



Fernando Samuel Henriques Branco

Licenciatura em Engenharia Informática

Um Sistema para Evolução Espaço-temporal de Imagens

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática

Orientadores : Armanda Rodrigues, Prof. Auxiliar, Universidade
Nova de Lisboa
Nuno Correia, Prof. Catedrático, Universidade
Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor José Júlio Alferes

Arguente: Prof. Doutor Manuel João Caneira Monteiro da Fonseca

Vogal: Prof. Doutor Nuno Manuel Robalo Correia



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Dezembro, 2014

Um Sistema para Evolução Espaço-temporal de Imagens

Copyright © Fernando Samuel Henriques Branco, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus orientadores, à Professora Doutora Arminda Rodrigues e ao Professor Doutor Nuno Correia, por todo o apoio, disponibilidade, sugestões, críticas e ambiente agradável ao longo desta dissertação. Sem dúvida foram elementos essenciais para atingir este objetivo.

Ao Departamento de Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa (DI - FCT/UNL), pelas condições para desenvolver este trabalho. Agradeço o apoio financeiro dado através da Bolsa de Investigação proveniente do projeto LX Conventos - Da cidade sacra à cidade laica. A extinção das ordens religiosas e as dinâmicas de transformação urbana na Lisboa do século XIX / Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, com a referência PTDC/CPC-HAT/4703/2012, financiado por fundos nacionais através da FCT/MEC (PIDDAC).

Em seguida, quero agradecer ao Doutor Rui Nóbrega por toda a disponibilidade, críticas, sugestões, esclarecimentos e conhecimentos partilhados, ao Mestre João Gouveia pelo companheirismo, pelas críticas, pelas sugestões, pela ajuda e acima de tudo pela boa disposição que mostrou ao longo da dissertação. Quero agradecer à Designer de Comunicação Bárbara Teixeira pela ajuda e disponibilidade, e a Kyriacos Kousoulides que foi espetacular ao ajudar a resolver problemas provenientes da dissertação através de *emails* e fóruns.

O meu grande obrigado a todas as pessoas que ofereceram um pouco do seu tempo para testarem a ferramenta e que apresentaram críticas e sugestões para a melhorar.

Agradeço a todos os meus amigos, principalmente à Catarina Albino pela paciência, motivação e pelo apoio, ao Fábio Soares por se mostrar sempre disponível a ajudar, ao António Silva pela motivação, ao Ricardo Monteiro, João Regateiro, João Furtado, David Lopes e Nuno Oliveira pela camaradagem desde a licenciatura, a André Henriques, Ricardo Mendes, Mário Silva, Nuno Henriques, Francisco Ferreira, Inês Gomes, Ana Miriam Cabrita, Ana Brazão, João Pereira, Tiago Antunes, Rómulo Cachucho, Diogo Simões, Tiago Oliveira, Carlos Tomaz, Ricardo Jesus, André Oliveira, Sérgio Ribeiro, Paulo Cândido, Ângelo Cândido, entre outros por serem quem são e por estarem presentes, uns mais que outros, ao longo da dissertação.

Por fim, agradeço à toda a minha família, especialmente à minha mãe, Maria da Luz Branco, à minha irmã, Carla Branco e ao meu cunhado Vítor Silva pelo apoio que sempre me deram. Sem eles não era possível chegar onde cheguei, o meu sincero muito obrigado.

Resumo

Atualmente os computadores, os telemóveis mais recentes e as câmaras fotográficas têm o poder de capturar momentos, e estes momentos são gravados em fotografias. Hoje em dia são tiradas imensas fotografias em todas as partes do mundo e com isto surgem alguns problemas, tais como organizar e visualizar as fotografias de forma a transmitir o sentimento e o momento vivido. Procura-se ainda como inovar e dar uma perceção evolutiva de estruturas ou de pessoas captadas nas fotografias.

É neste contexto que esta dissertação se insere. A dissertação tem como principal objetivo, oferecer uma ferramenta que consiga proporcionar uma viagem cronológica ao longo do tempo, do passado até ao presente, dado um conjunto de imagens de várias épocas.

A ferramenta, chamada Evolapse, permite visualizar uma representação tridimensional de um conjunto de imagens, podendo visualizar imagens de várias épocas para a mesma localização geográfica. A Evolapse processa automaticamente comparações entre imagens e estabelece relações entre as mesmas. Também oferece um método semi-automático para criar as relações. Todas as relações estabelecidas automaticamente e criadas, recorrendo ao método semi-automático, podem ser editadas.

A ferramenta foi desenvolvida no âmbito do projeto LX Conventos e os seus resultados são testados no *website* do projeto. De modo a testar os resultados, a ferramenta produz documentos descritivos que contêm toda a informação necessária para reconstruir a representação tridimensional. O *website* do projeto LX Conventos ficará disponível ao público, dando a possibilidade a múltiplos utilizadores de visualizarem os resultados gerados pela ferramenta.

Palavras-chave: Visualização, Evolução temporal e espacial, Representação 3D, Alinhamento de imagem

Abstract

Currently, computers, the latest mobile telephones and cameras have the power to capture moments, and these moments are recorded in photographs. Large quantities of photographs are taken in all parts of the world and, with it, some problems arise. The most common being organizing and viewing the photographs and conveying the feeling of the moment. There is a growing need to innovate and give an evolutionary perception of structures or people, captured in photographs.

This is the context for this dissertation. It aims to offer a tool that can provide a chronological journey through time, from the past to the present, given a set of photographs from different time periods.

The developed tool, named Evolapse, provides the ability to view a three-dimensional representation, given a set of images from different periods of time, at the same geographical location. Evolapse automatically processes comparisons between images and establishes relationships among them. It also offers a semi-automated method to create relationships. All relationships, both automatically established and semi-automatically created, may be edited.

This tool was developed in the scope of the LX Conventos project and its results are tested in the project's website. In order to test the results, the tool produces descriptive documents that contain all the information necessary to reconstruct the three-dimensional representation. The LX Conventos' website will be available to the public, giving the possibility, to the general public, of viewing the generated results.

Keywords: Visualization, Temporal and spatial evolution, 3D Representation, Image alignment

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Motivação e Objetivos	1
1.2	Descrição e Contexto	2
1.3	Contribuições da Dissertação	3
1.4	Estrutura do Documento	4
2	Trabalho Relacionado	5
2.1	Descritores e Comparação de Imagens	5
2.1.1	SIFT	6
2.1.2	SURF	7
2.1.3	FAST	9
2.2	Sistemas Relacionados	9
2.2.1	Photo Tourism e Photosynth	10
2.2.2	Flickr	13
2.2.3	Google Street View	13
2.2.4	Image Space	15
2.2.5	Rephotography	16
2.2.6	GTDiff	19
2.2.7	Viewfinder	21
2.2.8	Técnicas Interativas para Registrar Imagens	22
2.3	Análise Comparativa	24
2.4	Síntese	25
3	Ferramenta Evolapse	27
3.1	Metodologia	27
3.2	Descrição e Funcionalidades	28
3.3	Funcionamento	32
3.3.1	Criar Projeto	32
3.3.2	Gerar Grupos	34

3.3.3	Ligar Imagens	35
3.3.4	Criar Representação Tridimensional	38
3.3.5	Criar Imagem Representativa da Evolução Temporal	42
3.3.6	Criar Vídeo Representativo da Evolução Temporal	43
3.3.7	Funcionalidades de Apoio	43
3.4	Síntese	47
4	Implementação da Evolapse	49
4.1	Tecnologias Utilizadas	49
4.2	Estrutura da Evolapse	50
4.2.1	Sistema de Classes	50
4.2.2	Funcionalidades e Classes	51
4.3	Dificuldades e Soluções	55
4.3.1	Importação das Imagens	55
4.3.2	Exportação do Documento XML	56
4.3.3	ofxOpenCv e OpenCV	56
4.3.4	ofxThreadedImageLoader e classe Image	57
4.3.5	ofGifEncoder e Imagens Utilizadas	57
4.4	Integração com o <i>Website</i> do Projeto LX Conventos	57
4.5	Síntese	59
5	Avaliação e Testes	61
5.1	Comparação com o Trabalho Relacionado	61
5.2	Proposta de Design	63
5.3	Testes com Utilizadores	67
5.3.1	Tarefas	68
5.3.2	Inquéritos	72
5.3.3	Feedback e Avaliação de Perito	87
5.4	Síntese	88
6	Conclusões e Trabalho Futuro	91
6.1	Conclusões	91
6.2	Trabalho Futuro	93
A	Diagrama de Classes	99
B	Estrutura do XML	101
C	Teste de Usabilidade	103
D	Questionário Google Forms	107
E	Questionário (default) AttrakDiff	113

F Tabelas - Primeira Fase de Testes	117
F.1 Dados Recolhidos durante a Execução das Tarefas	117
F.2 Cruzamento de Dados (Google Forms)	127
G Tabelas - Segunda Fase de Testes	151
G.1 Dados Recolhidos durante a Execução das Tarefas	151
G.2 Cruzamento de Dados (Google Forms)	156

Lista de Figuras

2.1	Procedimento realizado para a extração dos pontos de interesse [Low04]. Imagem com escalas diferentes onde em cada escala são feitas várias convoluções Gaussianas e depois é feito o DoG entre imagens adjacentes.	7
2.2	Deteção de <i>T-Junctions</i> , imagem adaptada de [DS09]. (a) Imagem original; (b) Imagem com as <i>T-junctions</i> detetadas.	8
2.3	Imagens do Photo Tourism, imagem adaptada de [SSS06]. (a) Coleção de imagens; (b) Visualização tridimensional da coleção; (c) <i>Layout</i> ao seleccionar uma imagem na visualização tridimensional.	10
2.4	Interface da aplicação nativa do Photosynth [14b].	12
2.5	Representação tridimensional gerada pelo Photosynth [14b] com um conjunto de imagens sintéticas do convento de São Bento. (a) Representação com as imagens; (b) Representação com a nuvem de pontos.	12
2.6	Imagens do Flickr [14h]. (a) Sub-opção Recent Photos; (b) Sub-opção Galleries; (c) Sub-opção World Map.	13
2.7	Imagens do Palácio de São Bento retiradas do Google Street View [14g]. (a) Navegação <i>click-to-go</i> ; (b) Visualização tridimensional do Palácio de São Bento; (c) Imagem selecionada sobre o Palácio de São Bento.	14
2.8	Imagens do Image Space, imagem adaptada de [LBU09]. (a) Tipos de visualizações; (b) 3D View; (c) Bird View; (d) Separadores do Sidebar.	16
2.9	Imagens de uma fotografia capturada usando a aplicação [BAD10] vs fotografia captura sem usar a aplicação, ambas comparadas com uma imagem de referência. (a) Imagem de referência; (b) Imagem capturada usando a aplicação; (c) Imagem capturada sem usar a aplicação.	18
2.10	Imagens do Third View [14e]. (a) Navegação no mapa; (b) Primeira visualização do local selecionado; (c) Segunda visualização do local selecionado.	19
2.11	Imagens do GTDiff [Hoe+11]. (a) Perspetiva temporal (sequência de imagens na parte superior) e perspetiva diferencial (pirâmide abaixo da perspetiva temporal); (b) Perspetiva geo-espacial.	20

2.12	Imagens do Viewfinder [14f]. (a) Inserção da localização; (b) Solução 2D para 2D; (c) Solução 2D para 3D.	21
2.13	Interfaces de alinhamento de imagens, imagem adaptada de [Che+08]. (a) <i>Overlay interface</i> ; (b) <i>Split interface</i>	23
3.1	Funcionalidades disponíveis ao abrir a ferramenta Evolapse. (a) Evolapse com o menu “FILE” aberto; (b) Evolapse com o menu “HELP” aberto. . .	33
3.2	Criação de um novo projeto na Evolapse. (a) Janela onde se cria ou seleciona uma pasta; (b) Janela onde se seleciona uma pasta que contém imagens; (c) Janela onde se seleciona a dimensão do maior lado das imagens.	33
3.3	Geração dos grupos. (a) Evolapse depois de importar as imagens; (b) Barra de progresso após carregar na opção “GENERATE GROUPS”.	35
3.4	Ligação de duas imagens. (a) Seleção de duas imagens; (b) Visualização após selecionar a opção “LINK IMAGES”.	35
3.5	Visualização das relações no estado “LINK IMAGES”. (a) Relação da esquerda ativa; (b) Relação da direita ativa.	36
3.6	Transparências das imagens relacionadas no estado “LINK IMAGES”. (a) Imagem relacionada da imagem da direita com zero por cento de transparência; (b) Imagem relacionada da imagem da direita com cinquenta por cento de transparência.	37
3.7	Marcação dos pontos correspondentes ao criar uma nova relação (“CREATE LINK”). (a) Novo ponto marcado na imagem do lado esquerdo; (b) Ponto correspondente à imagem do lado esquerdo marcado na imagem do lado direito.	37
3.8	Edição dos pontos (“EDIT POINTS”) da relação esquerda (“LEFT”). (a) Pontos da relação selecionada; (b) O ponto trinta e oito a ser arrastado para outra posição.	38
3.9	Criação da representação tridimensional “CREATE 3D”. (a) Seleção de uma imagem; (b) Visualização da representação tridimensional.	39
3.10	Navegação na representação tridimensional. (a) Representação inicial (b) Representação após a imagem número três na (a) ser selecionada (contorno da imagem central em (a) a amarelo).	40
3.11	Navegação da representação tridimensional. (a) Janela <i>scrollable</i> com as imagens que partilham a área clicada; (b) Navegação feita após selecionar a imagem um na Janela em (a).	40
3.12	Texturas (“TEXTURES”) da representação tridimensional no estado “CREATE 3D” da Evolapse. (a) Texturas das imagens relacionadas ativas; (b) Texturas das imagens relacionadas inativas.	41

3.13	Sobreposição do rato a áreas onde se encontram imagens relacionadas no estado "CREATE 3D" da Evolapse. (a) Sobreposição do rato a uma área onde se encontra só uma imagem relacionada; (b) Sobreposição do rato a uma área onde se encontram duas imagens relacionada.	41
3.14	<i>Drop down</i> "TRANSPARENCIES" selecionado no estado "CREATE 3D" da Evolapse. (a) Representação tridimensional com as transparências das imagens todas a zero por cento; (b) Representação tridimensional com a imagem três com transparência de cem por cento.	42
3.15	Criação de uma imagem representativa da evolução temporal. (a) Imagem relacionada número três da representação tridimensional selecionada no <i>drop down</i> "CREATE IMAGE"; (b) Janela de exportação após carregar em "EXPORT IMAGE".	42
3.16	Criação de uma vídeo no estado "CREATE 3D" da Evolapse. (a) Imagens relacionadas selecionadas e parâmetros preenchidos no <i>drop down</i> "CREATE VIDEO"; (b) Janela de exportação após carregar em "EXPORT VIDEO".	43
3.17	"ZOOM IN" ativo na edição dos pontos de uma relação na Evolapse ("EDIT POINTS"). (a) "ZOOM IN" feito à imagem do lado esquerdo; (b) Imagem do lado esquerdo arrastada após fazer "ZOOM IN".	44
3.18	Marcação de novos pontos correspondentes na edição dos pontos ("EDIT POINTS"). (a) Novo ponto marcado na imagem do lado esquerdo; (b) Ponto correspondente à imagem do lado esquerdo marcado na imagem do lado direito.	44
3.19	Visualização do "HOW TO USE" e do "ABOUT US". (a) Visualização do "HOW TO USE" com a opção "ADD IMAGES" selecionada; (b) Visualização do "ABOUT US".	46
3.20	Seleção de um projeto já existente para importar para a Evolapse.	46
5.1	<i>Layout</i> da Evolapse ao abrir, com o menu "FILE" clicado. (a) <i>Layout</i> proposto pela Designer; (b) <i>Layout</i> atual da Evolapse.	63
5.2	<i>Layout</i> da Evolapse depois de criar um novo projeto e adicionar imagens. (a) <i>Layout</i> proposto pela Designer; (b) <i>Layout</i> atual da Evolapse.	64
5.3	<i>Layout</i> da Evolapse após importar um projeto já existente ou depois de gerar os grupos, com duas imagens selecionadas. (a) <i>Layout</i> proposto pela Designer; (b) <i>Layout</i> atual da Evolapse.	64
5.4	<i>Layout</i> da Evolapse após ter sido selecionada a opção "CREATE 3D" nos grupos. (a) <i>Layout</i> proposto pela Designer; (b) <i>Layout</i> atual da evolapse.	65
5.5	<i>Layout</i> da Evolapse no "CREATE 3D" com o "CREATE IMAGE" clicado. (a) <i>Layout</i> proposta pela Designer; (b) <i>Layout</i> atual da evolapse.	66
5.6	<i>Layout</i> da Evolapse no "CREATE 3D" com o "CREATE VIDEO" clicado. (a) <i>Layout</i> proposta pela Designer; (b) <i>Layout</i> atual da evolapse.	66

5.7	<i>Layout</i> da Evolapse após ter sido selecionada a opção “LINK IMAGES” nos grupos, com o “CREATE LINK” clicado e alguns pontos marcados. (a) <i>Layout</i> proposta pela Designer; (b) <i>Layout</i> atual da evolapse.	67
5.8	Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “É fácil aprender a trabalhar com a aplicação” na primeira e segunda fase de testes.	72
5.9	Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “O uso da aplicação é agradável” na primeira e segunda fase de testes.	73
5.10	Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “A navegação está bem estruturada” na primeira e segunda fase de testes.	74
5.11	Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “A geração automática é ótima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar manualmente” na primeira e segunda fase de testes.	74
5.12	Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionados, é cativante” na primeira e segunda fase de testes.	75
5.13	Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara” na primeira e segunda fase de testes.	75
5.14	Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico” na primeira e segunda fase de testes.	76
5.15	Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico” na primeira e segunda fase de testes.	76
5.16	Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis” na primeira e segunda fase de testes.	77
5.17	Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas” na primeira e segunda fase de testes.	78
5.18	Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “A parte que explica como usar (‘HOW TO USE’) a aplicação é uma mais valia” na primeira e segunda fase de testes.	78
5.19	Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “A aplicação é útil” na primeira e segunda fase de testes.	79
5.20	Gráfico com os resultados das respostas à pergunta “Sentiu alguma dificuldade ao utilizar a aplicação?” na primeira fase de testes.	80
5.21	Gráfico com os resultados das respostas à pergunta “Sentiu alguma dificuldade ao utilizar a aplicação?” na segunda fase de testes.	80
5.22	Gráfico com as médias das respostas dadas às afirmações nas duas fases de testes.	81

5.23	Gráfico com as medianas das respostas dadas às afirmações nas duas fases de testes.	81
5.24	Diagrama com a média dos valores das dimensões PQ e HQ e o rectângulo de confiança na primeira fase de testes.	83
5.25	Diagrama com a média dos valores das dimensões PQ e HQ e o rectângulo de confiança na segunda fase de testes.	83
5.26	Média de valores das quatro dimensões do Attrakdiff na primeira fase de testes.	84
5.27	Média de valores das quatro dimensões do Attrakdiff na segunda fase de testes.	84
5.28	Média dos valores dos pares de adjetivos na primeira fase de testes.	85
5.29	Média dos valores dos pares de adjetivos na segunda fase de testes.	86
A.1	Diagrama de classes da Evolapse.	99

Lista de Tabelas

2.1	Invariantes dos algoritmos estudados de comparação de imagens. X - invariante; *X - invariante parcial.	24
3.1	Funcionalidades da ferramenta Evolapse.	29
3.1	Funcionalidades da ferramenta Evolapse.	30
3.1	Funcionalidades da ferramenta Evolapse.	31
5.1	Dados sobre os utilizadores que realizaram a primeira fase de testes. . . .	67
5.2	Dados sobre os utilizadores que realizaram a segunda fase de testes. . . .	68
5.3	Tempos médios, desvios padrão, medianas e ajudas da primeira fase de testes.	69
5.4	Tempos médios, desvios padrão, medianas e ajudas da segunda fase de testes.	69
5.5	Dificuldades sentidas pelos utilizadores na primeira fase de testes.	70
5.6	Dificuldades sentidas pelos utilizadores na segunda fase de testes.	71
5.7	Tempos e ajudas pedidas pela Professora Teresa Romão por cada tarefa. . .	87
5.8	Respostas dadas ao questionário do Google Forms (Anexo D).	88
F.1	Tempos obtidos na primeira fase de testes na primeira tarefa.	117
F.2	Ajudas na primeira fase de testes na primeira tarefa.	118
F.3	Tempos obtidos na primeira fase de testes na segunda tarefa.	118
F.4	Ajudas na primeira fase de testes na segunda tarefa.	119
F.5	Tempos obtidos na primeira fase de testes na terceira tarefa.	119
F.6	Ajudas na primeira fase de testes na terceira tarefa.	120
F.7	Tempos obtidos na primeira fase de testes na quarta tarefa.	120
F.8	Ajudas na primeira fase de testes na quarta tarefa.	121
F.9	Tempos obtidos na primeira fase de testes na quinta tarefa.	121
F.10	Ajudas na primeira fase de testes na quinta tarefa.	122
F.11	Tempos obtidos na primeira fase de testes na sexta tarefa.	122

F.12	Ajudas na primeira fase de testes na sexta tarefa.	123
F.13	Tempos obtidos na primeira fase de testes na sétima tarefa.	123
F.14	Ajudas na primeira fase de testes na sétima tarefa.	124
F.15	Tempos obtidos na primeira fase de testes na oitava tarefa.	124
F.16	Ajudas na primeira fase de testes na oitava tarefa.	125
F.17	Tempos obtidos na primeira fase de testes na nona tarefa.	125
F.18	Ajudas na primeira fase de testes na nona tarefa.	126
F.19	Número de respostas dadas à afirmação “É fácil aprender a trabalhar com a aplicação” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	127
F.20	Número de respostas dadas à afirmação “É fácil aprender a trabalhar com a aplicação” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	128
F.21	Número de respostas dadas à afirmação “O uso da aplicação é agradável” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	129
F.22	Número de respostas dadas à afirmação “O uso da aplicação é agradável” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	130
F.23	Número de respostas dadas à afirmação “A navegação está bem estruturada” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	131
F.24	Número de respostas dadas à afirmação “A navegação está bem estruturada” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	132
F.25	Número de respostas dadas à afirmação “A geração automática de grupos é ótima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	133
F.26	Número de respostas dadas à afirmação “A geração automática de grupos é ótima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	134
F.27	Número de respostas dadas à afirmação “O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionadas, é cativante” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	135
F.28	Número de respostas dadas à afirmação “O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionadas, é cativante” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	136
F.29	Número de respostas dadas à afirmação “A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	137
F.30	Número de respostas dadas à afirmação “A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	138

F.31	Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	139
F.32	Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	140
F.33	Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	141
F.34	Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	142
F.35	Número de respostas dadas à afirmação “As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	143
F.36	Número de respostas dadas à afirmação “As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	144
F.37	Número de respostas dadas à afirmação “As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	145
F.38	Número de respostas dadas à afirmação “As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	146
F.39	Número de respostas dadas à afirmação “A parte que explica como usar (“HOW TO USE”) a aplicação é uma mais valia” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	147
F.40	Número de respostas dadas à afirmação “A parte que explica como usar (“HOW TO USE”) a aplicação é uma mais valia” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	148
F.41	Número de respostas dadas à afirmação “A aplicação é útil” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	149
F.42	Número de respostas dadas à afirmação “A aplicação é útil” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	150
G.1	Tempos obtidos na segunda fase de testes na primeira tarefa.	151
G.2	Ajudas na segunda fase de testes na primeira tarefa.	151
G.3	Tempos obtidos na segunda fase de testes na segunda tarefa.	152
G.4	Ajudas na segunda fase de testes na segunda tarefa.	152
G.5	Tempos obtidos na segunda fase de testes na terceira tarefa.	152

G.6	Ajudas na segunda fase de testes na terceira tarefa.	152
G.7	Tempos obtidos na segunda fase de testes na quarta tarefa.	153
G.8	Ajudas na segunda fase de testes na quarta tarefa.	153
G.9	Tempos obtidos na segunda fase de testes na quinta tarefa.	153
G.10	Ajudas na segunda fase de testes na quinta tarefa.	153
G.11	Tempos obtidos na segunda fase de testes na sexta tarefa.	154
G.12	Ajudas na segunda fase de testes na sexta tarefa.	154
G.13	Tempos obtidos na segunda fase de testes na sétima tarefa.	154
G.14	Ajudas na segunda fase de testes na sétima tarefa.	154
G.15	Tempos obtidos na segunda fase de testes na oitava tarefa.	155
G.16	Ajudas na segunda fase de testes na oitava tarefa.	155
G.17	Tempos obtidos na segunda fase de testes na nona tarefa.	155
G.18	Ajudas na segunda fase de testes na nona tarefa.	155
G.19	Número de respostas dadas à afirmação “É fácil aprender a trabalhar com a aplicação” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	157
G.20	Número de respostas dadas à afirmação “É fácil aprender a trabalhar com a aplicação” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	158
G.21	Número de respostas dadas à afirmação “O uso da aplicação é agradável” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	159
G.22	Número de respostas dadas à afirmação “O uso da aplicação é agradável” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	160
G.23	Número de respostas dadas à afirmação “A navegação está bem estruturada” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	161
G.24	Número de respostas dadas à afirmação “A navegação está bem estruturada” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	162
G.25	Número de respostas dadas à afirmação “A geração automática de grupos é ótima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	163
G.26	Número de respostas dadas à afirmação “A geração automática de grupos é ótima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	164
G.27	Número de respostas dadas à afirmação “O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionadas, é cativante” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	165
G.28	Número de respostas dadas à afirmação “O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionadas, é cativante” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	166

G.29	Número de respostas dadas à afirmação “A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	167
G.30	Número de respostas dadas à afirmação “A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	168
G.31	Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	169
G.32	Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	170
G.33	Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	171
G.34	Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	172
G.35	Número de respostas dadas à afirmação “As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	173
G.36	Número de respostas dadas à afirmação “As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	174
G.37	Número de respostas dadas à afirmação “As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	175
G.38	Número de respostas dadas à afirmação “As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	176
G.39	Número de respostas dadas à afirmação “A parte que explica como usar (“HOW TO USE”) a aplicação é uma mais valia” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	177
G.40	Número de respostas dadas à afirmação “A parte que explica como usar (“HOW TO USE”) a aplicação é uma mais valia” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	178
G.41	Número de respostas dadas à afirmação “A aplicação é útil” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.	179
G.42	Número de respostas dadas à afirmação “A aplicação é útil” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.	180

Listagens

B.1 Exemplo de código XML gerado pela Evolapse.	101
---	-----



Introdução

Atualmente, em todo o mundo são tiradas milhões de fotografias diariamente, e isso pode ser visto simplesmente recorrendo a meios de difusão, como os jornais, a televisão e a internet, sendo este último o meio em maior expansão. A internet é atualmente o maior meio de difusão porque existem plataformas, como o Flickr [14h] da Yahoo, que contêm milhões de fotografias, disponibilizadas por inúmeros utilizadores em todo o mundo. O facto de milhões de fotografias serem tiradas é possível porque a tecnologia tem avançado de uma forma significativa. No passado, fotografar e arquivar, era uma atividade realizada com pouca regularidade, por vezes cara e que exigia tempo. Hoje em dia, fotografar é algo banal e acessível, sendo que uma simples máquina tem a capacidade de capturar e guardar inúmeras fotografias numa fração de segundos. Com este aumento de capacidade de armazenamento e de acesso a fotografias torna-se necessário considerar soluções para os novos problemas gerados. Os problemas consistem essencialmente nas dificuldades de organização e visualização das fotografias e na necessidade de transmitir conhecimento e sensações, ao visualizar um determinado conjunto de fotografias. Através de um conjunto de fotografias de vários momentos no tempo, referentes a uma localização, é possível realizar uma viagem temporal àquele local e assim observar as alterações que ocorreram. Esta evolução espaço-temporal deriva de ações humanas ou naturais que apresentam um grande interesse a nível histórico, morfológico e geométrico e que, por isso, podem constituir objeto de estudo em diversas ciências.

1.1 Motivação e Objetivos

O século XX foi largamente capturado em fotografias, inicialmente armazenadas em formato de papel, suporte que tem vindo a ser substituído pelo digital. Dada a falta de

interfaces interessantes para a visualização de fotografias neste formato, muitas das fotografias capturadas são simplesmente armazenadas num dispositivo e muitas vezes esquecidas. Quando se pretende visualizar as fotografias novamente, a visualização consiste geralmente numa grelha ou numa sequência de imagens que podem ser observadas com mais detalhe ao clicar numa delas.

No tempo das fotografias em papel, havia o hábito de guardar as fotografias em álbuns e, ao fazer isso, procurava-se criar um fio condutor na apresentação das mesmas. Faziam-se álbuns temáticos, temporais, etc. A ordem pela qual as fotografias eram apresentadas tinha um significado. Esta dissertação surge com a intenção de trazer um significado semântico às formas de visualização de conjuntos de fotografias, criando ligações espaço-temporais entre as mesmas.

Os resultados da dissertação têm como objetivo melhorar a experiência vivida pelo utilizador ao visualizar um conjunto de imagens relacionadas entre si. O trabalho está integrado no projeto LX Conventos, cujo objetivo é estudar, de forma sistemática e integrada, o impacto da extinção das ordens religiosas no desenvolvimento, funções e imagem da cidade de Lisboa. O suporte para este trabalho é um conjunto de fotografias disponíveis na Câmara Municipal de Lisboa e na Torre do Tombo, e que mostram a evolução dos edifícios religiosos da cidade ao longo dos séculos XIX, XX e XXI, assim como da paisagem urbana que os circunda. Facilita-se assim ao estudioso deste tema, assim como ao público em geral, a compreensão desta evolução de forma simples e natural. Temos assim disponíveis fotografias de casas religiosas que foram construídas por várias ordens. Estas fotografias constituem um caso de estudo para a dissertação, potenciando a visualização das mesmas, ao mostrar a evolução espaço-temporal das casas religiosas e do que as circunda na cidade, analisando de que forma estas alterações contribuíram para a própria evolução de Lisboa e da vida dos seus cidadãos.

1.2 Descrição e Contexto

Tal como referido, a dissertação está enquadrada no projeto LX Conventos. O projeto é financiado pela FCT¹, Fundação para a Ciência e Tecnologia, que foi proposto pelo Instituto de História da Arte da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa (UNL), tendo como parceiros a Câmara Municipal de Lisboa, a Torre do Tombo e o CITI (Centro de Informática e Tecnologias de Informação) do Departamento de Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNL.

A tarefa da equipa do CITI no projeto consiste em desenvolver uma plataforma Web que dará a possibilidade, a vários tipos de utilizadores, de navegar através do tempo na cidade de Lisboa. Esta navegação dar-se-á essencialmente através da disponibilização de cartografia de várias épocas, possibilitando a análise da forma, em termos do edifício e do local em que se insere, da casa religiosa tal como foi no passado, como evoluiu e como existe no presente. A este nível, os edifícios diferem, existindo casas que resistiram até aos

¹FCT - <http://alfa.fct.mctes.pt/> acedido em Dezembro de 2014

dias de hoje, algumas que desapareceram e outras que existem parcialmente, integradas em novos edifícios com funções diversas.

A dissertação foca-se essencialmente nas imagens das casas religiosas e tem por objetivo criar uma forma apelativa de visualizar a evolução espaço-temporal das casas religiosas ao longo dos séculos. Com este objetivo em mente, esta dissertação tem como desafio desenvolver uma ferramenta que ofereça um conjunto de funcionalidades para manipular imagens de diferentes décadas, suportando uma forma natural e adaptada aos objetivos do utilizador, de navegação entre as imagens. Após executar uma série de comparações e descobrir relações nas imagens das casas religiosas, esta ferramenta exporta um documento num formato a integrar no *website* do projeto LX Conventos. O documento, ao ser integrado no *website*, permite navegar entre as imagens, do mesmo modo que foi especificado por quem utilizou a ferramenta.

O utilizador que usa a ferramenta tem que ser conhecedor do contexto do projeto para construir a navegação de forma apropriada. A navegação gerada pela ferramenta é utilizada pelos utilizadores que acederem ao *website* do projeto LX Conventos.

1.3 Contribuições da Dissertação

O trabalho descrito nesta dissertação tem as seguintes contribuições:

- Uma forma de geração automática de uma estrutura identificadora de relações de similaridade entre imagens diferentes, com base em métodos existentes;
- Um método para a criação manual, em ambiente computacional, de relações entre imagens, para utilização nos casos em que estas relações não são passíveis de serem identificadas de forma automática;
- Uma estrutura que descreve as relações entre imagens, compondo as relações identificadas automática e manualmente;
- Um método de geração de um vídeo representativo da evolução temporal que permite a criação de *frames* que podem ser utilizadas por aplicações externas;
- Um método de geração de uma representação que permite, aos utilizadores, o estudo da evolução espaço-temporal das estruturas presentes nas imagens;
- Um método de geração de uma imagem representativa da evolução temporal que pode conter imagens de diferentes épocas;
- Uma ferramenta avaliada por peritos, que engloba todas as contribuições anteriormente referidas.

1.4 Estrutura do Documento

Este documento está estruturado da seguinte forma:

- **Introdução**

O Capítulo 1 apresenta uma visão geral da dissertação, incluindo a motivação, os objetivos, a descrição, o contexto e as contribuições.

- **Trabalho Relacionado**

No Capítulo 2 são descritas as técnicas e os sistemas que de algum modo estão relacionadas com a dissertação.

- **Ferramenta Evolapse**

No Capítulo 3 é apresentada a ferramenta Evolapse, os seus princípios e funcionalidades.

- **Implementação da Evolapse**

No Capítulo 4 são apresentados todos os detalhes da implementação da ferramenta.

- **Avaliação e Testes**

O Capítulo 5 apresenta a avaliação e os testes realizados por utilizadores.

- **Conclusões e Trabalho Futuro**

O Capítulo 6 apresenta as conclusões tiradas no desenvolvimento da dissertação e também menciona o trabalho que se pretende realizar no futuro.



Trabalho Relacionado

O capítulo apresenta o estudo realizado sobre as técnicas e sistemas relacionados com a dissertação. Na primeira secção (Secção 2.1) são apresentadas técnicas para comparar imagens, que são necessárias para as relacionar e que possibilitam a construção de visualizações tridimensionais. Na Secção 2.2 são descritos alguns sistemas relacionados com a dissertação, incluindo detalhes das funcionalidades, da interface e de técnicas que os sistemas apresentam. Posteriormente, a Secção 2.3 apresenta uma pequena análise e discussão comparativa dos sistemas relacionados, e por fim na Secção 2.4 é feita uma síntese do trabalho relacionado e é mencionado o seu contributo para o desenvolvimento da dissertação.

2.1 Descritores e Comparação de Imagens

Nas últimas décadas tem aumentado o interesse em desenvolver técnicas e ferramentas que permitam comparar imagens de forma automática, recorrendo ao poder de processamento que os dispositivos disponibilizam. Especificamente, em alguns trabalhos publicados, pretende-se relacionar imagens que possuam conteúdos idênticos ou similares, como, por exemplo, objetos idênticos em imagens diferentes.

Ao se detetar objetos idênticos em imagens diferentes é provável que as imagens sejam relacionadas, embora possam ser de épocas diferentes. Se duas imagens de épocas diferentes contiverem um objeto idêntico, é possível fazer uma comparação entre as mesmas e assim observar a evolução espaço-temporal referente às imagens. A comparação de imagens é suportada por mecanismos automáticos que extraem características relevantes de cada imagem, e que serão, posteriormente, usadas como fator de comparação.

Existem inúmeros algoritmos de comparação de imagens que oferecem resultados

diferentes ao extrair as suas características. Os algoritmos mais conhecidos são o SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) [Low04], o SURF (Speeded Up Robust Features) [BTV06] e o FAST (FAST Corner Detector) [TH98]. Existem ainda adaptações destes algoritmos que tentam eliminar as limitações que estes apresentam. Estes algoritmos geram descritores [Low04], sendo um descritor uma estrutura que representa uma característica de uma imagem e que constitui a base para a execução de comparações entre imagens.

