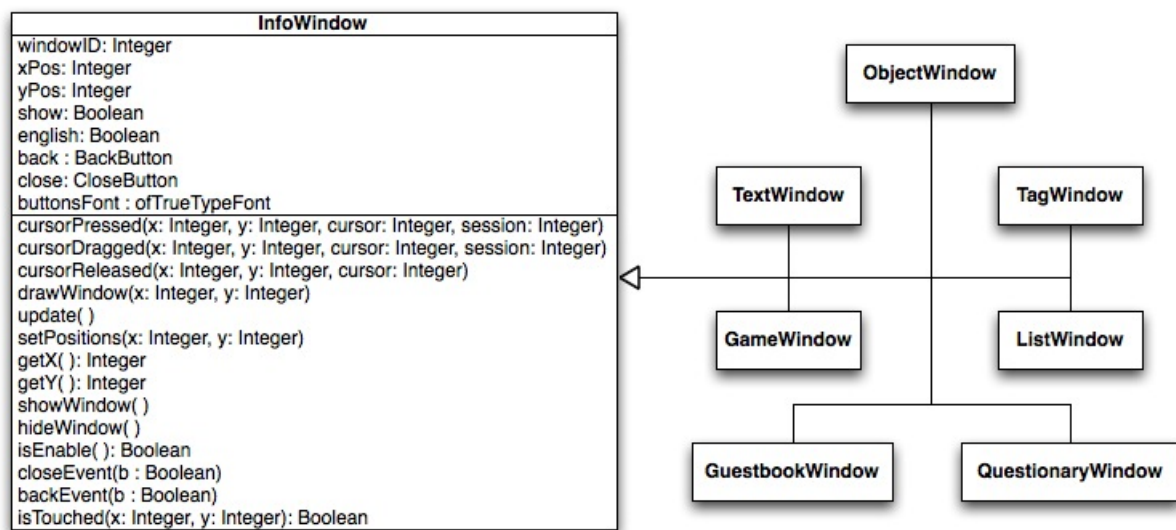


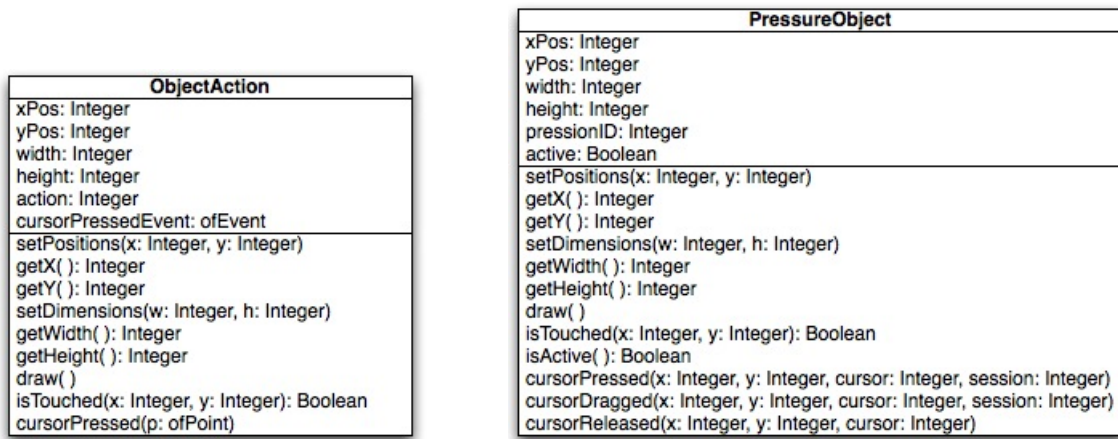
Figura 4.6: Resumo do diagrama de classes referente às janelas interactivas

Objectos interactivos Após a criação das estruturas base das janelas interactivas, foram criados os diferentes tipos de objectos interactivos que as constituem. Desta forma, todos os objectos interactivos criados são divididos em dois tipos:

- Objectos que reagem a um simples toque.
- Objectos que reagem a um toque contínuo.

Para a representação do primeiro tipo de objectos interactivos, foi criada a classe *ObjectAction*, apresentada na figura 4.7(a). Esta classe diz respeito à maioria dos objectos utilizados na composição das diversas janelas interactivas, uma vez que reagem a um simples toque na sua área de interacção, despoletando o evento de interacção a estes associado. Esta classe é então utilizada como super classe para a criação de vários objectos interactivos, que vão desde botões de navegação, a células de listas interactivas, campos de texto e *pop-ups* de confirmação.

Quanto à representação do segundo tipo de objectos interactivos, foi criada a classe *PressureObject*, apresentada na figura 4.7(b). Esta classe diz respeito a um conjunto de objectos mais restrito, uma vez que estes apenas reagem a uma interacção contínua. Isto é, enquanto existir um toque activo na sua área da interacção, o evento de interacção associado a estes irá ser despoletado. A classe *PressureObject* é então utilizada como super classe para a criação de objectos interactivos, tais como, botões de pressão e botões para operações de *scrolling*, onde, no último caso, se pretende facilitar a interacção do utilizador com este tipo de botões, sem que seja necessário efectuar sucessivos toques para realizar essa operação.



(a) Objectos que reagem a um simples toque

(b) Objectos que reagem a um toque contínuo

Figura 4.7: Componentes utilizados na construção das janelas interactivas

Teclado virtual É um dos objectos interactivos mais importantes, uma vez que permite a participação directa do utilizador com a colecção de arte, através da introdução de comentários e *tags*. O teclado virtual implementado é constituído por três componentes fundamentais, sendo estes, uma imagem representativa do teclado, conforme anteriormente apresentada na figura 3.11, um efeito sonoro e um conjunto de listas de teclas, onde cada lista representa uma fila de teclas. Na figura 4.8 é apresentado um resumo do diagrama de classes referente à representação do teclado virtual implementado.

A cada toque efectuado, são calculadas as respectivas coordenadas dentro da área de interacção do teclado, de forma a determinar-se a fila de teclas e a tecla pretendida. Caso esse cálculo seja determinado com sucesso, isto é, caso o toque efectuado corresponda à posição de uma das teclas, é emitido um *feedback* visual e sonoro, através de um preenchimento da forma da tecla com uma determinada cor e da reprodução do efeito sonoro, acima referido.

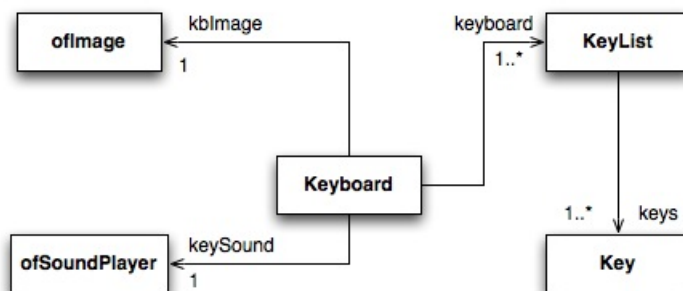


Figura 4.8: Resumo do diagrama de classes referente ao teclado virtual

4.4.2 Mecanismos

Outra das etapas mais importantes da implementação do trabalho desta dissertação, diz respeito à criação dos diversos mecanismos de participação disponibilizados. Estes mecanismos, que visam a participação do público para com a colecção de arte, assim como o suporte para o estudo do público dos museus, no âmbito do projecto onde se insere o trabalho desta dissertação, são apresentados em diferentes formas. Todas as informações semânticas e sociais que envolvem os diferentes mecanismos são organizados em ficheiros XML. O armazenamento de novas informações é efectuado sempre que a janela interactiva é encerrada.

Tags Mecanismo de participação que permite a criação de uma rede de ligações, através da atribuição de relações entre as obras da colecção de arte e um conjunto de *tags*. A organização das informações resultantes da atribuição de *tags* é organizada e armazenada num ficheiro XML, com uma estrutura que pode ser observada em maior detalhe através do XML Schema apresentado na figura B.2, no anexo B. A listagem 4.4 apresenta um excerto do conteúdo desse ficheiro.

Aquando do início da aplicação, as informações são carregadas a partir do ficheiro XML, para o componente ArtCollection, de forma a que este estabeleça as relações entre as obras da colecção e as *tags*, para que em seguida o componente Board proceda ao cálculo da rede de ligações resultante.

Listagem 4.4: Excerto do ficheiro XML onde são organizadas todas as *tags* existentes

```
1 <userTags>
2   <tag>
3     <name>Abandonar</name>
4     <assignedTo>
5       <object>
6         <id>1</id>
7         <nTimes>1</nTimes>
8       </object>
9       <object>
10        <id>2</id>
11        <nTimes>2</nTimes>
12      </object>
13      <object>
14        <id>3</id>
15        <nTimes>9</nTimes>
16      </object>
17      <object>
18        <id>4</id>
19        <nTimes>12</nTimes>
```

```

20     </object>
21     ...
22     <assignedTo>
23 </tag>
24     ...
25 </userTags>

```

Comentários Mecanismo de participação que permite a criação de uma comunidade de conhecimento, através de um conjunto de comentários atribuídos às diferentes obras, por diferentes utilizadores. A organização das informações sociais resultante da atribuição de comentários é efectuada num ficheiro XML, com uma estrutura como mostra o excerto apresentado na listagem 4.5 e que pode ser observada com maior detalhe através do XLM Schema apresentado na figura B.3, no anexo B.

Quando a aplicação inicia, os comentários são carregados para o componente Art-Collection, estando este encarregue de distribuir os diversos comentários, pelas diversas obras, uma vez que não existe um livro de visitas geral, mas sim local. O armazenamento dos comentários é efectuada caso exista um novo comentário no sistema.

Listagem 4.5: Excerto do ficheiro XML onde são organizados todos os comentários

```

1 <guestBook>
2     ...
3     <comment>
4         <id>3</id>
5         <collectionObjectID>33</collectionObjectID>
6         <title>um imaginário espectacular</title>
7         <fullComment>...</fullComment>
8         <fromWebSite>>false</fromWebSite>
9         <date>08.03.2010 - 13:19</date>
10    </comment>
11    <comment>
12        <id>4</id>
13        <collectionObjectID>5</collectionObjectID>
14        <title>algo indescritivel</title>
15        <fullComment>o que se pode construir, imaginar c aquela escultura
16            nao tem fim... explicação! parabens</fullComment>
17        <fromWebSite>>false</fromWebSite>
18        <date>08.03.2010 - 15:33</date>
19    </comment>
20    ...
21 </guestBook>

```

Questionário Mecanismo de suporte para o estudo do público dos museus, que consiste num pequeno questionário demográfico. O conjunto de perguntas é organizado num ficheiro XML, com uma estrutura que pode ser observada com maior detalhe através do XML Schema apresentado na figura B.4, no anexo B. A listagem 4.6 apresenta o excerto desse ficheiro, que inclui uma versão do questionário em português e outra em inglês.

Listagem 4.6: Excerto do ficheiro XML onde são organizadas as perguntas do questionário

```

1 <questionary>
2   <question>
3     <id>1</id>
4     <idTitlePT>VISITAS A EXPOSIÇÕES DE ARTE</idTitlePT>
5     <idTitleEN>VISITS TO ART EXHIBITIONS</idTitleEN>
6     <section>1</section>
7     <optional>
8       <nextQuestionID>2</nextQuestionID>
9       <nextQuestionSection>1</nextQuestionSection>
10    </optional>
11    <allowMultiselection>>true</allowMultiselection>
12    <descriptionPT>SE É A PRIMEIRA VEZ QUE VISITA UMA EXPOSIÇÃO SOBRE ARTE,
13    QUAL A RAZÃO DE NÃO O TER FEITO ANTES?</descriptionPT>
14    <descriptionEN>IF THIS IS THE FIRST TIME YOU VISIT AN EXHIBITION ON ART,
15    WHY HAVENT YOU DONE IT BEFORE?</descriptionEN>
16    <optionsPT>
17      <option>pouco tempo disponível</option>
18      <option>moro longe de museus</option>
19      ...
20      <option>outra razão</option>
21    </optionsPT>
22    <optionsEN>
23      <option>little time available</option>
24      <option>I live far from museums</option>
25      ...
26      <option>another reason</option>
27    </optionsEN>
28  </question>
29  ...
30 </questionary>

```

Cada resposta ao questionário submetida é então armazenada num ficheiro XML próprio, com uma estrutura diferente da anterior, apresentada em anexo no XML Schema da figura B.5. Através da listagem 4.7, pode-se observar que para cada resposta são

armazenadas as perguntas e as respostas por extenso. Isto deve-se ao facto de o utilizador poder responder ao número de perguntas que entender, assim como ao facto de existirem duas versões do questionário, com respostas diferentes.

Listagem 4.7: Excerto do ficheiro XML onde são organizadas as respostas ao questionário

```

1 <questionary>
2   <userAnswers>
3     <date>21.03.2010 - 16:40</date>
4     <questionAnswer>
5       <question>SE JÁ VISITOU OUTRAS EXPOSIÇÕES DE ARTE, COM QUE
6       FREQUÊNCIA O FEZ, EM MÉDIA?</question>
7       <answer>1 vez por semestre</answer>
8     </questionAnswer>
9     <questionAnswer>
10      <question>QUAL A SUA PRINCIPAL MOTIVAÇÃO PARA A VISITA A ESTA
11      EXPOSIÇÃO?</question>
12      <answer>sou sócio de uma associação de amigos de um museu</answer>
13    </questionAnswer>
14      ...
15    <questionAnswer>
16      <question>QUAL É O SEU GRAU DE INSTRUÇÃO?</question>
17      <answer>Licenciatura (completa)</answer>
18    </questionAnswer>
19  </userAnswers>
20  ...
21 </questionary>

```

Tricotomias Ao contrário dos anteriores, este mecanismo, sob a forma de um jogo, tem como objectivo gerar o debate entre os visitantes, sobre as relações semânticas entre as obras da colecção de arte. O jogo é então constituído por um conjunto de objectos que representam as obras de arte, em que estas formam diversas tricotomias. Como suporte para o jogo, foram então criados os objectos DropBox, que herdaram as características dos objectos do tipo ObjectAction. Com estes objectos, representados visualmente como uma caixa vazia, o utilizador deverá arrastar um objecto representativo de uma obra e largá-lo sobre cada caixa, de forma a preencher todas as caixas exibidas, até que estas formem uma tricotomia válida.

As informações semânticas sobre a definição das tricotomias válidas, são organizadas num ficheiro XML, com uma estrutura apresentada em detalhe, através do seu XML Schema apresentado na figura B.6, no anexo B. Através da listagem 4.8, onde é apresentado um excerto do conteúdo desse ficheiro, é possível verificar que os resultados dos jogos concluídos com sucesso são armazenados no mesmo ficheiro.