2.1.1 SIFT

O descritor SIFT [Low04] é invariante em relação à escala e à rotação e parcialmente invariante à luminosidade, ao ruído e à posição da câmara tridimensional. O custo de extrair os descritores de uma imagem é minimizado porque é utilizado um filtro (detetor) que seleciona os pontos de interesse e as operações seguintes, que são as mais pesadas computacionalmente, são só realizadas nesses mesmos pontos.

Para se identificarem e extraírem todos os pontos de interesse e gerar os respetivos descritores SIFT, uma imagem é submetida a uma sequência de procedimentos. Inicialmente para identificar os pontos de interesse de uma imagem é utilizado o DoG (Difference of Gaussian) entre imagens adjacentes de conjuntos de imagens da mesma escala (Figura 2.1). Estes conjuntos são criados através da convolução sucessiva da imagem em questão numa determinada escala. As convoluções sucessivas são aplicações de fatores Gaussianos diferentes à imagem de cada escala. Ao aumentar o fator Gaussiano a imagem fica mais desfocada (*blur*). Após encontrados e extraídos os pontos de interesse é feita uma filtragem onde só permanecem os pontos que são estáveis, sendo invariantes à orientação e à escala. Depois da filtragem completa são gerados os descritores, que consistem numa medição dos gradientes da área em redor de cada ponto de interesse, sendo estas medições guardadas num vetor. Essa medição é transformada numa representação que continua a ser identificável mesmo com algumas alterações de luminosidade e distorção, associada ao ponto de interesse.

Para comparar uma dada imagem com um conjunto de imagens é necessário extrair todos os descritores SIFT do conjunto e guardá-los, por exemplo numa base de dados. De seguida os descritores da imagem que se pretende comparar, são comparados com os descritores residentes na base de dados, através da distância Euclidiana entre os seus vetores (descritores).

Os descritores SIFT provenientes de duas imagens distintas são completamente diferentes. Assim sendo, se uma base de dados contiver descritores idênticos a uma determinada imagem há uma grande probabilidade de que, ao serem comparados, se identifique que são iguais. Garante-se assim que existe uma relação entre a imagem que está a ser comparada com uma imagem associada aos descritores que foram identificados na base de dados. De frisar que a deteção dos pontos de interesse é executada numa vasta gama de escalas, sendo assim possível detetar pequenos objetos que poderiam estar ocultos em outras resoluções.

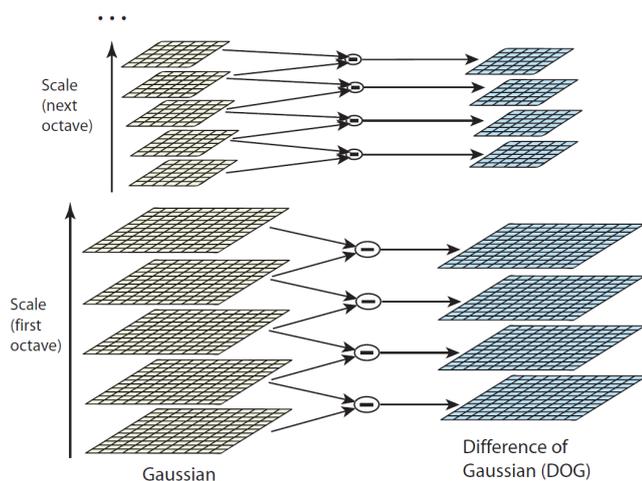


Figura 2.1: Procedimento realizado para a extração dos pontos de interesse [Low04]. Imagem com escalas diferentes onde em cada escala são feitas várias convoluções Gaussianas e depois é feito o DoG entre imagens adjacentes.

Quando é feita a comparação entre uma imagem que tem uma grande distorção com uma base de dados que contém descritores relacionados (por outras palavras, a imagem que está a ser comparada tem, por exemplo, a luminosidade e a rotação diferentes, apresentando também um grande ruído) são devolvidos muitos falsos positivos, isto é, são devolvidos, ao fazer a comparação, descritores correspondentes entre a base de dados e a imagem que na realidade não o são. Devido a isto, os resultados corretos podem ser filtrados, identificando subconjuntos dos pontos de interesse que são idênticos em relação à localização, escala e orientação de um dado objeto à imagem.

Este tipo de descritor, embora seja o mais robusto, não é o mais indicado para aplicações em tempo real porque o processamento é lento em comparação com o FAST (Subsecção 2.1.3) e SURF (Subsecção 2.1.2). A sua utilização traria uma má experiência ao utilizador, devido ao tempo de espera necessário para obter e visualizar os resultados.

2.1.2 SURF

O descritor SURF [BTV06] é invariante em relação à escala e à rotação, e é baseado nas propriedades do descritor SIFT (Subsecção 2.1.1), mas apresenta um algoritmo mais eficiente em termos computacionais. O SURF pretende reduzir a complexidade e a dimensão do descritor em comparação com outros, como por exemplo o SIFT, mas com a preocupação de continuar a manter a distinção de cada descritor gerado. A rapidez na deteção dos pontos de interesse é também um dos objetivos principais.

A geração dos descritores envolve uma sequência de processos. Inicialmente, são detetados os pontos de interesse, que estão situados em zonas distintas da imagem, como cantos, *blobs* (regiões) e *T-junctions* (Figura 2.2). O detetor é chamado *Fast-Hessian Detector* porque é baseado numa matriz de Hessian à qual são feitas aproximações usando o DoG (Difference of Gaussian).

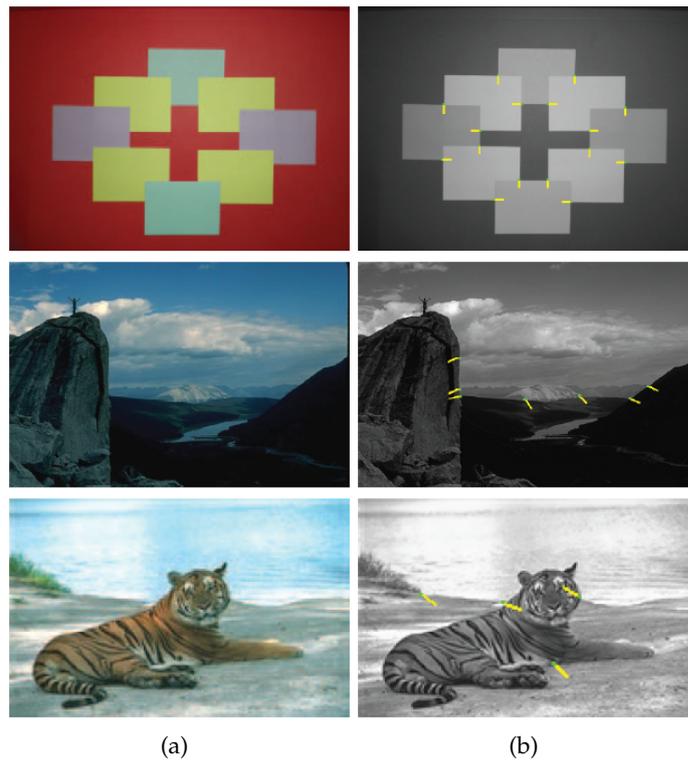


Figura 2.2: Detecção de *T-Junctions*, imagem adaptada de [DS09]. (a) Imagem original; (b) Imagem com as *T-junctions* detetadas.

Depois de identificados os pontos de interesse, é estimada a orientação dominante associada a cada um. Para isso, é calculado o Haar-wavelet [BTV06] correspondente às direções X e Y, numa vizinhança com um raio de seis vezes a escala onde o ponto de interesse foi identificado.

Para extrair o descritor é construída uma região de dimensão vinte vezes superior à escala onde o ponto de interesse foi encontrado, centrada no ponto de interesse e orientada com a orientação anteriormente calculada. Posteriormente, essa região é dividida em sub-regiões com dimensão 4x4, sendo calculado o Haar-wavelet em cada sub-região. Calculados os valores do Haar-wavelet na horizontal e na vertical, para cada sub-região, os valores horizontais são somados, assim como os valores verticais. São calculados também os valores absolutos de cada soma efetuada. Cada sub-região fica associada a um vetor que contém estes quatro valores calculados. Estes vetores das sub-regiões formam o descritor SURF.

A sequência dos processos citados referem-se a uma imagem, mas o objetivo é fazer comparações entre várias para se poder descobrir objetos idênticos. Para isto, cada descritor de cada imagem é comparado com os descritores das outras imagens através da distância Euclidiana ou de Mahalanobis.

É mencionado em [BTV06], que foi realizada uma comparação entre o *Fast-Hessian Detector* e outros detetores, concluindo que o *Fast-Hessian Detector* é três vezes mais rápido do que o DoG, que é utilizado no SIFT. Foi feita, conseqüentemente, uma comparação

entre descritores e o SURF foi o mais rápido a devolver os resultados. Devido à sua rapidez, este tipo de descritor é muitas vezes utilizado em aplicações que pretendem oferecer resultados em tempo real.

Em [BTV06] é apresentada uma adaptação do SURF, designado por U-SURF (Upright SURF) em que o descritor é só invariante à escala porque em muitos casos só existem alterações relativas ao eixo vertical não se verificando assim nenhuma rotação. O U-SURF é mais rápido do que o SURF pois apresenta menos restrições no que toca à seleção dos pontos de interesse.

2.1.3 FAST

O FAST [TH98] é um algoritmo que tira partido dos cantos dos objetos presentes nas imagens porque os cantos possuem a característica de serem extremamente diferentes dos seus vizinhos. Por exemplo, um vizinho externo ao objeto (externo a um canto do objeto) tem, provavelmente, uma cor diferente em relação ao interior do objeto.

Este detetor de cantos é consistente porque utiliza sempre o mesmo padrão, é preciso e rápido, o que proporciona um bom desempenho em tempo real. Os pontos detetados, referentes a cantos, são insensíveis à variação do ruído, o que proporciona a sua deteção em imagens que tenham diferentes níveis de ruído, e mesmo quando não são detetados exatamente na posição real do canto, têm uma posição muito próxima.

Em [TH98], os autores apresentam um estudo de comparação entre o FAST e outros algoritmos, tendo o primeiro obtido o melhor desempenho em termos de precisão. A comparação foi ainda executada para o parâmetro de consistência¹, tendo o FAST ficado em segundo neste parâmetro, só suplantado pelo Algoritmo de Harris Corner [HS88], que é também um algoritmo que deteta cantos.

2.2 Sistemas Relacionados

Atualmente, existe uma quantidade enorme de imagens, o que se deve ao avanço da tecnologia nas últimas décadas. Surgiram vários dispositivos que têm a capacidade de as capturar e armazenar. Devido a isto, emergiu o interesse de manipular as imagens com o objetivo de as mostrar de forma apelativa. Este interesse fez com que se desenvolvessem diferentes sistemas, que têm o intuito de apresentar conjuntos de imagens, de forma a transmitir, em alguns casos, conhecimento histórico através de relações espaço-temporais entre as imagens apresentando um conjunto de funcionalidades e visualizações interessantes.

Os sistemas apresentados são o Photo Tourism [SSS06], e uma adaptação da Microsoft designado por Photosynth [14b], o Flickr [14h] da Yahoo, o Google Street View [Ang+10; 14g] da Google, o Image Space [LBU09] da Nokia, o sistema descrito em Computacional Re-photography [BAD10], o Third View [14e] e o GTDiff [Hoe+11]. Por fim é apresentado

¹Consistência - pontos insensíveis à variação do ruído e que não se movimentam, dadas várias imagens da mesma cena.

o ViewFinder [14f] e algumas técnicas interativas para registrar imagens [Che+08], que têm o objetivo de alinhar manualmente imagens a modelos tridimensionais.

2.2.1 Photo Tourism e Photosynth

O objetivo do Photo Tourism [SSS06] foi criar uma interface para navegar numa grande coleção de fotografias. Esta interface oferece, ao utilizador, uma visualização tridimensional do cenário recorrendo à coleção para a gerar.

Para um conjunto de imagens resultar num cenário tridimensional é necessário extrair os parâmetros da câmara de cada fotografia. Os parâmetros são extraídos após serem efetuadas as comparações entre imagens. Para os extrair é utilizado um processo SfM (Structure from Motion) [Del+00] que tem como objetivo recuperar os parâmetros da câmara, disponibilizando posições relativas da mesma.

A visualização tridimensional, disponível no Photo Tourism, apresenta uma imagem não realista do cenário, ao qual são adicionados pontos de vista com orientações que representam o local de onde foram tiradas as fotografias (Figura 2.3 (b)). Este cenário pode também ser visto como um conjunto de pontos semelhante à Figura 2.5 (b) (nuvem de pontos). Uma nuvem de pontos consiste num conjunto de pontos representados num espaço tridimensional que têm o objetivo de representar a estrutura externa de um objeto. No caso da Figura 2.5 (b) representa a estrutura externa do convento de São Bento.

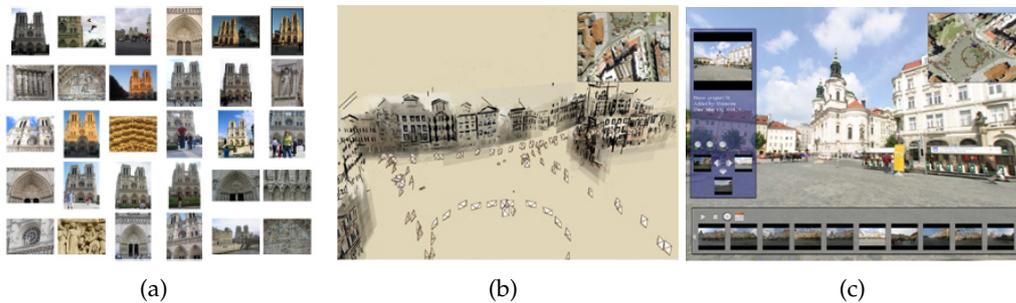


Figura 2.3: Imagens do Photo Tourism, imagem adaptada de [SSS06]. (a) Coleção de imagens; (b) Visualização tridimensional da coleção; (c) *Layout* ao selecionar uma imagem na visualização tridimensional.

A navegação na visualização é efetuada selecionando um ponto de vista, o que leva a ferramenta a mudar de estado, passando da perspetiva de visualização do cenário para a perspetiva associada à nova fotografia selecionada (Figura 2.3 (c)). Na nova perspetiva, da fotografia selecionada, é apresentada uma janela principal e três painéis sobrepostos, um com a informação da imagem e um campo de pesquisa (à esquerda), outro painel com *thumbnails* na zona inferior e o terceiro com o mapa no canto superior direito.

A janela principal mostra uma perspetiva vista por uma câmara virtual controlada pelo utilizador. Esta visualização não tem o objetivo de mostrar uma cena completamente realista, mas mostra fotografias que estão no mesmo contexto espacial, dando assim uma sensação da geometria da verdadeira cena.

O painel informativo aparece quando um utilizador escolhe uma fotografia para visualizar. Este painel mostra a seguinte informação: nome da fotografia, nome do fotógrafo, a hora e data em que foi tirada. O painel também apresenta fotografias semelhantes à escolhida.

O painel de *thumbnails* apresenta os resultados de uma pesquisa, cujo resultado é a sequência de *thumbnails* apresentada. Quando se seleciona um *thumbnail*, a imagem correspondente é mostrada na janela principal, visualizando-se assim a geometria da mesma. O painel também apresenta controladores para fazer ordenações, por data e hora, que depois podem ser executadas em *slideshow*.

O utilizador, se o pretender, pode procurar por uma resolução melhor de um determinado objeto numa fotografia, arrastando um retângulo de duas dimensões para cobrir o objeto em questão. Seguidamente, o sistema procura uma imagem que apresente a melhor resolução, caso exista, do objeto selecionado.

O sistema permite ainda criar uma cópia da informação. A cópia dá a possibilidade de associar descrições de uma imagem a outras imagens que contenham objetos em comum.

O Photosynth [14b] da Microsoft² é uma aplicação que foi baseada no Photo Tourism [SSS06]. O utilizador pode usar gratuitamente esta ferramenta para gerar algumas representações tridimensionais de um conjunto de imagens. As imagens do conjunto devem ser relacionadas.

Após o utilizador inserir o conjunto de imagens que pretende sintetizar para gerar a representação tridimensional, é preciso clicar no botão “Synth” (Figura 2.4) e aguardar alguns minutos, que são proporcionais ao número de fotografias inseridas. Quanto mais fotografias forem inseridas maior é o tempo de espera. O tempo de espera pode ser longo porque a aplicação extrai descritores SIFT (Subsecção 2.1.1) de todas as imagens que, depois são comparados para encontrar imagens relacionadas, e por fim é executado um processo SfM (Structure from Motion) para recuperar os parâmetros da câmara associada a cada imagem. Após estes processos executados a representação tridimensional é gerada. Esta sequência de processos é similar à do Photo Tourism.

Depois das fotografias sintetizadas o resultado final é visível no *website* do próprio Photosynth. Na representação tridimensional (Figura 2.5 (a)) é possível navegar entre as fotografias, fazer *zoom in* e *zoom out*, ver os grupos que foram criados, nos quais as imagens se relacionam por possuírem objetos idênticos, e ver outro tipo de visualizações como por exemplo a nuvem de pontos (Figura 2.5 (b)). Esta ferramenta possui mais algumas funcionalidades mas as principais já foram mencionadas, contudo não possui algumas apresentadas no Photo Tourism.

O Photo Tourism [SSS06], o Photosynth [14b], e o sistema descrito em Navigation in Past Museum Exhibitions Using Multimedia Archives [Nób+12] utilizam descritores SIFT porque não são sistemas que necessitam de resultados em tempo real e que têm preferência em obter os melhores resultados possíveis ao comparar imagens. A qualidade dos resultados aumenta a qualidade das visualizações tridimensionais.

²Microsoft - <http://www.microsoft.com/pt-pt/default.aspx> acedido em Dezembro de 2014

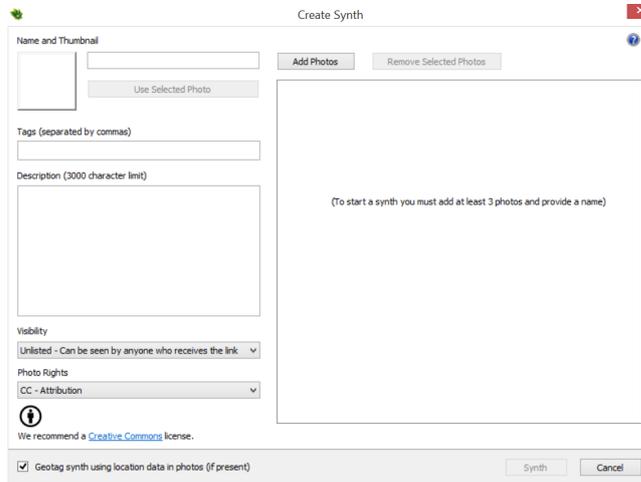


Figura 2.4: Interface da aplicação nativa do Photosynth [14b].

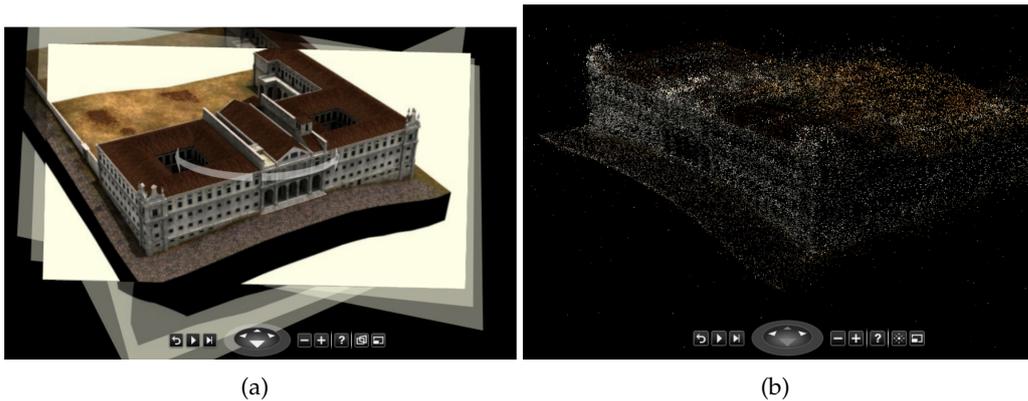


Figura 2.5: Representação tridimensional gerada pelo Photosynth [14b] com um conjunto de imagens sintéticas do convento de São Bento. (a) Representação com as imagens; (b) Representação com a nuvem de pontos.

2.2.2 Flickr

O Flickr [14h] da Yahoo³ é um dos maiores meios de partilha de fotografias na internet. No Flickr o utilizador pode carregar as suas fotografias e partilhá-las com quem quiser, criar grupos e comentar fotografias.

A aplicação oferece muitas funcionalidades. Na opção Explore o utilizador pode escolher várias sub-opções. Na sub-opção “Recent Photos” (Figura 2.6 (a)) são mostradas as fotografias mais recentes em grelha. Na sub-opção “Galleries” (Figura 2.6 (b)) o utilizador pode ver fotografias que estão agrupadas em grupos que têm relações espaciais, e na sub-opção “World Map” (Figura 2.6 (c)) é ilustrado o mundo com fotografias georreferenciadas. As fotografias georreferenciadas podem ser visualizadas ao selecionar uma dessas referências ou selecionando uma no painel de *thumbnails* disponível.

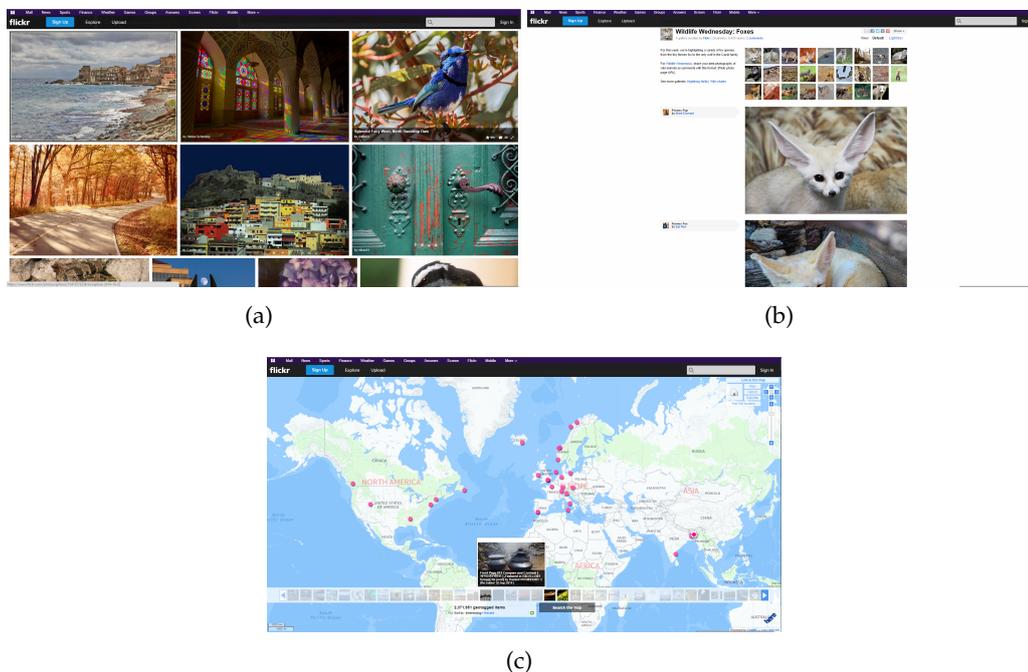


Figura 2.6: Imagens do Flickr [14h]. (a) Sub-opção Recent Photos; (b) Sub-opção Galleries; (c) Sub-opção World Map.

2.2.3 Google Street View

O Google Street View [Ang+10; 14g] da Google⁴, incluído no Google Maps, é um serviço acessível a todos os utilizadores. O Google Street View dá a possibilidade de o utilizador visualizar imagens panorâmicas de 360° em mais de cinquenta países de sete continentes distintos [14g]. A aplicação permite explorar as ruas e as cidades, revelando-se assim uma boa forma de encontrar locais pretendidos.

³Yahoo - <https://www.yahoo.com/> acedido em Dezembro de 2014

⁴Google - <https://www.google.pt/> acedido em Dezembro de 2014

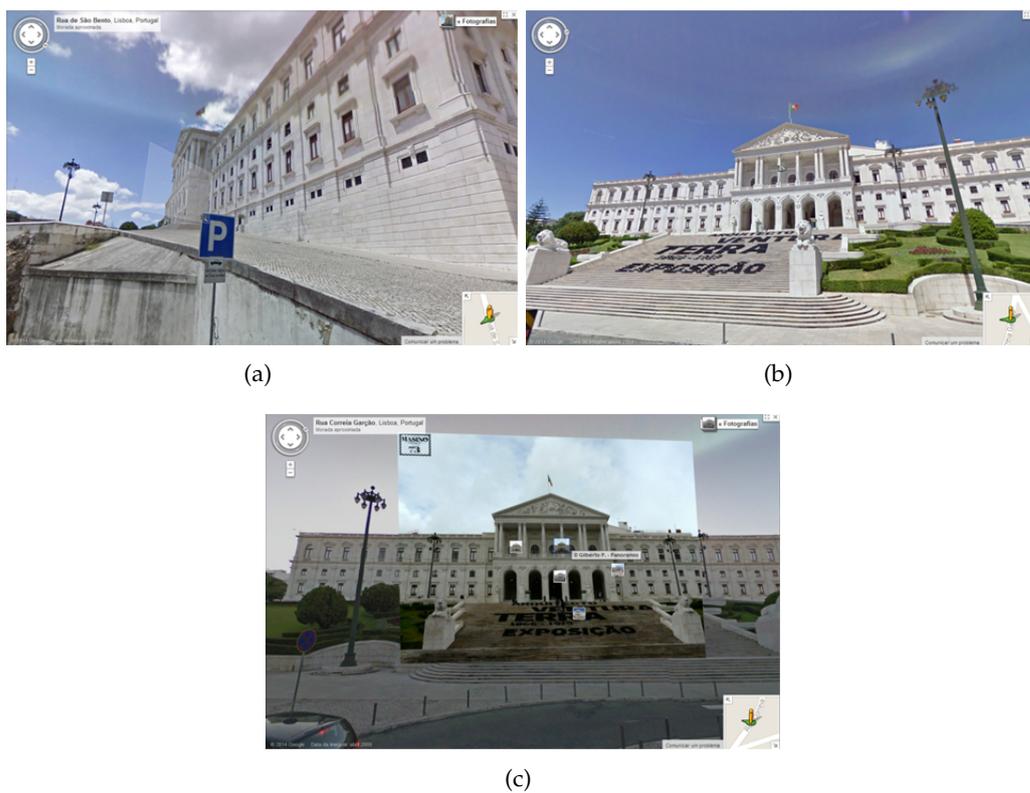


Figura 2.7: Imagens do Palácio de São Bento retiradas do Google Street View [14g]. (a) Navegação *click-to-go*; (b) Visualização tridimensional do Palácio de São Bento; (c) Imagem selecionada sobre o Palácio de São Bento.

Para melhorar o aspeto e tornar mais realista a visualização das ruas e cidades, o Google Street View recorre a fotografias tiradas por utilizadores do Flickr, Panoramio⁵ e Picasa⁶. As fotografias podem ser selecionadas e visualizadas no modelo tridimensional. É disponibilizada uma forma única de navegação chamada *click-to-go* (Figura 2.7 (a)), onde o utilizador pode clicar numa zona referente ao modelo tridimensional e consequentemente é transportado para a visualização tridimensional mais próxima da zona selecionada. As fotografias que podem ser selecionadas estão associadas à zona ou ao modelo tridimensional (Figura 2.7 (b) e (c)) que o utilizador está a visualizar num determinado momento.

2.2.4 Image Space

O objetivo da aplicação Image Space [LBU09], desenvolvida pela Nokia⁷, foi simplificar a utilização do Photowork [Kir+06] e apresentar uma aplicação divertida aos olhos do utilizador. O Image Space é uma aplicação para partilhar, visualizar e manipular coleções de fotografias.

O utilizador usa a parte móvel da aplicação, que está inserida em dispositivos móveis, para tirar as fotografias que pretende e estas são enviadas para um servidor *online*. Na sequência deste envio, o utilizador pode depois visualizar as imagens, a partir de um *website*. Este disponibiliza três tipos de visualizações (Figura 2.8 (a)), sendo elas a *3D View*, *Map View* e *Sidebar*.

Na *3D View* (Figura 2.8 (b)) as fotografias mostradas têm uma relação espacial. O utilizador pode navegar nas fotografias clicando nas mesmas. Inicialmente é mostrada uma fotografia mas se existir outra fotografia associada (relação espacial) é apresentado um *overlay* (Figura 2.8 (b) (Photo Frame)) da fotografia respetiva. Se o utilizador pretender, pode visualizar a fotografia em grande plano e, para isso, precisa de clicar na fotografia. Sempre que o utilizador coloca o rato em cima da fotografia corrente, a aplicação disponibiliza informação sobre quem a publicou, a sua localização e a data. Na *3D View* é disponibilizada a *Bird View* (Figura 2.8 (c)) que consiste em apresentar fotografias que não estão acessíveis a partir da fotografia corrente mas que possuem uma relação espacial com a mesma. A *Bird View* faz com que o utilizador possa escolher uma dessas fotografias, o que leva a visualização a migrar para a fotografia escolhida. As fotografias podem ser editadas, podendo adicionar-se *links*, alterar a sua posição e inserir uma avaliação ou um comentário.

A *Map View* oferece três tipos de mapas: o mapa tradicional, por satélite e um híbrido entre ambos. O utilizador pode navegar no mapa arrastando-o ou usando as teclas do computador. As fotografias são apresentadas no mapa com indicadores semicirculares indicando onde as fotografias se encontram. A seleção de um indicador leva à visualização da fotografia na *3D View*.

⁵Panoramio - <http://www.panoramio.com/> acedido em Dezembro de 2014

⁶Picasa - <http://picasa.google.com/> acedido em Dezembro de 2014

⁷Nokia - <http://www.nokia.com/global/> acedido em Dezembro de 2014

Por último, a *Sidebar* apresenta três separadores (Figura 2.8 (d)), “People”, “My Profile” e “Photos”. O separador “People” apresenta informação sobre as pessoas que estão ligadas ao utilizador; o “My Profile” mostra a informação associada ao utilizador; e por fim, o separador “Photos” mostra fotografias que foram tiradas nas redondezas.



Figura 2.8: Imagens do Image Space, imagem adaptada de [LBU09]. (a) Tipos de visualizações; (b) 3D View; (c) Bird View; (d) Separadores do Sidebar.

No separador “My Profile” existe uma lista intitulada de “Scene” que contém agrupamentos de fotografias. Um grupo pode ser criado pelo utilizador, para isso tem que seleccionar fotografias presentes na *3D View* e da *Map View*. Ao seleccionar um desses grupos é apresentada na visualização *3D View* a primeira fotografia desse grupo, e aparece uma *timeline* com *thumbnails* de todas as fotografias do grupo. Na visualização de um grupo, o utilizador pode ver um *slideshow* reproduzido na *3D View*.

2.2.5 Rephotography

A Rephotography é uma técnica que tem o objetivo de ligar fotografias do presente com o passado, apresentando uma retrospectiva histórica de uma dada localização. A retrospectiva histórica passa por permitir ao utilizador visualizar a evolução temporal de uma zona referenciada. Em [14d] são apresentadas fotografias de ambientes atuais onde foram sobrepostas fotografias antigas, fazendo assim uma composição temporal. De seguida são apresentadas duas aplicações que implementam este conceito de forma diferente.

2.2.5.1 Computational Re-Photography

A aplicação apresentada em [BAD10] oferece ao utilizador a possibilidade de capturar fotografias com a mesma geometria de imagens de referência, neste caso imagens do passado, para conseguir fazer uma *rephotography*. Para isto, é necessária uma câmara e um computador portátil com o *software* desenvolvido para a captura e tratamento das *rephotographies*. Inicialmente, o utilizador tem que capturar duas fotografias à zona que pretende, sendo a segunda capturada com uma rotação de sensivelmente vinte graus em relação à primeira. Ao capturar a segunda fotografia, a aplicação cria um modelo tridimensional correspondente às fotografias e, posteriormente, pede ao utilizador para marcar seis correspondentes, isto é, pontos que marcam a mesma localização entre a imagem de referência e o modelo tridimensional. Depois dos correspondentes marcados, o programa estima a posição da câmara e fornece informação ao utilizador sobre o ponto de vista a obter pela câmara de forma a obter o ponto de vista da fotografia de referência.

Para a aplicação disponibilizar uma estimativa da pose da câmara, e assim dar a informação de posicionamento ao utilizador, como por exemplo, uma rotação, usa a implementação Birchfield's KLT (Kanade-Lucas-Tomasi) [Bir07], para descobrir no momento as características (*features*⁸) da imagem vinda da câmara. A técnica usada para descobrir as *features* executa uma procura consistente [ST94], em várias escalas, melhorando a localização dos pontos referentes às *features*.

Esta técnica tem uma limitação de portabilidade porque o utilizador, para poder usar o sistema, necessita de levar um computador portátil consigo para o local onde a fotografia é capturada. A cena onde se pretende fazer uma *rephotography* necessita de ter presente estruturas tridimensionais suficientes para se poder fazer uma boa estimativa entre os pontos correspondentes de uma determinada estrutura com a imagem de referência. Se não as tiver, podem não existir diferenças relevantes entre as estruturas para determinar se é um determinado ponto ou outro.

O resultado da aplicação da técnica da *rephotography* também está muito dependente dos conhecimentos que o utilizador tem da cena em causa porque se ele não possuir uma boa perceção da imagem de referência e se não posicionar a câmara na posição correta, os resultados podem não ser os esperados e a tarefa pode demorar muito tempo. Para além destas dificuldades, a técnica pode ser mesmo impossível de aplicar, visto que a imagem capturada necessita de incluir as *features* já contidas na imagem de referência e na representação tridimensional gerado pelas fotografias capturadas. Assim, se o ponto de vista desejado não estiver acessível ou se a estrutura contida na referência estiver obstruída por outra estrutura ou mesmo se a zona tiver sido muito alterada, torna-se impossível aplicar o processo.

Na Figura 2.9 mostra-se que a aplicação desta técnica tem mais sucesso quando aplicada a uma fotografia capturada através do *software*, do que quando se usa uma fotografia capturada sem recurso ao mesmo. Na figura, as imagens apresentam traços vermelhos

⁸Features - usado no documento para referir as características de uma imagem

correspondentes à identificação de *features* da imagem de referência.

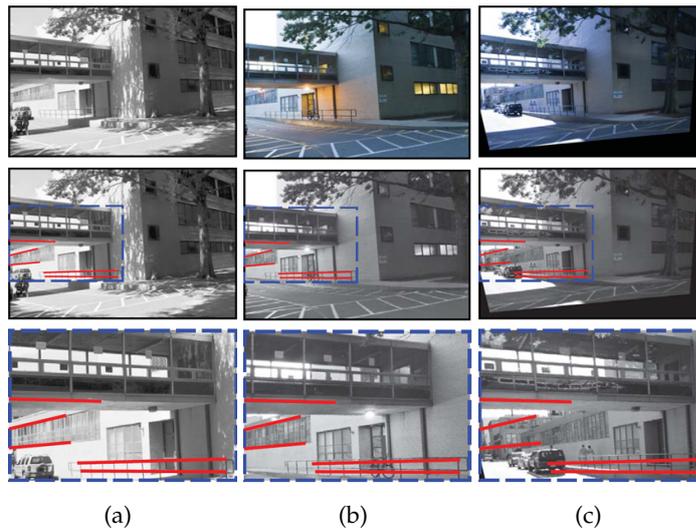


Figura 2.9: Imagens de uma fotografia capturada usando a aplicação [BAD10] vs fotografia captura sem usar a aplicação, ambas comparadas com uma imagem de referência. (a) Imagem de referência; (b) Imagem capturada usando a aplicação; (c) Imagem capturada sem usar a aplicação.