Listagem 4.8: Excerto do ficheiro XML onde são organizadas as relações semânticas entre obras

```
1 <trichotomies>
2   <trichotomy>
3     <id>1</id>
4     <objectOne>
5       <id>2</id>
6       <image>images/02_1_REDIM.png</image>
7     </objectOne>
8     <objectTwo>
9       <id>6</id>
10      <image>images/06_1_REDIM.png</image>
11    </objectTwo>
12      <objectThree>
13        <id>31</id>
14        <image>images/31_1_REDIM.png</image>
15      </objectThree>
16    <messagePT>Estas 3 obras estão associadas, porque todas representam
17    a "mulher", em diversas dimensões (como as dimensões
18    sócio-institucional, político-cultural, etc.).
19    </messagePT>
20    <messageEN>These three art works are linked because they all
21    represent the "woman", in several dimensions (such as
22    socio-institutional, political and cultural dimensions, etc.).
23    </messageEN>
24  </trichotomy>
25  ...
26  <highScores>
27    <score>
28      <value>1320</value>
29      <date>30/04/2010 - 12:59:54</date>
30    </score>
31    ...
32  </highScores>
33 </trichotomies>
```

4.5 Informações semânticas e sociais

Como já foi anteriormente referido, todas as informações semânticas associadas à coleção de arte, assim como as informações sociais resultantes da interação dos utilizadores com o sistema, são armazenadas em ficheiros XML.

De forma a permitir a integração desta tecnologia na aplicação desenvolvida, foi implementado um componente denominado XMLdb, encarregue de fornecer as operações necessárias para o carregamento e o armazenamento das informações semânticas e sociais, apresentadas na listagem 4.9.

A implementação teve como base o componente ofxXmlSettings, fornecido pela plataforma openFrameworks, que disponibiliza os mecanismos necessários para a utilização e manipulação de ficheiros XML pelas aplicações.

Listagem 4.9: Código referente ao componente XMLdb

```
1 class XMLdb {
2     ArtCollection *collection;
3     ofxXmlSettings xmlCollection;
4     ofxXmlSettings xmlComments;
5     ofxXmlSettings xmlTags;
6     ofxXmlSettings xmlQuestions;
7     ofxXmlSettings xmlAnswers;
8     ofxXmlSettings xmlTrichotomies;
9
10 public:
11     XMLdb(ArtCollection *collection);
12     virtual ~XMLdb();
13
14     virtual void loadCollection(string file);
15
16     virtual void loadTags(string file);
17     virtual void saveTags(string file);
18
19     virtual void loadComments(string file);
20     virtual void saveComments(string file);
21
22     virtual void loadQuestions(string file);
23     virtual void saveAnswers(string file, Answer *answer);
24
25     virtual void loadTrichotomies(string file);
26     virtual void saveTrichotomies(string file);
27 };
```

4.6 Evolução e adaptação da aplicação

A introdução do dispositivo multimédia na exposição, foi realizada no dia da inauguração da mesma. No entanto, continha algumas restrições a nível de funcionalidades oferecidas, uma vez que ainda existiam algumas características a definir, assim como

alguns conteúdos sobre a colecção de arte em falta. Após algumas reuniões com os vários elementos que participam no projecto, conjuntamente com o Atelier Joana Vasconcelos, foram então mais tarde introduzidas todas as funcionalidades propostas.

Evolução O desenvolvimento do trabalho desta dissertação, teve como base o estudo efectuado e apresentado sobre o trabalho relacionado, no capítulo 2, assim como um esboço inicial do desenho da interface utilizador. O esboço da interface utilizador, apresentado na figura 4.9, resultou das diversas reuniões acima referidas, tendo posteriormente sofrido diversas alterações.



Figura 4.9: Esboço inicial da interface utilizador: representação da colecção de arte (à esquerda), representação das ligações entre as peças (ao centro), interactividade permitida ao utilizador (à direita)

Inicialmente, a disposição das obras por toda a interface utilizador era efectuada de acordo com o mapa da exposição. O utilizador podia activar um filtro que permitia consultar quais as obras que se encontravam no piso superior ou no piso inferior. O filtro a aplicar consistia na exibição de uma imagem da planta do museu, sobreposta às obras. No entanto, dadas certas indefinições sobre as localizações exactas de cada obra, assim como uma fraca percepção do espaço através da planta do museu, este conceito acabou por ser abandonado após algumas reuniões, levando a uma disposição aleatória das obras ao longo da interface utilizador.

Para além da disposição das obras, inicialmente, como se pode verificar na figura 4.9, quando um nó se encontrava no estado de pré-visualização, provocado pela acção de um toque, para além da exibição de uma imagem de maiores dimensões, era também exibido o nome da obra e o conjunto de *tags* mais atribuídas. No entanto, em algumas observações efectuadas ao longo do primeiro mês de interacções, verificou-se

que a exibição do conjunto de *tags* mais atribuídas gerava alguma confusão aos utilizadores, sobretudo aos que apenas interagiam com os nós das obras. Isto porque, a maioria das obras continha as mesmas *tags*, resultante das várias atribuições em que os utilizadores apenas se limitavam a atribuir as *tags* que se encontravam no topo da lista disponível. Desta forma, foi tomada a decisão de abandonar este esquema inicial e trocar o conjunto de *tags* mais atribuídas pelo conjunto de *tags* pré-definidas pela artista.

As restantes alterações efectuadas ao desenho da interface utilizador, dizem respeito ao desenho das janelas interactivas, onde foram aplicadas diversas simplificações de forma a tornar a interface de fácil aprendizagem e utilização, cumprindo assim os requisitos anteriormente apresentados.

Em termos de funcionalidades, a evolução da aplicação desenvolvida divide-se em três fases distintas. Como já referido, a aplicação foi integrada no dispositivo multimédia com algumas limitações. Nesta primeira fase, as funcionalidades oferecidas apenas permitiam aos utilizadores consultar obras, consultar detalhes das obras, manipular conteúdos multimédia, atribuir *tags* e consultar ou adicionar comentários.

Após a definição de algumas características e a disponibilização da maioria dos conteúdos sobre a colecção de arte, foram então introduzidas novas funcionalidades. Na segunda fase da evolução da aplicação, foi introduzida a funcionalidade que diz respeito ao questionário, mas numa versão de teste, que permitiu analisar a receptividade dos utilizadores e os tempos médios de resposta ao questionário. Foi também introduzida a funcionalidade que permite a exploração da colecção de arte, através das relações existentes entre obras e *tags*. Ainda nesta fase, foi introduzido o mecanismo de *logging* que permitiu registar o número de toques diários, assim como o comportamento da aplicação, uma vez que esta demonstrou uma instabilidade inicial.

Numa terceira e última fase, e após definição de todas as características adjacentes às diversas funcionalidades oferecidas, foi introduzida a versão final da funcionalidade que diz respeito ao questionário, assim como a funcionalidade do jogo sobre as relações semânticas entre as obras. Nesta última fase, foi também introduzido o mecanismo de *logging* que permitiu registar as interacções dos utilizadores e que serviu de suporte para uma análise de interacções, apresentada no próximo capítulo.

Adaptação Após a construção do dispositivo multimédia a instalar no museu, foram efectuados vários testes de interacção tanto com o dispositivo, como com a aplicação desenvolvida. Os testes efectuados basearam-se sobretudo no comportamento dos componentes de detecção de eventos multitoque, assim como no comportamento da aplicação face a esses eventos. Estes testes serviram também para uma análise à

qualidade da visualização da informação exibida. Com base nos resultados obtidos, foi necessário adaptar a aplicação às características físicas do dispositivo.

Um dos principais problemas detectados nos testes efectuados, foi a resolução de imagem da projecção, com dimensões de 1024x768 pixels. Devido a esta resolução, foram efectuados diversos ajustes ao desenho da interface utilizador. A imagem projectada era de grandes dimensões (133x100 cm), sendo que cada pixel era demasiado visível, o que causava uma grande distorção na imagem projectada. Este problema era agravado com a proximidade dos utilizadores para com a superfície de interacção. Desta forma, foram efectuadas várias alterações tipográficas com o intuito de escolher a fonte mais adequada para os vários tipos de texto exibidos. Foi então escolhida a fonte ITC Avant Garde para títulos e botões de interacção e, a fonte Arial Regular para textos. Para ambas foi necessário efectuar ajustes de *kerning*. Em termos de dimensões, foi necessário limitar as áreas de selecção ou toque, a uma área de interacção mínima de 2x2 cm.

Outro dos principais problemas detectados, estava directamente relacionado com as dimensões físicas do dispositivo multimédia. Isto é, uma vez que a altura do dispositivo era um pouco elevada, a maioria dos utilizadores teria tendência em apoiar os braços nas extremidades da mesa, o que iria interferir com a interacção, causando detecções inesperadas para o utilizador. Desta forma, foram definidos limites de interacção com uma margem de cerca de 5 cm, para cada extremidade.



Avaliação

Neste capítulo apresenta-se o trabalho efectuado para avaliação da solução implementada, dividido em três secções que correspondem aos três estudos efectuados. A secção inicial apresenta uma análise sobre as interacções dos utilizadores, com base numa avaliação quantitativa. De seguida, é apresentada uma análise sobre a introdução do sistema implementado no museu, assim como uma análise de usabilidade, com base numa avaliação quantitativa e qualitativa. Na terceira e última secção do capítulo, é apresentada uma análise sobre o comportamento e as interacções dos utilizadores com a solução implementada, através de uma avaliação efectuada a partir da observação de utilizadores.

O sistema foi introduzido na exposição, durante o período que decorreu entre 1 Março e 18 de Maio de 2010. A exposição contou com cerca de 175 mil visitantes. O sistema esteve ao dispor de todos os visitantes do museu, sem qualquer tipo de interferência nas interacções dos utilizadores.

5.1 Análise de interacções

Como base para uma análise de interacções, foi utilizado um mecanismo de *logging* que permitiu registar as interacções dos utilizadores. Desta forma, foram então registadas as acções que permitem consultar os conteúdos das obras de arte, assim como as acções que envolvem os mecanismos de participação disponibilizados. Foi utilizado também um mecanismo de *logging* auxiliar que permitiu registar diariamente o número de toques resultantes da interacção com a interface.

5.1.1 Resultados

Com o registo diário do número de toques foi possível observar a aceitação/interesse dos visitantes do museu para com interface. Ao longo de 47 dias, este mecanismo registou em média cerca de 33.971 toques diários, num total de 1.596.639 toques. O número máximo de toques foi registado no último fim-de-semana da exposição, onde foram efectuados 63.928 toques, num único dia. Já o número mínimo de toques foi registado num dia atípico da exposição, uma vez que coincidiu com um feriado concedido pelo governo, onde se registaram apenas 12.653 toques.

O registo das interações dos utilizadores foi efectuado nos últimos quinze dias da exposição. Este registo permitiu analisar a forma como os visitantes do museu utilizaram as funcionalidades da interface. Os resultados, relativos a estes quinze dias, são apresentados de seguida:

- **Consultar obra:** operação efectuada num total de 6.873 vezes.
- **Consultar detalhes:** apenas em 1.883 consultas de uma obra, foram consultados os textos relacionados com a obra.
- **Atribuir tags:** acedida cerca de 496 vezes, foram atribuídas 157 *tags*.
- **Explorar tags:** das 3.646 consultas às obras relacionadas com uma *tag*, em cerca de 1.565 foram exploradas outras obras com a mesma *tag*.
- **Comentários:** em 925 consultas de comentários, apenas foram adicionados 195 comentários.
- **Tricotomias:** acedida cerca de 640 vezes, apenas 25 utilizadores concluíram o jogo com sucesso.
- **Questionário:** das 478 vezes que acederam à janela do questionário, apenas foram submetidas 129 respostas.

O elevado número de consultas a uma obra em comparação com o número de vezes que as funcionalidades oferecidas foram executadas, permite concluir que a maioria das consultas a uma obra foram efectuadas apenas por curiosidade. Este acontecimento pode ter sido causado pelo elevado número de visitantes da exposição. No entanto, o facto dos objectos multimédia que representam uma obra serem manipuláveis pode ter sido uma forte influência para tal. A fraca utilização dos mecanismos de participação demonstra que o tempo médio despendido por um utilizador era relativamente baixo. Mais uma vez, o elevado número de visitantes na exposição pode ter

influenciado os utilizadores a abandonarem a mesa sem que conseguissem explorar por completo as suas funcionalidades.

As funcionalidades mais utilizadas foram "Consultar detalhes" e "Explorar tags", em que nas 6.873 consultas registadas, apenas num terço dos utilizadores consultaram os textos relacionados com a obra. Por outro lado, o elevado número de utilizações da funcionalidade "Explorar tags" em detrimento das restantes funcionalidades, pode estar relacionado com a indicação existente da força da relação entre uma *tag* e a obra consultada, que se destacava visualmente da interface.

Estes registos permitiram também identificar quais as obras mais consultadas, assim como analisar a relação entre estas e os conteúdos resultantes da participação dos utilizadores. As obras mais consultadas são as que contêm mais participação, ou seja, contêm mais comentários e um maior número de atribuições de *tags*.

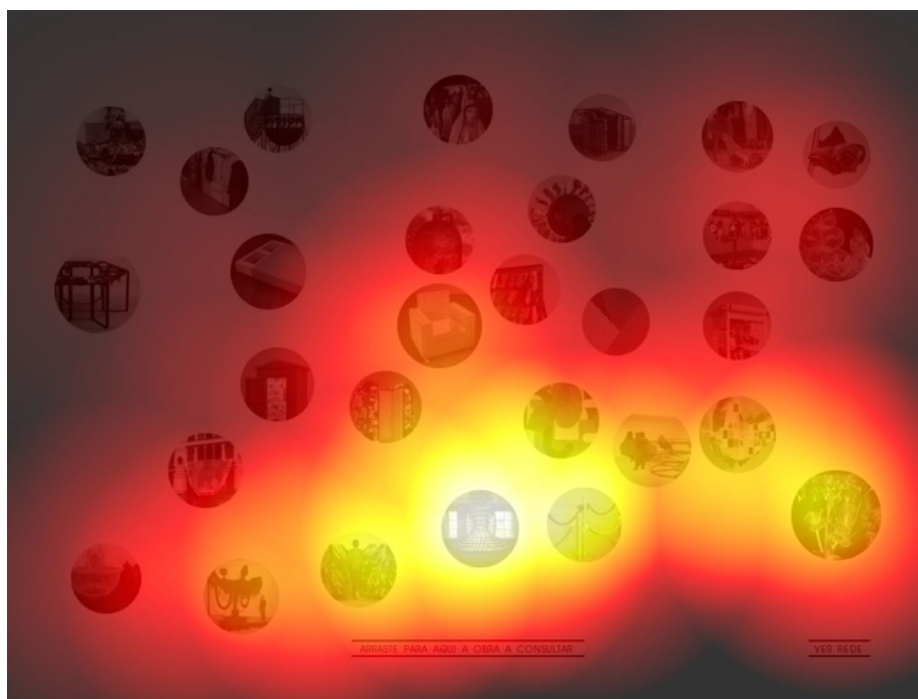


Figura 5.1: Mapa de calor referente às consultas de obras

Com o registo do número de consultas a cada obra, foi construído um mapa de calor apresentado na figura 5.1. Este mapa de calor permite analisar a existência de uma relação directa entre as dimensões da interface e as obras que mais impacto tiveram para os visitantes do museu. Como se pode verificar na figura 5.1, as obras mais consultadas estavam mais próximas da área de interacção. No entanto, verifica-se uma excepção numa das obras que se encontra no canto inferior direito da interface, afastada da área de interacção. Uma das razões para esta excepção deve-se ao facto de esta obra, para além de ter um impacto visual bastante forte para o visitante, ser uma das

últimas obras da colecção que se encontrava relativamente próxima da sala onde foi instalado o dispositivo multimédia.

Resultados das interacções O mapa de calor anteriormente apresentado permitiu observar quais as obras mais consultadas pelos utilizadores. No entanto, este foi elaborado com base num registo das interacções efectuado durante um período de quinze dias e a partir do número de consultas efectuadas a cada obra.

Como referido no capítulo anterior, os dados resultantes das interacções dos utilizadores foram armazenados durante todo o período em que decorreu a exposição, o que perfaz um total de 158 *tags*, 916 comentários e 461 respostas ao questionário. Os resultados obtidos dessas interacções são apresentados em maior detalhe no anexo C.

Analisando os dados referidos, assim com os mapas de calor criados para os diferentes conteúdos (figuras C.1, C.2 e C.3 em anexo), é possível verificar que existe um padrão semelhante ao do mapa anteriormente apresentado. Ou seja, tanto no registo de todas as interacções, efectuado durante o período de quinze dias, como no registo de todas as informações, efectuado ao longo da duração da exposição, verifica-se que as obras mais próximas da área interactiva, são também as obras que contêm um maior número de conteúdos. A excepção anteriormente verificada, relativa à obra que se encontrava mais afastada da área de interacção, é confirmada e justificada através do mapa de calor referente aos comentários atribuídos (figura C.3), em que se verifica que esta foi a obra com o maior número de comentários atribuídos.

5.2 Inquérito aos utilizadores

Uma vez que a solução implementada foi introduzida numa exposição de um museu, a avaliação do trabalho foi efectuada no próprio local, de forma a obter resultados directamente do público alvo e assim avaliar o seu sucesso. Para tal, esta avaliação consistiu na elaboração de inquéritos efectuados a visitantes utilizadores da solução. A abordagem seguida permite analisar a introdução da tecnologia no museu, a receptividade dos utilizadores e a usabilidade da solução implementada.

O questionário utilizado para o inquérito aos utilizadores está dividido em duas partes, em que uma está directamente relacionada com o utilizador inquirido e a outra incide sobre a opinião dos utilizadores na utilização da solução implementada. As perguntas que constituem a primeira parte do questionário visam traçar o perfil do utilizador, assim como determinar até que ponto a familiarização com as novas tecnologias pode influenciar a utilização da solução implementada. Relativamente à segunda parte do questionário, são apresentadas perguntas que visam a avaliação geral

da solução, assim como a sua usabilidade, através da classificação de afirmações para uma análise quantitativa e através de resposta aberta para uma análise qualitativa.

A versão completa do questionário utilizado nesta avaliação encontra-se no anexo D, tendo sido adaptado de um modelo de questionário utilizado para a comparação e avaliação de usabilidade de interfaces tangíveis [BCC⁺05].

5.2.1 Resultados

Os inquéritos efectuados realizaram-se durante o período que compreendeu os últimos quinze dias da exposição. O critério de selecção utilizado diz respeito ao tempo médio de utilização do sistema, em que cada utilizador inquirido teria de interagir um tempo médio superior a 2 minutos. Os inquéritos foram realizados no período da tarde, entre as 15 e as 19 horas, todos os dias da semana. Os resultados obtidos através do inquérito aos utilizadores são apresentados em maior detalhe no anexo E.

Utilizador Em cerca de 88 tentativas de inquérito, apenas um utilizador se recusou a responder ao inquérito, o que perfaz um total de 87 inquéritos respondidos. Neste conjunto cerca de 59% são do sexo feminino e os restantes 41% do sexo masculino. A idade dos inquiridos está compreendida entre a faixa etária dos 10 aos 19 anos e a faixa etária dos 60 aos 69 anos, em que cerca de 46% dos inquiridos pertence à faixa etária dos 20 aos 29 anos. Outra das características utilizadas para traçar um perfil do utilizador, foi o grau de instrução, em que mais de metade dos inquiridos possui um grau de instrução superior ao ensino secundário. Isto é, cerca de 34,5% respondeu possuir uma Licenciatura, outros 21,8% responderam Pós-Graduação/Mestrado e cerca de 17,2% têm frequência universitária. Relativamente à familiarização com as novas tecnologias de informação, 97,7% dos inquiridos respondeu estar familiarizado e a utilização diária do computador, do telemóvel e da internet foi destacada em mais de 90% dos casos. Por outro lado, cerca de 75,86% dos inquiridos afirmou raramente, ou nunca, utilizar uma consola de jogos.

Aspectos Gerais Relativamente aos aspectos gerais sobre a solução implementada, foi pedido aos utilizadores para classificarem três afirmações. A primeira afirmação diz respeito à satisfação da utilização da solução implementada. Cerca de 55,17% dos inquiridos concordou com a afirmação, face ao 1,15% dos inquiridos que discordaram. Quanto à afirmação relativa à facilidade da aprendizagem na utilização da solução, cerca de 51,72% dos inquiridos concordaram com tal afirmação. Por último, cerca de 44,83% concordaram com a afirmação sobre a facilidade de utilização da solução implementada. Durante a realização do inquérito aos utilizadores, foi observado

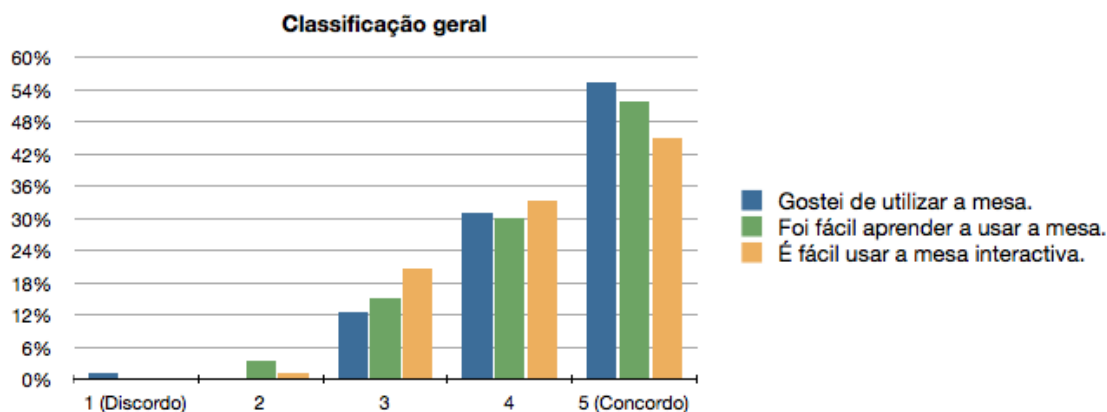


Figura 5.2: Resultados da classificação dos utilizadores sobre aspectos gerais

em várias ocasiões que estas duas últimas afirmações geravam alguma confusão na interpretação das mesmas. Na figura 5.2 é apresentado um gráfico com os resultados obtidos na classificação referida.

Usabilidade De forma a avaliar a usabilidade da solução implementada, foi igualmente pedido aos utilizadores para classificarem um conjunto de afirmações relacionadas com o comportamento da interface. O gráfico exibido na figura 5.3 apresenta os resultados obtidos nas diferentes afirmações. Como se pode verificar, ao contrário das afirmações anteriores, a maior parte dos inquiridos optou por classificar as afirmações num nível intermédio, entre o neutro (equivalente ao número 3) e o concordo (equivalente ao número 5), o que resulta num saldo positivo. Em geral, os utilizadores que se mostraram desagradados com o comportamento da interface e com a interação, representam um baixo número de inquiridos, em que apenas em duas afirmações ultrapassam o valor dos 10%, numa classificação intermédia entre o discordo (equivalente ao número 1) e o neutro. Apenas 2,3% dos inquiridos discordou com a afirmação relativa à velocidade da reacção da interface face aos movimentos do utilizador e, outros 3,45% relativamente à afirmação sobre se a superfície de interacção facilitava a utilização da solução implementada.

Adicionalmente, foi também pedido aos utilizadores para classificarem a facilidade de execução das funcionalidades oferecidas. Como se pode verificar pelo gráfico na figura 5.4, a maioria dos utilizadores não executou a totalidade das funcionalidades oferecidas, tendo sido apenas registado 3 casos em que todas as funcionalidades foram executadas. A funcionalidade mais executada foi a consulta de textos associados a uma obra, a par da funcionalidade de consulta dos conteúdos associados a uma obra, que consistia em arrastar uma obra para a área interactiva. Apesar de algumas dificuldades apontadas pelos inquiridos relativamente às operações de *dragging*, cerca

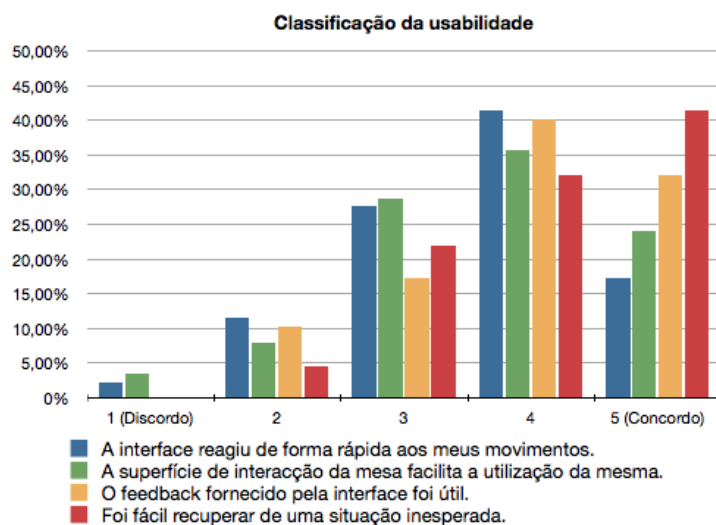


Figura 5.3: Resultados da classificação dos utilizadores sobre a usabilidade da solução

de 52,87% dos inquiridos classificou a operação como de fácil execução (nível 5), ao contrário da funcionalidade de consulta de textos, a mais executada, em que a classificação quanto à facilidade de execução se dividiu entre o nível 4 e o nível 5. A alta percentagem de não utilização de funcionalidades, tais como reprodução de vídeos e manipulação de imagens, poderá estar relacionada com o facto de estes serem exibidos como uma pilha de elementos multimédia, em que era necessário executar um número mínimo de operações de manipulação, de modo a que todos os elementos ficassem totalmente visíveis e acessíveis. Por outro lado, os resultados demonstram que a maioria dos utilizadores deu preferência à consulta de informações detalhadas sobre as obras, complementares às existentes ao longo da exposição.

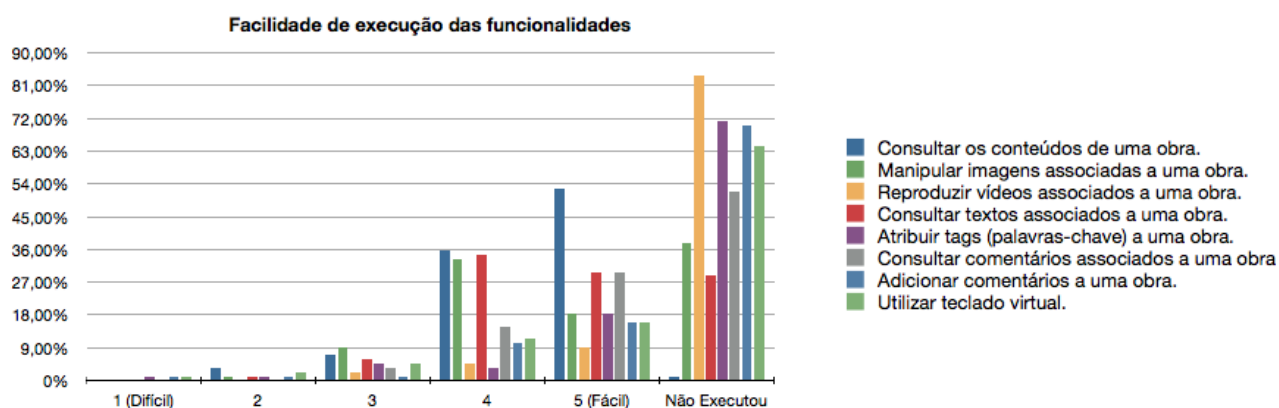


Figura 5.4: Resultados da classificação dos utilizadores sobre a facilidade de execução

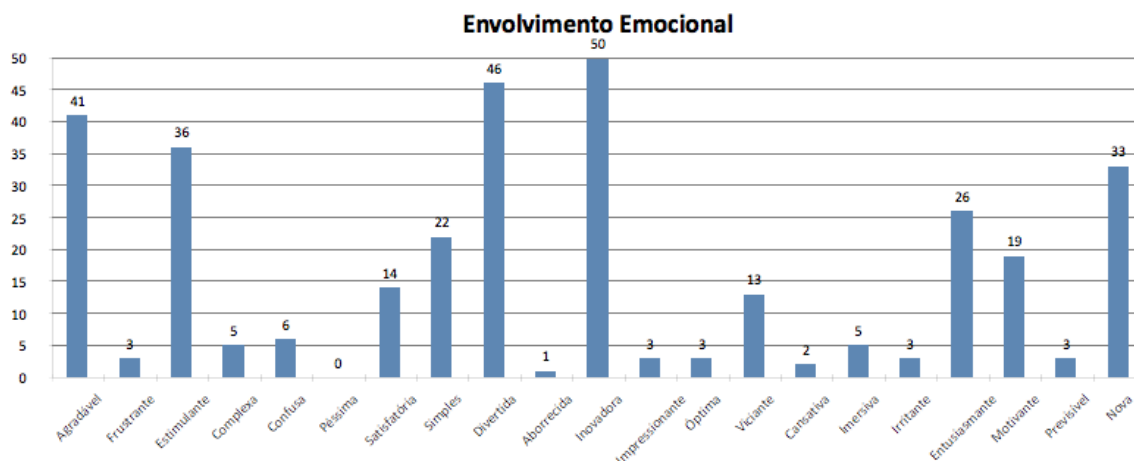


Figura 5.5: Resultados da classificação dos utilizadores sobre a envolvente emocional

Envolvente emocional De seguida, foi pedido aos utilizadores que escolhessem a partir de um conjunto de expressões, as que melhor definissem a sua experiência na utilização da solução implementada. No gráfico apresentado na figura 5.5, são visíveis todas as escolhas efectuadas pelos inquiridos, com destaque para as expressões inovadora, divertida e agradável, em que cada uma foi escolhida num número de vezes total superior a 40. Por outro lado, há que destacar também as expressões menos positivas, tais como, aborrecida, frustrante, confusa e complexa, entre outras, que obtiveram um número total de escolhas inferior a 6. A escolha destas últimas expressões está directamente relacionada com as dificuldades apontadas por alguns utilizadores, na interacção com a solução implementada, ainda que em menor número. Desta forma, alguns utilizadores optaram por escolher expressões opostas, como por exemplo, o caso de um utilizador que classificou a sua experiência como estimulante devido à tecnologia utilizada e frustrante por apontar algumas dificuldades na interacção com esta.

Sugestões e comentários De forma a realizar uma análise qualitativa que complementasse os resultados quantitativos do inquérito aos utilizadores, foi sugerido ao utilizador no final do inquérito para indicar as suas sugestões, bem como os comentários quanto à solução implementada. Dos 87 inquiridos, apenas 44 indicaram sugestões e comentários.