2.2.5.2 Third View

A aplicação Web Third View [14e] integra informação retirada de um conjunto de *websites* que contêm fotografias tiradas por fotógrafos, ao longo de várias décadas, no Oeste dos Estados Unidos da América. Esta aplicação tem o objetivo de investigar as diferenças ocorridas entre as fotografias tiradas ao mesmo local, ao longo do tempo.

A aplicação apresenta um mapa (Figura 2.10 (a) (à esquerda)) no separador “REPHOTOGRAPHS”, onde é possível arrastar um retângulo, sendo essa a área que sofre uma ampliação, à direita. Por baixo do mapa mencionado é disponibilizada a informação de quantos *websites* estão a ser acedidos para criar os pontos amarelos, que representam as zonas com informação disponível. Também é possível ativar algumas opções para serem vistas na ampliação.

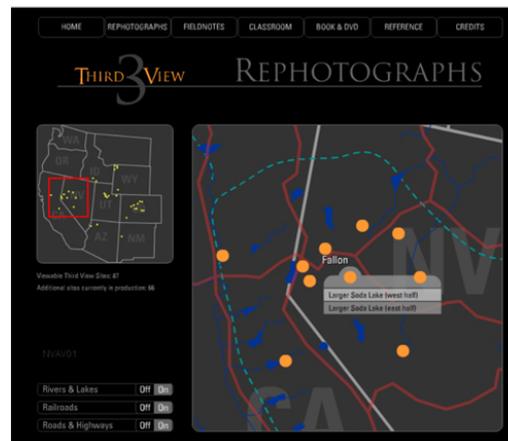
Na zona de ampliação pode-se selecionar qualquer ponto e, ao fazê-lo, são apresentadas diferentes evoluções da zona que podem ser selecionadas para serem vistas ao pormenor.

Quando o utilizador seleciona uma das evoluções disponíveis associadas a um ponto, a aplicação abre uma nova visualização onde são mostradas três imagens da respetiva zona. Estas imagens estão ordenadas cronologicamente, sendo a imagem associada ao “1st VIEW” (Figura 2.10 (b)) a mais antiga e a imagem associada ao “3rd VIEW” a mais recente.

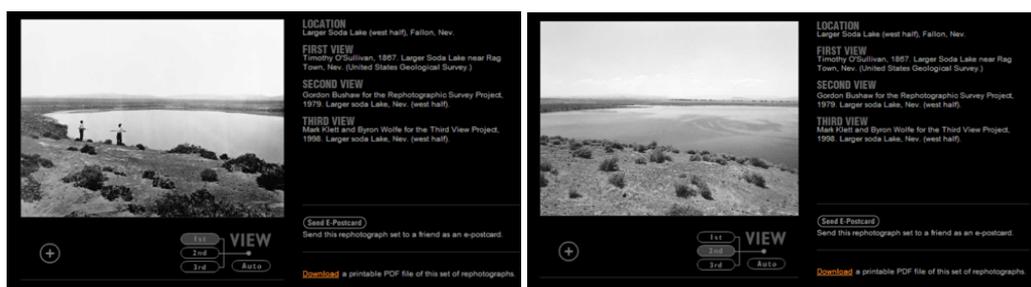
Todas as fotografias presentes numa visualização da zona têm os parâmetros da câmara iguais (têm a mesma perspetiva sobre a região fotografada), dando assim, ao mudar

de fotografia, uma sensação de evolução. No entanto, só é possível criar as ligações que proporcionam esta sensação, se existirem *features* idênticas nas fotografias. Através das *features* são feitas medições, que consistem na distância entre as mesmas. Estas medições servem para fazer ajustes nos parâmetros da câmara, por exemplo, dada uma fotografia antiga e as suas respetivas medições entre *features*, e uma *rephotography* da fotografia, se a *rephotography* não coincidir exatamente com a fotografia antiga, são levantadas as *features* da *rephotography* e são feitas as medições correspondentes entre as suas *features*. Com as medições da fotografia antiga e da *rephotography* é feito um ajuste aos parâmetros da câmara da *rephotography* até que a medição entre as suas *features* seja idêntica à medição da fotografia antiga.

A evolução espacial e temporal também é aplicada aos edifícios. Uma forma de observar a evolução é através de *morph buildings*. Este conceito pode ser visualizado em [14c], onde as fotografias para criar o efeito apresentado têm que ter *features* idênticas para criar a mesma sensação dada pela aplicação Third View.



(a)



(b)

(c)

Figura 2.10: Imagens do Third View [14e]. (a) Navegação no mapa; (b) Primeira visualização do local selecionado; (c) Segunda visualização do local selecionado.

2.2.6 GTDiff

A ferramenta GTDiff [Hoe+11] oferece aos utilizadores a possibilidade de explorarem diferenças temporais em imagens através de uma interface interativa e fácil de usar. As

diferenças são importantes para se descobrirem *features* que se tornam interessantes com as mudanças a que são sujeitas ao longo do tempo. A informação disponibilizada na ferramenta pode ser filtrada ao nível espacial ou temporal.

O primeiro objetivo da ferramenta era suportar a análise e compreensão de dados geo-espaciais que mudaram ao longo do tempo. A interface da ferramenta tem três perspectivas, uma perspectiva temporal, uma diferencial e outra geo-espacial.

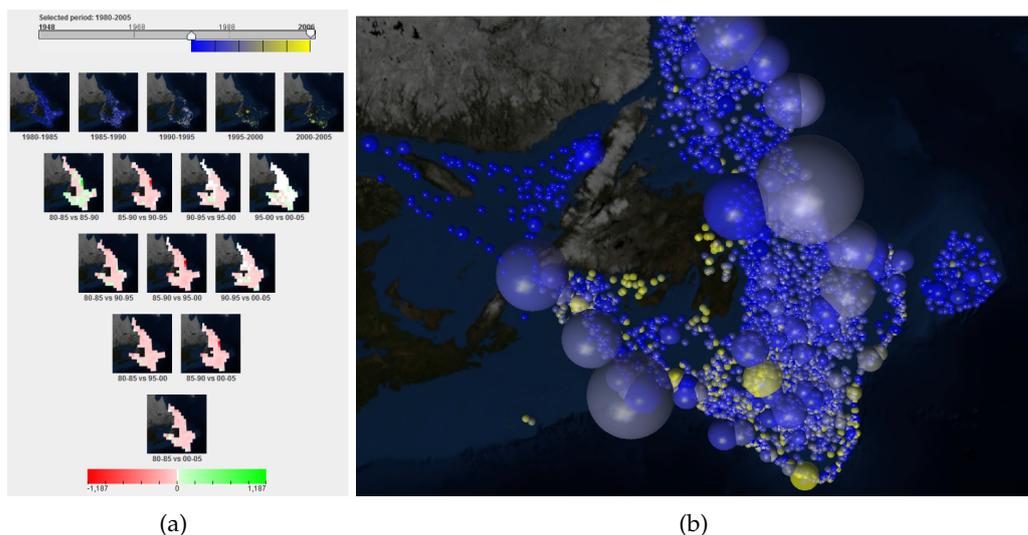


Figura 2.11: Imagens do GTDiff [Hoe+11]. (a) Perspetiva temporal (sequência de imagens na parte superior) e perspetiva diferencial (pirâmide abaixo da perspetiva temporal); (b) Perspetiva geo-espacial.

A perspetiva temporal (Figura 2.11 (a)) dá ao utilizador a possibilidade de filtrar os dados ao nível temporal, por exemplo, o utilizador pode filtrar um conjunto de dados que pertencem a um intervalo de cinco anos de *frames* e depois agrupá-los. Como o GTDiff tem como objetivo mostrar ao utilizador como é que os dados mudaram ao longo do tempo, é necessário criar grupos por unidades de tempo. Fazendo isto é possível ilustrar as modificações que ocorreram entre os grupos previamente criados.

Para representar os conjuntos temporais, a ferramenta usa cores e coloca os conjuntos temporais lado a lado para visualizar vários conjuntos ao mesmo tempo e assim encontrar as diferenças de um conjunto para o outro.

A perspetiva diferencial mostra a diferença visual entre cada par de conjuntos temporais, recorrendo a gráficos de diferença. Os gráficos de diferença estão organizados numa pirâmide invertida (Figura 2.11 (a)), onde no topo se mostram os gráficos diferenciais do conjunto de pares temporais vizinhos e depois os gráficos diferenciais do conjunto de pares temporais com um conjunto temporal de diferença entre eles e assim sucessivamente até que a última camada mostra as diferenças ocorridas entre um determinado espaço de tempo, deste o primeiro conjunto até ao último. Por exemplo, o gráfico de diferença intitulado de 80-85 vs 90-95, presente na pirâmide invertida (Figura 2.11 (a)), é gerado das diferenças de 80-85 vs 90-95 e de 85-90 vs 90-95.

As imagens na pirâmide mostram zonas que têm cores diferentes. A cor branca indica que não houve alterações, as cores no espectro do vermelho indicam que houve um desaparecimento de conteúdo na zona, e por último, as cores no espectro do verde indicam que houve uma criação de novo conteúdo. Esta perspetiva dá ao utilizador a possibilidade de observar rapidamente as diferenças ao nível temporal e espacial. Um gráfico pode ser visto com mais detalhe usando a perspetiva geo-espacial (Figura 2.11 (b)).

A perspetiva geo-espacial proporciona ao utilizador uma representação mais detalhada. Podem ser seleccionados um ou mais conjuntos temporais ou um gráfico diferencial. Quando são seleccionados dois ou mais conjuntos temporais para serem mostrados simultaneamente nesta perspetiva, são geradas esferas com uma cor associada a cada conjunto temporal. As esferas são semi-transparentes para se poderem ver esferas dentro de esferas, mas a transparência provoca dificuldades porque uma esfera sobreposta a outra afeta a cor da que foi sobreposta, o que dificulta a descodificação em alguns casos. Este problema é resolvido ao desseleccionar e voltar a seleccionar os conjuntos temporais.

2.2.7 Viewfinder

O Viewfinder [14f] é uma ferramenta que disponibiliza meios para que os utilizadores consigam ver, posicionar e partilhar fotografias num modelo tridimensional, com um resultado parecido ao conseguido pelo Google Earth⁹. Para posicionar uma fotografia no modelo tridimensional a ferramenta oferece duas abordagens, uma abordagem 2D para 2D e outra de 2D para 3D.

Em ambas as abordagens, o utilizador tem que seleccionar a imagem que pretende adicionar e marcar uma localização num mapa do mundo interativo (Figura 2.12 (a)). Para obter a localização, o utilizador deve fazer *zoom in* ao mapa ou inserir dados provenientes de um GPS para marcar a localização, e tem que indicar a direcção da câmara em que foi capturada a fotografia. Feitos estes passos, a ferramenta processa os dados inseridos e muda a visualização do mundo para a localização e perspetiva discriminada. Após o modelo tridimensional estar localizado no mesmo plano em que a fotografia foi capturada, o utilizador pode posicionar a fotografia.

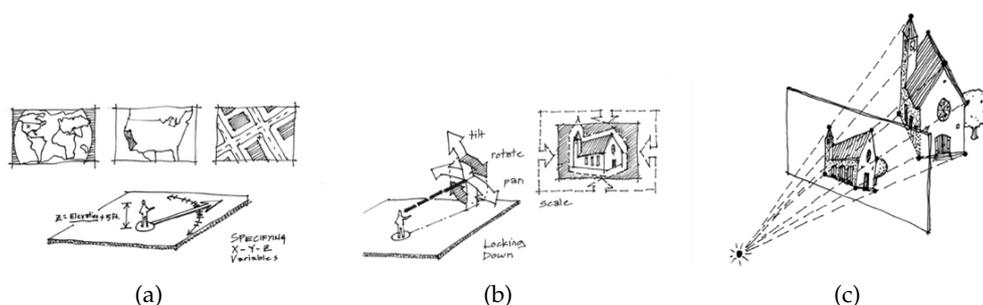


Figura 2.12: Imagens do Viewfinder [14f]. (a) Inserção da localização; (b) Solução 2D para 2D; (c) Solução 2D para 3D.

⁹Google Earth - <https://www.google.com/earth/> acessado em Dezembro de 2014

A solução 2D para 2D (Figura 2.12 (b)) assume como garantidas as coordenadas da posição (X,Y,Z) fazendo com que o problema de associar a imagem ao modelo tridimensional seja minimizado porque não se preocupa com nenhum processamento referente à posição. Porém, tem que se encontrar a escala correspondente, a rotação, o *pan* (movimento da câmara na horizontal) e o *tilt* (movimento da câmara na vertical). Para resolver este problema, nesta abordagem, é necessário indicar um ponto correspondente entre o modelo tridimensional e a fotografia e depois alterar a sua escala, rotação, o *pan* e o *tilt* até ficar alinhada. Em alternativa podem ser indicados dois pontos correspondentes em vez de um, fazendo com que a visualização do modelo tridimensional passe para uma visualização bidimensional.

Na outra solução, 2D para 3D (Figura 2.12 (c)), o utilizador tem que especificar pontos correspondentes entre a imagem e o modelo tridimensional, porque esta solução recorre à coordenada Z (profundidade) para fazer a melhor aproximação possível entre a imagem e o modelo.

Existem vantagens e desvantagens em cada abordagem. A abordagem 2D para 3D é mais robusta porque a associação da imagem ao modelo é mais precisa, porque é necessário seleccionar vários pontos correspondentes entre a imagem e o modelo tridimensional, mas computacionalmente é mais pesada. Por outro lado, a abordagem 2D para 2D é mais simples, tanto ao nível computacional como ao nível do que o utilizador necessita de fazer, mas tem uma grande desvantagem porque se o utilizador se enganar na localização inicial terá que repetir o processo desde o início.

As fotografias podem ser visualizadas no modelo tridimensional depois de serem inseridas. O facto de poderem existir muitas fotografias na mesma localização, pode criar um problema de sobreposição na visualização do modelo tridimensional, mas como esta ferramenta foi desenvolvida utilizando o Google Earth as fotografias desvanecem quando não estão associadas ao ponto de vista corrente da câmara virtual.

2.2.8 Técnicas Interativas para Registar Imagens

O trabalho descrito em [Che+08] tem o objetivo de associar imagens a modelos tridimensionais da zona de onde foram capturadas. Esta técnica de associar imagens a modelos tridimensionais faz com que seja mais fácil de perceber a história de uma fotografia, devido à associação de um ambiente envolvente.

São apresentadas duas interfaces para os utilizadores em que ambas permitem o alinhamento de imagens, de forma precisa, a um modelo geográfico. Uma interface usa duas vistas separadas (*Split interface*), uma para a imagem e outra para o modelo. A outra faz uma sobreposição da imagem sobre do modelo tridimensional (*Overlay interface*).

Utilizando uma ou outra, o utilizador tem que descobrir previamente a posição aproximada do modelo em relação à imagem que pretende associar. Assim a correspondência entre as *features*, do modelo tridimensional e da imagem, podem ser encontradas.

Na *Overlay interface* (Figura 2.13 (a)) a imagem que se pretende associar é colocada



Figura 2.13: Interfaces de alinhamento de imagens, imagem adaptada de [Che+08]. (a) *Overlay interface*; (b) *Split interface*.

em cima de um modelo tridimensional. Para o utilizador conseguir ver a imagem, esta é processada com um valor denominado alfa, definido pelo utilizador, que especifica a transparência da imagem. Se o valor de alfa for 0 a imagem fica transparente o que faz com que só seja visível o modelo tridimensional. Em alternativa se o valor de alfa for 1, a imagem é completamente opaca, sobrepondo-se ao modelo. O utilizador pode mudar o valor do alfa sempre que o pretender.

Para o utilizador associar a imagem ao modelo tem que, inicialmente, conseguir realizar uma aproximação ao modelo muito parecida com a da imagem, isto é, o modelo tem que ter sensivelmente a mesma perspetiva e aproximação presentes na imagem.

O processo de associar uma imagem ao modelo passa pelos seguintes passos, admitindo que a imagem já se encontra sobreposta ao modelo tridimensional:

1. Identificar a posição referente à imagem no modelo;
2. Arrastar (mover) a imagem para essa posição;
3. Alinhar os pontos do modelo tridimensional e da imagem com recurso a identificadores (pinos).

Para o sistema, os identificadores são restrições 2D-3D que servem de *input* para a calibração da câmara virtual. Quanto mais identificadores um utilizador inserir, melhor é a precisão da associação. A câmara virtual é atualizada, sempre que é adicionada uma nova restrição (identificador) tentando fazer com que todas as correspondências fiquem o melhor possível. Este processo continua até o utilizador ficar satisfeito com a sobreposição da imagem sobre o modelo tridimensional.

Por sua vez, na *Split interface* o utilizador vê a imagem e o modelo tridimensional lado a lado para encontrar os pontos correspondentes entre ambos. O modelo tridimensional é apresentado à direita da interface e a imagem é apresentada à esquerda (Figura 2.13 (b)). Aqui o utilizador tem que identificar os pontos correspondentes, e ao fazê-lo necessita de inserir, quer na imagem, quer no modelo, um identificador que faça a correspondência da mesma posição. Sempre que o utilizador adiciona um identificador, o modelo tridimensional sofre uma atualização, contemplando o novo identificador.

Para identificar falhas no registo da imagem, o utilizador pode mover o modelo tridimensional para a imagem produzindo assim uma visualização em sobreposição, podendo alterar a opacidade da imagem, como na *Overlay interface*. Se existirem falhas, o utilizador pode separar a visualização em duas, como no estado inicial, e continuar a colocar pontos correspondentes entre a imagem e o modelo tridimensional.

Estas duas interfaces foram testadas [Che+08], concluindo que a interface melhor era uma que combinasse o melhor das duas, criando assim uma interface híbrida.

2.3 Análise Comparativa

Os algoritmos estudados (Secção 2.1) que fazem com que seja possível detetar relações em imagens diferentes têm características distintas. As características podem ser um fator de decisão entre escolher um determinado algoritmo para um sistema. A Tabela 2.1 mostra os invariantes e invariantes parciais dos algoritmos. O algoritmo SIFT (Subsecção 2.1.1) é o que apresenta mais invariantes e invariantes parciais, sendo invariante à escala e à rotação e apresenta resultados robustos à variação de ruído, luminosidade e da posição da câmara. O facto de ter mais invariantes faz com que seja mais robusto, mas a robustez tem um lado menos positivo que é o tempo que é necessário para obter resultados. O tempo é maior porque a extração dos pontos de interesse das imagens e a consequente geração dos descritores passa por um processo mais rigoroso.

O algoritmo SIFT é melhor para aplicações que pretendem os melhores resultados possíveis e que não são em tempo real, logo o tempo de processamento do algoritmo não é relevante para este tipo de aplicações. Para aplicações em tempo real que necessitem de alguma robustez nos resultados, o algoritmo mais indicado é o SURF (Subsecção 2.1.2), mas se uma determinada aplicação utilizar só imagens que contenham alterações ao nível do eixo vertical, sem existir nenhuma rotação, o algoritmo indicado é o U-SURF (Subsecção 2.1.2) porque é mais rápido do que o SURF. Por fim, para aplicações em tempo real em que sejam utilizadas imagens com um número razoável de formas geométricas, contendo vários cantos, e não sendo necessária uma enorme robustez nos resultados, o algoritmo apropriado será o FAST (Subsecção 2.1.3).

Tabela 2.1: Invariantes dos algoritmos estudados de comparação de imagens. X - invariante; *X - invariante parcial.

	Escala	Rotação	Ruído	Luminosidade	Posição
SIFT	X	X	*X	*X	*X
SURF	X	X	*X		
U-SURF	X		*X		
FAST			X		

Os sistemas relacionados (Secção 2.2) podem ser divididos em três secções diferentes, sendo o Photo Tourism e Photosynth (Subsecção 2.2.1), Flickr (Subsecção 2.2.2), Google Street View (Subsecção 2.2.3) e Image Space (Subsecção 2.2.4) pertencentes à secção

de visualização de imagens, o Computational Re-Photography (Subsecção 2.2.5.1), Third View (Subsecção 2.2.5.2) e GTDiff (Subsecção 2.2.6) pertencentes à secção de análise de imagens e o ViewFinder (Subsecção 2.2.7) e as Técnicas Interativas para Registrar Imagens (Subsecção 2.2.8) pertencentes à secção de alinhamento de imagens.

O Photo Tourism e Google Street View, pertencentes à secção de visualização de imagens, apresentam um modelo tridimensional onde se podem ver os locais onde as imagens foram tiradas, sendo o modelo do Street View muito próximo do real porque é construído com um conjunto de fotografias de grande dimensão. O Photosynth e o Image Space têm algumas semelhanças. A representação tridimensional que ambos os sistemas apresentam é criada ao ser selecionada uma imagem. Ao ser selecionada, todas as imagens relacionadas são apresentadas na representação. Por fim, o Flickr não apresenta nenhuma representação tridimensional das imagens ou modelo. Concluindo, estes sistemas apesar de estarem relacionados, têm objetivos distintos. Os objetivos fazem com que os sistemas apresentem funcionalidades e visualizações próprias.

Na secção de análise de imagens, os sistemas apresentam uma forma de visualizar as diferenças temporais, apesar dos sistemas terem contextos diferentes. O GTDiff faz uma análise crítica das imagens e apresenta visualmente as diferenças entre elas. Por sua vez, o resultado obtido pelo sistema descrito em Computational Re-Photography e o sistema Third View, não apresentam de forma explícita as diferenças entre as imagens. A forma não é explícita, mas ao comparar as imagens produzidas com auxílio do sistema em Computational Re-photography com as atuais, ou ao mudar as *views* no sistema ThirView, conseguem-se verificar as diferenças.

Relativamente à secção de alinhamento de imagens, o Viewfinder tem vantagens e desvantagens em relação às Técnicas Interativas para Registrar Imagens. A grande vantagem do Viewfinder é a possibilidade de inserir coordenadas provenientes do GPS (solução 2D para 2D), o que faz com que o alinhamento com o modelo seja mais rápido porque não se preocupa com nenhum processamento referente à posição. A grande desvantagem é que não dá tanto *feedback* como o sistema descrito nas Técnicas Interativas, porque sempre que é marcado um ponto na *Overlay interface* ou dois pontos correspondentes na *Split interface*, a imagem que se pretende alinhar é alterada consoante os pontos que são marcados, de forma a tentar alinhar a imagem com o modelo tridimensional, o melhor possível.

2.4 Síntese

Os algoritmos e sistemas estudados contribuíram para o conhecimento do trabalho já existente, e foram fundamentais para tomar algumas decisões relativas aos requisitos do trabalho desenvolvido. Um dos requisitos é obter os melhores resultados possíveis ao comparar imagens para identificar relações, sem a necessidade de serem disponibilizados em tempo real. Devido a estes dois fatores, e com o estudo e a análise feita aos algoritmos, o algoritmo escolhido foi o SIFT. O SIFT é sem dúvida o mais robusto porque possui mais

invariantes e invariantes parciais, fazendo com que a detecção de características idênticas em imagens diferentes tenha uma probabilidade mais elevada. É o algoritmo mais lento, mas como referido anteriormente, os resultados não têm que ser disponibilizados em tempo real, o que faz com que não seja um parâmetro a ter em conta.

Outro requisito é apresentar uma representação das imagens fora do comum e cativante. Neste contexto, o estudo dos sistemas relacionados deu a conhecer aplicações de grandes potências como a Google e a Microsoft. A representação que foi desenvolvida teve como base a representação tridimensional que o Photosynth disponibiliza, pois relevou ser a que mais se adequa ao requisito após a comparação entre os sistemas (Secção 2.3).

Por fim, o trabalho desenvolvido tem outro grande requisito que é proporcionar um método que dê para alinhar imagens a imagens. Neste prisma, o estudo revelou dois sistemas diferentes que permitem o alinhamento, não de imagens a imagens, mas sim de imagens a modelos tridimensional. O método de alinhamento presente nos sistemas foi tido em conta e um método similar à *Split Interface* presente nas Técnicas Interativas para registar Imagens, foi implementado. Os sistemas estudados que implementam o conceito Rephotography não tiveram contribuições diretas para o trabalho desenvolvido, porque no caso de estudo escolhido foram estudados edifícios cujas estruturas e meio envolvente mudaram completamente com o passar dos anos, o que faz que não existam características idênticas que permitam aos algoritmos identificar relações entre imagens.

3

Ferramenta Evolapse

Este capítulo apresenta a metodologia na Secção 3.1 e descreve as funcionalidades da ferramenta Evolapse na Secção 3.2. A Secção 3.3 apresenta uma visão global do funcionamento da ferramenta. Por fim, é feita uma síntese na Secção 3.4.

3.1 Metodologia

Em sintonia com a motivação e com a descrição e contexto apresentados no Capítulo 1, e após terem sido feitas algumas experiências com o Photosynth (Subsecção 2.2.1), chegou-se a uma metodologia cujo objetivo é permitir a percepção de uma evolução espaço-temporal a partir de um conjunto de imagens de uma região comum. A evolução espaço-temporal pode ser observada recorrendo a representações tridimensionais e a vídeos ou imagens representativas da evolução temporal. Estes três resultados têm um método inicial comum, que é o seguinte:

- Extração de características relevantes de cada imagem;
- Comparação em termos destas características, criando relações para características idênticas entre imagens;
- Criação de grupos (automática e manual);
- Geração da representação tridimensional da região que inclua as características comuns como base para a ligação entre as imagens;

Para concluir o método da representação tridimensional é necessário:

- Criação de processo de exportação da representação em formato XML que possa ser inserido em outras aplicações externas.

Por sua vez, para concluir a criação de vídeos representativos da evolução temporal é preciso:

- Seleção das imagens para o vídeo e preenchimento dos parâmetros associados;
- Exportação do vídeo em formato AVI ou GIF, ou em alternativa as *frames* do vídeo.

Finalmente, para concluir o método da criação de imagens representativas da evolução temporal é necessário efetuar:

- Seleção das imagens que entram na imagem composta;
- Exportação da imagem representativa.

3.2 Descrição e Funcionalidades

A ferramenta, chamada Evolapse, implementou a ideia e a metodologia concebida. A ferramenta oferece um conjunto de funcionalidades que permitem manipular um conjunto de imagens de várias épocas com o objetivo de criar uma representação tridimensional com as imagens, exportar imagens e vídeos representativos da evolução temporal, e documentos com a informação necessária para reconstruir a representação tridimensional noutras aplicações. As funcionalidades e os resultados que a Evolapse oferece fazem com que haja sub-objetivos, sendo eles os seguintes:

- **Visualizar** - A representação tridimensional das imagens pode ser construída noutra aplicação e assim proporcionar um método diferente de visualização. Por outro lado a possibilidade de criar imagens compostas e vídeos também proporciona um método diferente de visualizar as imagens.
- **Organizar** - A geração de grupos agrupa as imagens onde foram encontradas relações, facilitando assim a identificação de contextos diferentes.
- **Manipular** - A criação manual de uma ligação entre duas imagens faz com que seja possível relacionar qualquer tipo de imagens.
- **Estudar** - Ao sobrepor as imagens de forma alinhada na representação tridimensional e ao alterar a transparência das imagens é possível identificar as diferenças existentes.
- **Calcular** - Os documentos exportados pela Evolapse contêm dados que permitem fazer cálculos entre duas imagens relacionadas. Os cálculos incluem dados como a rotação e a translação que uma imagem tem em relação a outra.

As funcionalidades oferecidas pela Evolapse estão descritas na Tabela 3.1. O sistema permite a manipulação de imagens oriundas de diferentes contextos, como por exemplo imagens de pessoas, de monumentos ou de paisagens.

Tabela 3.1: Funcionalidades da ferramenta Evolapse.

Funcionalidade	Descrição
Como usar	Explica através de texto e imagens como se chega a um determinado objetivo na ferramenta. Sempre disponível.
Criar projeto	Cria um novo projeto associado a uma pasta existente ou criada no momento. Sempre disponível.
Exportar XML	Exporta um ficheiro em formato XML que contém toda a informação relativa às relações entre as imagens. Sempre disponível.
Selecionar dimensão	Altera a dimensão das imagens originais copiadas. Disponível ao criar um novo projeto, após selecionada a pasta que contém as imagens a manipular.
Importar projeto	Importa um projeto já existente. O projeto já existente é um documento XML previamente criado pela ferramenta. Disponível na visualização inicial e dos grupos da ferramenta. A visualização de grupos aparece depois de os grupos serem criados ou depois de importar um projeto já existente.
Mudar idioma	Possibilita mudar de idioma entre Português e Inglês. Sempre disponível.
Sair	Possibilita sair da aplicação. Sempre disponível.
Sobre nós	Disponibiliza informação sobre as pessoas e entidades envolvidas no desenvolvimento da ferramenta. Sempre disponível.
Adicionar imagens	Adiciona imagens de uma pasta a um novo projeto ou a um projeto já existente depois de este ter sido importando. Disponível antes e depois de criar os grupos.
Alterar transparências	Permite alterar as transparências das imagens relacionadas que estão presentes na visualização. Disponível na criação de uma representação tridimensional e na criação de uma ligação entre imagens.
Desselecionar	Desseleciona a imagem ou imagens selecionadas. Disponível antes e depois de criar os grupos.

Tabela 3.1: Funcionalidades da ferramenta Evolapse.

Funcionalidade	Descrição
Gerar grupos	Gera grupos com base nas características das imagens. Se duas imagens tiverem características iguais são colocadas no mesmo grupo, tendo elas uma relação entre si. Disponível após criar um novo projeto.
Undo	Faz com que a ferramenta volte ao estado anterior, como por exemplo, repor uma imagem que foi apagada por acidente. Disponível antes e depois de criar os grupos e na criação de uma ligação entre imagens.
Redo	Faz com que a ferramenta volte ao estado em que se encontrava antes de fazer undo. Disponível antes e depois de criar os grupos e na criação de uma ligação entre imagens.
Remover imagem	Remove a imagem que está selecionada. Disponível antes e após a criação dos grupos.
Remover imagens	Remove todas as imagens presentes na ferramenta. Disponível antes e após a criação dos grupos.
Criar 3D	Cria uma representação tridimensional a partir da imagem selecionada nos grupos. Disponível na visualização dos grupos.
Criar imagem	Cria uma imagem composta tendo como base a imagem selecionada previamente nos grupos e as suas imagens relacionadas. Existe a opção de selecionar as imagens relacionadas pretendidas para entrarem na composição da imagem composta, bem como alterar as suas transparências. Disponível após selecionar a criação da representação tridimensional.
Criar vídeo	Cria um vídeo tendo como base a imagem selecionada previamente nos grupos e as suas imagens relacionadas. Para criar o vídeo é necessário escolher as imagens pretendidas e preencher os parâmetros. Disponível após selecionar a criação da representação tridimensional.
Navegar	Possibilita a navegação pelas imagens na representação tridimensional. Para navegar é necessário clicar na imagem pretendida da representação. A imagem clicada fica como imagem central e são apresentadas por cima as imagens relacionadas com uma dada distorção. Disponível após selecionar a criação da representação tridimensional.

Tabela 3.1: Funcionalidades da ferramenta Evolapse.

Funcionalidade	Descrição
Ligar imagens	Permite ver os pontos que fazem com que duas imagens tenham uma relação, caso exista, e permite criar uma ligação entre duas imagens. Disponível na visualização dos grupos.
Aumentar imagem	Aumenta o tamanho de uma imagem. Disponível após seleccionar a opção de criar uma ligação ou editar os pontos de uma relação.
Arrastar imagem	Possibilita arrastar uma imagem. Disponível após seleccionar a opção de criar uma ligação ou editar os pontos de uma relação.
Criar ligação	Permite criar a relação que foi seleccionada, esquerda, direita ou ambas. Disponível na visualização de ligar as imagens.
Diminuir imagem	Diminui o tamanho de uma imagem. Disponível após seleccionar a opção de criar uma ligação ou editar os pontos de uma relação.
Editar pontos	Permite modificar os pontos que constituem uma relação entre duas imagens. Disponível na visualização de ligar as imagens.
Marcar pontos	Possibilita a marcação de pontos correspondentes entre duas imagens com objetivo de criar uma relação. Disponível após seleccionar a opção de criar uma ligação e editar pontos.
Quebrar ligação	Quebra a relação entre duas imagens, esquerda, direita ou ambas.

Entre todas as funcionalidades, as que mais se destacam são: “Gerar grupos”, onde são criadas relações entre imagens de forma automática, e “Ligar imagens” que dá a possibilidade de criar relações manualmente. A criação de relações de forma manual é essencial porque resolve o problema que o mecanismo automático de criação de relações apresenta quando não encontra relações em imagens de épocas diferentes, devido aos conteúdos terem mudado drasticamente. Este problema também foi detetado no Photosynth (Subsecção 2.2.1) quando, ao realizar uma experiência com imagens de diferentes épocas se observou que eram inseridas em grupos distintos. O facto de ficarem em grupos distintos impossibilita a navegação entre épocas diferentes, não oferecendo uma percepção espaço-temporal das imagens. As duas funcionalidades citadas são as que mais se destacam porque são a base da metodologia apresentada na Secção 3.1.

A ferramenta foi desenvolvida no ambiente de desenvolvimento Microsoft Visual Studio 2012¹, que é um ambiente de desenvolvimento da Microsoft. A ferramenta atualmente está só disponível para Windows podendo estar num futuro próximo disponível para outros sistemas operativos. Os formatos das imagens reconhecidos para leitura suportados pela ferramenta são os seguintes:

- Bitmaps Windows - *.bmp, *.dib;
- Ficheiros JPEG - *.jpeg, *.jpg, *.jpe;
- Ficheiros JPEG 2000 - *.jp2;
- Portable Network Graphics - *.png;
- Portable image format - *.pbm, *.pgm, *.ppm;
- Sun rasters - *.sr, *.ras;
- Ficheiros TIFF - *.tiff, *.tif.

A ferramenta produz imagens em formato PNG, vídeos em formato AVI (Audio Video Interleave) e GIF (Graphics Interchange Format), e documentos XML (Extensible Markup Language).

3.3 Funcionamento

A secção apresenta as funcionalidades disponíveis na Evolapse, num contexto de utilização. Todo o funcionamento da ferramenta vai ser descrito admitindo que o idioma selecionado na Evolapse é o Inglês.

3.3.1 Criar Projeto

A criação de um novo projeto está disponível na opção “NEW PROJECT” (subitem de “FILE”). A mesma funcionalidade é acessível ao clicar na área apresentada na Figura 3.1 com a nomeação “CREATE NEW PROJECT”. O utilizador deve então selecionar a pasta sobre a qual pretende trabalhar (ou criar uma nova, se for o caso) e a pasta onde estão as imagens a manipular (ver Figura 3.2 (a) e (b)). De seguida, o utilizador deverá definir a dimensão do maior lado das imagens (Figura 3.2 (c)), optando pela opção “Source size” (uma cópia da pasta que contém as imagens originais) ou pelo redimensionamento das imagens em causa. Terminada a escolha destas opções, as imagens são importadas para a ferramenta.