Em geral, as sugestões e comentários indicados pelos inquiridos demonstram uma boa receptividade quanto à introdução da tecnologia no museu. Alguns utilizadores sugeriram a utilização e a introdução de tecnologia semelhante em mais exposições, indicando que é uma boa forma para todos os visitantes de um museu se familiarizem com as novas tecnologias, assim como agradável de ver numa exposição mais estática. Outros utilizadores indicaram que deveriam existir mais dispositivos semelhantes ao

longo do museu e não apenas no final de uma exposição, como era o caso da solução implementada, introduzida numa sala própria, no final da exposição.

No entanto, uma grande parte dos comentários indicaram algumas dificuldades encontradas, assim como alguns aspectos a corrigir. As principais dificuldades apontadas pelos inquiridos, dizem respeito às dimensões físicas do dispositivo multimédia, à qualidade de imagem da projecção e à sensibilidade ao toque.

Relativamente às dimensões do dispositivo, a maioria dos inquiridos classificaram-nas como inadequadas para um espaço público, onde alguns utilizadores de estatura mais baixa teriam muita dificuldade em interagir com o dispositivo, assim como utilizadores de acessibilidade reduzida. Quanto à qualidade de imagem da projecção, a maioria dos inquiridos apontou-a como uma das principais dificuldades na interacção, uma vez que tinham alguma dificuldade em identificar algumas obras. Este factor foi também associado às dimensões físicas do dispositivo, devido à proximidade do utilizador com a superfície de projecção. Outra das dificuldades apontadas pelos inquiridos diz respeito à sensibilidade do toque e à superfície de interacção. Cerca de um terço dos comentários indica algum desagrado com a dificuldade em interagir com a mesa por, segundo alguns inquiridos, ser necessário efectuar gestos com alguma força, em comparação com a interacção com um Apple iPhone, onde a força exercida é mínima.

Quanto a alguns aspectos a corrigir, estes estão directamente relacionados com o desenho da interface de utilizador, sendo que alguns inquiridos indicaram a utilização de demasiados cinzentos em contraste com uma exposição bastante colorida. Por outro lado, existem alguns comentários em que os utilizadores sugerem a criação de várias zonas de acesso à informação e outros que indicaram informação visual em excesso, o que tornava a interacção confusa. Outro dos aspectos mais importantes a corrigir, é a falta de ajuda ou de mecanismos que facilitem a interacção e a percepção das funcionalidades disponíveis. Apesar de na estrutura física do dispositivo multimédia estarem afixadas as instruções básicas para interacção, os utilizadores indicaram a falta dessas instruções durante a interacção.

As restantes sugestões e comentários dizem respeito a questões de logística e alguns utilizadores mostraram-se desagradados com o excesso de público verificado, o que impedia uma utilização completa da solução implementada. Alguns visitantes sugeriram a utilização de vários dispositivos semelhantes ou a limitação do número de visitantes, de forma a contornar esta situação. Por último, alguns visitantes demonstraram desagrado pelo facto de nem todas as obras disponibilizarem por completo as informações respectivas, mais propriamente os textos descritivos.

5.3 Observação de utilizadores

Outra das abordagens utilizadas para a avaliação da solução implementada, foi a observação de utilizadores, também realizada no local da exposição. Esta abordagem permite analisar o tipo de utilização, bem como as formas de interacção e o comportamento dos utilizadores ao interagir com a solução implementada.

De forma a orientar o observador e facilitar as anotações, foi elaborado um formulário de observação, apresentado no anexo F. Tal como o questionário utilizado para o inquérito aos utilizadores, o formulário de observação está dividido em duas partes, em que uma está directamente relacionada com a informação pessoal do utilizador e a outra está relacionada com as funcionalidades oferecidas pela solução implementada e com o comportamento do utilizador.

5.3.1 Resultados

As observações efectuadas realizaram-se, igualmente, durante o período que compreendeu os últimos quinze dias da exposição, sem perturbar a realização do inquérito aos utilizadores. Realizadas por três observadores diferentes, as observações foram realizadas no período da tarde, entre as 15 e as 19 horas. A razão pela qual se realizaram as observações neste período específico do dia, prende-se com o facto de nos restantes períodos em que o museu permanecia aberto, se verificar um excesso de público provocado por diversos grupos de visitantes.

Algumas observações iniciais permitiram concluir que quanto maior o número de visitantes na exposição, menor o tempo despendido na visita, uma vez que se sentiam forçados a abandonar os locais onde paravam para observar ou interagir com a exposição. Por outro lado, a maioria das visitas em grupo utilizavam a sala onde foi introduzida o dispositivo multimédia, para se reorganizarem antes de prosseguirem para uma nova exposição. Neste último caso, a grande maioria dos visitantes não interagiu com o dispositivo.

As observações foram efectuadas a uma certa distância do dispositivo, onde eram visíveis todas as interacções do utilizador, de forma a não perturbar a interacção e minimizar uma eventual hipótese de este se sentir observado. Os resultados obtidos através da observação de utilizadores são apresentados em maior detalhe no anexo G.

Utilizador Foram efectuadas observações a um total de 106 utilizadores, em que cerca de 50,9% dos utilizadores são do sexo feminino e os restantes 49,1% do sexo masculino. A idade aparente dos utilizadores observados está compreendida entre a faixa

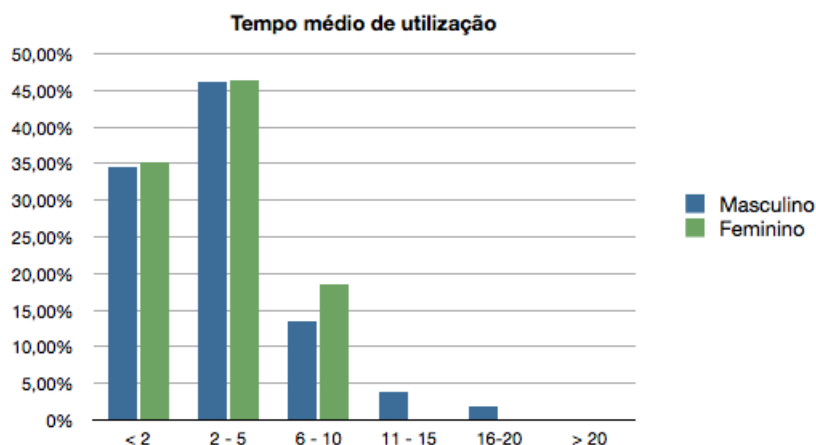


Figura 5.6: Tempo médio de utilização despendido pelos utilizadores

etária dos 10 aos 19 anos e a faixa etária dos 70 aos 79 anos, em que cerca de 39% pertence à faixa etária dos 20 aos 29 anos. O tempo médio de utilização está compreendido entre os 0 e os 20 minutos, sendo que cerca de 46% dos utilizadores interagiu com o sistema entre 2 a 5 minutos. Como se pode observar pelo gráfico apresentado na figura 5.6, a distribuição do tempo de utilização é semelhante entre os dois géneros. No entanto, verifica-se que os utilizadores do sexo masculino despenderam mais tempo, mas apenas 1,92% destes se situam no intervalo de tempo entre os 16 e os 20 minutos. Relativamente ao tempo de aprendizagem, cerca de 46% dos utilizadores observados necessitou de pouco tempo.

De uma forma geral, em termos de interacção com a interface, a maioria dos utilizadores efectuou um conjunto de gestos combinados pela utilização de apenas uma mão e um dedo, em que poucos foram os utilizadores que exploraram a capacidade multitoc pelo dispositivo. Por outro lado, mais de metade dos utilizadores observados demonstraram um comportamento colaborativo durante a interacção com o dispositivo.

Exploração de colecção de arte Quanto às operações relativas à exploração de colecção de arte, no total das 106 observações, apenas cerca de 103 foram correctamente anotadas, donde 93 correspondem a anotações sobre a execução das operações referidas. As operações relativas à exploração de colecção de arte dizem respeito à operação de navegação entre as associações de *tags*, tendo sido observadas cerca de 38 execuções, e à exploração da colecção arrastando o nó de uma obra para a área interactiva, com a execução registada em cerca de 90 observações.

Um terço das operações de exploração através da navegação por *tags* foi registado como execução em jeito de curiosidade por parte do utilizador, sendo que na maioria desses casos os utilizadores demonstraram agrado e interesse na possibilidade de explorar toda a colecção de arte através das associações entre obras e *tags*. Em alguns casos foi também observado a navegação por *tags* como primeira reacção do utilizador, após se deparar com a janela de interacção aberta à sua chegada.

Quanto à exploração da colecção de arte, arrastando os nós das obras para a área interactiva, foram observadas e anotadas algumas dificuldades na execução desta operação, sendo que a maioria das dificuldades estavam directamente relacionadas com os nós das obras mais afastados da área interactiva. Por outro lado, foram observados alguns casos em que os utilizadores interagiam por curiosidade com os diversos nós das obras, de forma a observar os nomes, as *tags* e as ligações entre as obras. Por vezes, ao aproximarem para si os nós, entravam na área interactiva e activavam a janela interactiva principal de forma accidental.

Relativamente ao comportamento dos utilizadores face a algumas dificuldades em executar as operações referidas, foram observados vários tipos de gestos para interagir e explorar a colecção de arte. Um desses gestos foi observado numa situação em que a janela interactiva estava aberta, o que ocultava a barra que assinala a área de interacção e indica a acção necessária para consultar os conteúdos de uma obra. Deparado com esta dificuldade, o utilizador decidiu tocar duas vezes seguidas no nó da obra, esperando assim que essa acção activasse a janela de consulta da obra em causa. Um outro tipo de gestos observado, consistia na interacção com a barra referida, onde num dos casos observados, o utilizador tocou várias vezes na barra, até perceber que teria de arrastar um nó para aquela área. Noutro caso semelhante, o utilizador percorreu toda a barra e seguiu em direcção ao nó da obra pretendida para consulta, sem deixar de tocar a superfície de interacção.

Consulta de conteúdos associados a uma obra Por consulta de conteúdos associados a uma obra entende-se o conjunto de operações que permitem a consulta de textos, a manipulação de imagens e a reprodução de vídeos associados a uma obra. A execução deste conjunto de operações foi observada num total de 73 vezes, sendo que nas restantes 23 observações os utilizadores não executaram qualquer operação deste conjunto. Das 73 observações, a execução da operação de consulta de textos foi observada cerca de 52 vezes, a operação de manipulação de imagens 41 vezes e a reprodução de vídeos cerca de 14 vezes.

Quanto às anotações efectuadas sobre as execuções observadas, mais de metade indicam que os utilizadores que manipularam as imagens apenas afastaram ou tocaram

algumas imagens por curiosidade, não tendo sido observada nesses casos, a aplicação de operações de rotação ou escala. Foram também registados dois casos em que os utilizadores aplicaram as diferentes operações de manipulação de imagens, mas não por iniciativa própria. Num dos casos, o utilizador apenas aplicou as operações de manipulação após a indicação de outro utilizador, demonstrando agrado com o resultado obtido. No outro caso, o utilizador ao aproximar-se do dispositivo, deparou-se com a janela interactiva aberta e com as imagens espalhadas ao longo da janela, o que fez perceber que poderia manipular as imagens, tendo dedicado algum tempo com a aplicação das operações.

Tal como indicado pela avaliação apresentada na secção anterior, também na observação de utilizadores se verificou que a consulta de textos associados a uma obra, foi a operação mais executada. No entanto, durante a observação da execução desta operação foram notadas algumas dificuldades por parte dos utilizadores, no que diz respeito à manipulação dos textos através dos botões indicados para a aplicação das operações de *scroll*. Este problema poderá estar directamente relacionado com as dimensões dos mesmos, apesar da área de interacção respeitar a área mínima referida no capítulo anterior. No entanto, existiu alguma dificuldade na precisão da detecção do toque em determinados pontos da superfície de interacção, sendo este problema por vezes provocado por uma maior iluminação ambiente. Por outro lado, algumas anotações indicam que utilizadores procuraram manipular os textos directamente, ignorando a existência dos botões referidos.

Quanto à reprodução de vídeos, esta foi das operações menos executadas, talvez por a maioria dos vídeos se encontrarem no fundo de uma pilha de elementos multimédia, em que era necessário afastar os restantes elementos para visualizar o vídeo na sua totalidade. Por outro lado, há a considerar o facto de que a maioria dos utilizadores terem dado preferência à consulta de mais informações, através da consulta de textos.

Atribuição de *tags* a uma obra As operações que constituem a atribuição de *tags* a uma obra, foram as operações menos observadas, uma vez que no total das 106 observações, foram registadas 10 execuções e 96 não execuções. Das 10 execuções observadas, apenas em 5 foi observada a introdução de uma nova *tag* pelo utilizador.

Em metade das observações em que foram executadas as operações referidas, os utilizadores acederam à janela de interacção correspondente mas não atribuíram nenhuma *tag*. Existiram casos onde os utilizadores demonstraram algum desinteresse, outros onde não entenderam o conceito e outros que apenas observaram a janela ou consultaram as *tags* existentes.

As principais dificuldades observadas dizem respeito à interpretação do desenho da janela interactiva correspondente e à interacção com o teclado. Isto é, a janela de interacção contém dois botões de tamanhos e funcionalidades diferentes e que se encontram afastados, em que um é utilizado para a introdução de uma nova *tag* (botão "Ok") e o outro para submeter as *tags* seleccionadas para atribuição (botão "Submeter"). Como se pode verificar pela figura 3.6 apresentada na secção 3.4, o botão "Ok" encontra-se próximo do campo de texto dedicado à introdução de novas *tags* e o botão "Submeter" no canto inferior direito da janela interactiva. Estes dois botões geraram alguma confusão, tendo sido observada diversas vezes a utilização do botão "Ok" para submeter as *tags* seleccionadas ao invés do botão "Submeter". Esta confusão pode estar directamente relacionada com o posicionamento do botão "Submeter", uma vez que a maioria dos utilizadores apoiava um dos braços sobre a estrutura da mesa, o que poderia afectar o campo de visão. Outra dificuldade observada diz respeito à utilização do teclado na introdução de uma nova *tag*. Alguns utilizadores, após escreverem a *tag* pretendida, pressionavam a tecla "Enter" ao invés do botão "Ok", para adicioná-la à lista de *tags* existentes. Esta dificuldade poderá estar relacionada com o aspecto do teclado utilizado, uma vez que seguia as linhas de um teclado convencional. Os utilizadores familiarizados com o uso de computadores, trouxeram para a interacção com a solução implementada, o gesto habitual de introduzir dados pressionando a tecla "Enter". Este comportamento foi também observado em [Hor08], onde os utilizadores familiarizados com as novas tecnologias, ao reconhecerem símbolos habituais, tendiam a interagir com estes de forma semelhante.

Um outro caso, onde mais uma vez se observou uma problema relativamente ao desenho da interface de utilizador, está relacionado com a operação de atribuição de *tags*, uma vez que após concluída a operação não era exibido nenhuma mensagem ou animação, o que levou um utilizador a submeter diversas vezes a mesma *tag*, por esta não estar visível na lista de *tags* atribuídas à obra em questão, ordenada alfabeticamente.

Comentários Quanto às operações relativas aos comentários associados a uma obra, no total das 106 observações efectuadas, apenas em 34 foram observadas a execução dessas operações. Das 34 execuções registadas, em cerca de 32 foram anotadas as acções de consulta de comentários associados a uma obra e em 15 foram anotadas as acções que permitiam adicionar um novo comentário a uma obra.

No que diz respeito à operação de consulta de comentários associados a uma obra, não foi notada qualquer dificuldade na interacção dos utilizadores. Já na execução da operação que permite adicionar comentários a uma obra, foram registadas algumas dificuldades na interacção com o teclado. As principais dificuldades residiram em torno da activação/desactivação do teclado virtual.

A activação do teclado era efectuada através do toque na área de um campo de texto, sendo que a desactivação era efectuada através do toque numa tecla própria, existente no teclado. No entanto, alguns utilizadores demonstraram dificuldades em activar o teclado. A maioria, por vezes, acabava por activar o teclado acidentalmente ou em último caso, através de um número sucessivo de toques por toda a janela. Num dos casos acidentais observados, o utilizador desistindo já da execução da operação, encontrava-se a arrastar um nó de uma obra a consultar mas que entretanto tinha perdido o *tracking* do toque, acabando por ser detectado um novo toque dentro da área de interacção do campo de texto. Num outro caso, o utilizador ao deparar-se com tal dificuldade em activar o teclado, interrompeu a interacção para ler as instruções afixadas na estrutura do dispositivo. Ao conseguir activar o teclado, durante a sua utilização tornou a demonstrar alguma dificuldade, neste caso, em desactivar o teclado para submeter o comentário. Posto isto, o utilizador acabou por cometer um erro, fechando a janela ao invés do teclado, o que o fez mostrar alguma frustração que resultou no abandono do dispositivo de seguida. Por outro lado, durante as observações realizadas foi registado um caso interessante de um utilizador que interagiu com o teclado, utilizando as duas mãos, como se de um teclado tradicional se tratasse. No entanto, no final demonstrou dificuldade em desactivar o teclado.

Estas dificuldades encontradas sobre como desactivar o teclado, devem-se ao facto de este sobrepor o botão que permite submeter os comentários, sendo este último visível em parte, o que poderia gerar confusão ao utilizador que por vezes acabava por cometer um erro ao encerrar a janela interactiva.

Quanto às dificuldades encontradas na activação do teclado, estas estão directamente relacionadas com o facto de não existir nenhuma indicação visual com acção necessária. No entanto, os utilizadores familiarizados com tecnologias multitoque rapidamente activavam o teclado, sem demonstrar qualquer tipo de hesitação.

Questionário Das 106 observações realizadas, foram registados cerca de 16 execuções do conjunto de operações relacionadas com a utilização do questionário. No entanto, em cerca de 15 observações onde não foram executadas as operações, os utilizadores observados acederam à janela do questionário e encerraram-na logo de imediato, não chegando sequer a responder uma única vez e por vezes demonstrando algum desinteresse. Por outro lado, em algumas situações observadas os utilizadores responderam propositadamente mal, sendo que alguns submetiam as suas respostas e outros optavam por abandonar o dispositivo. Foi também registado um utilizador que, ao aceder à janela interactiva destinada ao questionário, comentou com o seu acompanhante que já teria respondido ao inquérito em papel, que estava a ser efectuada em

simultâneo à porta do museu, para o estudo do projecto onde se insere o trabalho desta dissertação.

Tricotomias O jogo das relações semânticas entre obras foi executado em cerca de 16 observações, sendo que em todas elas, foi registado um comportamento colaborativo entre grupos de utilizadores que pretendiam resolver o desafio proposto. Em algumas observações verificaram-se incentivos por parte do pai para com os filhos, de forma a que estes jogassem em conjunto. Para além deste tipo de comportamento, o jogo gerou o debate entre vários utilizadores, sobre as possíveis relações entre obras, assim como a interpretação das mensagens exibidas aquando da definição de uma tricotomia válida. Foram também observados utilizadores que demonstraram grande interesse sobre o desafio proposto, tendo executado o jogo diversas vezes de forma a completar todos os níveis de dificuldade.

Em termos de dificuldades registadas, estas dizem respeito à percepção das interacções necessárias para completar o desafio proposto, assim como à identificação de algumas obras. Quanto à dificuldade na percepção das interacções necessárias, foram notados dois tipos de casos, um em que o utilizador demorou algum tempo a entender o conceito e as acções necessárias e outro que apesar de ter entendido o conceito e as acções necessárias, demonstrou alguma confusão na forma como interagir, uma vez que ao invés de escolher uma imagem da lista de obras para resolver o desafio, optou por arrastar um nó de uma obra para dentro da janela de forma a resolver tal desafio. Posto isto, após perceber quais as imagens a arrastar, demonstrou algum receio inicial, provocado talvez pela reacção das imagens ao toque, uma vez que estas expandiam de forma a permitirem uma melhor percepção. Relativamente às dificuldades na identificação de algumas imagens representativas das obras, utilizadas para completar o desafio, estas estavam relacionadas com a qualidade da resolução de imagem da projecção. Por outro lado, este factor era agravado uma vez que as imagens exibidas eram de baixas dimensões, o que por vezes suscitava essa dificuldade, embora fosse ultrapassada após a descoberta por parte dos utilizadores que as dimensões destas aumentavam durante o toque.

Rede de ligações Apesar da maioria das execuções, cerca de 27 em 106 observações, ter sido assinalada como intencional, a maioria foi efectuada apenas por curiosidade, tendo sido muito baixo o número de anotações de interacções de utilizadores que demonstraram entender o conceito e interesse em explorar as ligações. Apenas um utilizador observado, após consultar a rede de ligações demonstrou interesse em entender o conceito, acabando por tocar e afastar vários nós de modo a compreender as ligações existentes.

Observações gerais Em geral, a maioria dos utilizadores observados demonstrou um elevado interesse em consultar os textos associados a uma obra, de forma a obter mais informações sobre cada obra. Esta operação, tal como referido anteriormente, foi uma das mais executadas, tendo sido observado o facto de que vários utilizadores dedicaram o seu tempo de utilização do dispositivo exclusivamente às consultas referidas. Alguns utilizadores aproveitaram sobretudo para debater entre si os detalhes e o texto descritivo de cada obra consultada. Para além dos detalhes e dos textos descritivos das obras, as discussões observadas entre vários grupos de utilizadores também incluíram a definição de tricotomias e as diferentes tricotomias possíveis, assim como os diferentes conjuntos de *tags* pré-definidas. Foram também observadas várias interacções em família, onde os mais velhos procuravam sempre incentivar os mais novos para o debate e a interacção em conjunto.

As principais dificuldades encontradas e observadas na interacção dos utilizadores, estão directamente relacionadas com a operação de consulta de conteúdos associados a uma obra, onde era necessário arrastar um nó de uma obra até à área interactiva de forma a activar a janela de interacção principal. Estas dificuldades geraram alguma frustração e desinteresse, acabando por levar, em alguns casos, ao abandono do dispositivo. No entanto, apesar destas dificuldades, vários utilizadores apresentaram um comportamento colaborativo de forma a ultrapassar esta dificuldade. Esse comportamento era reflectido na ajuda entre os participantes, no arrastamento de nós ao longo da mesa, em que por vezes aproveitavam também para interagir em conjunto, originando o debate acima referido.

À margem das dificuldades observadas em alguns utilizadores relativamente à manipulação dos nós, outros deram preferência à interacção com os diferentes nós, apenas por diversão, para consultar os nomes e as *tags*, ou para verificarem as ligações existentes, não demonstrando qualquer dificuldade em interagir com o dispositivo.

Em termos de reacções, foi observado um conjunto de comportamentos e gestos interessantes em resposta às mais variadas situações. Um exemplo de um desses comportamentos reside num utilizador que inicialmente demonstrava bastante interesse em interagir com o dispositivo. No entanto, acabou por interagir sem mostrar interesse em explorar a colecção de arte. Outro dos exemplos diz respeito a um utilizador que apesar de algumas dificuldades iniciais, mostrou sempre interesse em consultar os conteúdos associados a cada obra, tendo ficado agradado com a descoberta da exploração da colecção de arte, através da navegação por *tags*. Relativamente aos gestos observados, um dos mais interessantes diz respeito a um utilizador que procurou obter mais informações sobre uma obra, junto do nó que a representava, efectuando uma série de gestos de operações de escala de forma a aumentar o tamanho do nó. No entanto,

após perceber qual a acção a tomar para consultar os conteúdos de uma obra, arrastou o nó para área interactiva e consultou os textos associados, acabando por mostrar algum desinteresse e abandonar o dispositivo.

Relativamente ao abandono dos utilizadores, a maioria dos casos observados estava directamente relacionado com alguma frustração provocada pelas dificuldades na interacção ou eventuais erros cometidos, assim como com o excesso de público provocado pela chegada de grupos de visitantes, onde alguns utilizadores se sentiam observados e/ou pressionados a abandonar a mesa. No entanto, alguns utilizadores aproveitaram o excesso de visitantes, para se afastarem um pouco e observarem outros utilizadores, de forma a aprender a interagir com o dispositivo. Na maioria destes casos os utilizadores regressavam após a saída do grupo, para uma interacção mais calma e com o conhecimento enriquecido pela observação de outros utilizadores.

Por último, há que destacar os diferentes estilos de aprendizagem demonstrados pelos utilizadores observados. Uns, como referido, aproveitavam para se afastar e dar lugar a outros utilizadores de forma a aprender a interagir através da observação. Outros, interrompiam a sua interacção sem abandonar o dispositivo e liam as instruções afixadas na estrutura física do dispositivo. Foi também observado em algumas ocasiões utilizadores que iniciavam a visita à exposição pelo final, ou seja, pela sala onde se encontrava o dispositivo e paravam para interagir com o mesmo. No entanto, ao aperceberem-se que estavam no final da exposição, retomavam o percurso correcto e no final regressavam ao dispositivo para retirar algumas dúvidas sobre os detalhes de algumas obras e para adicionar comentários.

6

Conclusões e trabalho futuro

Neste capítulo é apresentada uma análise do trabalho realizado no âmbito desta dissertação, assim como sugestões e direcções a seguir relativamente à evolução da solução apresentada.

6.1 Conclusões

Esta dissertação apresenta um sistema com suporte para uma interface multitoque para a exploração de uma colecção de arte. O sistema desenvolvido foi executado num dispositivo multimédia, colocado numa exposição num museu, durante um período de cerca de dois meses e meio, onde enfrentou todos os riscos inerentes a uma situação de utilização real, num espaço público, com milhares de utilizadores.

O trabalho desta dissertação foi então iniciado com a revisão de um conjunto de trabalhos de investigação relacionados, de forma a estudar as técnicas utilizadas para construção de interfaces multitoque. Em seguida foram estudadas interfaces multitoque existentes que permitiram observar o potencial de comunicação de uma mesa interactiva e os diferentes comportamentos dos utilizadores. Por fim, foram estudadas algumas das soluções tecnológicas mais utilizadas em museus, de forma a ter uma melhor percepção dos mecanismos mais importantes para o desenvolvimento da solução proposta.

A realização do sistema foi efectuada em openFrameworks, o que possibilita a execução do sistema tanto em Windows como em Mac OS X. Como componente de detecção e *tracking* de eventos multitoque numa superfície interactiva, foi utilizada a solução Community Core Vision (CCV). Durante a realização do sistema foram desenvolvidos

diversos componentes que visam a representação da colecção de arte, assim como os mecanismos necessários para a interacção multitoque, a exploração e a participação, de acordo com os requisitos a cumprir por um sistema a ser utilizado numa situação real.

A avaliação realizada neste trabalho seguiu três abordagens distintas e permitiu concluir que os objectivos propostos foram atingidos. Numa primeira abordagem foram analisadas as interacções dos utilizadores de forma quantitativa, o que permitiu estudar a forma como estes usufruíram das funcionalidades oferecidas, assim como a relação entre as obras e os conteúdos resultantes da participação dos utilizadores. As restantes abordagens dizem respeito ao inquérito aos utilizadores por questionário e à observação dos mesmos. Através dos inquéritos foi possível classificar o sucesso do sistema desenvolvido, assim como a reacção dos utilizadores relativamente à introdução da tecnologia do museu. Os resultados, em geral, foram positivos em ambos os casos. Já o estudo efectuado através de observação de utilizadores, permitiu confirmar as potencialidades de comunicação de uma mesa interactiva, através dos diversos comportamentos colaborativos observados. Os utilizadores interagiam dessa forma com o intuito de ultrapassar eventuais barreiras impostas pelas dificuldades em interagir com o dispositivo. Aliado a este tipo de comportamento foi também observado o debate entre grupos de utilizadores, em torno dos diversos conteúdos exibidos.

6.2 Trabalho futuro

As sugestões e direcções a seguir relativamente a futuros desenvolvimentos e investigação, incluem novas formas de interacção, novas funcionalidades e diferentes formas de visualização de conteúdos.

A criação de uma interface que permita a consulta de informação semântica em mais do que uma área interactiva, pode ser a solução mais apropriada para casos em que seja esperado um elevado número de utilizadores. Esta solução poderá reduzir os casos em que utilizadores abandonam o dispositivo por se sentirem pressionados ou observados, devido ao elevado número de utilizadores junto do dispositivo.

A introdução de animação na interacção com os nós representativos de uma obra, assim como animações ao longo da interface, pode ser a solução mais indicada para cativar a atenção do utilizador. Poderá também minimizar possíveis manifestações de frustração, provocadas pelas dificuldades na interacção com o sistema. Outra das direcções a tomar quanto à interface utilizador, passa pela utilização de uma forma de disposição diferente das obras da colecção de arte, com base nas relações entre estas. Ou seja, as obras podiam ser dispostas de acordo com o seu conteúdo semântico, em

que as obras com o maior número de *tags* relacionadas se encontram mais próximas, de forma a criar regiões de conceitos ou de relações semânticas.

Como trabalho futuro fica também a utilização de eventuais objectos tangíveis que permitam complementar as interacções, sem perder os benefícios de uma aplicação multi-utilizador, ou seja, sem limitar a interacção ao número de objectos existentes.

Existem várias direcções possíveis relativamente a futuros desenvolvimentos e investigações, no entanto devem ter como principal objectivo enriquecer cada vez mais a experiência dos utilizadores em espaços públicos, para que estes beneficiem de todas as potencialidades de comunicação de uma mesa interactiva.

Bibliografia

- [BCC⁺05] C. Bornand, A. Camurri, G. Castellano, S. Catheline, A. Crevoisier, E. B. Roesch, K. R. Scherer, e G Volpe. Usability evaluation and comparison of prototypes of tangible acoustic interfaces. In *ENACTIVE/05 - 2nd International Conference on Enactive Interfaces*, Genoa, Italy, 2005.
- [Bux10] B. Buxton. Multi-touch systems that i have known and loved. <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>, Julho 2010.
- [CBL⁺09] Dan Cosley, Jonathan Baxter, Soyoung Lee, Brian Alson, Saeko Nomura, Phil Adams, Chethan Sarabu, e Geri Gay. A tag in the hand: supporting semantic, social, and spatial navigation in museums. In *CHI '09: Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pág. 1953–1962, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [CCV10] Community Core Vision. <http://ccv.nuigroup.com/>, Julho 2010.
- [cyc10] Max/msp, cycling '74. <http://www.cycling74.com>, Julho 2010.
- [CZBC09] Septimiu Crisan, Valentin Dan Zaharia, Leonard Voicu Brender, e Titus Eduard Crisan. A multi-touch collaborative solution for measurement data visualisation. In *XIX IMEKO World Congress - Fundamental and Applied Metrology*, 2009.
- [Gel06] T. Geller. Interactive tabletop exhibits in museums and galleries. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 26(5):6–11, 2006.
- [Han05] Jefferson Y. Han. Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection. In *UIST '05: Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pág. 115–118, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [HBM03] K. Hook, D. Benyon, e A.J. Munro. *Designing information spaces: the social navigation approach*. Springer Verlag, 2003.