¹Microsoft Visual Studio - <http://www.visualstudio.com/> acedido em Dezembro de 2014

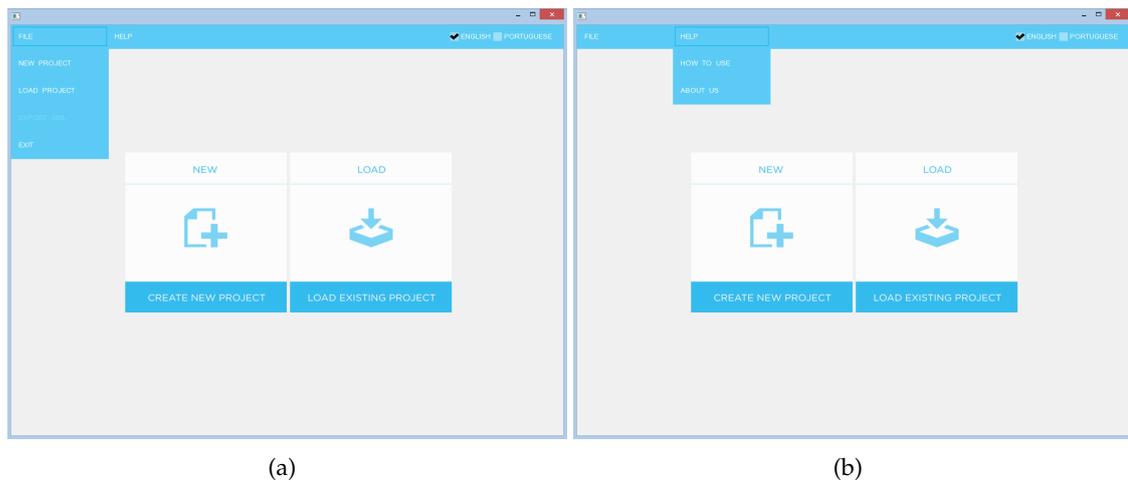


Figura 3.1: Funcionalidades disponíveis ao abrir a ferramenta Evolapse. (a) Evolapse com o menu “FILE” aberto; (b) Evolapse com o menu “HELP” aberto.

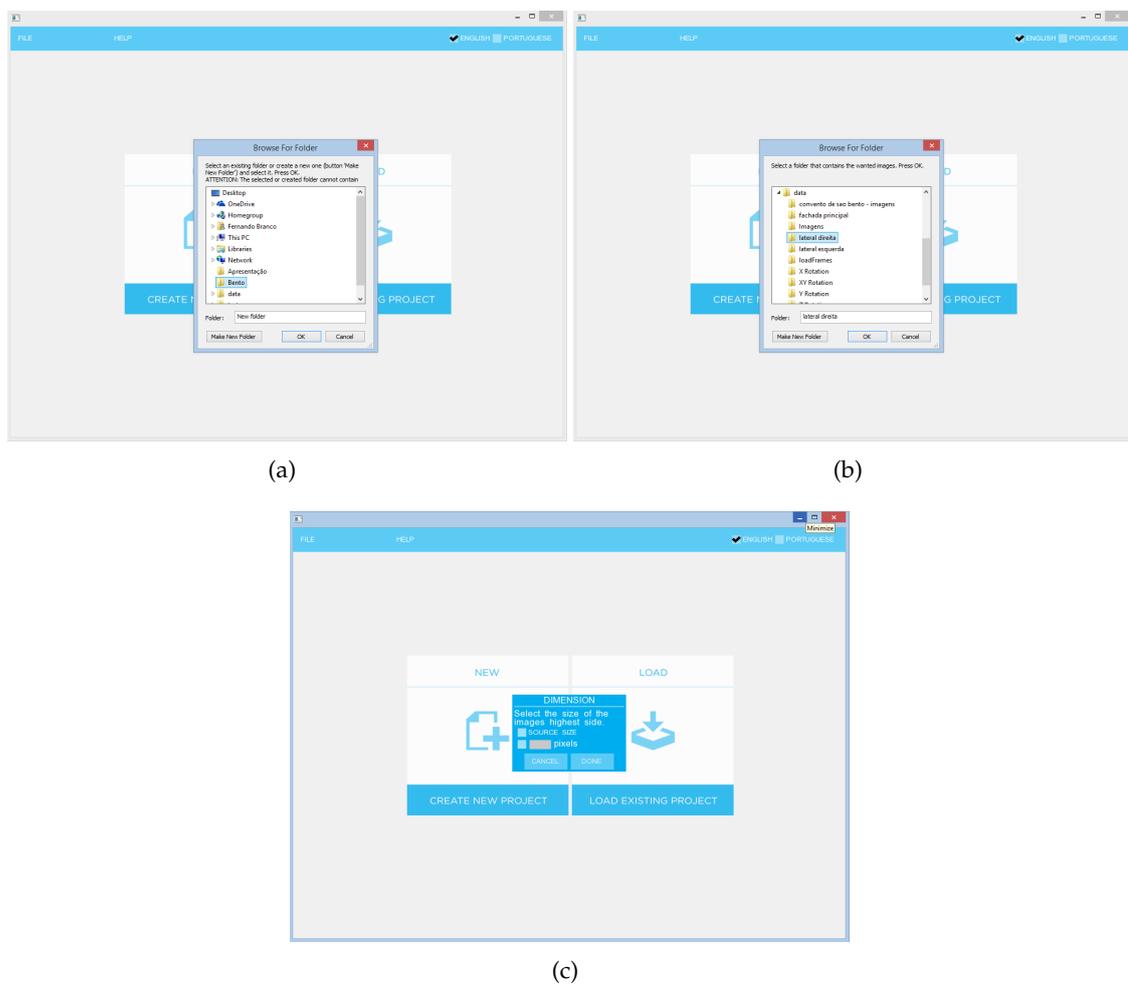


Figura 3.2: Criação de um novo projeto na Evolapse. (a) Janela onde se cria ou seleciona uma pasta; (b) Janela onde se seleciona uma pasta que contém imagens; (c) Janela onde se seleciona a dimensão do maior lado das imagens.

3.3.2 Gerar Grupos

Terminada a importação de imagens (Figura 3.3 (a)) podem gerar-se os grupos de imagens similares. A geração dos grupos está disponível na opção “GENERATE GROUPS”. Após o utilizador carregar na opção é executado um processo (Figura 3.3 (b)) com várias fases. A primeira consiste em fazer uma análise a cada imagem, onde são extraídos os pontos de interesse e onde são gerados os descritores SIFT desses pontos. O processo de análise e geração dos descritores é idêntico ao algoritmo de comparação de imagens SIFT (Subsecção 2.1.1). Numa segunda fase, depois dos descritores de cada imagem gerados, é feita uma comparação entre todas as imagens, com o objetivo de descobrir relações. Nesta fase, os descritores de cada imagem são comparados e se existir pelo menos um certo número de descritores iguais, em imagens diferentes, as imagens que estão associadas a esses descritores estão relacionadas. Com esta descoberta, as imagens são inseridas no mesmo grupo. Ao terminar a comparação podem existir grupos que contêm só uma imagem, significando que não foi descoberta nenhuma imagem relacionada com a do grupo, e outros grupos que contêm mais do que uma, querendo dizer que de alguma forma as imagens estão relacionadas umas com as outras.

Depois dos grupos gerados são disponibilizadas mais opções. A exportação de um documento descritivo com a informação presente na ferramenta passa a estar disponível na opção “EXPORT XML” (subitem de “FILE”). Ao ser selecionada a opção, surge uma janela onde é pedido o nome do ficheiro a gerar e é criado um processo onde toda a informação é descrita num documento. O documento que é gerado contém as informações sobre as imagens, os grupos e as relações entre as imagens.

Também é importante salientar que é possível ligar imagens e criar representações tridimensionais. A ligação de imagens está disponível na opção “LINK IMAGES” e consiste em dar ao utilizador a possibilidade de criar manualmente uma relação entre duas imagens diferentes. Esta opção complementa a geração de grupos porque a geração automática de relações, que criam posteriormente os grupos, nem sempre deteta todas as relações devido a vários fatores, como por exemplo a mudança radical das estruturas de um edifício com o passar dos anos. Na opção, para além da criação, também é possível editar uma relação, quer tenha sido criada de forma automática ou manual, e também a opção de eliminar.

A criação de representações tridimensionais está acessível na opção “CREATE 3D”. A opção oferece ao utilizador uma representação tridimensional navegável das imagens. Tendo como base a representação também é possível criar e exportar vídeos e imagens que mostram a evolução espaço-temporal, caso as imagens presentes sejam de épocas distintas.

Antes e após a geração de grupos, o utilizador pode adicionar mais imagens recorrendo à opção “ADD IMAGES”, remover todas as imagens presentes com a opção “REMOVE ALL IMAGES” ou remover só uma imagem com a opção “REMOVE IMAGE”.

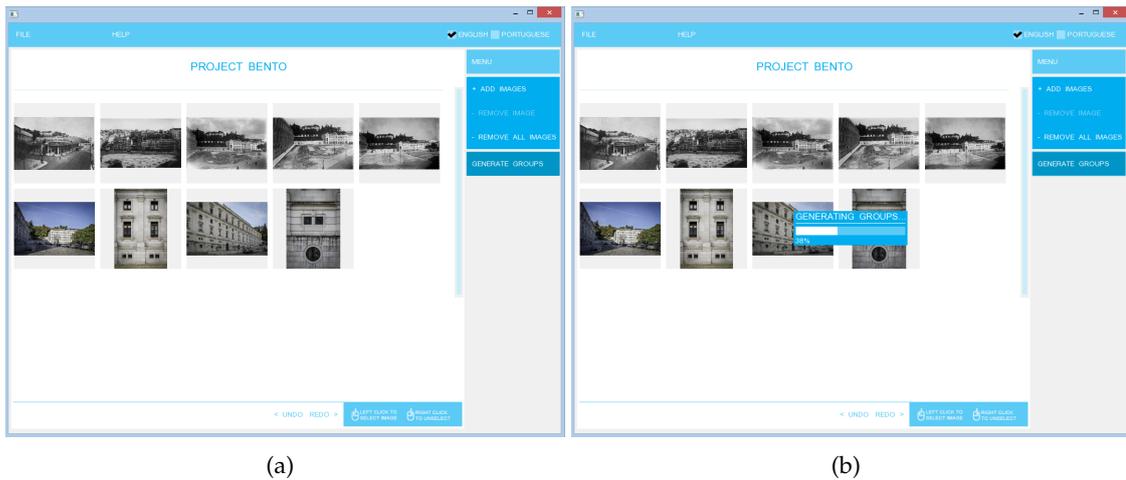


Figura 3.3: Geração dos grupos. (a) Evolapse depois de importar as imagens; (b) Barra de progresso após carregar na opção “GENERATE GROUPS”.

3.3.3 Ligar Imagens

Após os grupos gerados, a ligação entre duas imagens está disponível na opção “LINK IMAGES”. Antes de seleccionar a opção, o utilizador tem que seleccionar as imagens, que podem pertencer ou não ao mesmo grupo (Figura 3.4 (a)).

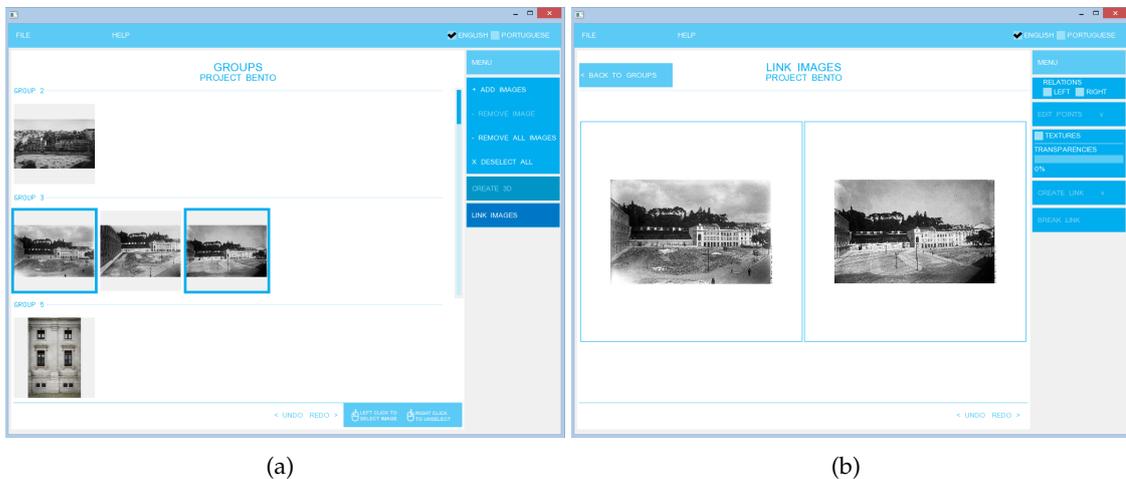


Figura 3.4: Ligação de duas imagens. (a) Seleção de duas imagens; (b) Visualização após seleccionar a opção “LINK IMAGES”.

Seleccionada a opção “LINK IMAGES” (Figura 3.4 (b)) o utilizador pode criar, editar e eliminar a ligação. A ligação entre duas imagens pode conter duas relações, sendo estas relações nomeadas de esquerda (“RELATIONS > LEFT”) e direita (“RELATIONS > RIGHT”). Ao seleccionar, por exemplo a relação esquerda é ativada a visualização da imagem distorcida do lado esquerdo de modo a ficar alinhada com a do lado direito. A imagem distorcida fica sobreposta à imagem do lado direito e são ativados os pontos correspondentes entre as imagens que produziram a distorção da imagem do lado esquerdo

(Figura 3.5 (a)). Já a relação direita faz exatamente o mesmo, mas com a diferença de em vez de ser a imagem esquerda sobreposta à direita é o inverso (Figura 3.5 (b)). As visualizações só aparecem se a respetiva relação existir.



Figura 3.5: Visualização das relações no estado “LINK IMAGES”. (a) Relação da esquerda ativa; (b) Relação da direita ativa.

Para se ver a textura da imagem quando uma relação existe e está selecionada, a opção “TEXTURES” tem que estar selecionada e o slide “TRANSPARENCIES” tem que estar a zero por cento para se ver a textura sem transparência (Figura 3.6).

A criação da ligação entre imagens está disponível na opção “CREATE LINK”. Antes de seleccionar a opção, a relação esquerda, direita ou ambas têm que estar seleccionadas. Ao seleccionar a relação esquerda, se a respetiva visualização aparecer, quer dizer que a relação existe, logo não é possível criar a relação. Por outro lado, se a relação não existir o utilizador pode seleccionar a opção e começar a criar a relação. Seleccionada a opção, o utilizador tem que marcar pelo menos quatro pontos correspondentes em cada imagem, clicando primeiro numa das imagens e depois na outra (ver Figura 3.7 (a) e (b)). Para concluir é necessário carregar na opção “DONE” e ao fazê-lo a visualização da relação criada aparece.

Continuando no contexto da criação, se as duas relações estiverem seleccionadas e só uma delas existir, é possível criar uma relação. Por exemplo, se a relação esquerda não existir e a direita existir, o utilizador ao carregar na opção para criar a relação faz com que apareçam todos os pontos correspondentes da relação existente, dando a possibilidade de criar a relação inexistente com os mesmos pontos.

A edição dos pontos de uma relação está disponível na opção “EDIT POINTS”. O utilizador para usufruir da funcionalidade tem que seleccionar uma das duas relações (esquerda ou direita) e por fim seleccionar a opção. Ao carregar na opção os pontos correspondentes da relação seleccionada podem ser seleccionados e arrastados para outra zona, mas para isso a opção “MARKER” tem que estar seleccionada (Figura 3.8). Ao tentar seleccionar um ponto que partilha a mesma zona com outros, a Evolapse escolhe o ponto que

contém o indicador mais alto, isto é, se existirem dois pontos, um com o indicador cinco e outro com o indicador dez, o ponto que vai ser selecionado e arrastado vai ser o que tem o indicador dez. Depois de modificar os pontos e se pretender adicionar mais, o utilizador tem que terminar a edição à semelhança da criação. Terminada a edição, a relação é recreada com as alterações feitas. Na criação ou na edição de uma relação é possível diminuir, aumentar e arrastar as imagens de modo a facilitar o processo (Subsecção 3.3.7.1).

Por fim, a eliminação de uma relação está disponível na opção “BREAK LINK”. À semelhança das outras opções, o utilizador tem que seleccionar a relação e depois tem que carregar na opção. Esta opção é essencial para quebrar ligações defeituosas que possam ter sido geradas de forma manual ou automática.

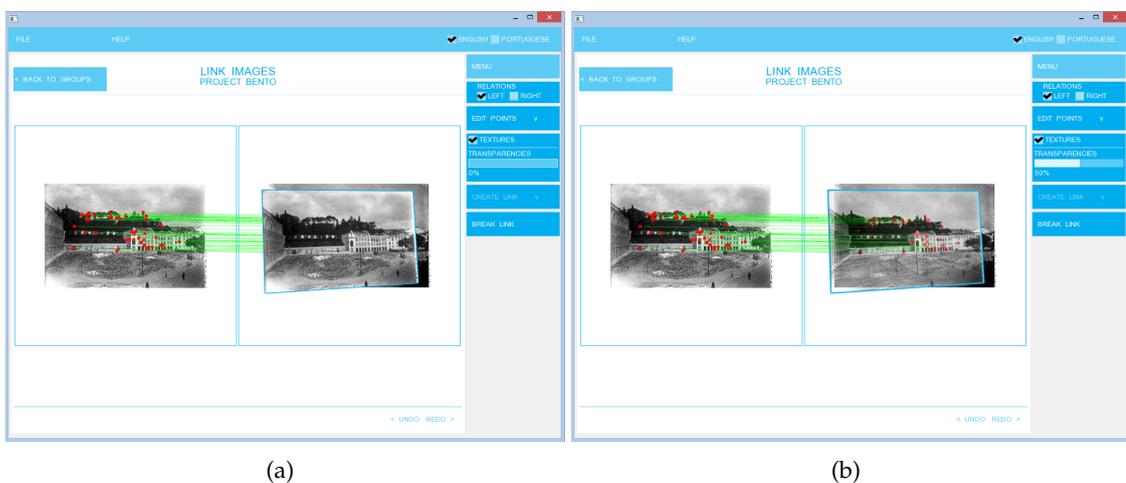


Figura 3.6: Transparências das imagens relacionadas no estado “LINK IMAGES”. (a) Imagem relacionada da imagem da direita com zero por cento de transparência; (b) Imagem relacionada da imagem da direita com cinquenta por cento de transparência.

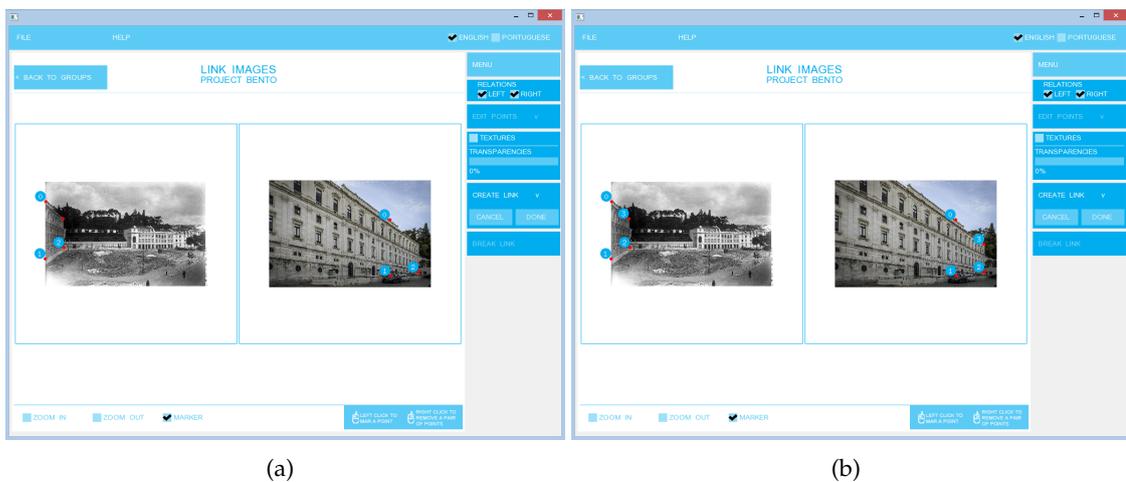


Figura 3.7: Marcação dos pontos correspondentes ao criar uma nova relação (“CREATE LINK”). (a) Novo ponto marcado na imagem do lado esquerdo; (b) Ponto correspondente à imagem do lado esquerdo marcado na imagem do lado direito.



Figura 3.8: Edição dos pontos (“EDIT POINTS”) da relação esquerda (“LEFT”). (a) Pontos da relação selecionada; (b) O ponto trinta e oito a ser arrastado para outra posição.

3.3.4 Criar Representação Tridimensional

A criação da representação tridimensional de um grupo está disponível na opção “CREATE 3D”, depois dos grupos gerados. Antes de selecionar a opção, o utilizador tem que selecionar uma das imagens de um grupo (Figura 3.9 (a)). Ao carregar na opção a Evolapse mostra a representação, onde a imagem selecionada está centrada e sem qualquer tipo de distorção, e as suas imagens relacionadas com distorção (Figura 3.9 (b)). As imagens relacionadas são desenhadas no ecrã tendo em conta a antiguidade.

A representação tridimensional das imagens é navegável. O utilizador pode pressionar qualquer zona que contenha uma imagem relacionada (Figura 3.10 (a)), e ao fazer há uma alteração na representação (Figura 3.10 (b)). A imagem selecionada fica como imagem central e são sobrepostas as suas imagens relacionadas. Se o utilizador carregar numa área que seja partilhada por pelo menos duas imagens, a Evolapse disponibiliza uma janela *scrollable* com as imagens que se encontram na área comum (Figura 3.11 (a)). Ao clicar-se numa das imagens da janela a representação faz exatamente o mesmo processo como de um clique em cima de uma imagem se tratasse (Figura 3.11 (b)).

A opção “CONTOURS” mostra os contornos em azul (Figura 3.10 (a)) da forma da distorção das imagens relacionadas. Os contornos são importantes para a navegação na representação tridimensional porque mudam de cor entre o azul e o amarelo (Figura 3.10 (b)) oferecendo ao utilizador o *feedback* necessário para poder voltar ao estado anterior da representação durante a navegação. Quando uma imagem relacionada tem o contorno a amarelo quer dizer que essa imagem era a imagem central anterior. Por outras palavras, na navegação da representação tridimensional, ao clicar numa imagem relacionada, se também se relacionar com a imagem central, esta passa a imagem relacionada com o contorno a amarelo.

Por sua vez, a opção “TEXTURES” ativa e desativa as texturas das imagens relacionadas com a imagem central (Figura 3.12). O “OVER TEXTURES” ativa e desativa a possibilidade de aparecerem as texturas ao passar com o rato por cima da zona onde estão as imagens (Figura 3.13) e o “IMAGE LABELS” ativa e desativa a numeração das imagens na representação. A numeração nas imagens é importante para saber a antiguidade das imagens relacionadas, tendo a mais antiga o número inferior e a mais recente o número superior. Também é importante para saber quais são as imagens que estão a ser utilizadas na criação de imagens compostas (Subsecção 3.3.5) e vídeos (Subsecção 3.3.6) representativos da evolução temporal.

A alteração das transparências das imagens relacionadas está disponível na opção “TRANSPARENCIES”. Quando o utilizador seleciona a opção “TRANSPARENCIES” aparecem todos os indicadores das imagens relacionadas, tendo cada indicador um *slider* associado (Figura 3.14 (a)). O *slider* serve para alterar a transparência da imagem na representação. Ao arrastar o *slider* de uma dada imagem para cem por cento, a imagem fica invisível na representação (Figura 3.14 (b)).

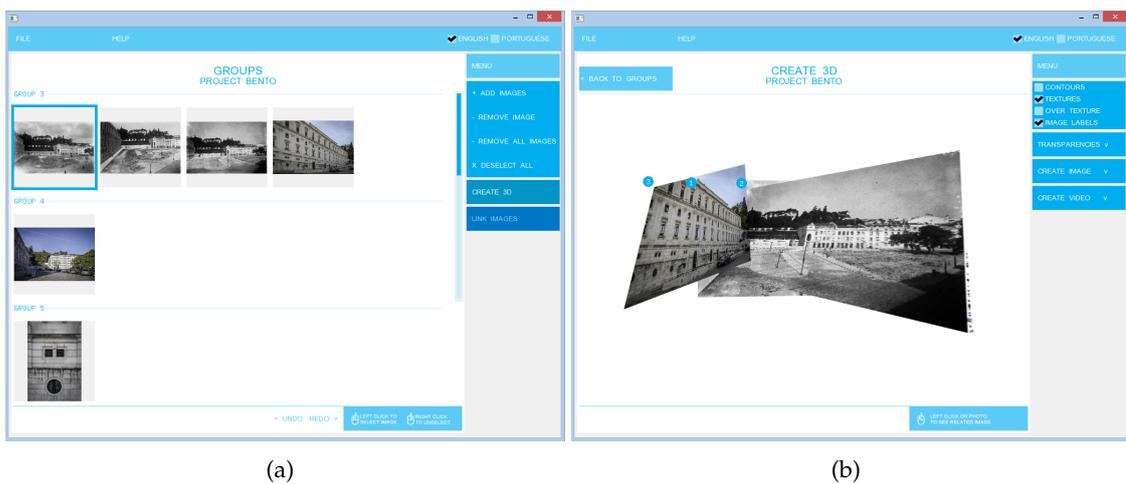


Figura 3.9: Criação da representação tridimensional “CREATE 3D”. (a) Seleção de uma imagem; (b) Visualização da representação tridimensional.

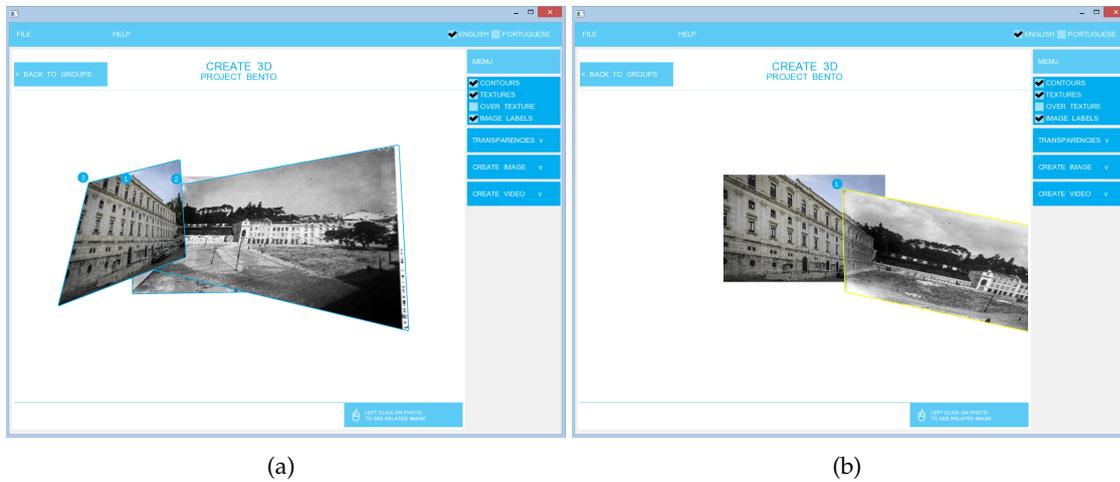


Figura 3.10: Navegação na representação tridimensional. (a) Representação inicial (b) Representação após a imagem número três na (a) ser selecionada (contorno da imagem central em (a) a amarelo).

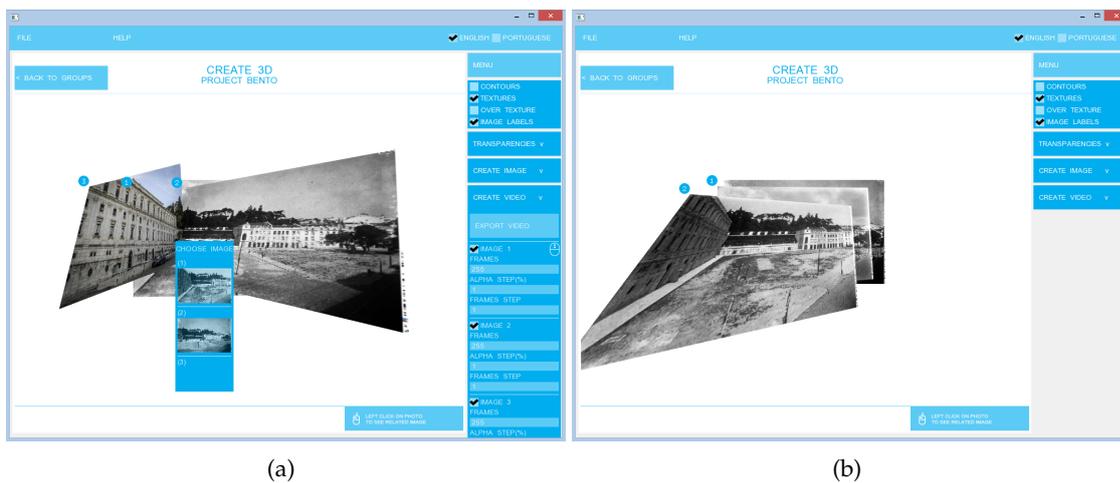


Figura 3.11: Navegação da representação tridimensional. (a) Janela *scrollable* com as imagens que partilham a área clicada; (b) Navegação feita após selecionar a imagem um na Janela em (a).

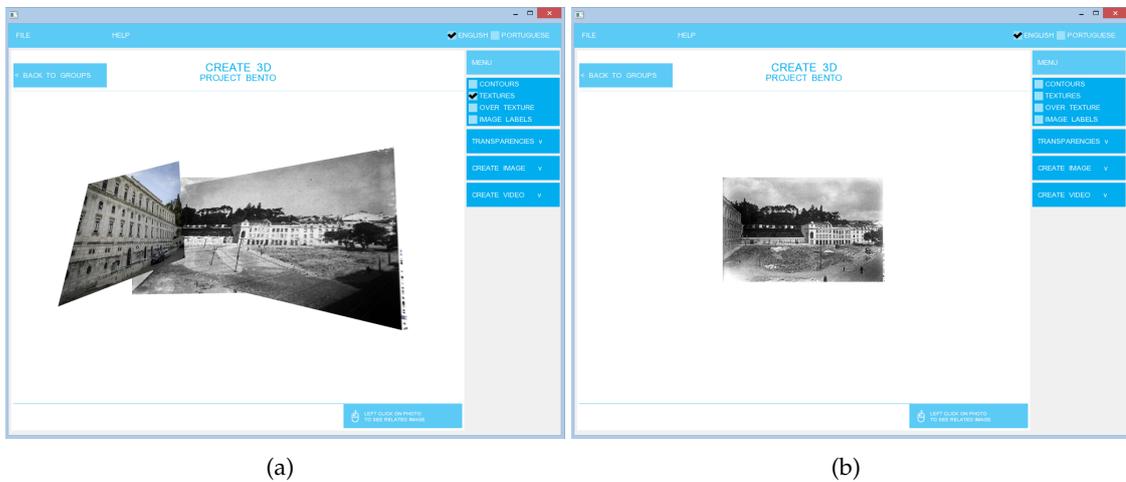


Figura 3.12: Texturas (“TEXTURES”) da representação tridimensional no estado “CREATE 3D” da Evolapse. (a) Texturas das imagens relacionadas ativas; (b) Texturas das imagens relacionadas inativas.

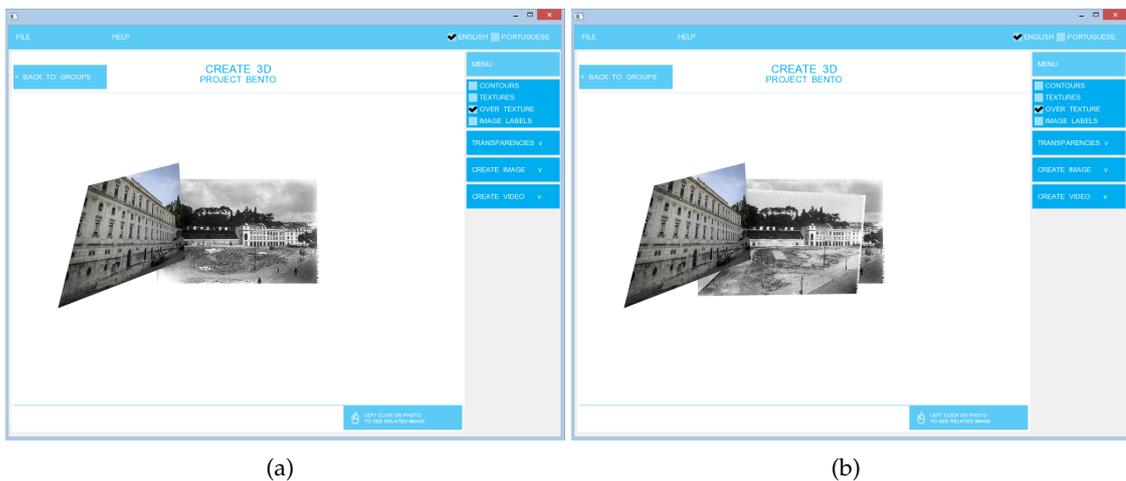


Figura 3.13: Sobreposição do rato a áreas onde se encontram imagens relacionadas no estado “CREATE 3D” da Evolapse. (a) Sobreposição do rato a uma área onde se encontra só uma imagem relacionada; (b) Sobreposição do rato a uma área onde se encontram duas imagens relacionada.

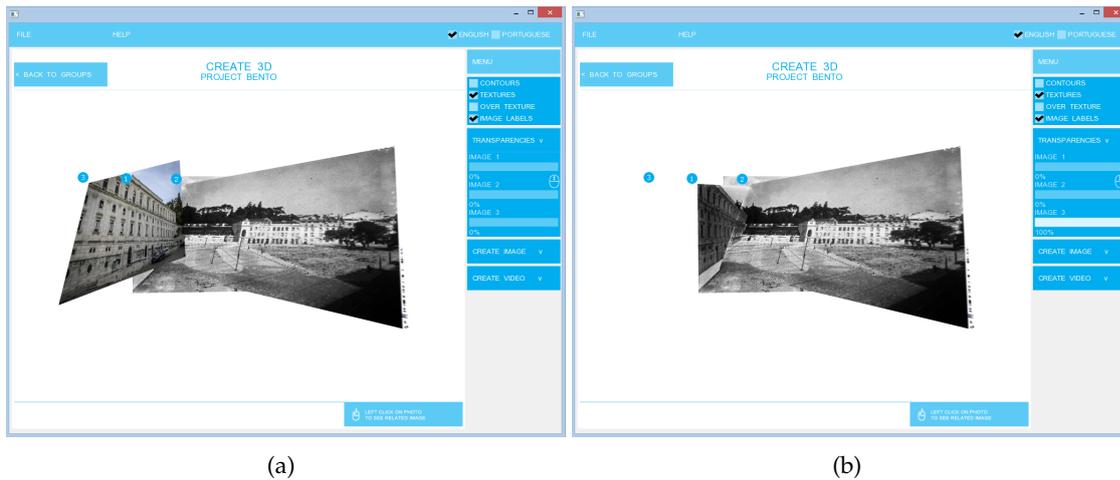


Figura 3.14: *Drop down* “TRANSPARENCIES” selecionado no estado “CREATE 3D” da Evolapse. (a) Representação tridimensional com as transparências das imagens todas a zero por cento; (b) Representação tridimensional com a imagem três com transparência de cem por cento.

3.3.5 Criar Imagem Representativa da Evolução Temporal

A criação de uma imagem representativa da evolução temporal está disponível na opção “CREATE IMAGE” que se encontra na criação de uma representação tridimensional. Para criar uma imagem, o utilizador precisa de seleccionar a opção e posteriormente seleccionar as imagens relacionadas que pretende que entrem na imagem representativa (Figura 3.15 (a)). Antes de exportar a imagem, o utilizador pode alterar as transparências usando a opção “TRANSPARENCIES”. Depois de seleccionar as imagens e alterar as transparências, o utilizador tem que seleccionar a opção “EXPORT IMAGE”, dar um nome à imagem a exportar e finalmente fazer “EXPORT” (Figura 3.15 (b)).

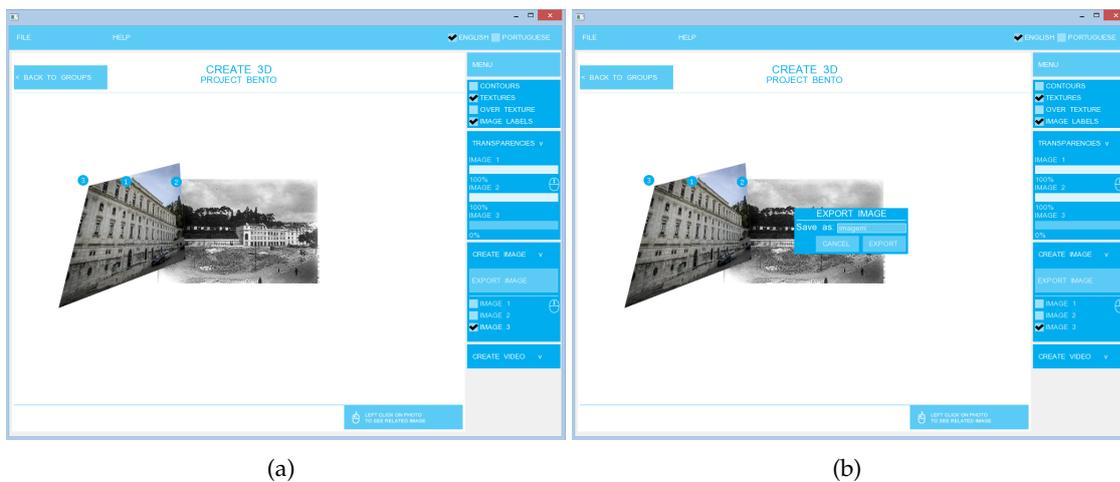


Figura 3.15: Criação de uma imagem representativa da evolução temporal. (a) Imagem relacionada número três da representação tridimensional selecionada no *drop down* “CREATE IMAGE”; (b) Janela de exportação após carregar em “EXPORT IMAGE”.

3.3.6 Criar Vídeo Representativo da Evolução Temporal

A criação de um vídeo representativo da evolução temporal está disponível na opção “CREATE VIDEO”, que se encontra na criação de uma representação tridimensional. Para criar um vídeo o utilizador seleciona a opção e posteriormente seleciona as imagens relacionadas que pretende que entrem no vídeo representativo. Ao selecionar uma imagem tem que preencher os três parâmetros que estão associados, “FRAMES”, “ALPHA STEP” e “FRAME STEP”. Uma das combinações possíveis para o preenchimento dos parâmetros é duzentos e cinquenta e cinco para o parâmetro “FRAMES”, um para o “ALPHA STEP” e um para o “FRAME STEP” (Figura 3.16 (a)). Esta combinação faz com que a imagem relacionada apareça de forma suave porque são geradas duzentas e cinquenta e cinco *frames* com a diferença de um por cento na transparência. O parâmetro “FRAME STEP” indica de quantas em quantas *frames* é aplicada a transparência de mais um por cento (“ALPHA STEP”). Após o preenchimento dos parâmetros o utilizador tem que selecionar a opção “EXPORT VIDEO”, preencher o nome do vídeo e selecionar o formato do vídeo, GIF ou AVI. Se quiser exportar só as *frames* seleciona a opção “FRAMES” (Figura 3.16 (b)). As *frames* exportadas podem ser utilizadas por outros programas de edição.



Figura 3.16: Criação de uma vídeo no estado “CREATE 3D” da Evolapse. (a) Imagens relacionadas selecionadas e parâmetros preenchidos no *drop down* “CREATE VIDEO”; (b) Janela de exportação após carregar em “EXPORT VIDEO”.

3.3.7 Funcionalidades de Apoio

Esta subsecção apresenta algumas funcionalidades que têm o objetivo de disponibilizar informação e apoiar os utilizadores a desenvolver projetos com a Evolapse.

3.3.7.1 Aumentar, Diminuir e Arrastar Imagem

Na ligação entre duas imagens, na opção de criar ou editar uma relação, se a opção “ZOOM IN” estiver selecionada é possível aumentar as duas imagens de forma independente (Figura 3.17 (a)). Existe também a opção de as diminuir (“ZOOM OUT”). Ambas as opções têm a funcionalidade de arrastar a imagem (Figura 3.17 (b)). Com o “MARKER” selecionado podem-se marcar pontos correspondentes entre as duas imagens (Figura 3.18) e mover os pontos de forma independente.

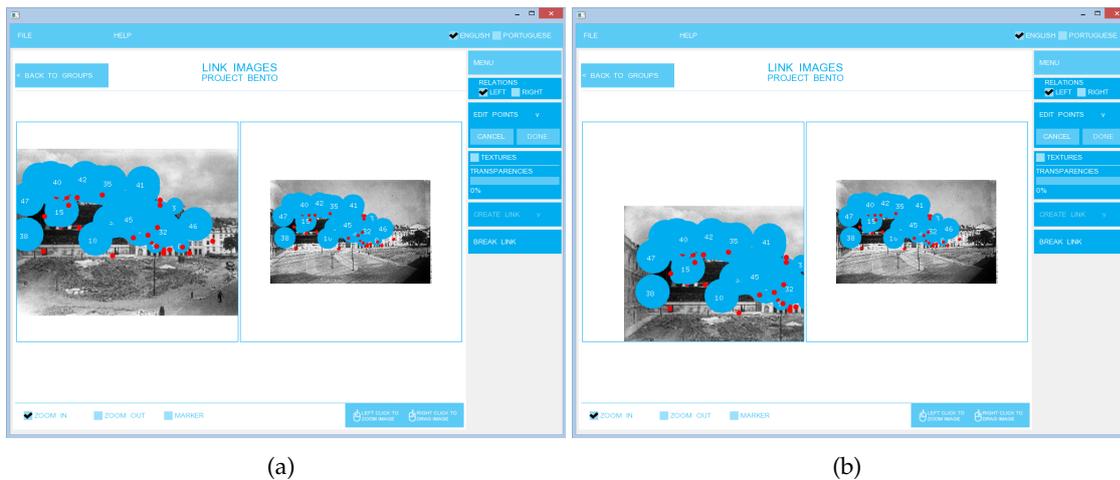


Figura 3.17: “ZOOM IN” ativo na edição dos pontos de uma relação na Evolapse (“EDIT POINTS”). (a) “ZOOM IN” feito à imagem do lado esquerdo; (b) Imagem do lado esquerdo arrastada após fazer “ZOOM IN”.

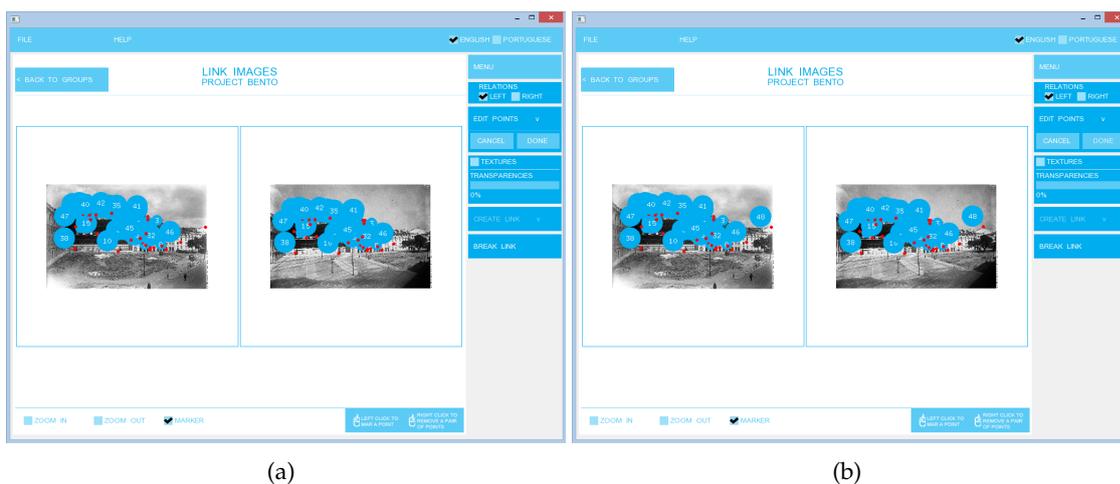


Figura 3.18: Marcação de novos pontos correspondentes na edição dos pontos (“EDIT POINTS”). (a) Novo ponto marcado na imagem do lado esquerdo; (b) Ponto correspondente à imagem do lado esquerdo marcado na imagem do lado direito.

3.3.7.2 Undo e Redo

Antes e após os grupos gerados, e na ligação de imagens, é possível reverter uma ação feita pelo utilizador. A funcionalidade está disponível na opção “UNDO”. Se o utilizador usar a opção erradamente, pode sempre voltar ao estado em que se encontrava a ferramenta antes de usar a opção sendo para isso necessário selecionar a opção “REDO”.

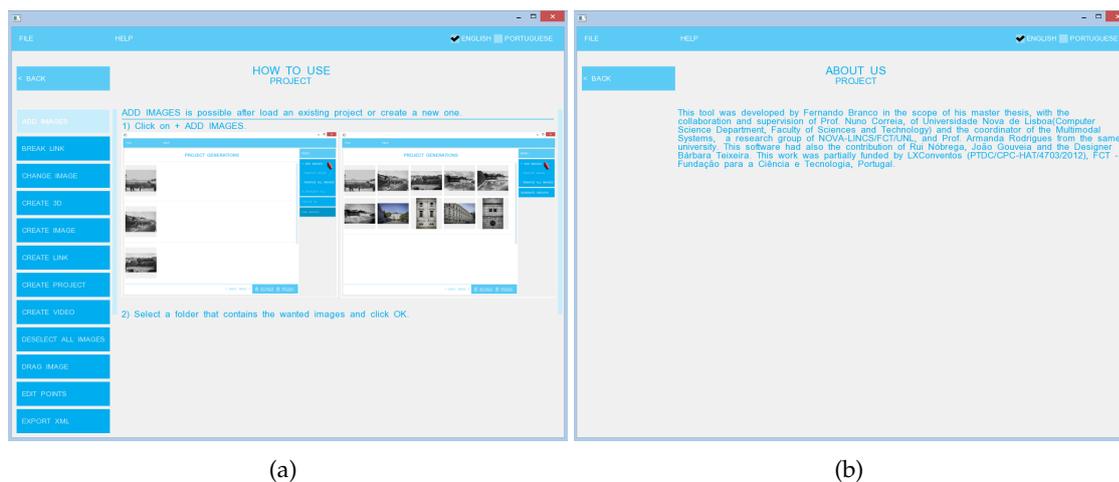
Supondo que o utilizador apaga uma imagem que é um elo de ligação de um grupo, depois dos grupos gerados, o grupo divide-se em dois ou mais grupos. Ao selecionar o “UNDO”, a imagem apagada volta à aplicação, inserida no grupo de onde foi removida, e o grupo que foi dividido volta a ficar unido. Depois de selecionar o “UNDO”, se o utilizador selecionar o “REDO” faz com que a Evolapse volte ao estado antes de o utilizador selecionar o “UNDO”, com a imagem apagada e o grupo dividido.

Em relação às mesmas opções na ligação de imagens, o utilizador quando cria, edita, ou elimina uma relação pode arrepender-se depois de terminar um processo, logo para voltar atrás tem que selecionar o “UNDO”. Por exemplo, se o utilizador eliminar a relação esquerda, os pontos correspondentes e a imagem distorcida presentes na ferramenta desaparecem. Isto dá-se porque a relação deixa de existir, mas ao usar o “UNDO” a relação é reposta, e se a relação esquerda continuar selecionada os elementos gráficos voltam a aparecer. À semelhança do “REDO” descrito anteriormente, se o utilizador selecionar a opção depois de fazer “UNDO”, a relação volta a desaparecer.

3.3.7.3 Mudar Idioma, Como Usar e Sobre Nós

O utilizador sempre que pretender pode mudar de idioma entre o Português e o Inglês, sendo para isso necessário selecionar a opção “PORTUGUESE” ou “ENGLISH” (Figura 3.19).

A Evolapse tem um manual de utilização na opção “HOW TO USE” (subitem do “HELP”). A Figura 3.19 (a) mostra a visualização do “HOW TO USE” com o separador “ADD IMAGES” selecionado. É possível selecionar qualquer opção, e ao selecionar é apresentado texto seguido de imagens a exemplificar como é que se faz a opção selecionada na ferramenta. Há a opção de voltar ao estado anterior através do “< BACK”. Se o utilizador carregar na opção “HOW TO USE” ao estar na visualização inicial, ao carregar “< BACK” volta à visualização inicial. Já a opção “ABOUT US” (subitem do “HELP”) (Figura 3.19 (b)), apresenta um texto descritivo a mencionar as entidades intervenientes e as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento da ferramenta.



(a)

(b)

Figura 3.19: Visualização do “HOW TO USE” e do “ABOUT US”. (a) Visualização do “HOW TO USE” com a opção “ADD IMAGES” selecionada; (b) Visualização do “ABOUT US”.

3.3.7.4 Importar Projeto e Sair

A importação de um projeto já existente está disponível na opção “LOAD PROJECT” (subitem de “FILE”). A mesma funcionalidade é acessível ao clicar na área apresentada na Figura 3.1 com a nomeação “LOAD EXISTING PROJECT”. Após selecionar a opção, o utilizador tem que escolher um documento XML que representa um projeto existente (Figura 3.20). O projeto teve que ser anteriormente criado pela ferramenta.

Sempre que quiser sair da Evolapse, o utilizador pode fazê-lo carregando na opção “EXIT” (subitem de “FILE”), e pode aumentar e diminuir a área da Evolapse carregando no botão de maximizar da janela ou selecionando e arrastando um dos limites da área da ferramenta.

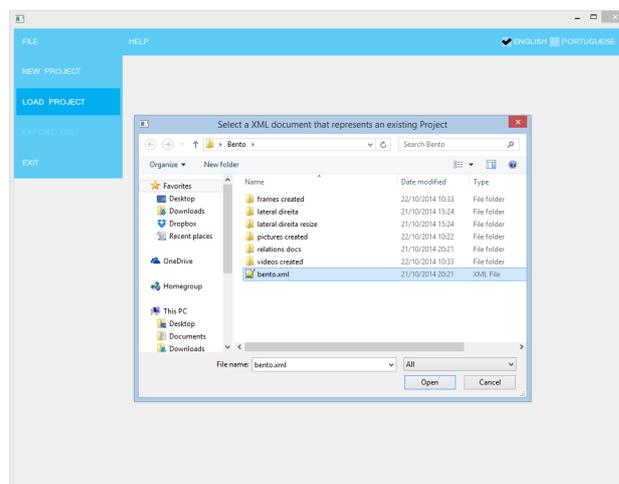


Figura 3.20: Seleção de um projeto já existente para importar para a Evolapse.

3.4 Síntese

O capítulo parte de uma visão inicial da representação da evolução espaço-temporal (Secção 3.1). A visão inicial descreve de forma geral os passos necessários para construir e exportar uma representação tridimensional, e para criar um vídeo ou uma imagem representativa da evolução temporal. De seguida indicam-se todas as funcionalidades (Secção 3.2) e o capítulo conclui com a forma como são apresentadas ao utilizador (Secção 3.3), focando as funcionalidades mais importantes.

4

Implementação da Evolapse

O capítulo descreve quais as técnicas utilizadas para desenvolver a ferramenta Evolapse na Secção 4.1. Na Secção 4.2 é descrita a estrutura referindo todos os detalhes importantes na conceção da ferramenta. Posteriormente na Secção 4.3 é feita uma abordagem das dificuldades encontradas ao longo do desenvolvimento e das decisões tomadas, e é descrita a ligação da Evolapse com o *website* do projeto LX Conventos (Secção 4.4). Por fim, é feita uma síntese do capítulo na Secção 4.5.

4.1 Tecnologias Utilizadas

A Evolapse foi desenvolvida em C++ com recurso à versão 0.8.1 do openFrameworks¹. Esta *framework* foi escolhida porque é *open source* e inclui várias adaptações (*addons*) de bibliotecas relevantes para o desenvolvimento, como por exemplo ofxOpenCv, que é uma adaptação do OpenCV² ao openFrameworks, e o ofxXmlSettings, que é uma adaptação do TinyXML³. Foi usado o *addon* ofxThreadedImageLoader e dois *addons* externos, o ofxUI⁴ e ofxGifEncoder⁵.

O ofxOpenCv acabou por não ser utilizado e foi utilizado o OpenCV original (Secção 4.3). O OpenCV foi essencial porque disponibiliza implementações para os algoritmos de comparação de imagens, como por exemplo o SIFT.

O ofxXmlSettings teve que ser usado por causa do *addon* externo ofxUI. Foi usado

¹openFrameworks - <http://www.openframeworks.cc/> acedido em Dezembro de 2014

²OpenCV - <http://opencv.org/> acedido em Dezembro de 2014

³TinyXML - <http://www.grinninglizard.com/tinyxml/> acedido em Dezembro de 2014

⁴ofxUI - <http://www.syedrezaali.com/ofxui/> acedido em Dezembro de 2014

⁵ofxGifEncoder - <https://github.com/jesusgollonet/ofxGifEncoder> acedido em Dezembro de 2014

inicialmente para exportar e importar documentos XML, mas foi substituído pelo ofXML, uma estrutura incluída nas versões mais recentes do openFrameworks. Desta forma, a ferramenta só necessitou deste *addon* devido a ser requisito do *addon* ofxUI.

O ofxThreadedImageLoader foi usado para fazer a importação das imagens dinamicamente. Para desenvolver a interface foi utilizado um *addon* externo chamado ofxUI. O *addon* possui alguns elementos gráficos desenvolvidos, o que facilitou na conceção da interface. Também foi utilizado outro *addon* externo designado por ofxGifEncoder que proporcionou à Evolapse a possibilidade de exportar vídeos em formato GIF.

4.2 Estrutura da Evolapse

Esta secção apresenta o sistema de classes desenvolvido e a relação que tem com as funcionalidades da Evolapse.

4.2.1 Sistema de Classes

As classes que foram desenvolvidas (Anexo A) para implementar a Evolapse foram as seguintes:

- **ofApp** - Classe que é criada por omissão quando se gera um novo projeto no openFrameworks. Tem um conjunto de métodos que são chamados automaticamente pela *framework*, de modo a atualizar o estado da aplicação. Contém outros métodos que têm o objetivo de captar e tratar os eventos provenientes de ações externas, como por exemplo o pressionar na tecla do rato. Os métodos foram implementados para atualizar o estado da aplicação e tratar os eventos da forma pretendida;
- **UI** - Classe que contém toda a interface da aplicação. Estão implementadas todas as ações que a Evolapse tem que executar quando é realizado um determinado evento na interface;
- **ActionThread** - Classe que implementa a classe “ofThread” do openFrameworks, que representa uma thread. Quando uma das funcionalidades mais pesadas da ferramenta é efetuada, é gerada uma thread. As funcionalidades mais pesadas que são chamadas na classe são as seguintes: importar imagens, criar os grupos, reformular os grupos, criar imagens compostas e vídeos, exportar e importar documentos XML;
- **DataController** - Classe que contém toda a informação relativa aos grupos, às imagens e suas relações. São disponibilizados os métodos que proporcionam a geração e a reformulação de grupos, e métodos que criam ou eliminam relações entre as imagens;
- **Group** - Classe representativa de um grupo. Um grupo contém um identificador e um conjunto de imagens.

- **Image** - Classe representativa de uma imagem. Uma imagem contém as seguintes informações: localização da imagem original e redimensionada, dimensões da imagem original e redimensionada, estrutura que guarda os conteúdos da imagem importada e informação sobre as imagens relacionadas;
- **Matcher** - Classe representativa de uma relação. Uma relação contém o nome de duas imagens relacionadas. Contém também os pontos correspondentes entre ambas, e a distorção de uma imagem em relação a outra;
- **FeatureTracker** - Classe que extrai as características das imagens e verifica se duas imagens diferentes têm características idênticas. A classe é proveniente do sistema descrito em [Nób+12], mas sofreu algumas alterações e foram implementados novos métodos para satisfazer as necessidades da aplicação;
- **Memento** - Classe que guarda o estado da aplicação. Sempre que é efetuada uma ação crítica, como por exemplo apagar uma relação, é criada uma replicação das estruturas que contêm a informação sobre os grupos, as imagens e as relações. A replicação é criada antes de a ação ser realizada. A classe é baseada no padrão de desenho Memento [Gam+94].
- **FileSystem** - Classe responsável por comunicar com o sistema de ficheiros. Tem um conjunto de métodos que proporcionam a importação e exportação de documentos XML, a criação de vídeos e imagens compostas e a importação de imagens.

4.2.2 Funcionalidades e Classes

A subsecção apresenta a relação entre as principais funcionalidades e as classes implementadas.

4.2.2.1 Processo Criar Projeto

Quando o utilizador cria um novo projeto (Subsecção 3.3.1) tem que seleccionar a pasta do projeto, a pasta das imagens e, por fim, a dimensão das imagens. Para aparecerem as janelas de seleção, a classe UI deteta o evento de criar um novo projeto, e após serem seleccionadas as pastas e a dimensão, é criada uma *thread* recorrendo à classe *ActionThread*. A *thread* fica responsável por redimensionar e importar as imagens. Para executar a tarefa, a *thread* comunica com um objecto da classe *DataController*, por chamada de um método, e esta comunica com a classe *FileSystem*. A *thread* não comunica diretamente com a classe *FileSystem* porque as estruturas que necessitam de ser preenchidas com a informação relativa às imagens encontram-se na classe *DataController*.

Antes de importar as imagens para a Evolapse é executado um pré-processamento que consiste no redimensionamento das imagens a importar. O redimensionamento das imagens é feito com uma diretiva do OpenCV, e esta usa por defeito a interpolação linear [Mik04] para gerar os píxeis da imagem redimensionada. Após alguns testes com

as opções disponíveis na diretiva, mudou-se para interpolação cúbica. A mudança da interpolação fez que com que a geração automática de relações fosse melhor para os conjuntos de imagens que foram usados. Ao serem extraídas e comparadas as características das imagens redimensionadas com a interpolação cúbica, observou-se a descoberta de um número superior de relações.

A importação das imagens recorre ao *addon* `ofxThreadedImageLoader` que dinamicamente importa cada imagem dada a sua localização e a referência de uma instância proveniente da classe `Image` (Subsecção 4.3.4). Depois é criado um grupo (classe `Group`) fictício, que contém todas as imagens importadas. O grupo é fictício porque no processo de criar o projeto ainda não foram gerados os grupos. Com o redimensionamento e a importação terminadas, as imagens do grupo fictício aparecem na ferramenta devido ao processo de atualização da estado da mesma, onde um método na classe `UI` comunica com a classe `DataController` de modo a obter a informação disponível sobre os grupos.

4.2.2.2 Processo Gerar Grupos

A classe `UI` quando deteta que o utilizador selecionou a opção para gerar os grupos cria uma *thread*. A *thread* é representada pela classe `ActionThread` e, quando é criada para executar este processo comunica com a classe `DataController`. A classe `DataController` executa um algoritmo para gerar os grupos.

A execução do algoritmo recorre à classe `FeatureTracker` para extrair todos os pontos de interesse e consequentes descritores SIFT (Subsecção 2.1.1) de cada imagem. Depois de se obterem os descritores de cada imagem é feita uma comparação entre todas as imagens para verificar se existem relações. A comparação é feita a partir dos descritores de cada imagem. Após a comparação, se existirem pelo menos dezasseis pontos relacionados entre duas imagens diferentes, é retirada a matriz de homografia com base nos pontos. Quando se compara uma imagem com outra, a matriz resultante dá a distorção que os pontos, da imagem que está a ser comparada, têm que sofrer para chegar à disposição da outra imagem. A matriz é aplicada aos quatro vértices que formam o retângulo da imagem que está a ser comparada e cria a distorção de modo a ficar alinhada com a imagem onde foi descoberta a relação. Se a distorção originar uma forma retangular, isto é, se os ângulos internos somados resultarem em trezentos e sessenta graus, a relação é considerada e as imagens ficam relacionadas e são inseridas no mesmo grupo. Esta verificação dos ângulos internos é feita na geração de grupos para evitar a criação de relações onde as imagens ficam distorcidas de uma forma errada, sem ter uma forma retangular.

Quando se cria uma relação, são criadas instâncias da classe `Matcher`. A classe guarda os pontos que identificaram a relação. Os pontos possibilitam a verificação de possíveis erros que tenham surgido na geração das relações. A verificação pode ser feita ao ativar as relações entre duas imagens na parte de edição da Evolapse.

Depois de descobertas todas as relações são criados os grupos. Um grupo (classe

Group) pode ter n imagens, e cada imagem (classe Image) no grupo tem pelo menos uma relação com outra imagem. Por exemplo, se a imagem A tiver uma relação com a imagem B e por sua vez a imagem B tiver uma relação com a imagem C, o grupo vai ser constituído pelas três imagens porque há um caminho para chegar de A a C.

Quando os grupos se encontram todos gerados, o utilizador pode exportar um documento XML. Ao exportar, a classe UI cria uma *thread* que comunica com a classe DataController e esta, por sua vez, comunica com a classe FileSystem. Na classe FileSystem é executada uma iteração pelas imagens, grupos e relações, de modo a descrever toda a informação presente na ferramenta para o documento.

4.2.2.3 Processo Ligar Imagens

Ao criar uma relação na ligação de imagens (Subsecção 3.3.3), são marcados pontos correspondentes. Estes pontos são guardados na classe UI e quando é terminada a criação é feita uma comunicação com a classe DataController. Esta, por sua vez, comunica com a classe FeatureTracker que calcula a matriz de homografia tendo como base os pontos marcados. A homografia é aplicada aos vértices que formam o retângulo da imagem relacionada e assim gera-se a distorção. A distorção é guardada e uma nova relação é criada na classe DataController. Se a relação ao ser criada contemplar duas imagens de grupos diferentes, os grupos unem-se num só.

Por vezes, a geração de grupos tem falhas e só cria relações unidireccionais, em que por exemplo, a imagem A tem relação com B mas o inverso não se verifica. Para complementar a relação e assim construir uma relação bidirecional, é possível criar uma relação tendo como base outra relação já existente. Para isto, é realizada uma procura dos pontos correspondentes dessa relação na classe DataController e são utilizados para criar a relação em falta.

À semelhança desta última funcionalidade de criação, para editar uma relação é feita uma procura dos pontos correspondentes na classe DataController e são disponibilizados visualmente. Quando o utilizador termina a edição, a relação existente é eliminada e é criada uma nova relação num processo igual ao da criação.

Ao eliminar uma relação entre duas imagens, é feita uma procura da relação na classe DataController e é eliminada. Contrariamente à criação, se a relação for um elo de ligação entre dois grupos distintos, ao ser eliminada o grupo divide-se em dois. Como na geração de grupos (Subsecção 4.2.2.2), quando se cria uma nova relação são criadas instâncias da classe Matcher, mas aqui são também eliminadas quando se elimina uma relação.

4.2.2.4 Processo Criar Imagem

A criação de uma imagem composta passa por uma sequência de fases (Subsecção 3.3.5). As imagens relacionadas que estão seleccionadas e os níveis de transparência são recolhidos dos elementos gráficos presentes na classe UI, quando o utilizador selecciona a opção para exportar a imagem. Ao fazê-lo, uma *thread* é criada, e esta comunica diretamente

com a classe `FileSystem`. A comunicação é feita diretamente porque a classe `UI` quando apresenta a representação tridimensional, tem como base uma imagem e as suas imagens relacionadas, logo a *thread* não necessita de comunicar com a classe `DataController` porque a própria classe `UI` já possui a informação necessária para criar a imagem. Na classe `FileSystem` é executado um processo onde a imagem central da representação tridimensional é sobreposta com as imagens relacionadas que estão selecionadas com uma dada transparência.

4.2.2.5 Processo Criar Vídeo

Para criar um vídeo representativo da evolução temporal, o utilizador tem que seguir um conjunto de passos (Subsecção 3.3.6). Ao exportar o vídeo o utilizador faz com que sejam recolhidas as informações que se encontram na interface que a classe `UI` oferece. Depois é criada uma *thread* que comunica diretamente com a classe `FileSystem`. A comunicação é feita diretamente devido à mesma razão apresentada no Processo Criar Imagem (Subsecção 4.2.2.4).

A classe `FileSystem` consoante a opção selecionada (`GIF`, `AVI` ou *frames*), gera um vídeo ou só as *frames* que deveriam entrar no vídeo. Se a opção selecionada ao exportar foi um vídeo em formato `GIF`, então o *addon* `ofxGifEncoder` é utilizado. Este *addon* recebe as *frames* do vídeo e depois processa a sua criação. Por outro lado, se a opção foi a exportação de um vídeo em `AVI`, a estrutura utilizada é o `VideoWriter` do `OpenCV`, que também recebe as *frames* e posteriormente processa o vídeo. A criação das *frames* utiliza os mesmos métodos que a criação de uma imagem composta, na classe “`FileSystem`”.

4.2.2.6 Outros Processos

Após os grupos gerados, o utilizador pode eliminar uma imagem de um grupo. Ao fazê-lo o grupo pode sofrer uma reformulação. Ao apagar a imagem, a classe `DataController` executa um algoritmo que tem como finalidade remover todas as relações que o grupo tem com a imagem. Se a imagem apagada for um elo de ligação entre dois grupos, então o grupo será separado em dois ou mais grupos. Por exemplo, admitindo que a imagem `A` está relacionada com a imagem `B` e `C` e a `B` está relacionada com a `D` e `F`, ao apagar a imagem `B` são formados três grupos. Um grupo com a imagem `A` e `C`, um com a imagem `D` e outro com a imagem `F`.

Sempre que é executada uma operação mais pesada na `Evolapse` é criado um “`Memento`”. O “`Memento`” provém da classe `Memento` e tem como finalidade guardar o estado da aplicação, mais precisamente as estruturas que contêm a informação sobre as imagens, grupos e relações. O estado é guardado antes de executar uma das funcionalidades mais críticas, com o objetivo de ser possível voltar ao estado anterior (“`UNDO`”) após ser executada a operação. Antes de o `undo` ser executado, é criado um “`Memento`” que proporciona ao utilizador voltar ao estado da ferramenta antes do `undo` (“`REDO`”).

Por fim, a importação de um documento `XML` para a ferramenta, faz com que a classe

UI crie uma *thread* que comunica com a classe *DataController*, e esta comunica com a classe *FileSystem*. Na classe *FileSystem* é feita uma leitura e interpretação do documento e as estruturas provenientes da classe *DataController* são preenchidas com os dados do documento.

4.3 Dificuldades e Soluções

No decorrer do desenvolvimento da Evolapse surgiram várias dificuldades e devido a isso tiveram que ser tomadas decisões com o objetivo de as resolver. De seguida são apresentados os desafios que surgiram e as soluções encontradas.

4.3.1 Importação das Imagens

A ferramenta trabalha com imagens e, para trabalhar com elas, necessita de as importar. Houve problemas na importação devido à dimensão. O problema da dimensão foi verificado quando se tentou importar uma pasta que continha dez imagens com a dimensão entre dez a dezanove *megabytes* cada. Ao executar, a aplicação não apresentava nenhum erro mas ficava bloqueada devido à memória RAM (Random Access Memory) necessária para armazenar as imagens. Para resolver este problema foi necessário fazer um pré-processamento para alterar as dimensões das imagens, e a decisão que se tomou foi fazer com que as imagens ficassem com o seu lado maior com trezentos píxeis e o outro lado com o correspondente aos trezentos píxeis de modo a não distorcer a imagem. Com esta alteração a aplicação consegue importar e manipular um conjunto muito superior de imagens. A alteração das dimensões das imagens permitiu à Evolapse conseguir suportar um número muito superior de imagens mas fez com que na geração automática, onde são encontrados os pontos de interesse e descritores SIFT (Subsecção 2.1.1) e são criadas as relações, perdesse eficácia no que toca à descoberta das relações entre as imagens. A perda de eficácia dá-se porque, ao alterar as dimensões das imagens, há sempre informação que se perde. Os algoritmos responsáveis pelo redimensionamento usam a interpolação dos píxeis da imagem original para criar os píxeis da imagem alterada, logo um píxel da imagem alterada corresponde a um cálculo de vários píxeis na imagem original.

Verificou-se que a quantidade de pontos de interesse descobertos nas imagens alteradas é menor, o que diminui a probabilidade de encontrar relações em imagens diferentes. Esta perda de eficácia pode ser sempre compensada com o método manual de criar as relações que a Evolapse oferece porque é possível criar as relações e marcar pontos correspondentes em imagens diferentes.

4.3.2 Exportação do Documento XML

Para além de ter havido o problema com a memória RAM na importação das imagens, também houve problema ao tentar exportar um documento XML. O problema tinha exatamente as mesmas características, ou seja, a aplicação ficava bloqueada. Isto aconteceu num caso extremo, onde foram manipuladas cem imagens e a diferença entre duas imagens era só na rotação no eixo Z. Este conjunto de cem imagens foi proveniente de um modelo tridimensional. As imagens eram todas muito parecidas umas com as outras e, ao gerar os grupos, houve uma grande deteção de características idênticas entre várias imagens. A deteção levou à criação de muitas relações, tendo cada relação um conjunto de pontos correspondentes, que culminaram na geração de um único grupo.

A exportação em formato XML gera dois ficheiros. O primeiro é utilizado pela ferramenta e por aplicações externas para reconstruir a representação tridimensional, o segundo é utilizado pela Evolapse e tem a informação de todos os pontos correspondentes presentes em cada relação. Neste caso, das cem imagens, foi gerado um documento com um tamanho de trezentos *megabytes* depois de resolver o problema da memória RAM.

A Evolapse é uma aplicação de trinta e dois *bits*, podendo usar até dois *gigabytes* de memória⁶ RAM que é o valor por omissão. Para resolver o problema alterou-se a configuração "IMAGE_FILE_LARGE_ADDRESS_AWARE" no Microsoft Visual Studio 2012 e a Evolapse passou a poder utilizar até quatro *gigabytes* de memória RAM, na máquina em que foi desenvolvida.

4.3.3 ofxOpenCv e OpenCV

Uma das primeiras dificuldades foi tentar reutilizar a classe FeatureTracker proveniente do sistema descrito em [Nób+12]. A classe, que foi cedida pelo Doutor Rui Nóbrega, já continha os mecanismos da extração e comparação das características das imagens desenvolvidos, logo tentou-se adaptar a classe ao contexto da Evolapse. Ao tentar reutilizá-la, observou-se que havia erros de compatibilidade devido à diferença de versões do openFrameworks. A classe foi desenvolvida na versão 0.7.4 do openFrameworks que era direcionada para o ambiente de desenvolvimento Microsoft Visual Studio 2010 e utilizava o *addon* ofxOpenCv correspondente à versão 2.3.1 do OpenCV.

A Evolapse foi desenvolvida com recurso à versão 0.8.1 do openFrameworks, sendo esta versão direcionada para o Microsoft Visual Studio 2012. Para fazer as modificações à classe FeatureTracker, de modo a ser compatível com o Microsoft Visual Studio 2012 foi necessário criar um novo projeto sem o *addon* ofxOpenCv (versão 2.3.1 do OpenCV), e utilizar o OpenCV original com a versão 2.4.9. Para utilizar a versão mais recente foi necessário fazer *download* do próprio OpenCV e realizar configurações no Microsoft Visual Studio 2012, de modo a que o OpenCV fosse reconhecido pelo mesmo.

⁶Memória - [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa366778\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa366778(v=vs.85).aspx) acedido em Dezembro de 2014

4.3.4 ofxThreadedImageLoader e classe Image

O *addon* ofxThreadedImageLoader possibilita a importação de imagens dinamicamente. A classe ofxThreadedImageLoader do *addon* implementa a classe ofThread do openFrameworks, sendo esta última a representação de uma *thread*. A classe ofxThreadedImageLoader tem um método que recebe uma estrutura “ofImage”, sendo esta nativa do *openFrameworks*. Ao utilizar este *addon* para controlar a importação das imagens para a Evolapse, ocorreu um problema. O problema consistiu em saber as dimensões das imagens ao serem importadas. As dimensões têm que ser conhecidas para se poderem fazer cálculos posteriores, como por exemplo os cálculos necessários para exportar uma imagem composta quando as imagens em causa têm dimensões diferentes.