- [Hec98] E. Hecht. *Optics*. Addison Wesley Longman, 1998.
- [Hor08] E. Hornecker. "i don't understand it either, but it is cool" - visitor interactions with a multi-touch table in a museum. In *Horizontal Interactive Human Computer Systems, 2008. TABLETOP 2008. 3rd IEEE International Workshop on*, pág. 113–120, Oct. 2008.
- [Ing99] Davin S.L. Ing. Innovations in a technology museum. *IEEE Micro*, 19:44–52, 1999.
- [IWC⁺88] Dan Ingalls, Scott Wallace, Yu-Ying Chow, Frank Ludolph, e Ken Doyle. Fabrik: a visual programming environment. In *OOPSLA '88: Conference proceedings on Object-oriented programming systems, languages and applications*, pág. 176–190, New York, NY, USA, 1988. ACM.
- [JJ09] C. F. Julià e S. Jordà. Songexplorer: a tabletop application for exploring large collections of songs. In *10th International Society for Music Information Retrieval Conference*, 2009.
- [JKGB05] S. Jorda, M. Kaltenbrunner, G. Geiger, e R. Bencina. The reactable*. In *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC 2005), Barcelona, Spain*, pág. 579–582. Citeseer, 2005.
- [JMR⁺10] Giulio Jacucci, Ann Morrison, Gabriela T. Richard, Jari Kleimola, Peter Peltonen, Lorenza Parisi, e Toni Laitinen. Worlds of information: designing for engagement at a public multi-touch display. In *CHI '10: Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems*, pág. 2267–2276, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [KB07] M. Kaltenbrunner e R. Bencina. reactIVision: a computer-vision framework for table-based tangible interaction. In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, pág. 74. ACM, 2007.
- [KBBC05] M. Kaltenbrunner, T. Bovermann, R. Bencina, e E. Costanza. TUIO - a protocol for table based tangible user interfaces. In *Proceedings of the 6th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation*, 2005.

- [KES⁺09] Boriána Koleva, Stefan Rennick Egglestone, Holger Schnädelbach, Kevin Glover, Chris Greenhalgh, Tom Rodden, e Martyn Dade-Robertson. Supporting the creation of hybrid museum experiences. In *CHI '09: Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pág. 1973–1982, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [KG08] Karen Johanne Kortbek e Kaj Grønbaek. Interactive spatial multimedia for communication of art in the physical museum space. In *MM '08: Proceeding of the 16th ACM international conference on Multimedia*, pág. 609–618, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [KSH01] T. Kohonen, M. R. Schroeder, e T. S. Huang, editores. *Self-Organizing Maps*. Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, 2001.
- [LMS⁺09] C. Laurier, O. Meyers, J. Serra, M. Blech, e P. Herrera. Music mood annotator design and integration. In *7th International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing, Chania, Crete, 2009*.
- [Mic10] Microsoft Surface. <http://www.microsoft.com/surface/>, Julho 2010.
- [mtm10] MTmini. <http://sethsandler.com/multitouch/mtmini/>, Julho 2010.
- [Nób08] Rui Nóbrega. Visualization and interaction in a simulation system for flood emergencies. Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Julho 2008.
- [nui10] NUI Group. <http://www.nuigroup.com>, Julho 2010.
- [ofx10] ofxMultiTouchActions. <http://code.google.com/p/smallfly/downloads/list>, Julho 2010.
- [ope10] openCV. <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>, Julho 2010.
- [PKS⁺08] Peter Peltonen, Esko Kurvinen, Antti Salovaara, Giulio Jacucci, Tommi Ilmonen, John Evans, Antti Oulasvirta, e Petri Saarikko. It's mine, don't touch!: interactions at a large multi-touch display in a city centre. In *CHI '08: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pág. 1285–1294, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [Rot10] Tim Roth. DSI - Diffused Surface Illumination. <http://iad.projects.zhdk.ch/multitouch/?p=90>, Julho 2010.

- [Sal08] M. Salgado. Participatory platforms for opening dialogues in exhibitions, a design perspective. *International Journal of Digital Culture and Electronic Tourism*, 1(2):263–265, 2008.
- [Sal09a] M. Salgado. The links between accessibility and participation. multiple voices in the helsinki design museum. <http://www.mnactec.cat/docs/IS16web/IS16angl/intern.angl.htm>, 2009.
- [Sal09b] M. Salgado. Using on-line maps for community-generated content in museums. In *Museums and the Web 2009: Proceedings*, 2009.
- [SBD⁺08] J. Schöning, P. Brandl, F. Daiber, F. Echtler, O. Hilliges, J. Hook, M. Löchtfeld, N. Motamedi, L. Muller, P. Olivier, et al. Multi-touch surfaces: A technical guide. *Technical Reports of the Technical University of Munich*, 2008.
- [SKO09] J. Schöning, A. Krüger, e P. Olivier. Multi-touch is dead, long live multi-touch. In *CHI 2009: Workshop on Multi-touch and Surface Computing*, 2009.
- [TBC07] J. Trant, D. Bearman, e S. Chun. The eye of the beholder: steve. museum and social tagging of museum collections. *Proc ICHIM07*, 2007.
- [TIK⁺09] Stuart Taylor, Shahram Izadi, David Kirk, Richard Harper, e Armando Garcia-Mendoza. Turning the tables: an interactive surface for vjing. In *CHI '09: Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pág. 1251–1254, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [Tin10] Tinkerman. Casting Textured Silicone. <http://nuigroup.com/forums/viewthread/2383/>, Julho 2010.
- [tou10] Touchlib. <http://www.whitenoiseaudio.com/touchlib>, <http://nuigroup.com/touchlib/>, Julho 2010.
- [vLHLH07] Dirk vom Lehn, Jon Hindmarsh, Paul Luff, e Christian Heath. Engaging constable: revealing art with new technology. In *CHI '07: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pág. 1485–1494, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [WFM03] M. Wright, A. Freed, e A. Momeni. Opensound control: State of the art 2003. In *Proceedings of the 2003 conference on New interfaces for musical expression*, pág. 160. National University of Singapore, 2003.

- [YAK95] M. Young, D. Argiro, e S. Kubica. Cantata: visual programming environment for the khoros system. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 29(2):22–24, 1995.



Vantagens e desvantagens das configurações hardware

O conjunto de tabelas apresentado de seguida diz respeito a um levantamento de vantagens e desvantagens de diversas configurações hardware das tecnologias multitoque abordadas no documento.

Tabela A.1: Vantagens e desvantagens da utilização de uma configuração FTIR, apresentadas em [nui10]

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">• Não é necessária a utilização de uma caixa fechada.• <i>Blobs</i> com contraste forte.• Permite a variação da pressão dos <i>blobs</i>.• Com uma <i>compliant surface</i> pode ser utilizada com um objecto tão pequeno como a ponta de uma caneta.	<ul style="list-style-type: none">• Requer uma estrutura própria para os LEDs.• Requer uma <i>compliant surface</i> para uma utilização adequada.• Não reconhece objectos ou <i>fiducials</i>.• Não pode utilizar uma superfície de vidro.

Tabela A.2: Vantagens e desvantagens da utilização de uma configuração *Front Diffused Illumination*, apresentadas em [nui10]

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Não necessita de uma <i>compliant surface</i>, apenas um difusor ou uma superfície de projecção por cima, ou por baixo, da superfície transparente. • Pode utilizar qualquer material transparente, como o vidro e não apenas acrílico. • Não necessita de uma estrutura própria para os LEDs. • Consegue detectar dedos e sobreposição. • Não é necessária a utilização de uma caixa fechada. • Configuração simples. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não consegue detectar objectos e <i>fiducials</i>. • Dificuldade em conseguir obter uma iluminação precisa. • Maior probabilidade de obter falsos <i>blobs</i>. • Não é fiável, pois está muito dependente da luz ambiente existente.

Tabela A.3: Vantagens e desvantagens da utilização de uma configuração *Rear Diffused Illumination*, apresentadas em [nui10]

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Não necessita de uma <i>compliant surface</i>, apenas de um difusor ou uma superfície de projecção por cima, ou por baixo, da superfície transparente. • Pode utilizar qualquer material transparente, como o vidro e não apenas acrílico. • Não necessita de uma estrutura própria para os LEDs. • Consegue detectar objectos, dedos, <i>fiducials</i> e sobreposição. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade em conseguir obter uma iluminação precisa. • <i>Blobs</i> têm menor contraste (mais difícil de detectar pelo software). • Maior probabilidade de obter falsos <i>blobs</i>. • É necessária a utilização de uma caixa fechada.

Tabela A.4: Vantagens e desvantagens da utilização de uma configuração *Diffused Surface Illumination*, apresentadas em [nui10]

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Não necessita de uma <i>compliant surface</i>. • Pode ser facilmente transformada a partir de uma DI ou FTIR. • Consegue detectar facilmente objectos, <i>hovering</i> e <i>fiducials</i>. • É sensível à pressão exercida. • Sem <i>hotspots</i>. • Iluminação precisa do dedo/objecto por toda a superfície. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acrílico <i>Endlighten</i> mais caro que o acrílico regular. • <i>Blobs</i> têm menor contraste em relação às técnicas FTIR e LLP.

Tabela A.5: Vantagens e desvantagens da utilização de uma configuração LLP - *Laser Light Plane*, apresentadas em [nui10]

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">• Não necessita de uma <i>compliant surface</i>.• Pode utilizar qualquer material transparente, como o vidro e não apenas acrílico.• Não necessita de uma estrutura própria para os LEDs.• Não é necessária a utilização de uma caixa fechada.• Configuração simples.• Pode ser ligeiramente mais barata que as outras técnicas.	<ul style="list-style-type: none">• Não consegue detectar objectos e <i>fiducials</i>.• Não é verdadeiramente sensível à pressão exercida, uma vez que a intensidade de luz não se altera com a pressão.• Pode causar oclusão se, se usar apenas um ou dois <i>lasers</i>, pois a luz ao intersectar um dedo, não permite que outro dedo receba luz.



XML Schemas

Como referido ao longo do documento apresentado, a tecnologia XML foi utilizada na aplicação desenvolvida com o intuito de recolher e organizar de forma estruturada todas as informações semânticas associadas à colecção de arte, assim como as informações sociais resultantes das interações dos utilizadores com o sistema. Posto isto, o conjunto de imagens que se segue apresenta em pormenor a estrutura dos ficheiros XML utilizados, através do XML Schema destes.

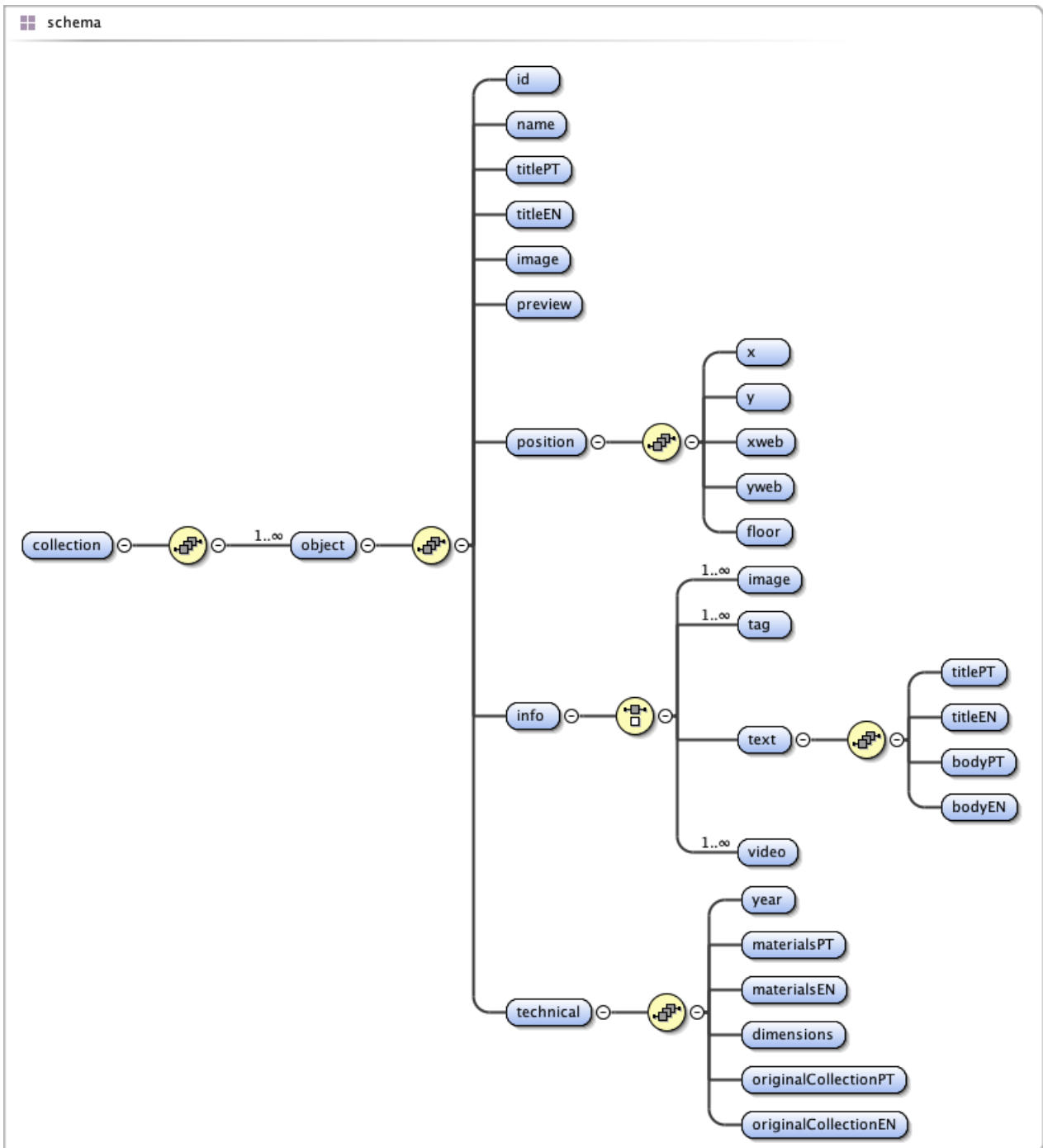


Figura B.1: XML Schema para a organização da informação semântica de uma colecção de arte