A classe Image que tem toda a informação necessária sobre uma imagem, contém as dimensões da imagem associada, mas com o *addon* era impossível alterar as variáveis visto que o parâmetro que o método recebia para importar as imagens era uma estrutura “ofImage”.

A solução foi alterar parâmetros de entrada em alguns métodos da classe ofxThreadedImageLoader, que passaram a receber uma Image em vez de uma “ofImage”. Esta alteração fez com que fosse possível, depois de importar a imagem para a ferramenta, afetar as variáveis que correspondem às dimensões da imagem na instância “Image”.

4.3.5 ofGifEncoder e Imagens Utilizadas

A classe ofGifEncoder do *addon* ofGifEncoder à semelhança da classe ofxThreadedImageLoader, implementa a classe ofThread do openFrameworks. Ao utilizar o *addon* para criar um vídeo em formato GIF, verificou-se que a memória RAM utilizada aumentava muito. O aumento dá-se porque o *addon* coloca todas as *frames* que vão aparecer no vídeo em memória, antes do processamento, o que torna inviável ter imagens de grandes dimensões.

A solução para diminuir o uso da memória RAM, e assim possibilitar a criação de um vídeo em formato GIF com um número muito superior de imagens, recorrendo a este *addon*, foi fazer com que a Evolapse utilizasse as imagens que são utilizadas para extrair os pontos de interesse e descritores, isto é, as imagens que têm trezentos píxeis no seu maior lado. Desta forma, a memória usada diminuiu drasticamente, produzindo assim um vídeo, neste formato, com mais imagens.

4.4 Integração com o *Website* do Projeto LX Conventos

A Evolapse é uma ferramenta que manipula imagens e produz diferentes visualizações, mas para as visualizações serem utilizadas noutros contextos, a Evolapse tem que oferecer um método para poder recriar as visualizações geradas na ferramenta. O método passa pelo documento XML que pode ser exportado depois de se criar um novo projeto

e se gerarem os grupos. O documento faz com que seja possível recriar a visualização tridimensional, que é criada na ferramenta, dentro de outras aplicações.

No âmbito em que surgiu a Evolapse os conteúdos produzidos pela ferramenta têm como finalidade integrar o *website* do projeto LX Conventos. Embora este objectivo seja um dos principais focos do trabalho desenvolvido, os conteúdos gerados podem ser utilizados por qualquer aplicação.

O documento XML que é produzido e que posteriormente vai ser integrado no sistema LX Conventos tem o formato apresentado no Anexo B. Como se pode ver no anexo, existe uma série de *tags* XML que contêm informação relativa ao estado em que se encontra o projeto ao exportar. O anexo apresenta um exemplo simples porque o objetivo é mostrar a estrutura do documento e o seu significado.

Ao analisar o documento no anexo pode-se dizer que o estado da ferramenta, quando o documento XML foi exportado, era o seguinte: Existia um grupo com duas imagens, a imagem 1899.png e a imagem 1950.png. As duas imagens tinham uma relação que era unidirecional, isto é, é possível só navegar da imagem 1899.png para a imagem 1950.png. A imagem 1899.png tem a imagem 1950.png como relacionada, já o inverso não se verifica. Interpretando o estado com o documento XML, é visível que as duas imagens estão identificadas no documento com o ID 1 e ID 2, respetivamente. Cada imagem tem:

- **data (“<date>”)** - Serve para se conseguir fazer um filtro de épocas sem ser necessário estar a processar os nomes das imagens para extrair a data. Útil para o Sistema LX Conventos;
- **localização da imagem original (“<source_path>”)** - Refere a localização da cópia que foi feita das imagens originais para o projeto. É utilizada pela Evolapse e também será utilizada por aplicações externas para aceder às imagens da representação tridimensional;
- **dimensões da imagem original (“<source_width>” e “<source_height>”)** - Descreve as dimensões das imagens da cópia que foi feita para o projeto. São utilizadas pela Evolapse;
- **localização da imagem redimensionada (“<resize_path>”)** - Refere a localização das imagens redimensionadas. É utilizada pela Evolapse;
- **dimensões da imagem redimensionada (“<resize_width>” e “<resize_height>”)** - Descreve as dimensões das imagens redimensionadas. São utilizadas pela Evolapse.

O grupo com o ID igual a 1 é constituído por duas imagens, tendo cada imagem a *tag* “*image_group*” com o atributo “*image_id*”. O atributo referencia o ID da imagem. Finalmente temos uma relação (“*relation*”) com o ID igual a 1. A relação tem:

- **imagem central (“<master_image>”)** - indica qual é a imagem na relação que não tem distorção;

- **imagem relacionada (“<relational_image>”)** - indica qual é a imagem na relação que tem distorção;
- **pontos a distorção da imagem relacionada (“<points>”)** - Descreve os pontos da imagem distorcida numa relação. Os pontos são descritos nas coordenadas x e y. A relação entre as duas imagens faz com que uma delas esteja distorcida e a distorcida é a imagem relacionada.

A tag “<images_largest_dimension>” tem a informação da dimensão do lado maior da cópia das imagens originais que foi escolhida ao criar um novo projeto. Esta informação é necessária para importar o projeto novamente para a ferramenta, porque só assim é possível saber a dimensão das imagens presentes no projeto e afetar as novas imagens com a mesma dimensão. A dimensão será necessária se forem adicionadas novas imagens no projeto importado.

4.5 Síntese

As tecnologias utilizadas (Secção 4.1) ajudaram de forma significativa no desenvolvimento da Evolapse. Os *addons* do openFrameworks e os externos ajudaram na implementação das funcionalidades. A estrutura da ferramenta (Secção 4.2) tentou separar o melhor possível os diferentes conceitos presentes de modo a serem perceptíveis. Para as dificuldades surgidas (Secção 4.3) ao longo da implementação foram encontradas soluções apropriadas. Por fim, a integração das representações tridimensionais no *website* do projeto LX Conventos (Secção 4.4) recorre ao documento XML que foi apresentado.

5

Avaliação e Testes

O capítulo apresenta a comparação da Evolapse com os sistemas estudados no trabalho relacionado na Secção 5.1. A Secção 5.2 descreve a proposta, o trabalho e a avaliação realizados com a Designer de Comunicação Bárbara Teixeira. Por sua vez a Secção 5.3 explica como foram feitos os testes à ferramenta e apresenta os resultados obtidos nesses testes e a sua análise. Nesta secção encontra-se também disponível a avaliação feita pela perita Prof. Teresa Romão, situada na Subsecção 5.3.3. Por fim, na Secção 5.4 é feita uma síntese das secções anteriormente referidas.

5.1 Comparação com o Trabalho Relacionado

Esta secção compara os sistemas que foram estudados no Trabalho Relacionado (Capítulo 2) com a ferramenta Evolapse.

O Photosynth da Microsoft (Subsecção 2.2.1) oferece um conjunto de funcionalidades aos utilizadores, mas o sistema não proporciona um método para extrair a informação gerada, como por exemplo as relações entre as fotografias, dando assim a possibilidade de o utilizador ter essa informação em outros contextos. A Evolapse oferece ao utilizador a possibilidade de exportar um documento XML que contém toda a informação necessária para poder construir a representação tridimensional em outros sistemas e proporciona também a criação de imagens compostas e vídeos que podem ser utilizados noutros contextos. As funcionalidades que foram mencionadas anteriormente não estão disponíveis no Photosynth, inibindo assim o utilizador de conseguir utilizar os conteúdos gerados, caso pretenda. Uma mais-valia da Evolapse, relativamente ao Photosynth é que, na Evolapse, o utilizador pode criar as relações entre as imagens manualmente e assim relacionar qualquer tipo de imagem que pretenda.

O Flickr (Subsecção 2.2.2), o Google Street View (Subsecção 2.2.3) e o Image Space (Subsecção 2.2.4) também não oferecem a possibilidade de o utilizador criar uma relação manual entre uma determinada imagem do ambiente disponibilizado pelos sistemas e uma imagem vinda do utilizador. Poderia ser interessante adicionar imagens antigas aos ambientes disponibilizados pelos sistemas e assim possibilitar uma viagem cronológica, mas por outro lado esta limitação é sem dúvida uma forma de segurança dado que essa funcionalidade permitiria a qualquer indivíduo associar imagens que não correspondiam a uma determinada região e, desta forma, tirar alguma credibilidade aos sistemas. A Evolapse tem um contexto um pouco diferente em relação ao Flickr, Google Street View e Image Space, sendo um sistema de visualização e edição enquanto, que estes sistemas são mais focados na visualização. A possibilidade de existirem imagens sobrepostas umas às outras, criando uma representação tridimensional, faz com que existam semelhanças entre os sistemas.

Abordando agora o conceito Rephotography (Subsecção 2.2.5) analisado no trabalho relacionado, pode dizer-se que a Evolapse dá a possibilidade de criar “rephotographies” de uma forma diferente à descrita nos sistemas estudados, Computational Re-Photography (Subsecção 2.2.5.1) e Third View (Subsecção 2.2.5.2). Uma *rephotography* pode ser feita de forma automática, caso as imagens selecionadas para gerar os grupos tenham a mesma perspetiva, anos diferentes e que os elementos que fazem parte das mesmas não tenham mudado drasticamente. Também é possível criar uma *rephotography* de forma manual recorrendo, à criação de relações entre as imagens que a Evolapse disponibiliza.

O sistema GTDiff (Subsecção 2.2.6) proporciona a análise das diferenças temporais em imagens e fornece o *feedback* ao utilizador através de elementos visuais. A Evolapse não oferece elementos visuais mas contém um mecanismo que permite alterar a visibilidade de uma imagem, proporcionando assim um método de análise mais subjetivo ao utilizador que está a usar a ferramenta. A análise é subjetiva visto que o utilizador pode querer só analisar uma determinada parte de uma dada imagem. Esta análise por parte do utilizador é feita de forma visual, logo depende muito do mesmo para descobrir as diferenças.

Por fim o Viewfinder (Subsecção 2.2.7) e o trabalho apresentado na Subsecção 2.2.8 “Técnicas Interativas para Registrar Imagens” apresentam métodos diferentes para alinhar imagens com modelos tridimensionais. A ideia de criar uma relação entre duas imagens na Evolapse teve como *background* o trabalho apresentado na Subsecção 2.2.8 “Técnicas Interativas para Registrar Imagens”. O método de criar a relação é um pouco diferente das técnicas apresentadas no sistema apresentado na Subsecção 2.2.8 porque, neste sistema, ao marcar um conjunto de pontos correspondentes é processado um algoritmo e na Evolapse isso não acontece. O sistema apresentado na Subsecção 2.2.8 proporciona mais *feedback* ao utilizador porque é visível uma mudança nas imagens ao marcar os pontos correspondentes em cada imagem. Por outro lado, a Evolapse não faz esse processamento, o que poderá fazer com que o alinhamento seja mais rápido.

5.2 Proposta de Design

Após terem sido implementadas as funcionalidades às quais estava associada uma interface inicial, a Evolapse foi apresentada à Designer de Comunicação Bárbara Teixeira. De seguida foi feita uma avaliação e uma proposta de alteração a nível estrutural e gráfico para melhorar a interação com a Evolapse, de modo a ser mais fácil chegar aos objetivos que as funcionalidades oferecem.

Ao fazer a proposta para a reformulação da interface, a Designer teve em conta algumas limitações do openFrameworks nesta área. Depois de ser alterada, a interface foi revista com o objetivo de melhorar ainda mais alguns aspetos. De seguida é apresentada a interface proposta com os *layouts* mais importantes, comparando-a com a atual presente na ferramenta.

A Figura 5.1 (b) apresenta o *layout* inicial da aplicação com o menu “FILE” selecionado. Como é visível, as zonas clicáveis referentes à criação de um novo projeto e importação de um já existente estão maiores do que o *layout* proposto (Figura 5.1 (a)). A maior dimensão tem como objetivo preencher mais a zona que se encontrava vazia. O azul mais escuro presente no *layout* da proposta aparece quando se seleciona uma opção.

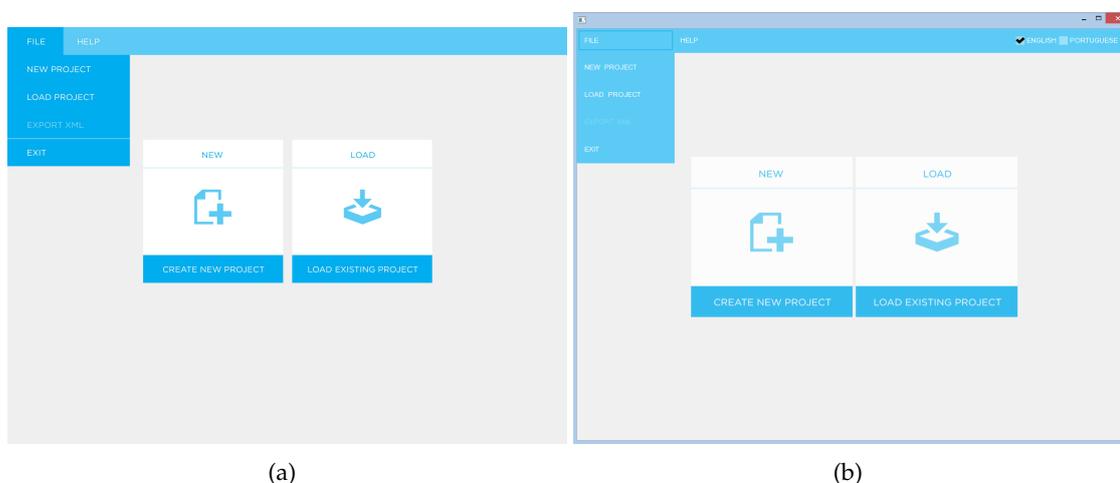


Figura 5.1: *Layout* da Evolapse ao abrir, com o menu “FILE” clicado. (a) *Layout* proposto pela Designer; (b) *Layout* atual da Evolapse.

Quando é criado um novo projeto e são adicionadas imagens, o *layout* que a aplicação apresenta é o que está na Figura 5.2 (b). Neste estado da Evolapse existem diferenças entre o *layout* atual e o proposto, nomeadamente mais três opções que são a de selecionar, desselecionar e remover uma imagem. Estas três opções fizeram com que fosse inserida uma ajuda sobre o que fazer com o rato e um novo botão para remover a imagem selecionada.

A proposta na Figura 5.3 (a) diz respeito ao *layout* da aplicação depois de ter sido importado um projeto já existente ou tenham sido gerados os grupos na criação de um

novo projeto. A proposta está diferente em relação à aplicação atual (Figura 5.3 (b)) porque a atual contém os identificadores dos grupos, o identificador de onde se encontra a aplicação (“GROUPS”), uma opção para remover só uma imagem e a cor diferente nos botões, no “CREATE 3D” e “LINK IMAGES”. A mudança de cor foi feita após a avaliação do perito em interfaces (Secção 5.3.3). Por sua vez, a inserção dos identificadores foi feita devido às dificuldades apresentadas na primeira fase dos testes de usabilidade (Tabela 5.5).

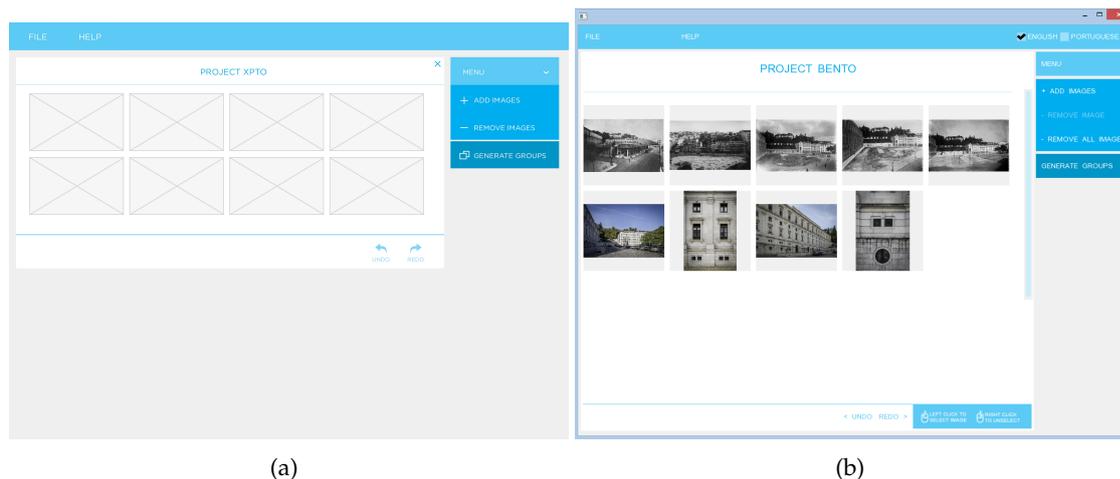


Figura 5.2: *Layout* da Evolapse depois de criar um novo projeto e adicionar imagens. (a) *Layout* proposto pela Designer; (b) *Layout* atual da Evolapse.

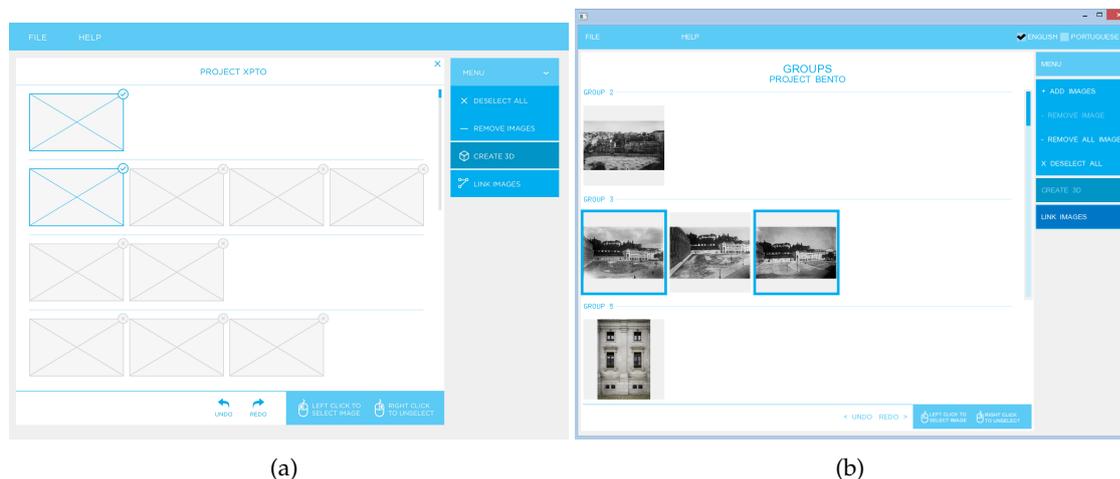


Figura 5.3: *Layout* da Evolapse após importar um projeto já existente ou depois de gerar os grupos, com duas imagens selecionadas. (a) *Layout* proposto pela Designer; (b) *Layout* atual da Evolapse.

O *layout* disponível depois de carregar na opção “CREATE 3D” nos grupos (Figura 5.3 (b)) é sensivelmente igual ao proposto (Figura 5.3 (a)), só difere numa nova opção, “IMAGE LABELS”, que foi inserida depois da proposta ser feita.

As Figuras 5.4, 5.5 e 5.6 correspondem ao estado da aplicação depois de as “TRANSPARENCIES”, “CREATE IMAGE” e “CREATE VIDEO” terem sido clicadas, respetivamente. A grande diferença entre o proposto e o atual é que foi adicionado um *icon* nas áreas que aparecem depois de se carregar nas opções para dar *feedback* ao utilizador que a área é *scrollable*. A criação de ligações entre as imagens (Figura 5.7) apresenta uma pequena diferença entre o *layout* proposto e o atual, que é o *radio button* “MARKER”.

A avaliação feita pela Designer e a sua proposta foram muito importantes para mudar o aspeto da aplicação, e só com a sua contribuição foi possível chegar à versão atual. É de salientar que alguns *labels* da aplicação mudam de cor consoante ser ou não possível fazer uma determinada ação, algo que não estava especificado na solução proposta.

Toda a interface foi alterada num processo gradual, no qual o *layout* proposto foi sofrendo algumas alterações à medida que se ia discutindo com a Designer, a melhor maneira de atingir possíveis objetivos pretendidos por um utilizador, como por exemplo criar um vídeo com um conjunto de imagens. Os testes com os utilizadores (Subsecção 5.3) contribuíram também para o aspeto atual da Evolapse.

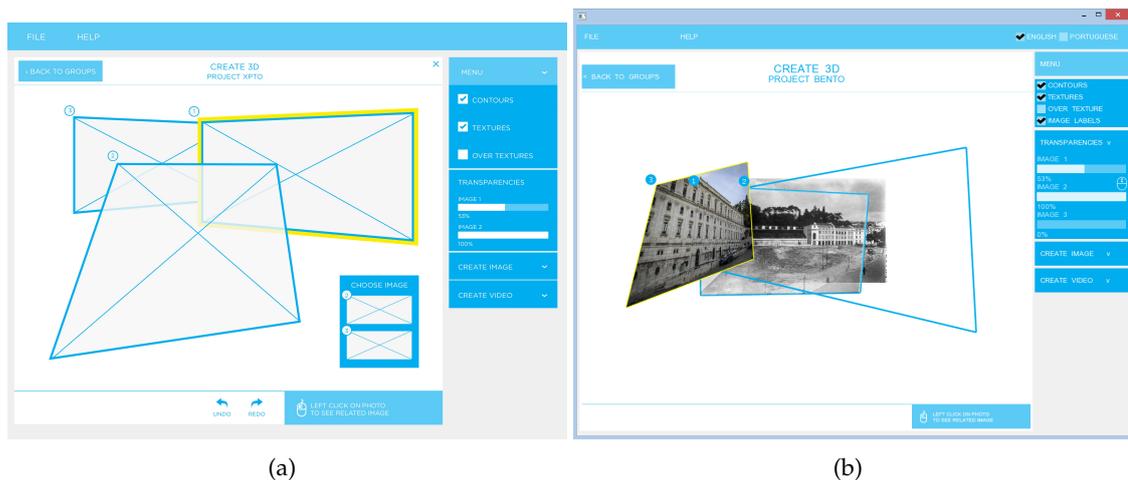


Figura 5.4: *Layout* da Evolapse após ter sido selecionada a opção “CREATE 3D” nos grupos. (a) *Layout* proposto pela Designer; (b) *Layout* atual da evolapse.

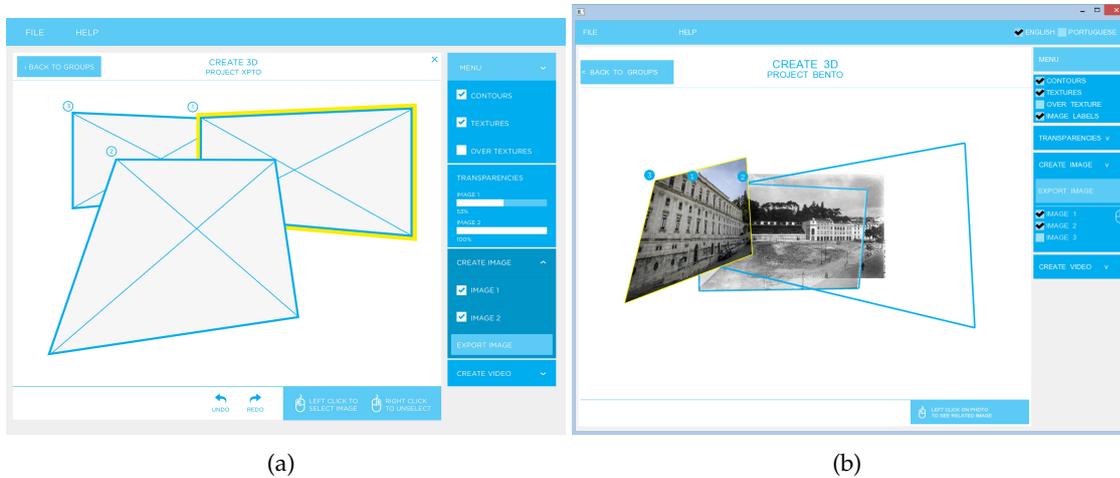


Figura 5.5: *Layout* da Evolapse no “CREATE 3D” com o “CREATE IMAGE” clicado. (a) *Layout* proposta pela Designer; (b) *Layout* atual da evolapse.

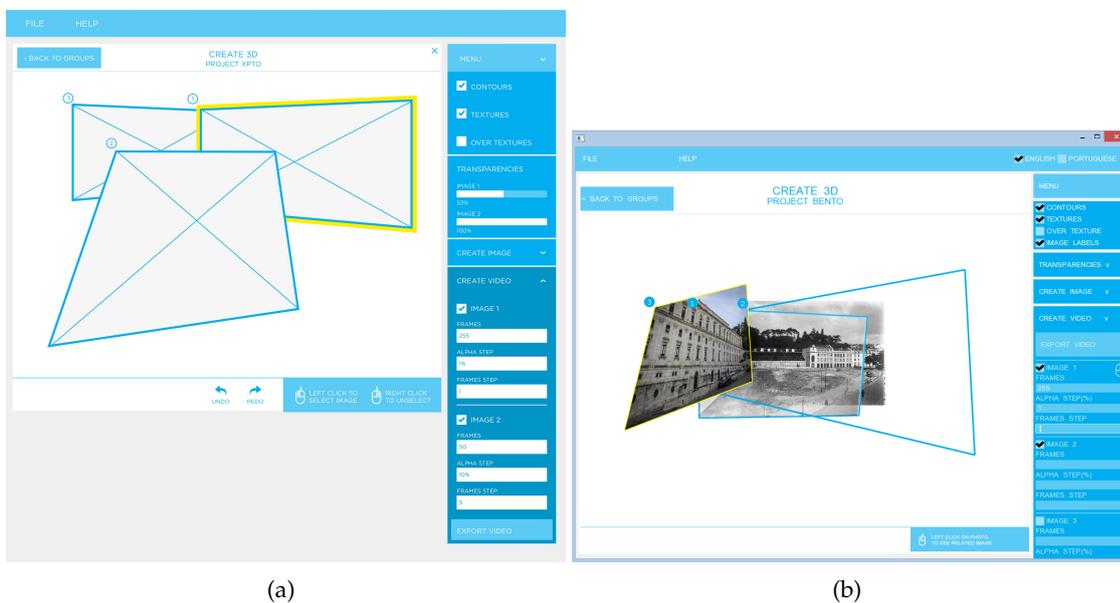


Figura 5.6: *Layout* da Evolapse no “CREATE 3D” com o “CREATE VIDEO” clicado. (a) *Layout* proposta pela Designer; (b) *Layout* atual da evolapse.

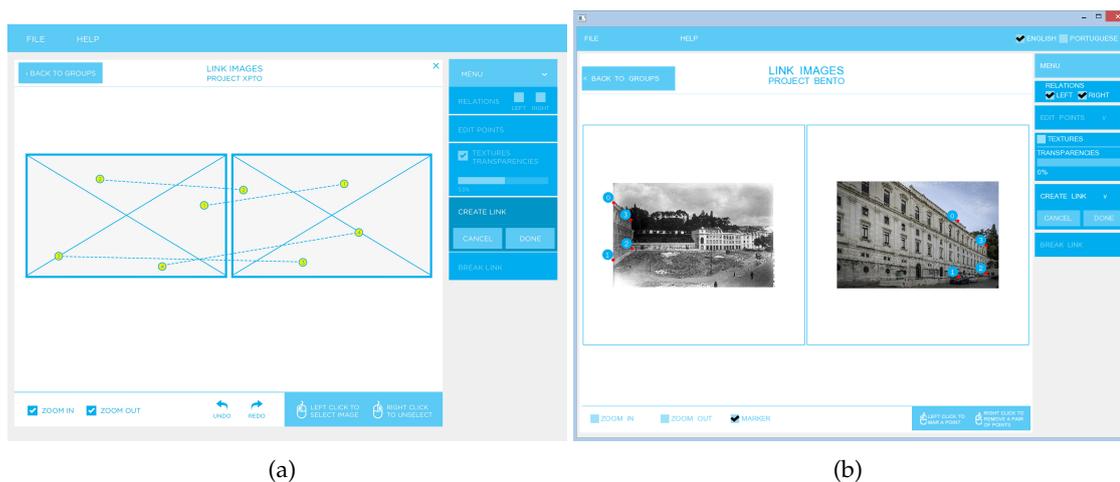


Figura 5.7: *Layout* da Evolapse após ter sido selecionada a opção “LINK IMAGES” nos grupos, com o “CREATE LINK” clicado e alguns pontos marcados. (a) *Layout* proposta pela Designer; (b) *Layout* atual da evolapse.

5.3 Testes com Utilizadores

A avaliação da Evolapse foi uma avaliação iterativa. Foi efetuada recorrendo a duas fases de testes de usabilidade. As duas fases de testes tiveram exatamente o mesmo procedimento, sendo pedido aos utilizadores para serem realizadas, na ferramenta, um conjunto de nove tarefas.

Tabela 5.1: Dados sobre os utilizadores que realizaram a primeira fase de testes.

Profissão	Idade	Nível de Experiência(1 - 5)
Assistente	21-25	3
Cozinheiro	21-25	4
Engenheiro informático	21-25	4
Investigador na área da informática	21-25	5
Militar	21-25	3
Técnica administrativa	21-25	3
Advogado	26-30	2
Designer	26-30	5
Consultor de sustentabilidade	26-30	3
Desempregado	26-30	3
Secretária	31-40	3
Vendedor	31-40	4
Arquiteta	41-55	3
Geógrafa	41-55	3
Historiadora	41-55	3

A primeira fase de testes foi realizada por quinze pessoas com características diversas, como se pode ver na Tabela 5.1. A diversidade das competências foi bastante útil porque assim foi possível ter uma ideia de como é que pessoas com diferentes experiências de

utilização de aplicações informáticas, áreas profissionais e idades procediam à realização das tarefas. Esta fase teve como objetivo levantar todas as dificuldades que foram sentidas, assim como retirar os tempos que foram necessários para realizar as tarefas.

Depois de ter sido realizada a primeira fase de testes, a Evolapse foi atualizada tendo em conta as várias dificuldades e sugestões apresentadas. Após esse melhoramento, foi realizada a segunda fase de testes.

A segunda fase de testes foi realizada por um conjunto inferior de pessoas, contabilizando no total cinco pessoas. As cinco pessoas que realizaram as tarefas não apresentaram uma diversidade tão grande ao nível de competências e de experiência. Por outro lado apresentavam um nível médio de experiência mais elevado, ao utilizar aplicações informáticas, como se pode ver na Tabela 5.2. A experiência proporcionou uma crítica mais detalhada dos pontos a melhorar. O nível médio de experiência a utilizar aplicações informáticas na primeira fase de testes foi de 3.4 e na segunda fase foi de 4.8, sendo o máximo 5.

Tabela 5.2: Dados sobre os utilizadores que realizaram a segunda fase de testes.

Profissão	Idade	Nível de Experiência(1 - 5)
Engenheiro informático	21-25	5
Engenheiro informático	21-25	5
Engenheiro Informático	21-25	5
Engenheira informática	41-55	5
Farmacêutica	31- 40	4

A segunda fase de testes teve exatamente o mesmo objetivo do que a primeira. As grandes diferenças entre as duas fases de testes foram o estado da ferramenta, que na segunda fase se encontrava melhorada, as características e o número de pessoas.

5.3.1 Tarefas

As tarefas solicitadas aos utilizadores foram as que estão descritas no Anexo C. A Tabela 5.3 apresenta os tempos médios, os desvios padrão e as medianas calculadas pela análise dos dados obtidos por cada tarefa, assim como o número de ajudas requeridas pelos quinze utilizadores na primeira fase de testes. Por sua vez, os valores calculados para a segunda fase são apresentados na Tabela 5.4. Os tempos apresentados nas tabelas estão no formato minutos:segundos.

Na Tabela 5.3 é visível que a soma dos tempos médios das tarefas foi quinze minutos e quarenta e quatro segundos e que a soma dos valores da mediana foi catorze minutos e trinta e três segundos. O desvio padrão na tarefa quatro é o mais alto e é superior a um minuto porque alguns utilizadores tiveram mais facilidade do que outros em perceber como se fazia o que era pedido.

O número total de ajudas pedidas em todas as tarefas pelas quinze pessoas foi vinte e oito. A tarefa que necessitou de mais ajudas foi a tarefa nove porque, na generalidade, as

peessoas não conseguiram fazer o que era pretendido devido à falta de informação visual, não sabiam que era possível fazer *scroll* visto que não existia nenhum tipo de indicação.

O documento que especificava as tarefas não estava detalhado, não explicava em detalhe como se fazia cada tarefa, o que levou algumas pessoas a pedir ajuda porque não perceberam o que era pedido ou como chegar a um determinado objetivo. Esta falta de detalhe foi propositada para averiguar se as pessoas conseguiam chegar aos objetivos sem lhes fornecer todos os passos e assim fazer um levantamento genérico das dificuldades.

Tabela 5.3: Tempos médios, desvios padrão, medianas e ajudas da primeira fase de testes.

Tarefa	Tempo Médio	Desvio Padrão	Mediana	Número de Ajudas
1	02:07	00:39	01:59	2
2	01:06	00:32	01:00	5
3	00:36	00:42	00:24	0
4	03:09	01:25	02:50	4
5	01:24	00:58	01:00	2
6	01:37	00:48	01:40	1
7	01:48	00:41	01:40	4
8	01:55	00:35	02:00	3
9	02:02	00:49	02:00	7
Soma	15:44		14:33	28

Tabela 5.4: Tempos médios, desvios padrão, medianas e ajudas da segunda fase de testes.

Tarefa	Tempo Médio	Desvio Padrão	Mediana	Número de Ajudas
1	01:28	00:39	01:37	0
2	00:43	00:22	00:37	0
3	00:23	00:11	00:25	0
4	02:11	00:52	01:56	0
5	00:30	00:16	00:34	0
6	01:00	00:24	00:58	0
7	01:22	00:28	01:05	0
8	01:20	00:20	01:20	0
9	01:28	00:29	01:25	0
Soma	10:25		09:53	0

5.3.1.1 Dificuldades Observadas

No decorrer dos testes foram levantadas as dificuldades sentidas pelos utilizadores. A Tabela 5.5 apresenta as dificuldades sentidas pelos utilizadores na primeira fase de testes e a Tabela 5.6 as dificuldades na segunda fase.

Para eliminar as dificuldades reveladas na primeira fase de testes foram feitas algumas alterações e melhorias na Evolapse. Para melhorar a experiência do utilizador, na

tarefa um, adicionou-se um texto descritivo em cada janela, ao se criar/selecionar uma pasta e onde se seleciona a pasta que contém as imagens que se pretendem adicionar.

Tabela 5.5: Dificuldades sentidas pelos utilizadores na primeira fase de testes.

Tarefa	Dificuldades
1	Terminar a criação de uma nova pasta ou seleção de uma já existente e perceber o motivo de aparecer exatamente outra janela igual.
2	Encontrar o "EXPORT XML"; Ler o texto na aplicação; Perceber se já tinha exportado ou não o documento XML.
3	Nenhuma
4	Perceber o que é um grupo; Fazer o <i>scroll</i> .
5	Perceber se estava ou não selecionada a relação.
6	Perceber que necessitava carregar no ponto e não no <i>label</i> associado ao ponto; Ler o texto na aplicação;
7	-
8	Selecionar o formato do vídeo e ter a percepção que ficou selecionado.
9	Fazer o <i>scroll</i> nos botões e na parte descritiva.

Relativamente à tarefa dois, a dificuldade em encontrar a opção para exportar o documento XML ("EXPORT XML"), a opção manteve-se no mesmo local porque é uma opção que pode ser utilizada em qualquer ponto da aplicação portanto faz todo o sentido estar como submenu do menu "FILE". A dificuldade encontrada em perceber se um documento XML tinha ou não sido exportado em nada alterou a aplicação porque a aplicação já oferecia uma barra de progresso como *feedback*, mas como o que era para exportar na tarefa não tinha muita informação, a barra de progresso aparecia e desaparecia numa fração de segundos. A informação a exportar não era muita porque o utilizador, nas tarefas do teste, utilizou um conjunto pequeno de imagens que geraram poucos grupos e relações. Desta forma, se o utilizador não estivesse plenamente focado na ferramenta/tarefa, não se iria aperceber dessa situação, o que acabou por acontecer em alguns casos.

A tarefa quatro apresentou duas dificuldades, sendo a primeira em perceber o que era um grupo. Para eliminar este problema foi inserida uma *label* a identificar cada grupo. O botão do rato que permite fazer *scroll* não funcionava, e foi detetado que a maioria das pessoas o tentava usar, por exemplo para procurar um grupo. Como resultado deste teste foi implementado o *scroll*.

A dificuldade presente na tarefa cinco foi resolvida após ter o *feedback* de perito (Subsecção 5.3.3), em que foi sugerida a inserção de um "X" ao selecionar. Foram feitas algumas alterações na interação da Evolapse com o utilizador na tarefa seis. Passou a ser

possível seleccionar o *label* associado ao ponto e o próprio, em vez de ser só possível seleccionar o ponto. Também passou a ser possível arrastar o ponto de um local para o outro, em vez de clicar no ponto e depois na zona para onde alterar.

A seleção do formato do vídeo, na tarefa oito, foi uma dificuldade geral porque os utilizadores seleccionavam o formato pedido e o texto que indicaria o que estava seleccionado não alterava. Este problema já tinha sido encontrado mas mesmo assim foi para a primeira fase de testes para ver se era realmente grave ou não. Devido à dificuldade de implementação, a *drop down list* foi trocada por um conjunto de três *radio buttons* de modo a apresentar a mesma funcionalidade mas de forma mais clara.

Por fim, na tarefa nove, houve um problema a chegar aos objetivos porque não existia nenhuma indicação que os elementos da interface eram *scrollable* e mesmo o botão do rato não funcionava, o que dificultou imenso a conclusão da tarefa. Com isto em mente, foi implementado o *scroll* do botão do rato e após a segunda fase de testes foi alterado o aspeto visual para indicar ao utilizador o que era possível fazer.

A dificuldade em ler algum texto na aplicação, que foi referida por alguns utilizadores em algumas tarefas, originou o aumento de dimensão de algumas fontes, contudo o aumento não foi muito significativo porque os testes foram realizados num ecrã *full hd* (1920x1080) e a aplicação tem a dimensão de 1024x768. O ecrã *full hd* faz com que todas as fontes e dimensões das aplicações sejam mais pequenas. Se a aplicação for utilizada numa resolução mais baixa, as dimensões da aplicação vão alterar proporcionalmente com a resolução, o que fará que as dimensões das fontes possam ser exageradas.

Tabela 5.6: Dificuldades sentidas pelos utilizadores na segunda fase de testes.

Tarefa	Dificuldades
1	-
2	-
3	-
4	-
5	-
6	-
7	-
8	-
9	Fazer o <i>scroll</i> nos botões e na parte descritiva.

Da primeira para a segunda fase de testes houve um decréscimo significativo nas dificuldades. Este decréscimo pode ter sido influenciado pelo facto dos utilizadores apresentarem uma experiência ao utilizar aplicações informáticas mais elevada. Contudo há uma grande probabilidade de que as alterações feitas na ferramenta, mencionadas anteriormente, tenham contribuído de forma positiva para o decréscimo das dificuldades sentidas na primeira fase de testes.

5.3.2 Inquéritos

Após terem sido realizadas as tarefas os utilizadores responderam a dois questionários para obter toda a informação possível da sua experiência ao utilizar a Evolapse. O primeiro questionário foi elaborado no Google Forms (Anexo D) e o segundo (Anexo E) foi criado de forma automática pela ferramenta Attrakdiff [14a].

5.3.2.1 Google Forms

O questionário apresentava um conjunto de afirmações onde os utilizadores tinham uma escala de um (Discordo) a cinco (Concordo) para responder, uma pergunta para averiguar as dificuldades sentidas e, por fim, uma área onde eram pedidas sugestões para melhorar a Evolapse. De seguida são apresentados os resultados obtidos após o preenchimento do questionário pelos utilizadores na primeira e na segunda fase de testes.

A Figura 5.8 apresenta os resultados das respostas à afirmação “É fácil aprender a trabalhar com a aplicação” na primeira e segunda fase de testes, respetivamente. O valor com mais respostas dadas foi o valor quatro nas duas fases, o que transmite a ideia que é relativamente fácil aprender a trabalhar com a aplicação. Com a comparação dos resultados é possível ver que a segunda fase de testes tem um valor médio mais alto do que a primeira. Tal aconteceu possivelmente pelo facto dos utilizadores da segunda fase terem um nível de experiência média superior.

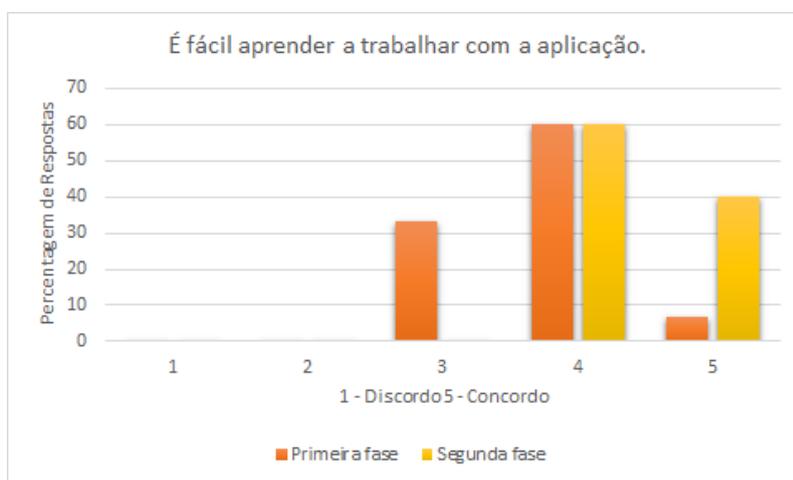


Figura 5.8: Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “É fácil aprender a trabalhar com a aplicação” na primeira e segunda fase de testes.

Nas respostas dadas com valor quatro na primeira fase, seis das nove ($\simeq 67\%$ das respostas com valor quatro) foram de utilizadores com nível de experiência três (Tabela F.20), o permite concluir que para pessoas que têm um nível mediano de experiência foi fácil trabalhar com a ferramenta.

Os resultados à pergunta “O uso da aplicação é agradável” estão situados na Figura 5.9. Nas duas fases de testes o valor com mais respostas foi o valor quatro. Nas

Tabela F.21 e F.22 estão discriminados o cruzamento de dados da idade com a respostas obtidas e a experiência ao usar aplicações informáticas com a respostas na primeira fase de testes. Neste cruzamento de dados é possível observar que a única pessoa que deu valor um tem experiência dois ao usar aplicações, o que poderá explicar porque poderá ter tido uma experiência menos conseguida. Na primeira e na segunda fase de testes, o valor médio das respostas é superior a três, tendo a segunda fase um valor superior em relação à primeira.

A afirmação “A navegação está bem estruturada” obteve um dos resultados mais imprevisíveis porque nenhum utilizador nas duas fases de testes referiu a necessidade de mudar a estrutura da ferramenta. Como se pode ver na Figura 5.10 o valor mais frequente, na primeira fase, é o três. Este valor que desperta alguma curiosidade visto que não foi mencionada, na realização da primeira fase de testes, nenhuma dificuldade em relação a esta área. Por sua vez na segunda fase as respostas foram mais positivas, a maioria atribuiu o valor quatro e cinco.

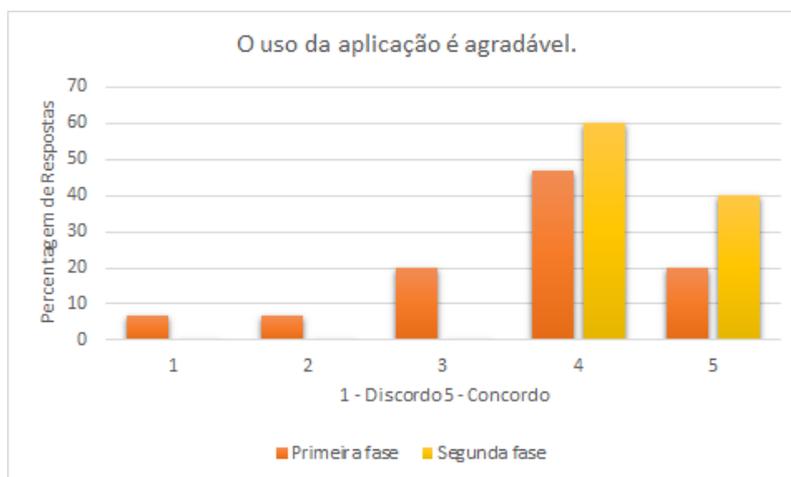


Figura 5.9: Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “O uso da aplicação é agradável” na primeira e segunda fase de testes.

As respostas dadas à afirmação “A geração automática é ótima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar manualmente” foram bastante satisfatórias em ambas as fases de testes (Figura 5.11), chegando mesmo os utilizadores, na segunda fase, a uma opinião unânime (100% das respostas), atribuindo o valor máximo. Com estes dados pode afirmar-se que os utilizadores consideraram a geração automática como uma mais-valia para a Evolapse.

Nem todos os utilizadores acharam a representação tridimensional muito cativante porque na Figura 5.12 que corresponde à afirmação “O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionados, é cativante” na primeira fase de testes, houve três utilizadores (20% das respostas) que responderam com o valor três. Este valor foi atribuído por duas pessoas com o nível três de experiência e uma com o nível dois (Tabela F.28). Já os resultados obtidos na segunda fase (Figura 5.13) foram satisfatórios.



Figura 5.10: Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “A navegação está bem estruturada” na primeira e segunda fase de testes.

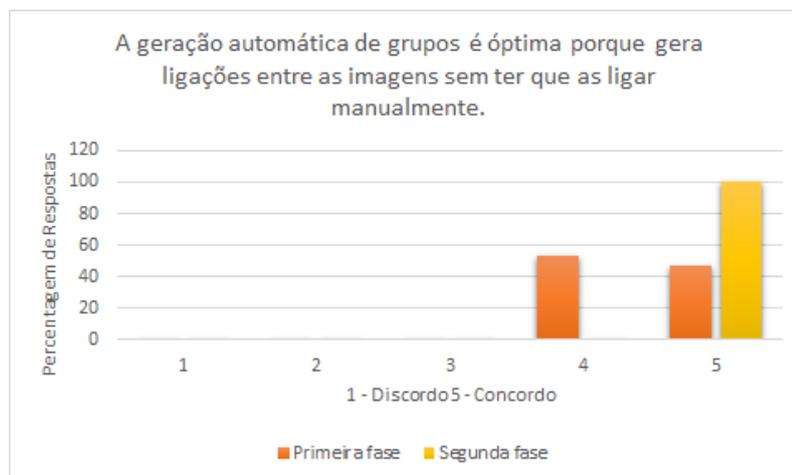


Figura 5.11: Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “A geração automática de grupos é ótima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar manualmente” na primeira e segunda fase de testes.

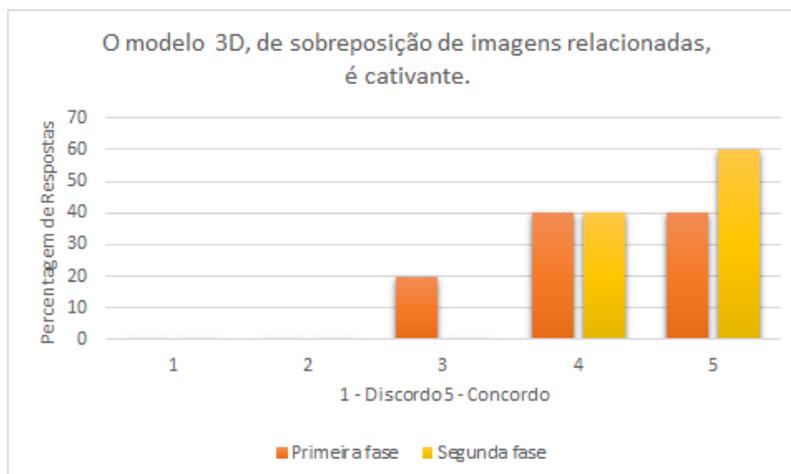


Figura 5.12: Gráfico com os resultados das respostas à afirmação "O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionados, é cativante" na primeira e segunda fase de testes.

A criação de uma ligação manual entre duas imagens foi difícil para alguns utilizadores e isso está refletido nos cinco utilizadores ($\simeq 33\%$ das respostas) que responderam com o valor três à afirmação "A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara" na primeira fase de testes (Figura 5.13). As dificuldades surgiram devido à tarefa associada (Anexo C (Tarefa 4)) a esta afirmação ter um grau de complexidade um pouco maior do que as restantes. A complexidade era maior porque a especificação da tarefa no documento não estava detalhada. Por outro lado, os resultados na segunda fase de testes (Figura 5.13), não obtiveram nenhum valor três.

Os utilizadores gostaram do resultado obtido pela criação de uma imagem porque na afirmação "O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico" só dois utilizadores responderam com o valor três ($\simeq 13\%$ das respostas) na primeira fase (Figura 5.14), tendo ambos experiência três (Tabela F.32).

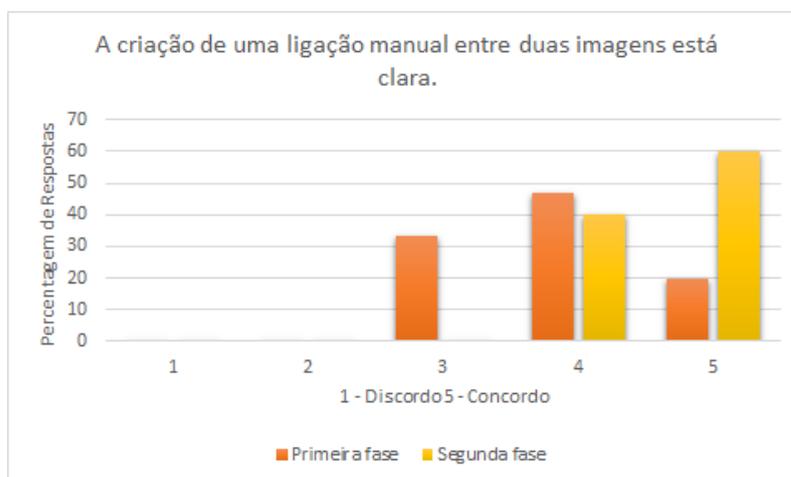


Figura 5.13: Gráfico com os resultados das respostas à afirmação "A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara" na primeira e segunda fase de testes.

Comparando os resultados anteriores com resultados obtidos na afirmação “O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico” (Figura 5.15), pode concluir-se que os utilizadores na primeira fase gostaram mais do resultado obtido pela criação de uma imagem porque teve uma avaliação mais alta. Por sua vez, na segunda fase de testes, os utilizadores gostaram tanto de um resultado como do outro.



Figura 5.14: Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico” na primeira e segunda fase de testes.

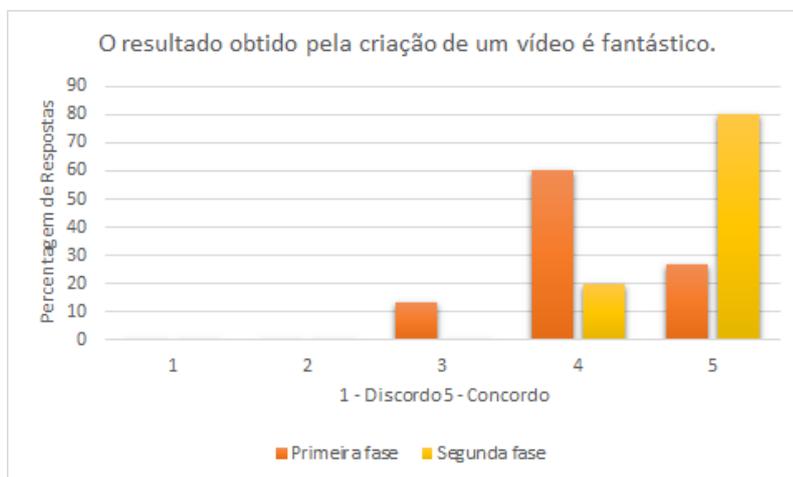


Figura 5.15: Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico” na primeira e segunda fase de testes.

Durante a realização dos testes, na primeira e segunda fase, foi observado que os utilizadores nem sempre liam a ajuda que a Evolapse proporciona para saber o que é possível fazer com os botões do rato. Isto pode ser uma justificação para os resultados apresentados na Figura 5.16, porque o valor que obteve mais respostas na primeira fase à afirmação “As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis” foi o valor três (40% das respostas). Por outro lado, na segunda fase o valor que obteve mais respostas foi o

cinco (60% das respostas), provavelmente porque na generalidade os utilizadores observaram com mais cuidado todos os elementos que constituem a interface. Os valores mais baixos na primeira fase foram dados por um utilizador de nível dois (Tabela F.36) e por um utilizador de nível três.

Um dos resultados mais intrigantes nos testes foram as respostas dadas à afirmação “As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas” na primeira fase (Figura 5.17). Estes resultados foram intrigantes porque, ao realizarem as tarefas propostas do teste e após perceberem o que era para fazer, os utilizadores não apresentaram nenhuma dificuldade em saber qual a opção que tinham que carregar/selecionar. Assim sendo, não se encontra uma explicação razoável para a quantidade de valores três (40% das respostas) e mesmo um valor dois nas respostas dadas na primeira fase. Os únicos dados que poderiam justificar os resultados são os dados relativos ao nível de experiência dos utilizadores (Tabela F.38), onde cinco dos seis utilizadores que responderam com o valor três tinham nível de experiência três.

A afirmação “A parte que explica como usar (‘HOW TO USE’) a aplicação é uma mais-valia” teve resultados positivos em ambas as fases (Figura 5.18). Na primeira fase teve uma resposta com o valor dois por um utilizador com nível de experiência cinco (Tabela F.40) devido, possivelmente, à má experiência que teve ao tentar aceder à ajuda de uma dada funcionalidade.

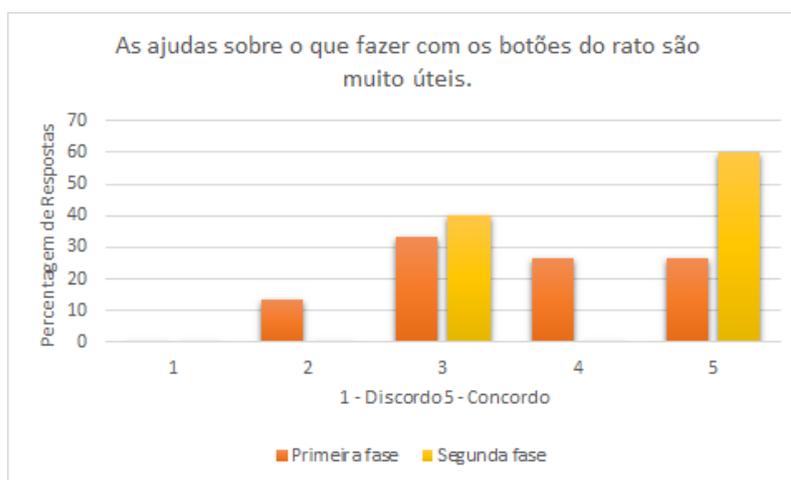


Figura 5.16: Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis” na primeira e segunda fase de testes.

A última afirmação (“A aplicação é útil”) teve como objetivo determinar se a aplicação era realmente útil. Como se pode ver na Figura 5.19, correspondendo às respostas dadas à primeira e segunda fase, as respostas foram positivas porque todos os utilizadores, em ambas as fases, responderam com o valor quatro e cinco à afirmação o que permite concluir que a aplicação é realmente útil.



Figura 5.17: Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas” na primeira e segunda fase de testes.

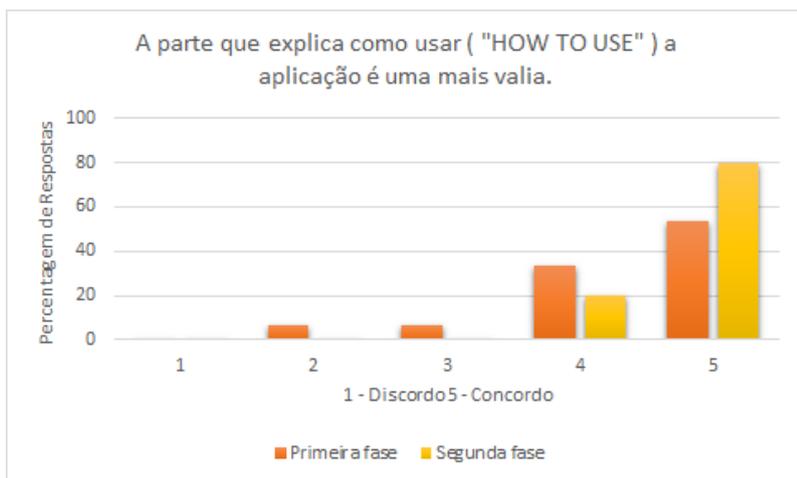


Figura 5.18: Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “A parte que explica como usar (‘HOW TO USE’) a aplicação é uma mais valia” na primeira e segunda fase de testes.

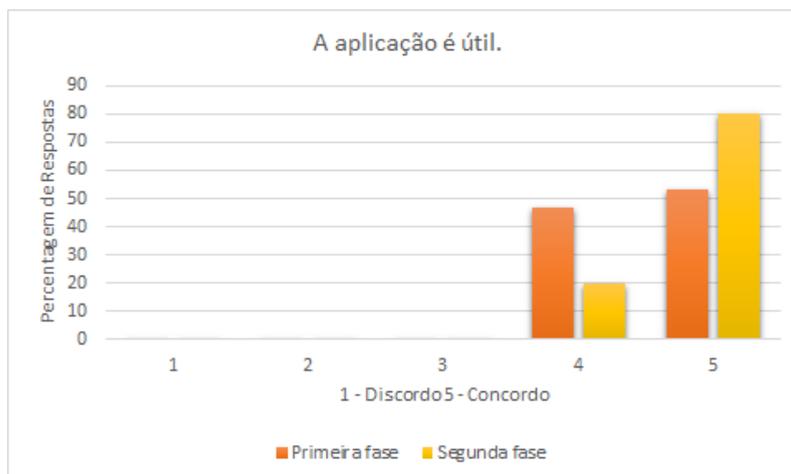


Figura 5.19: Gráfico com os resultados das respostas à afirmação “A aplicação é útil” na primeira e segunda fase de testes.

Por fim, foi feita uma pergunta no questionário de modo a averiguar se os utilizadores tinham sentido alguma dificuldade ao usar a aplicação e caso respondessem que sim era pedido para mencionarem as dificuldades. As respostas relativas à primeira e segunda fase de testes a esta pergunta estão nas Figuras 5.20 e 5.21, respetivamente. Na primeira fase, houve 60% dos utilizadores, o que corresponde a nove em quinze utilizadores, que tiveram dificuldades. As dificuldades que mencionaram no questionário foram exatamente as que foram observadas (Tabela 5.5) no decorrer da realização das tarefas. Na segunda fase, houve 40%, o que corresponde a dois em cinco utilizadores, que tiveram dificuldades. Estas dificuldades, à semelhança da primeira fase, também foram detetadas no decorrer da realização das tarefas.

A Figura 5.22 apresenta as médias das respostas obtidas nas duas fases de testes e a Figura 5.23 apresenta as medianas. Nas duas figuras pode-se observar que existe um aumento na avaliação dada pelos utilizadores da primeira fase para a segunda fase. Este aumento ocorreu possivelmente devido às modificações que foram feitas na Evolapse entre as duas fases de testes.

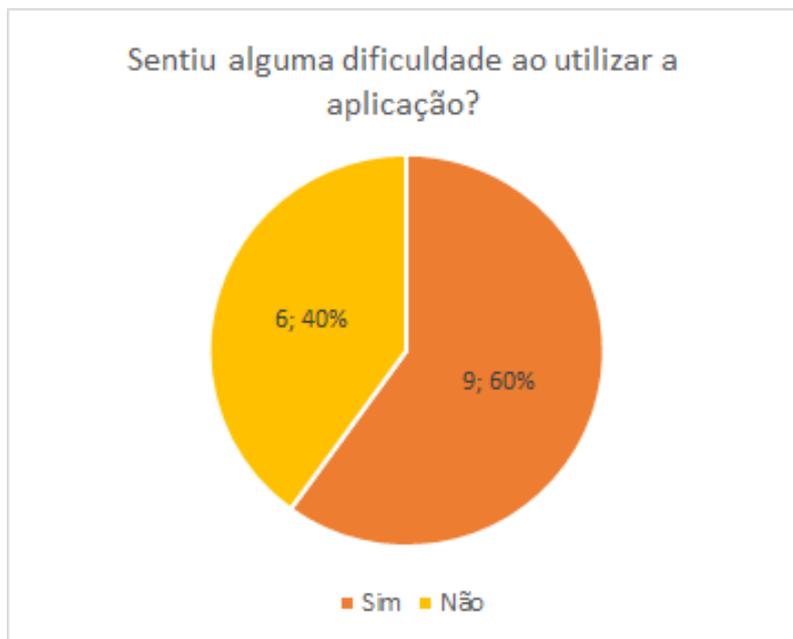


Figura 5.20: Gráfico com os resultados das respostas à pergunta "Sentiu alguma dificuldade ao utilizar a aplicação?" na primeira fase de testes.

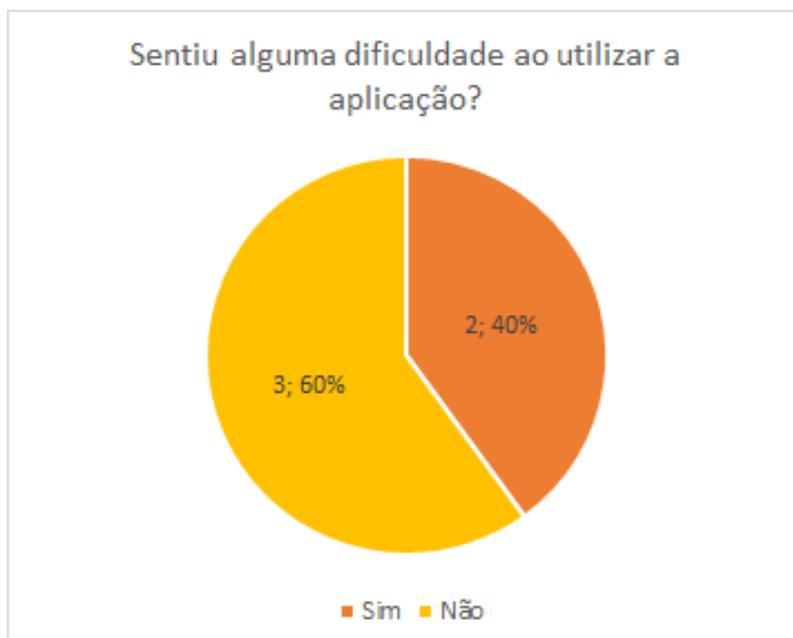


Figura 5.21: Gráfico com os resultados das respostas à pergunta "Sentiu alguma dificuldade ao utilizar a aplicação?" na segunda fase de testes.

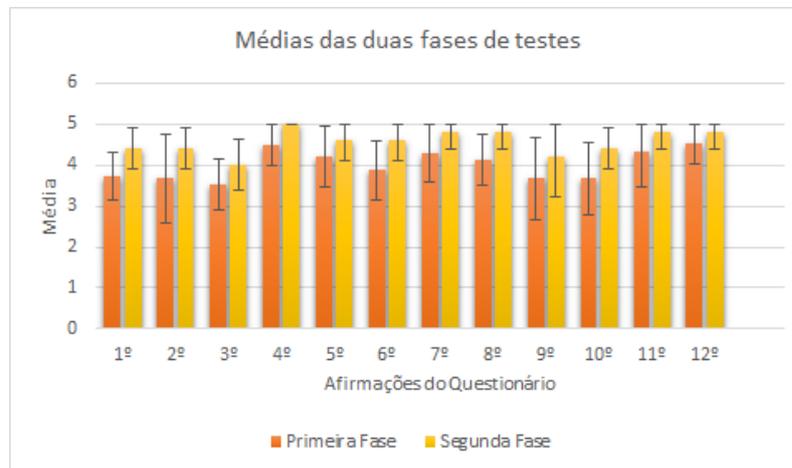


Figura 5.22: Gráfico com as médias das respostas dadas às afirmações nas duas fases de testes.

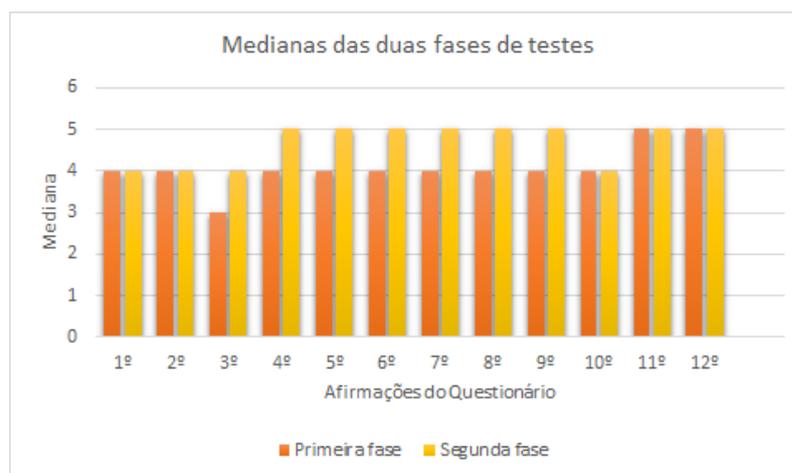


Figura 5.23: Gráfico com as medianas das respostas dadas às afirmações nas duas fases de testes.

5.3.2.2 Attrakdiff

O segundo questionário respondido pelos utilizadores foi gerado automaticamente pela ferramenta Attrakdiff [14a], que é uma ferramenta que tem como objetivo proporcionar uma avaliação a um produto recorrendo a um conjunto de perguntas, onde cada pergunta tem um par de adjetivos. O questionário é genérico e totalmente criado pelo sistema, tendo em conta um conjunto de aspetos úteis para a avaliação. As respostas dadas pelos utilizadores são avaliadas pelo sistema e este produz um conjunto de resultados. Os resultados são apresentados em quatro dimensões do produto, sendo elas as seguintes:

- **Qualidade pragmática (PQ):** descreve a usabilidade do produto e indica a facilidade que os utilizadores têm em atingir os seus objetivos;
- **Qualidade hedónica - estimulação (HQ-S):** avalia a capacidade do produto em suportar as mudanças de estilo, interação e interesses ao longo do tempo;
- **Qualidade hedónica - identidade (HQ-I):** avalia até que ponto o utilizador se consegue identificar com o produto;
- **Atratividade (ATT):** descreve o valor global do produto baseado na perceção de qualidade.

As qualidades hedónica e pragmática são independentes uma da outra e contribuem igualmente para a atratividade. De seguida são apresentados os resultados obtidos nas duas fases e as respetivas comparações.

A Figura 5.24 tem o diagrama com a média dos valores das dimensões PQ e HQ e o intervalo de confiança na primeira fase de testes. A Figura 5.25 tem os mesmos valores mas para a segunda fase de testes.

Na primeira fase o produto foi avaliado como *fairly self-oriented*. A qualidade pragmática foi claramente identificada porque os utilizadores foram assistidos pelo produto, mas o valor da qualidade só atingiu valores médios, querendo isto dizer que ainda existiam possíveis melhoramentos a fazer em relação à usabilidade. A qualidade hedónica não foi claramente identificada porque o intervalo de confiança excedeu a região *self-oriented* sobrepondo mesmo a região *neutral*. Os utilizadores foram estimulados pelo produto mas o valor hedónico foi médio, o que indicou que existiam ainda melhoramentos a fazer para aumentar a qualidade hedónica.

Houve uma enorme mudança na avaliação, na segunda fase de testes, passando a avaliação de *fairly self-oriented* para *rather desired*. Nesta fase a qualidade pragmática não foi claramente identificada porque o intervalo de confiança sobrepôs a região *self-oriented*. Os utilizadores sentiram-se assistidos pelo produto, mas também nesta fase, o valor pragmático só atingiu valores médios querendo, isto dizer que ainda existem melhoramentos a fazer na interface, de modo a melhorar a usabilidade. Por sua vez a qualidade hedónica foi claramente identificada, tendo mesmo um valor bastante alto. O valor hedónico dá o

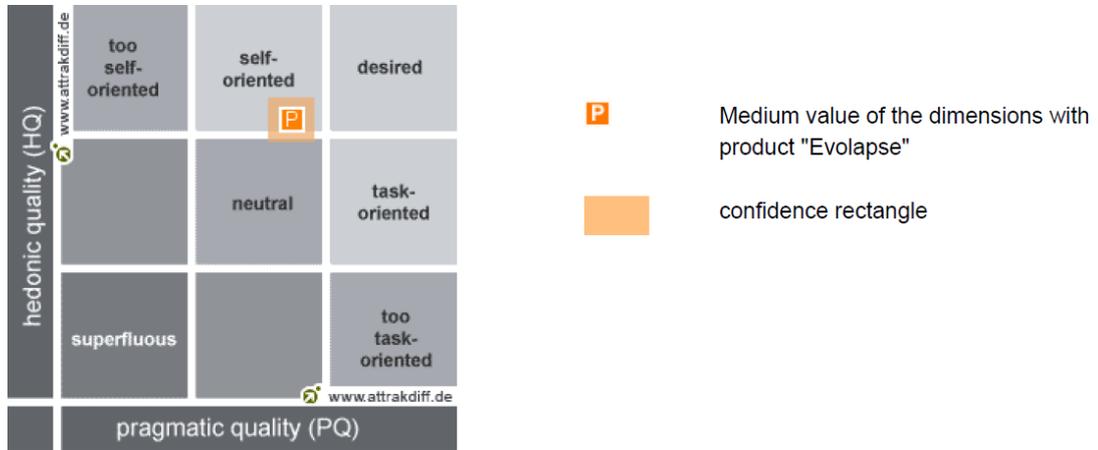


Figura 5.24: Diagrama com a média dos valores das dimensões PQ e HQ e o retângulo de confiança na primeira fase de testes.