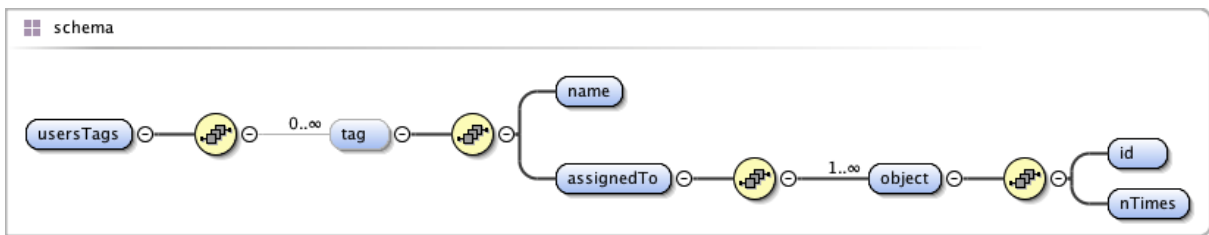


Figura B.2: XML Schema para a organização da informação associada à atribuição de tags

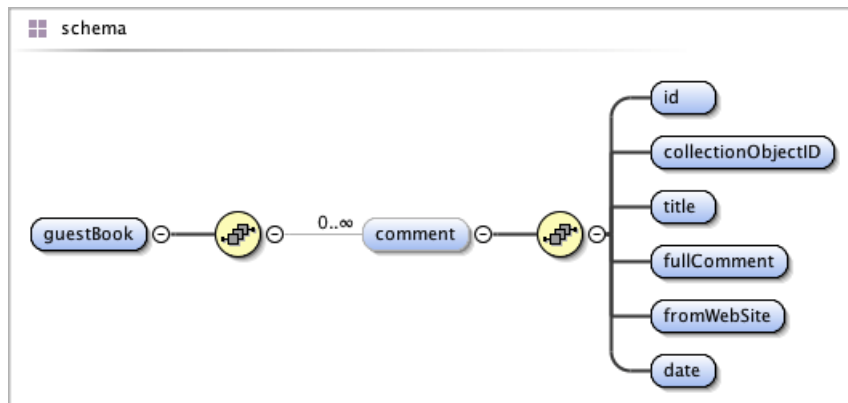


Figura B.3: XML Schema para a organização da informação social obtida através dos comentários

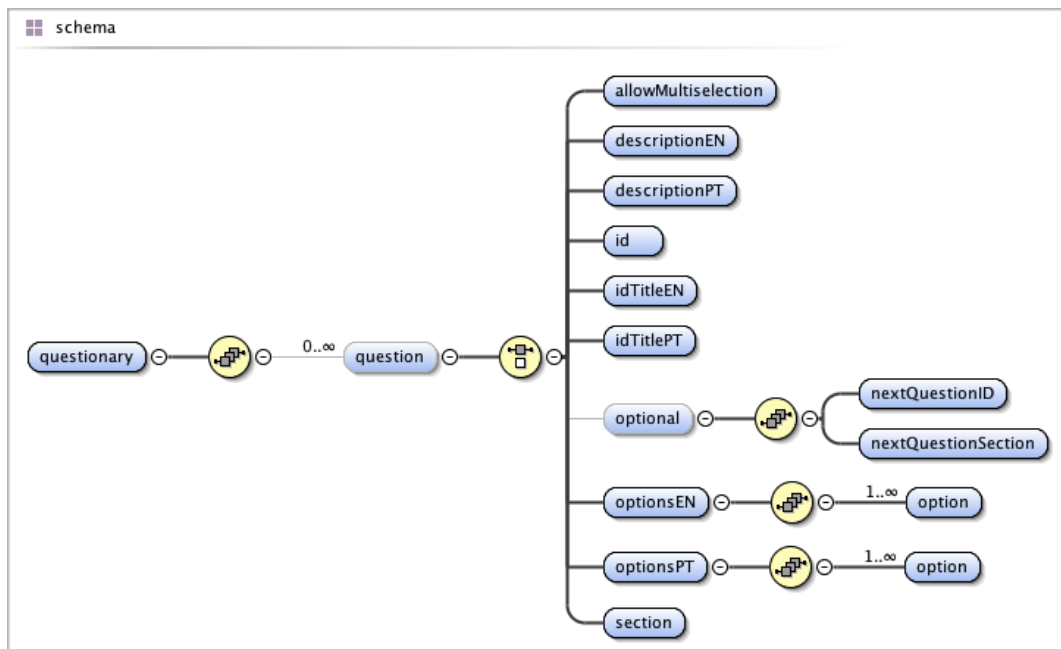


Figura B.4: XML Schema para a organização da informação relacionada com o questionário

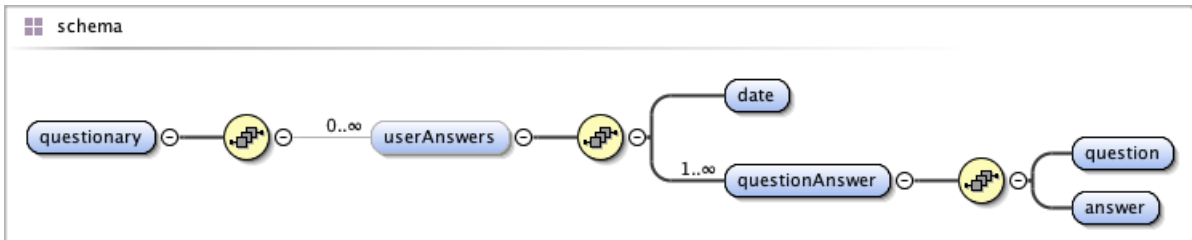


Figura B.5: XML Schema para a organização da informação obtida através das respostas ao questionário

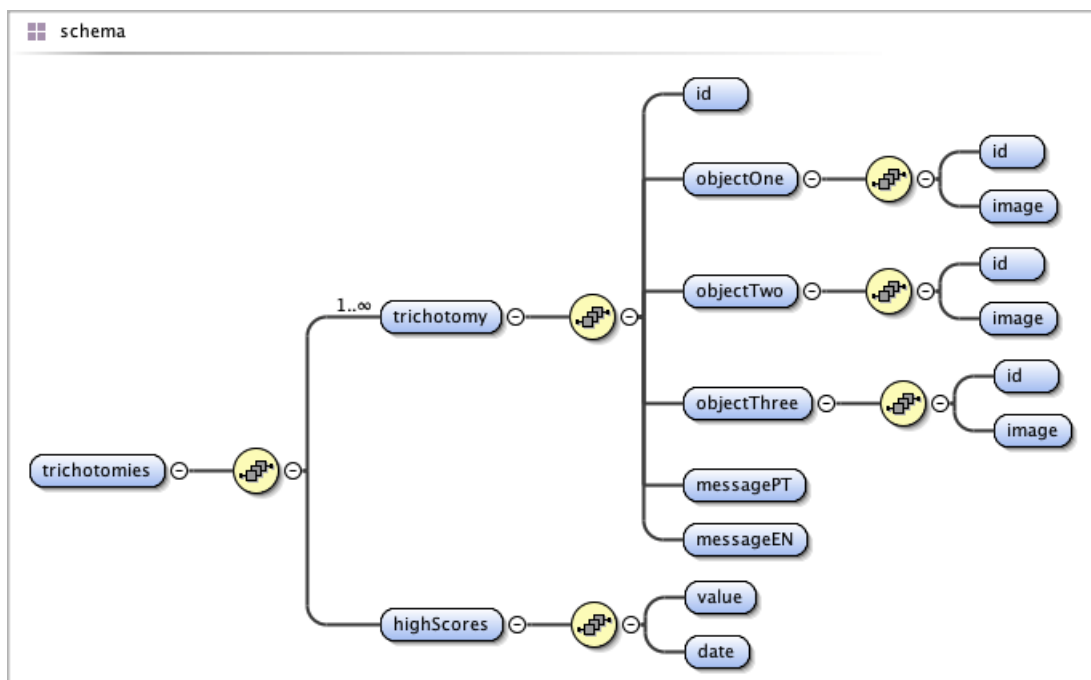


Figura B.6: XML Schema para a organização da informação associada ao jogo das relações semânticas entre obras



Resultados das interacções

Como referido ao longo do documento apresentado, todas as informações resultantes das interacções dos utilizadores com o sistema foram armazenadas em ficheiros XML, de forma a servirem de base para as mais diversas análises. Posto isto, são apresentados de seguida os resultados das referidas interacções, registadas do primeiro ao último dia de exposição.

	Total
Obras	29
Tags	158
Comentários	916
Respostas ao questionário	461

	Obra (total)
Obra com o maior número de tags	Sofá Aspirina (65)
Obra com o menor número de tags	Flores do Meu Desejo (5)
Obra com o maior número de atribuições	Wash and Go (231)
Obra com o menor número de atribuições	Flores do Meu Desejo (7)

	Tag (total)
Tag atribuída com maior frequência	Alcoolismo (210)
Tag atribuída com menor frequência	anjo (1)

		Obra (total)	
Obra com o maior número de comentários		Jardim do Éden (244)	
Obra com o menor número de comentários		Pinturas (1)	
Obra	Tags	Atribuições	Comentários
Sr. Vinho	12	33	12
Donzela	32	86	17
Néctar	38	161	50
Wash and Go	37	231	68
Victoria	52	133	26
A Noiva	21	31	39
Plastic Party	11	17	3
Contaminação	11	12	12
Menu do Dia	9	9	4
O Mundo a Seus Pés	10	10	4
WWW.FATIMASHOP	25	44	16
Spot Me	23	37	10
Strangers in the Night	27	55	30
Pinturas	10	11	1
Hiperconsumo	25	31	8
Ponto de Encontro	27	50	38
Luso Nike	31	82	37
Vista Interior	13	18	6
Spin	11	14	8
Air Flow	14	27	5
Sofá Aspirina	65	152	61
Cama Valium	19	35	24
Passerele	12	23	28
Flores do Meu Desejo	5	7	2
Cinderela	23	50	67
Burka	10	22	16
Coração Independente	23	43	59
Jardim do Éden	51	223	244
Una Dirección	42	172	21

Com base nos dados apresentados foram criados três mapas de calor. O mapa de calor apresentado na figura C.1 permite observar as obras com o maior número de *tags* atribuídas. Já o mapa de calor apresentado na figura C.2 diz respeito ao número de atribuições de *tags* efectuado em cada obra. Através do mapa de calor apresentado na figura C.3 é possível verificar quais as obras que suscitaram mais interesse aos utilizadores, transmitido através do número de comentários atribuídos.

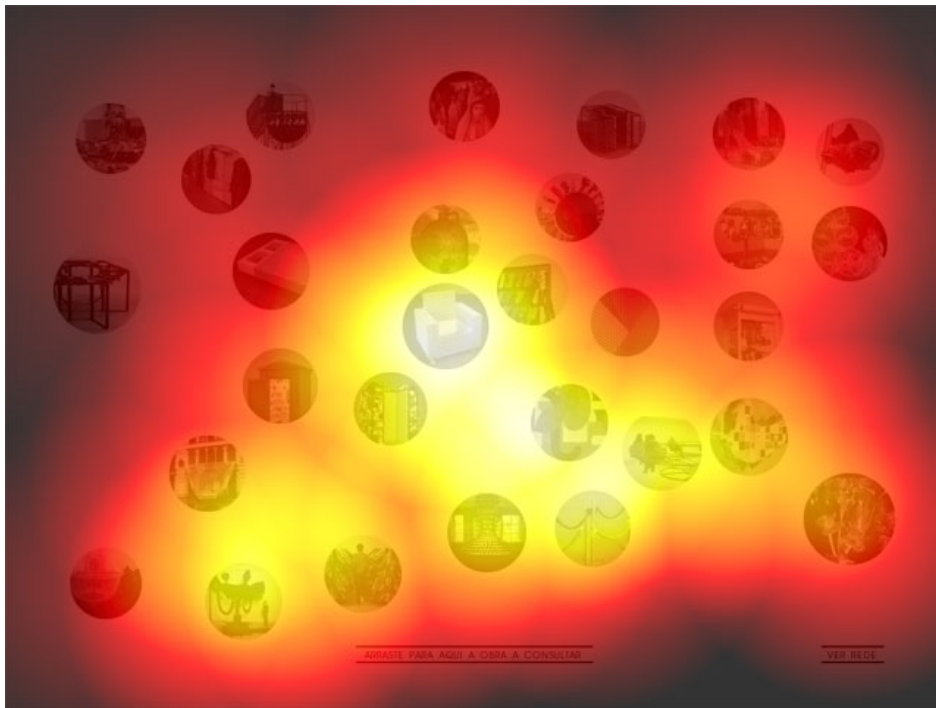


Figura C.1: Mapa de calor referente ao número de *tags* atribuídas a cada obra

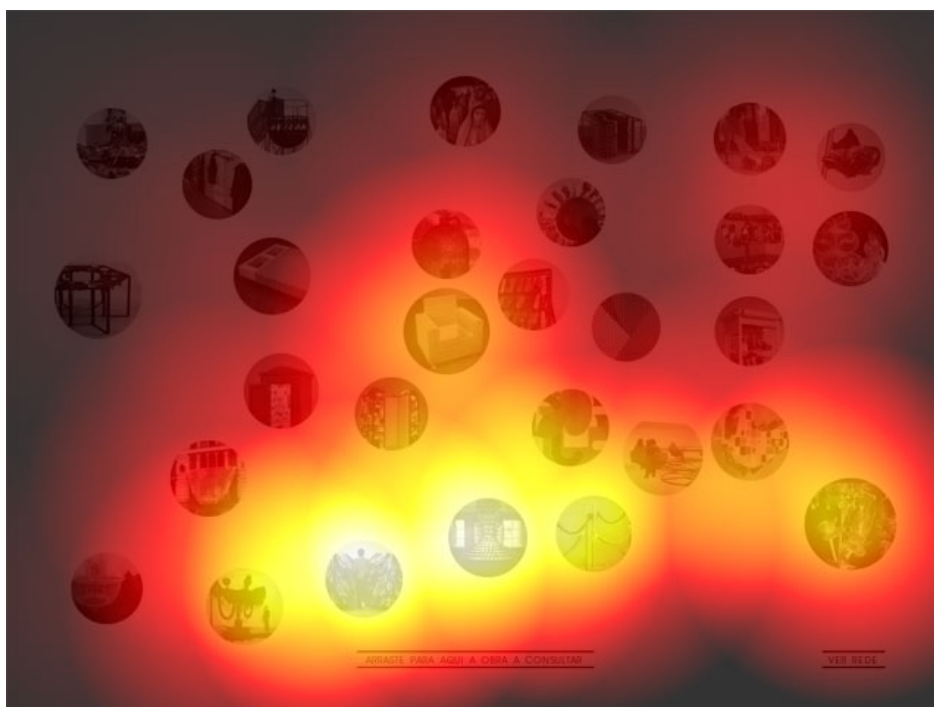


Figura C.2: Mapa de calor referente ao número atribuições de *tags* em cada obra



Figura C.3: Mapa de calor referente ao número de comentários atribuídos a cada obra



Questionário

O modelo completo do questionário utilizado na avaliação através de inquérito aos utilizadores é apresentado de seguida.

QUESTIONÁRIO

Este questionário tem como objectivo o estudo da interacção dos utilizadores com uma mesa interactiva, de interface multitoque que permite a exploração de uma colecção de arte. Todos os dados recolhidos são confidenciais e não serão utilizados para qualquer outra finalidade.

UTILIZADOR

1. Faixa etária

- 10-19
- 20-29
- 30-39
- 40-49
- 50-59
- 60-69
- 70-79
- mais de 80

2. Género

- Feminino
- Masculino

3. Grau de instrução

- Doutoramento/Pós-Doutoramento
- Pós-Graduação/Mestrado
- Licenciatura (completa)
- Licenciatura (incompleta)
- Ensino Secundário
- 3º ciclo do Ensino Básico
- 2º ciclo do Ensino Básico
- 1º ciclo do Ensino Básico
- Autodidacta

4. Tecnologias de Informação

4.1. Está familiarizado com as tecnologias de informação?

Sim

Não

4.2. Que tipo de tecnologia utiliza?

	Diariamente	Semanalmente	Mensalmente	Raramente
Computador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Telemóvel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consolas de jogos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Internet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outra: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MESA INTERACTIVA MULTITOQUE

Por favor, responda às seguintes questões fazendo um **círculo em volta do número** que melhor representa a sua opinião acerca da mesa interactiva que acaba de experimentar.

5. Aspectos Gerais

5.1. Gostei de utilizar esta mesa interactiva.

Discordo
1 2 3 4 5
Concordo

5.2. Foi fácil aprender a utilizar a mesa interactiva.

Discordo
1 2 3 4 5
Concordo

5.3. É fácil utilizar a mesa interactiva.

Discordo
1 2 3 4 5
Concordo

6. Usabilidade

6.1. A interface reagiu de forma rápida aos meus movimentos.

Discordo Concordo

1 2 3 4 5

6.2. A superfície de interação da mesa facilita a utilização da mesma.

Discordo Concordo

1 2 3 4 5

6.3. O *feedback* fornecido pela interface foi útil.

Discordo Concordo

1 2 3 4 5

6.4. Foi fácil recuperar de uma situação inesperada.

Discordo Concordo

1 2 3 4 5

6.5. Classifique a facilidade de execução das seguintes operações:

		Difícil					Fácil	Não executou
		1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	
a.	Consultar os conteúdos de uma obra.	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	
b.	Manipular imagens associadas a uma obra.	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	
c.	Reproduzir vídeos associados a uma obra	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	
d.	Consultar textos associados a uma obra.	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	
e.	Atribuir tags (palavras-chave) a uma obra.	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	
f.	Consultar comentários associados a uma obra.	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	
g.	Adicionar comentários a uma obra.	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	
h.	Utilizar teclado virtual.	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	

7. Envolvimento Emocional

Escolha as expressões que melhor definem a sua experiência na utilização da mesa interactiva.

- | | | |
|---------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> Agradável | <input type="checkbox"/> Simples | <input type="checkbox"/> Cansativa |
| <input type="checkbox"/> Frustrante | <input type="checkbox"/> Divertida | <input type="checkbox"/> Imersiva |
| <input type="checkbox"/> Estimulante | <input type="checkbox"/> Aborrecida | <input type="checkbox"/> Irritante |
| <input type="checkbox"/> Complexa | <input type="checkbox"/> Inovadora | <input type="checkbox"/> Entusiasmante |
| <input type="checkbox"/> Confusa | <input type="checkbox"/> Impressionante | <input type="checkbox"/> Motivante |
| <input type="checkbox"/> Péssima | <input type="checkbox"/> Óptima | <input type="checkbox"/> Previsível |
| <input type="checkbox"/> Satisfatória | <input type="checkbox"/> Viciante | <input type="checkbox"/> Nova |

8. Sugestões e comentários

Muito obrigado pela sua colaboração.



Resultados do inquérito aos utilizadores

Os resultados obtidos na avaliação, através de um inquérito por questionário aos utilizadores, são apresentados no conjunto de tabelas que se seguem.

Faixa etária	Visitantes
10 aos 19	10
20 aos 29	40
30 aos 39	15
40 aos 49	9
50 aos 59	3
60 aos 69	10
70 aos 79	0
mais de 80	0

Género	Visitantes
Feminino	51
Masculino	36

Grau de Instrução	Visitantes
Doutoramento/Pós-Doutoramento	2
Pós-Graduação/Mestrado	19
Licenciatura (completa)	30
Licenciatura (incompleta)	15
Ensino Secundário	14
3º ciclo do Ensino Básico	4
2º ciclo do Ensino Básico	1
1º ciclo do Ensino Básico	2
Autodidacta	0

Familiarizado com novas tecnologias de informação?	Visitantes
Sim	85
Não	2

Que tecnologia utiliza?	Diariamente	Semanalmente	Mensalmente	Raramente
Computador	83	4	0	0
Telemóvel	86	1	0	0
Consola de Jogos	4	13	4	66
Internet	78	8	0	1

Aspectos Gerais	1	2	3	4	5
Gostei de utilizar a mesa interactiva.	1	0	11	27	48
Foi fácil aprender a usar a mesa interactiva.	0	3	13	26	45
É fácil usar a mesa interactiva.	0	1	18	29	39

Usabilidade	1	2	3	4	5
A interface reagiu de forma rápida aos meus movimentos.	2	10	24	36	15
A superfície de interacção da mesa facilita a utilização da mesma.	3	7	25	31	21
O <i>feedback</i> fornecido pela interface foi útil.	0	9	15	35	28
Foi fácil recuperar de uma situação inesperada.	0	4	19	28	36

Facilidade de execução	Não executou	1	2	3	4	5
Consultar os conteúdos de uma obra.	1	0	3	6	31	46
Manipular imagens associadas a uma obra.	33	0	1	8	29	16
Reproduzir vídeos associados a uma obra.	73	0	0	2	4	8
Consultar textos associados a uma obra.	25	0	1	5	30	26
Atribuir <i>tags</i> (palavras-chave) a uma obra.	62	1	1	4	3	16
Consultar comentários associados a uma obra.	45	0	0	3	13	26
Adicionar comentários a uma obra.	61	1	1	1	9	14
Utilizar teclado virtual.	56	1	2	4	10	14

Envolvente Emocional	Visitantes
Agradável	41
Frustrante	3
Estimulante	36
Complexa	5
Confusa	6
Péssima	0
Satisfatória	14
Simples	22
Divertida	46
Aborrecida	1
Inovadora	50
Impressionante	3
Ótima	3
Viciante	13
Cansativa	2
Imersiva	5
Irritante	3
Entusiasmante	26
Motivante	19
Previsível	3
Nova	33



Formulário de observação

O modelo completo do formulário de observação utilizado na avaliação, através da observação de utilizadores é apresentado de seguida.

FORMULÁRIO DE OBSERVAÇÃO

UTILIZADOR

1. Faixa etária

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 10-19 | <input type="checkbox"/> 50-59 |
| <input type="checkbox"/> 20-29 | <input type="checkbox"/> 60-69 |
| <input type="checkbox"/> 30-39 | <input type="checkbox"/> 70-79 |
| <input type="checkbox"/> 40-49 | <input type="checkbox"/> mais de 80 |

2. Género

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Feminino | <input type="checkbox"/> Masculino |
|-----------------------------------|------------------------------------|

3. Tempo médio de utilização

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> < 2 min | <input type="checkbox"/> 11-15 min |
| <input type="checkbox"/> 2-5 min | <input type="checkbox"/> 16-20 min |
| <input type="checkbox"/> 6-10 min | <input type="checkbox"/> > 20 min |

FORMAS DE INTERACÇÃO

4. Tempo de aprendizagem por parte do utilizador para interagir com a interface

Pouco tempo					Muito tempo
1	2	3	4	5	

5. Forma de interacção com a interface

		Sim	Não
a.	Utilização de apenas um dedo.		
b.	Utilização de vários dedos.		
c.	Utilização de apenas uma mão.		
d.	Utilização das duas mãos.		
e.	Comportamento colaborativo entre o utilizador e outros presentes		

FUNCIONALIDADES DO SISTEMA

6. Consulta de conteúdos associados a uma obra

				Dificuldade					
				Muito difícil	Difícil	Neutro	Fácil	Muito fácil	
a.	Utilizador consultou os textos relativos a uma obra?	Sim	Não	Intencional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b.	Utilizador manipulou as imagens associadas a uma obra?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.	Utilizador reproduziu os vídeos associados a uma obra?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Observações:									

7. Atribuição de tags a uma obra

				Dificuldade					
				Muito difícil	Difícil	Neutro	Fácil	Muito fácil	
a.	Utilizador seleccionou uma tag da lista de tags apresentada?	Sim	Não	Intencional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b.	Utilizador seleccionou várias tags da lista de tags apresentada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
c.	Utilizador introduziu uma nova tag, através do teclado virtual?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Observações:									

8. Exploração da colecção de arte

				Dificuldade							
				Sim	Não	Intencional	Muito difícil	Difícil	Neutro	Fácil	Muito fácil
a.	Utilizador explorou as obras da colecção, através da navegação entre tags associadas?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b.	Utilizador explorou as obras da colecção, arrastando os nós para a zona interactiva?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observações:											

9. Comentários

				Dificuldade							
				Sim	Não	Intencional	Muito difícil	Difícil	Neutro	Fácil	Muito fácil
a.	Utilizador consultou comentários introduzidos por outros utilizadores?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b.	Utilizador introduziu novos comentários, através do teclado virtual?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observações:											

10. Questionário

				Dificuldade					
				Muito difícil	Difícil	Neutro	Fácil	Muito fácil	
a.	Utilizador procurou responder ao questionário, utilizando respostas únicas?	Sim	Não	Intencional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b.	Utilizador procurou responder ao questionário, utilizando respostas múltiplas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Observações:									

11. Rede de ligações

				Dificuldade					
				Muito difícil	Difícil	Neutro	Fácil	Muito fácil	
a.	Utilizador consultou a rede de ligações entre as obras da colecção?	Sim	Não	Intencional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observações:									

OBSERVAÇÕES GERAIS



Resultados da observação de utilizadores

Os resultados obtidos na avaliação, através de observação de utilizadores, são apresentados no conjunto de tabelas que se seguem, de forma quantitativa.

Faixa etária	Visitantes
10 aos 19	16
20 aos 29	41
30 aos 39	20
40 aos 49	13
50 aos 59	8
60 aos 69	5
70 aos 79	2
mais de 80	0

Género	Visitantes
Feminino	54
Masculino	52

Tempo médio de utilização	Visitantes
< 2 min	37
2 - 5 min	49
6 - 10 min	17
11 - 15 min	2
16-20 min	1
> 20 min	0

Tempo médio de aprendizagem	Visitantes
1 (Pouco)	47
2	39
3	18
4	1
5 (Muito)	0

Formas de interacção	Um(a)	Vários(as)
Dedos	86	17
Mãos	74	23

Comportamento colaborativo?	Visitantes
Sim	57
Não	37

Consulta de conteúdos associados a uma obra	Execuções	Intencionais	Dificuldade
Consultar textos	52	49	5
Manipular imagens	41	31	4,18
Reproduzir vídeos	14	11	4,2

Atribuição de tags a uma obra	Execuções	Intencionais	Dificuldade
Seleccionar uma <i>tag</i>	85	3,75	
Seleccionar várias <i>tags</i>	3	3	4,67
Introduzir uma <i>tag</i> nova	5	4	3,25

Exploração da colecção de arte	Execuções	Intencionais	Dificuldade
Navegação entre <i>tags</i>	38	30	4,17
Arrastar obras para área interactiva	90	72	4,07

Comentários	Execuções	Intencionais	Dificuldade
Consultar comentários	32	28	4,82
Adicionar comentários	15	11	3,8

Questionário	Execuções	Intencionais	Dificuldade
Respostas únicas	14	9	4,44
Respostas múltiplas	6	4	4,5

Rede de Ligações	Execuções	Intencionais	Dificuldade
Consultar rede de ligações	27	23	4,39



Registo de alterações

Como referido ao longo do documento apresentado, após a introdução do dispositivo multimédia na exposição, a aplicação desenvolvida sofreu um conjunto de alterações que visavam a evolução e a adaptação a determinadas restrições. Ao longo do período em que foram aplicadas tais alterações, foi efectuado um registo que é apresentado de seguida.

06/03/2010

- | | |
|---------------|---|
| - XMLdb | Correcção do funcionamento do método saveComments(). |
| - Collection | Alteração na ordem de exibição dos comentários. O mais recente é o primeiro da lista. |
| - MTStack | Adicionados dois tipos de comparação para ordenação: um para exibir objectos e outro para detectar os objectos a manipular.
Utilização de três vectores distintos: um para armazenamento, outro para exibição e outro para detecção. |
| - TagWindow | Adicionado método que permite verificar se o toque efectuado na janela foi consumido pelo teclado. Evita situações inesperadas, uma vez que o teclado quando activo sobrepõe parcialmente a janela. |
| - GuestWindow | Adicionado método que permite verificar se o toque efectuado na janela foi consumido pelo teclado. |
| - Board | Ajustamento dos limites da área interactiva de forma a melhorar a consulta das obras. |

0903/2010

- MTStack Ajustamento no algoritmo de detecção de objectos a manipular.
- MTVideo Introdução de um *delay* de maior duração na detecção da acção de reprodução de um vídeo.
Ajustamento nas dimensões da imagem de pré-visualização de um vídeo.
Ajustamento no algoritmo de detecção de objecto interactivo a manipular.
Exibição da imagem de pré-visualização sempre que o vídeo se encontra em pausa.
- MTText Introdução de texto manipulável por multitoque.
- MTOBJECT Ajustamento no método responsável pela aplicação das operações multitoque.
- ScrollButton Modificação da funcionalidade do botão de *scroll* para sensível ao toque contínuo.
- TagWindow Introdução de *scroll* circular na lista de *tags*.

11/03/2010

- TagWindow Correção no alinhamento dos objectos interactivos exibidos na janela.
Eliminação da informação que permitia a distinção entre *tags* pré-definidas e *tags* introduzidas pelos utilizadores.
- Node Aplicação de *anti-aliasing* às ligações entre os nós das obras.
Exibição de uma lista de *tags* mais votadas.
- Object Introdução de lista de *tags* mais votadas.
- ObjectWindow Lista de *tags* ordenada pelo número de relações.

17/03/2010

- Question Introdução de objectos representativos das questões referentes ao questionário.
- Option Introdução de objecto representativo da escolha de uma opção para cada pergunta.
- Answer Introdução de objecto representativo da resposta ao questionário.
- Collection Introdução de questionário.
- QuestionaryWindow Introdução de janela interactiva referente ao questionário.
- XMLdb Introdução de método para carregamento do questionário.
Introdução de método para armazenamento de respostas ao questionário.

22/03/2010

- SelectableList Ajustamento dos métodos de visualização da lista.
- QuestionaryWindow Ajustamento do armazenamento das opções escolhidas.
Introdução de respostas múltiplas nas perguntas do questionário.

12/04/2010

- QuestionaryWindow Introdução das duas versões (português e inglês) do questionário em definitivo.
- Node Exibição de lista de *tags* pré-definidas.

26/04/2010

- GameWindow Introdução de janela interactiva referente ao jogo das tricotomias.
- Collection Introdução do jogo das tricotomias.
- XMLdb Introdução de método para carregamento das informações do jogo das tricotomias.
Introdução de método para armazenamento dos resultados do jogo das tricotomias.

30/04/2010

- GameWindow Ajustamento do desenho da janela interactiva referente ao jogo das tricotomias.