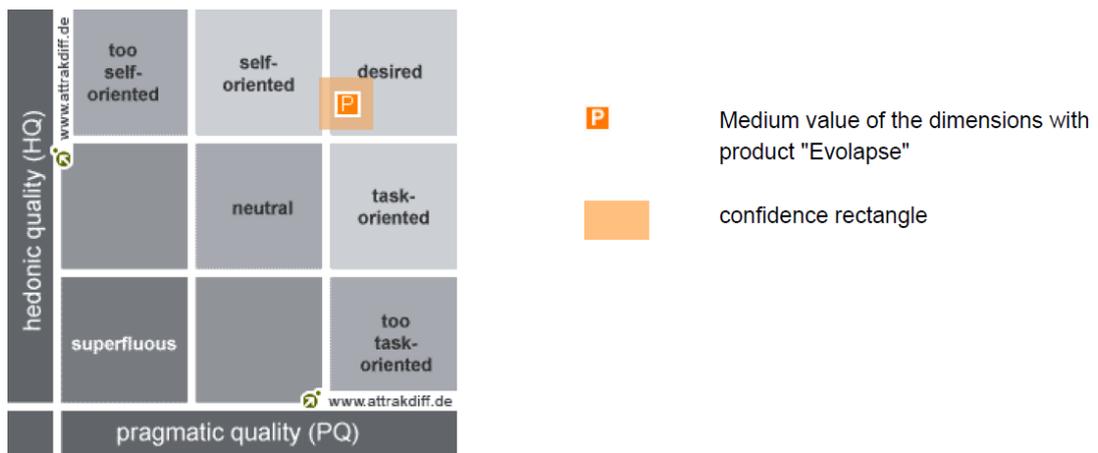


Figura 5.25: Diagrama com a média dos valores das dimensões PQ e HQ e o retângulo de confiança na segunda fase de testes.

feedback que os utilizadores sentiram-se identificados com o produto e foram motivados e estimulados na sua utilização.

Os intervalos de confiança nas duas fases são pequenos o que indica que os utilizadores estavam mais ou menos em concordância nas respostas que deram. Analisando os valores médios das quatro dimensões do *AttrakDiff* nas duas fases de testes, Figuras 5.26 e 5.27, pode-se concluir que a qualidade pragmática e a atratividade tiveram um aumento e que a qualidade hedónica teve um aumento menos acentuado.

Por fim, as Figuras 5.28 e 5.29 mostram os valores médios dos pares de adjetivos do questionário na primeira e segunda fase de testes, respetivamente. Nestas figuras também é visível que houve um aumento na média das respostas dadas que está em concordância com os resultados apresentados anteriormente.

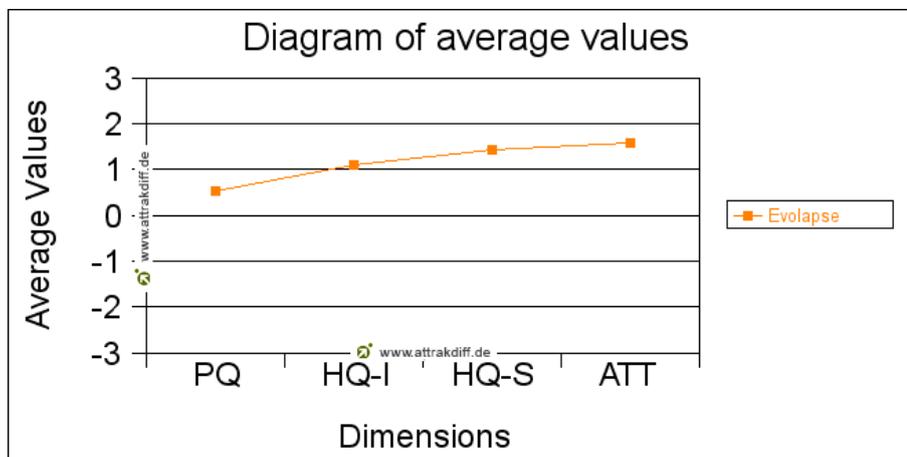


Figura 5.26: Média de valores das quatro dimensões do Attrakdiff na primeira fase de testes.

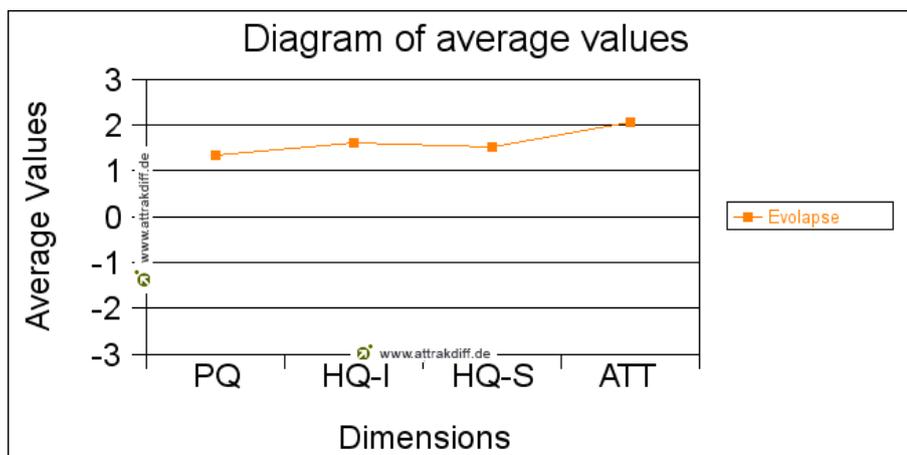


Figura 5.27: Média de valores das quatro dimensões do Attrakdiff na segunda fase de testes.

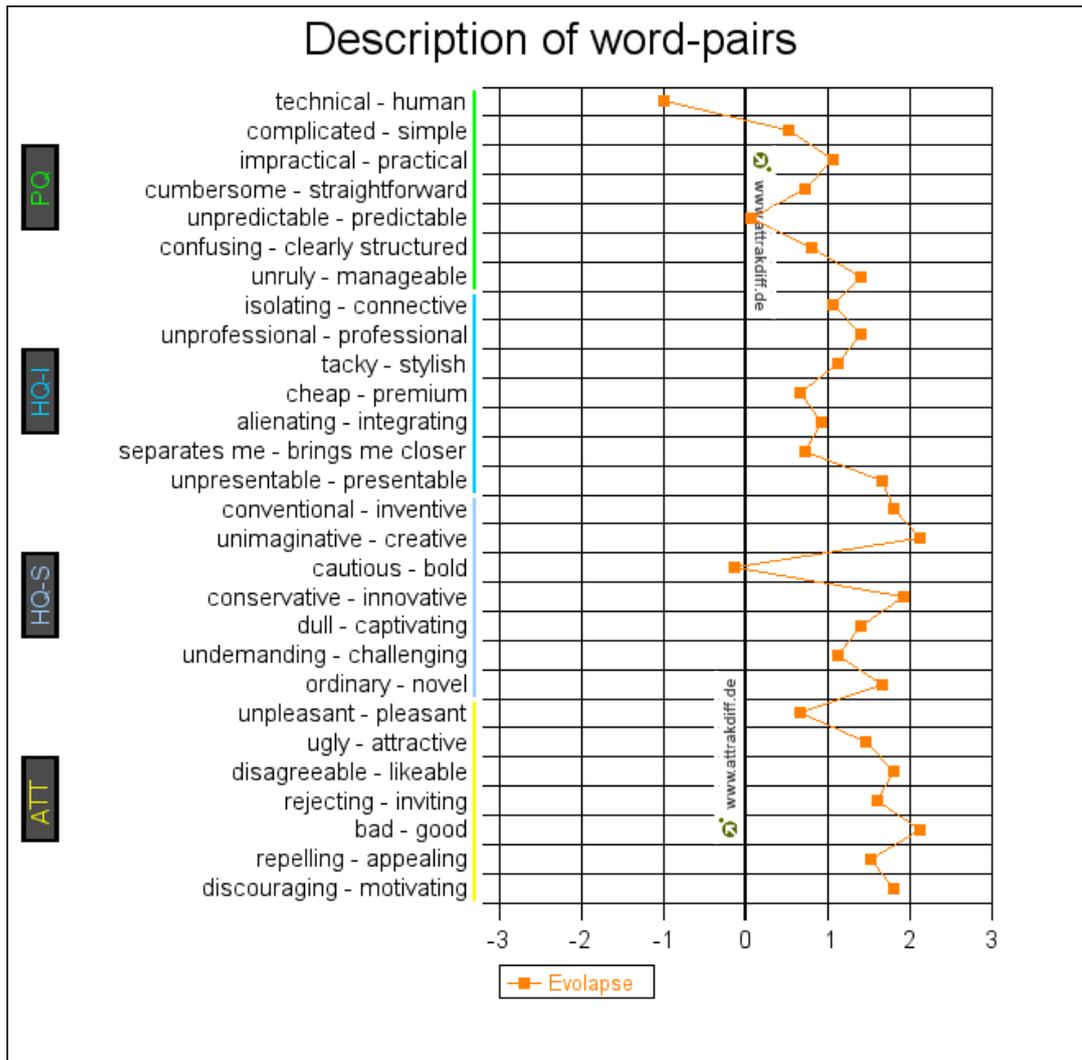


Figura 5.28: Média dos valores dos pares de adjetivos na primeira fase de testes.

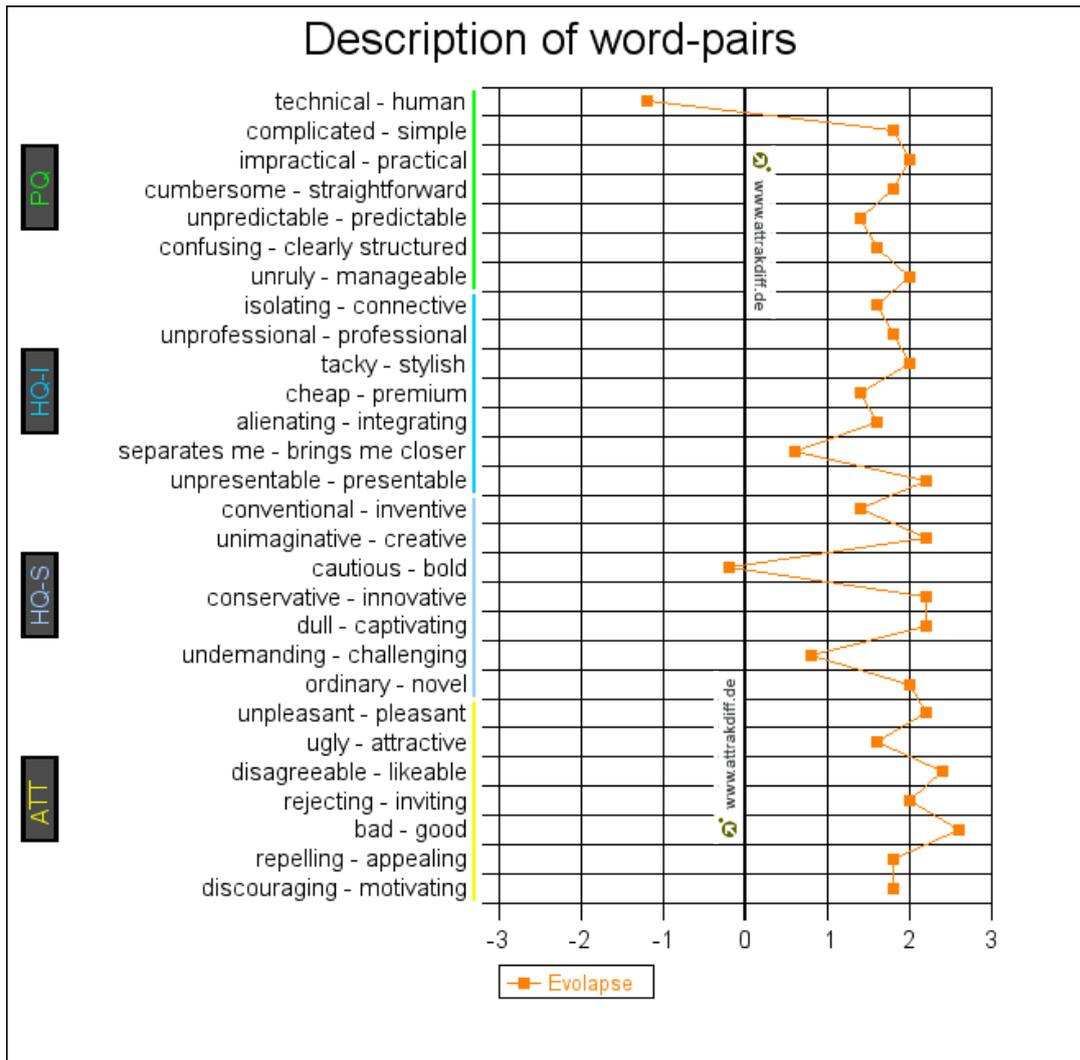


Figura 5.29: Média dos valores dos pares de adjetivos na segunda fase de testes.

5.3.3 Feedback e Avaliação de Perito

Na segunda fase de testes foi feito um teste com a Professora Teresa Romão que trabalha e leciona na área de Interação Pessoa-Máquina. Este teste teve como objetivo obter a avaliação da Evolapse por um perito na área. Os resultados obtidos neste teste estão incluídos nos cálculos da segunda fase de testes. Os tempos necessários para realizar as tarefas estão situados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7: Tempos e ajudas pedidas pela Professora Teresa Romão por cada tarefa.

Tarefa	Tempo	Pediu ajuda
1	01:37	Não
2	00:52	Não
3	00:25	Não
4	03:00	Não
5	00:50	Não
6	00:58	Não
7	01:50	Não
8	01:40	Não
9	01:45	Não
Soma	12:57	

O tempo total necessário para realizar as tarefas foi doze minutos e cinquenta e sete segundos. Este valor foi um pouco superior à soma dos tempos médios na segunda fase de testes (Tabela 5.4). Durante e após o teste foram feitos alguns comentários e sugestões para mudar a interface, o que influenciou no tempo total despendido.

Foi sugerido inserir um “X” ao selecionar qualquer *radio button* na aplicação para dar um *feedback* melhor ao utilizador. Foi também sugerido mudar cores para diferenciar algumas funcionalidades. Após o teste foram preenchidos os questionários como os outros utilizadores, e as respostas às afirmações do questionário no Google Forms (Anexo D) foram as que se apresentam na Tabela 5.8.

A avaliação foi positiva porque todas as afirmações do questionário tiveram resposta entre o valor quatro e cinco. Esta avaliação demonstra que pode ainda haver melhoramentos a nível estrutural e funcional com o objetivo de alcançar o valor cinco em todas as respostas.

Tabela 5.8: Respostas dadas ao questionário do Google Forms (Anexo D).

Afirmação	Resposta(1 - Discordo 5 - Concordo)
É fácil aprender a trabalhar com a aplicação.	4
O uso da aplicação é agradável.	5
A navegação está bem estruturada.	4
A geração automática de grupos é ótima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar manualmente	5
O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionadas, é cativante.	5
A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara.	4
O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico.	5
O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico.	5
As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis.	5
As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas.	4
A parte que explica como usar ("HOW TO USE") a aplicação é uma mais valia.	5
A aplicação é útil.	5

5.4 Síntese

A comparação com o Trabalho Relacionado (Secção 5.1) permitiu averiguar que os sistemas estudados estão relacionados de alguma maneira com a Evolapse. Alguns sistemas têm mais modos de visualização, outros oferecem mais *feedback* visual relativamente às diferenças temporais e ao tentar alinhar imagens. Concluindo, a maioria dos sistemas estão mais focados na visualização, não dando a possibilidade ao utilizador de conseguir manipular e associar imagens como pretende. Já a Evolapse é uma ferramenta em que o utilizador consegue associar e criar relações entre elas de forma automática e manual e consegue ver uma representação tridimensional das relações criadas, representação esta que é navegável. A Evolapse também oferece uma funcionalidade de criar imagens compostas e criar vídeo, coisa que nenhum sistema estudado oferece.

O Trabalho com a Designer (Secção 5.2) foi essencial para a simplicidade e a estruturação da Evolapse. Foi um processo iterativo e que contribuiu bastante para o aspeto que a ferramenta apresenta atualmente.

Os Testes com Utilizadores (Secção 5.3) contribuíram de forma decisiva para o melhoramento da Evolapse, visto que na primeira fase de testes foram levantadas as dificuldades e com base neste levantamento foram feitas modificações na ferramenta de modo a melhorar a experiência do utilizador. A primeira fase de testes teve uma característica bastante boa que foi o facto de as pessoas terem na sua maioria qualificações e níveis de experiência diferentes o que permitiu uma visão genérica das dificuldades que os utilizadores poderiam encontrar no futuro. Já a segunda fase de testes foi mais focada em pessoas com mais experiência na utilização de computadores com o objetivo de recolher o máximo de críticas possíveis. Porém o grupo foi mais pequeno o que pode também ter influenciado, de algum modo os resultados. Nesta fase foi ainda realizada uma avaliação pelo perito (Subsecção 5.3.3) que foi bastante positiva e que deu para considerar e melhorar alguns aspetos na Evolapse.

6

Conclusões e Trabalho Futuro

Neste capítulo final são apresentadas as conclusões da dissertação na Secção 6.1, onde são descritas as principais contribuições e limitações da Evolapse. Por fim são indicadas direções para trabalho futuro (Secção 6.2).

6.1 Conclusões

O trabalho descrito nesta dissertação visa satisfazer os objetivos iniciais propostos que estão descritos no Capítulo 1. Resumidamente, o objetivo principal era fazer com que através de um conjunto de imagens de diferentes épocas se conseguisse observar uma viagem cronológica que forma agradável e cativante, mostrando assim a evolução espaço-temporal dos conteúdos presentes nas imagens. No âmbito em que se desenvolveu esta dissertação, as imagens usadas para implementar e testar a ferramenta Evolapse foram imagens dos edifícios religiosos da cidade de Lisboa. As imagens que foram mais utilizadas foram provenientes do convento, agora palácio, de São Bento.

Com este objetivo em mente, foi realizado um estudo cuidadoso dos sistemas que disponibilizam visualizações dado um conjunto de imagens, de forma a assimilar a maior informação possível para tentar produzir visualizações que sejam diferentes do comum. Depois do estudo feito (Secção 2.2) foram realizadas algumas experiências usando o Photosynth da Microsoft (Subsecção 2.2.1) para averiguar se, dado o conjunto de imagens de diferentes épocas do palácio de São Bento, o sistema produzia uma representação tridimensional onde fosse possível visualizar as diferenças nas estruturas do convento. As experiências não foram satisfatórias porque o sistema, ao processar as imagens, criou grupos, não sendo identificadas em nenhum grupo, imagens de épocas diferentes. Cada grupo gerado tinha imagens referentes a uma época específica.

Devido ao Photosynth não fazer o pretendido, surgiu a ideia de desenvolver uma ferramenta que pudesse fazer uma representação similar ao Photosynth, mas que proporcionasse um método para ligar imagens de diferentes épocas, caso o algoritmo automático que cria as relações não descobrisse que as imagens eram relacionadas. Com isto, foi feito um estudo aos principais algoritmos de comparação de imagens (Secção 2.1) e a sistemas que oferecem alinhamento manual de imagens a modelos (Subsecção 2.2.7 e 2.2.8).

O estudo foi feito e resultou numa metodologia (Secção 3.1) que originou a ferramenta Evolapse. A Evolapse tem uma série de funcionalidades (Secção 3.2) que a tornam numa ferramenta única porque oferece a possibilidade de manipular imagens de várias épocas, que podem ter qualquer contexto. A ferramenta passou para além dos objetivos iniciais: contém a representação tridimensional das imagens e também proporciona a criação de imagens compostas e vídeos.

Para desenvolver a ferramenta foram necessárias várias tecnologias (Secção 4.1) e foram utilizadas ideias retiradas do estudo previamente feito. Ao longo do desenvolvimento apareceram obstáculos que foram resolvidos (Secção 4.3), contudo alguns deles fazem com que a Evolapse tenha algumas limitações.

O desenvolvimento foi um processo iterativo, porque foram criadas as funcionalidades principais da ferramenta com uma interface inicial simples, e depois foram feitos testes com o intuito de melhorar a Evolapse. A interface da ferramenta foi trabalhada em conjunto com uma Designer que propôs uma mudança radical na interface com o objetivo de ser mais fácil de usar pelos utilizadores. Recebida a proposta, houve uma análise da mesma, e em conjunto com a Designer, foram discutidos alguns aspetos de forma a melhorar a interface (Secção 5.2). Após ser recriada a interface da ferramenta foram feitas duas fases de testes a utilizadores (Secção 5.3). A primeira fase envolveu quinze utilizadores e a segunda fase cinco utilizadores. Um dos testes foi também uma avaliação porque um segundo teste foi feito por uma perita na área das interfaces (Subsecção 5.3.3). Entre a primeira e segunda fase de testes, foi feita uma melhoria da ferramenta com base nas críticas e nas dificuldades sentidas e observadas no decorrer dos testes. A avaliação realizada tem ameaças porque o número de pessoas que realizou os testes foi pequeno, não sendo possível daí retirar conclusões significativas para a generalidade dos potenciais utilizadores. As tarefas executadas pelos utilizadores no teste de usabilidade também têm que ser consideradas como uma ameaça porque, no geral, não tinham um grau de dificuldade muito elevado.

O trabalho desenvolvido apresenta contribuições para a área de investigação porque o estudo e o consequente modelo, proveniente da reflexão sobre os objetivos iniciais e sobre os estudos, levou à criação de uma nova ferramenta que permite manipular um conjunto de imagens de diferentes épocas e produzir representações que podem ser utilizadas por aplicações externas.

A ferramenta apresenta atualmente algumas limitações. A Evolapse só pode ser utilizada em Windows, fazendo com que utilizadores de outros sistemas operativos, como por exemplo Linux ou Macintosh, não a consigam utilizar. O número de imagens que

podem ser manipuladas ao mesmo tempo pela Evolapse depende da memória RAM disponível (Subsecção 4.3.1).

6.2 Trabalho Futuro

O trabalho descrito nesta dissertação tem continuidade. Para melhorar a ferramenta vai ser feita uma análise ao código de modo a detetar possíveis melhoramentos, quer a nível estrutural, quer ao nível da eficácia. Também vão ser feitos mais testes com e sem utilizadores para averiguar a existência de possíveis erros na ferramenta, e para continuar o processo iterativo de melhorar a interface, de modo a que seja cada vez mais fácil de utilizar. O melhoramento também passa por tentar diminuir o consumo de memória RAM que é necessária quando se manipula um grande conjunto de imagens.

Futuramente existe a hipótese de serem desenvolvidas novas representações com as imagens e versões da Evolapse para outros sistemas operativos, como o Macintosh. Há a hipótese de disponibilizar o código fonte da Evolapse no GitHub¹ para oferecer a vários utilizadores a possibilidade de utilizar a ferramenta sem qualquer restrição.

¹GitHub - <https://github.com/> acedido em Dezembro de 2014

Bibliografia

- [Ang+10] D. Anguelov, C. Dulong, D. Filip, C. Frueh, S. Lafon, R. Lyon, A. Ogale, L. Vincent e J. Weaver. "Google street view: Capturing the world at street level". Em: *Computer* 43.6 (2010), pp. 32–38.
- [14a] *AttrakDiff*. Último acesso em Dezembro de 2014. URL: <http://attrakdiff.de/index-en.html>.
- [BAD10] S. Bae, A. Agarwala e F. Durand. "Computational Rephotography". Em: *ACM Trans. Graph.* 29.3 (jul. de 2010), 24:1–24:15. ISSN: 0730-0301. DOI: 10.1145/1805964.1805968. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1805964.1805968>.
- [BTV06] H. Bay, T. Tuytelaars e L. Van Gool. "Surf: Speeded up robust features". Em: *Computer Vision–ECCV 2006*. Springer, 2006, pp. 404–417.
- [Bir07] S. Birchfield. "KLT: An implementation of the Kanade-Lucas-Tomasi feature tracker". Em: (2007).
- [Che+08] B. Chen, G. Ramos, E. Ofek, M. Cohen, S. Drucker e D. Nistér. *Interactive techniques for registering images to digital terrain and building models*. Rel. téc. Technical report, Microsoft Research, 2008.
- [Del+00] F. Dellaert, S. M. Seitz, C. E. Thorpe e S. Thrun. "Structure from motion without correspondence". Em: *Computer Vision and Pattern Recognition, 2000. Proceedings. IEEE Conference on*. Vol. 2. IEEE. 2000, pp. 557–564.
- [DS09] M. Dimiccoli e P. Salembier. "Exploiting t-junctions for depth segregation in single images". Em: *Acoustics, Speech and Signal Processing, 2009. ICASSP 2009. IEEE International Conference on*. IEEE. 2009, pp. 1229–1232.
- [Gam+94] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson e J. Vlissides. *Design patterns: elements of reusable object-oriented software*. Pearson Education, 1994.
- [HS88] C. Harris e M. Stephens. "A combined corner and edge detector." Em: *Alvey vision conference*. Vol. 15. Manchester, UK. 1988, p. 50.

- [Hoe+11] O. Hoerber, G. Wilson, S. Harding, R. Enguehard e R. Devillers. “Exploring geo-temporal differences using GTdiff”. Em: *2011 IEEE Pacific Visualization Symposium* (mar. de 2011), pp. 139–146. DOI: 10.1109/PACIFICVIS.2011.5742383. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5742383>.
- [Kir+06] D. Kirk, A. Sellen, C. Rother e K. Wood. “Understanding photowork”. Em: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*. ACM. 2006, pp. 761–770.
- [Low04] D. G. Lowe. “Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints”. Em: *International Journal of Computer Vision* 60.2 (nov. de 2004), pp. 91–110. ISSN: 0920-5691. DOI: 10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94. URL: <http://link.springer.com/10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94>.
- [LBU09] A. Lucero, M. Boberg e S. Uusitalo. “Image space: capturing, sharing and contextualizing personal pictures in a simple and playful way”. Em: *Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. ACM. 2009, pp. 215–222.
- [Mik04] P. Miklos. “Image interpolation techniques”. Em: *2nd Siberian-Hungarian Joint Symposium On Intelligent Systems*. 2004.
- [Nób+12] R. Nóbrega, N. Correia, C. Nobre, A. B. Teixeira, L. Oliveira e R. H. Da Silva. “Navigation in Past Museum Exhibitions Using Multimedia Archives”. Em: *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces*. AVI '12. Capri Island, Italy: ACM, 2012, pp. 778–779. ISBN: 978-1-4503-1287-5. DOI: 10.1145/2254556.2254710. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2254556.2254710>.
- [14b] *Photosynth - Capture your world in 3D*. Último acesso em Dezembro de 2014. URL: <http://photosynth.net/>.
- [ST94] J. Shi e C. Tomasi. “Good features to track”. Em: *Computer Vision and Pattern Recognition, 1994. Proceedings CVPR'94., 1994 IEEE Computer Society Conference on*. IEEE. 1994, pp. 593–600.
- [SSS06] N. Snavely, S. M. Seitz e R. Szeliski. “Photo tourism: exploring photo collections in 3D”. Em: *ACM transactions on graphics (TOG)*. Vol. 25. 3. ACM. 2006, pp. 835–846.
- [14c] *Tel Aviv buildings morph through the years on Vimeo*. Último acesso em Dezembro de 2014. URL: <http://vimeo.com/79023402>.
- [14d] *The Rephotography of Mark Klett: Views Across Time: Places: Design Observer*. Último acesso em Dezembro de 2014. URL: <http://places.designobserver.com/feature/rephotography-mark-klett/28668/>.

- [14e] *Third View Rephotographs Navigation Map*. Último acesso em Dezembro de 2014. URL: <http://www.thirdview.org/3v/rephotos/index.html>.
- [TH98] M. Trajković e M. Hedley. "Fast corner detection". Em: *Image and Vision Computing* 16.2 (1998), pp. 75–87.
- [14f] *Viewfinder: How to Seamlessly "Flickrize" Google Earth*. Último acesso em Dezembro de 2014. URL: <http://interactive.usc.edu/projects/viewfinder/>.
- [14g] *Views - Google Maps*. Último acesso em Dezembro de 2014. URL: <https://www.google.com/maps/views/streetview?gl=us>.
- [14h] *Welcome to Flickr - Photo Sharing*. Último acesso em Dezembro de 2014. URL: <http://www.flickr.com/>.



Diagrama de Classes

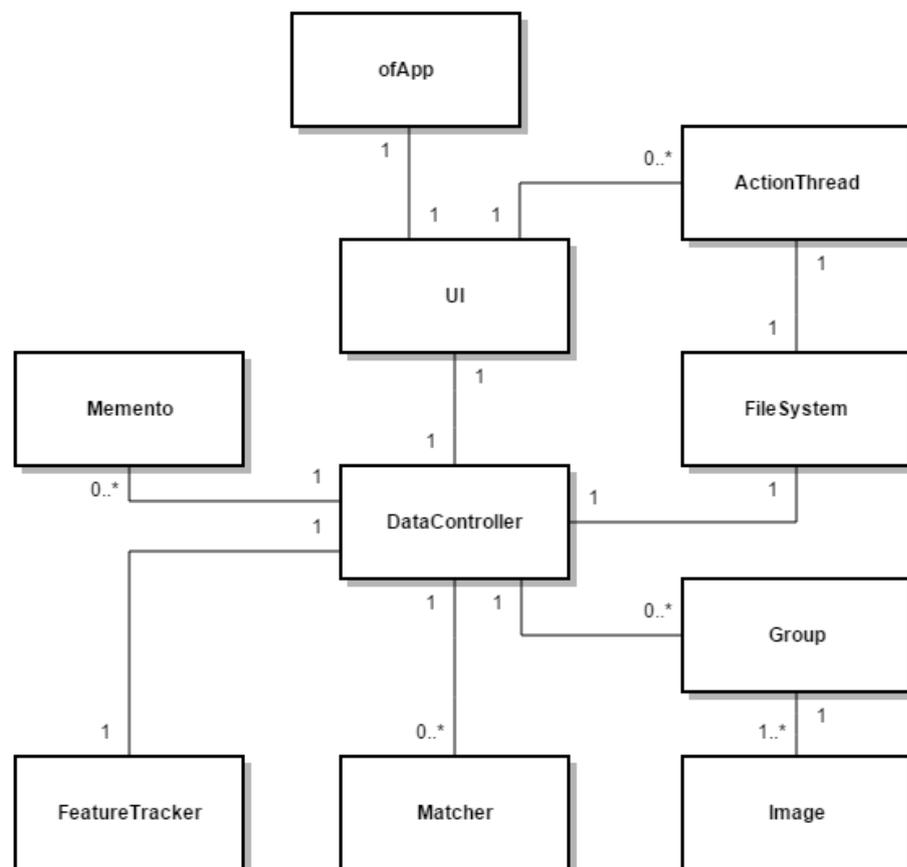


Figura A.1: Diagrama de classes da Evolapse.



Estrutura do XML

Listagem B.1: Exemplo de código XML gerado pela Evolapse.

```
1 <?xml version = '1.0' ?>
2 <image_relations>
3   <images_largest_dimension>700</images_largest_dimension>
4   <images>
5     <image id="1">
6       <date>1899</date>
7       <source_path>\lateral \1899.png</source_path>
8       <source_width>700</source_width>
9       <source_height>500</source_height>
10      <resize_path>\lateral resize \1899.png</resize_path>
11      <resize_width>300</resize_width>
12      <resize_height>214</resize_height>
13    </image>
14    <image id="2">
15      <date>1950</date>
16      <source_path>\lateral direita \1950.png</source_path>
17      <source_width>700</source_width>
18      <source_height>500</source_height>
19      <resize_path>\lateral direita resize \1950.png</resize_path>
20      <resize_width>300</resize_width>
21      <resize_height>214</resize_height>
22    </image>
23  </images>
24  <groups>
25    <group id="1">
26      <image_group image_id="1" />
27      <image_group image_id="2" />
28    </group>
```

```
29 </groups>
30 <relations >
31   <relation id="1">
32     <master_image image_id="1"/>
33     <relational_image image_id="2">
34       <points >
35         <point >
36           <x>-111.815</x>
37           <y>32.8633</y>
38         </point >
39         <point >
40           <x>618.962</x>
41           <y>70.5045</y>
42         </point >
43         <point >
44           <x>583.793</x>
45           <y>500.19</y>
46         </point >
47         <point >
48           <x>-106.622</x>
49           <y>511.249</y>
50         </point >
51       </points >
52     </relational_image >
53   </relations >
54 </image_relations >
```



Teste de Usabilidade

Evolapse - Teste de Usabilidade

Fernando Branco

Agosto & Setembro de 2014

As tarefas seguintes têm como finalidade testar a aplicação Evolapse. Durante a realização das tarefas faça todas as questões que necessite para as completar. Navegue primeiro um pouco pela aplicação e depois começaremos as tarefas. No fim das tarefas realizadas serão mostrados os resultados obtidos. Após realizar as tarefas e serem mostrados os resultados, será fornecido um pequeno questionário de satisfação relativo à aplicação. Agradecemos desde já a sua colaboração.

Tarefa 1 - Criar um novo projeto e gerar grupos de forma automática.

1. Crie um novo projeto e neste uma nova pasta chamada "Bento", selecione-a, e clique em OK.
2. Selecione a pasta "lateral direita" que se encontra dentro da pasta "data" no Desktop.
3. Remova uma imagem e depois faça undo.
4. Faça a geração de grupos e aguarde.

Tarefa 2 - Exportar a informação para um documento XML (depois dos grupos gerados).

1. Exporte a informação atual para um documento XML com o nome "BentoConvent"
2. Termine a aplicação.

Tarefa 3 - Load de um projeto existente.

1. Carregue na opção para fazer load de um projeto existente.
2. Abra a pasta que criou ("Bento").
3. Selecione o documento "BentoConvent.xml".

Tarefa 4 - Criar uma ligação entre duas imagens.

1. Selecione as duas imagens referentes aos dois últimos grupos.
2. Carregue na opção para ligar as imagens.
3. Selecione a relação que pretende criar, esquerda, direita ou ambas.
4. Carregue na opção para criar a ligação.
5. Marque pelo menos quatro pontos correspondentes entre as duas imagens de forma a fazer um retângulo em cada imagem.
6. Termine a criação.

Tarefa 5 - Quebrar uma ligação entre as duas imagens.

1. Selecione a relação que pretende quebrar, se previamente criou só uma relação (LEFT ou RIGHT) selecione-a.
2. Quebre a ligação usando a opção disponibilizada.
3. Faça undo.

Tarefa 6 - Editar pontos.

1. Selecione a relação que pretende editar, se previamente criou só uma relação (LEFT ou RIGHT) selecione-a.
2. Selecione a opção para editar os pontos.
3. Selecione um ponto.
4. Clique na zona para onde o pretende mover.
5. Termine a edição.
6. Volte aos grupos.

Tarefa 7 - Criar imagem composta.

1. Selecione a imagem mais à direita do grupo que tem três imagens.
2. Carregue na opção de criar um modelo 3D.
3. Carregue a opção de criar uma imagem.

4. Selecione as imagens que pretende que entrem na imagem.
5. Altere as transparências das imagens como pretender.
6. Carregue na opção para exportar a imagem.
7. Exporte a imagem.

Tarefa 8 - Criar vídeo.

1. Carregue na opção de criar um vídeo.
2. Selecione as imagens que pretende que entrem no vídeo.
3. Preencha os parâmetros das imagens selecionadas.
4. Carregue na opção de exportar o vídeo.
5. Exporte o vídeo em formato gif.

Tarefa 9 - Como usar.

1. Selecione a opção para ver como se usa a aplicação.
2. Selecione a opção "CREATE PROJECT".
3. Veja toda a informação relativamente ao selecionado.
4. Selecione a opção "UNDO".

Obrigado pelo tempo disponibilizado.



Questionário Google Forms

Evolapse - Questionário de Satisfação

O questionário que se segue é anónimo e tem como finalidade obter dados estatísticos. Está dividido em duas páginas, sendo na primeira pedida alguma informação pessoal. Por sua vez, a segunda página contém um conjunto de perguntas de satisfação sobre a aplicação Evolapse. Por favor seja o mais sincero possível porque as suas respostas ajudarão a fazer uma avaliação do trabalho realizado.

*Obrigatório

*Qual a sua profissão? **

Se for estudante, por favor, indique a área

*Qual a sua idade? **

*Qual a sua experiência relativamente ao uso de aplicações no computador? **

1 2 3 4 5

Fraca Muito boa

Continuar »

 50% concluído

Com tecnologia
 Google Forms

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.

[Denunciar abuso](#) - [Termos de Utilização](#) - [Termos adicionais](#)

Evolapse - Questionário de Satisfação

*Obrigatório

*É fácil aprender a trabalhar com a aplicação. **

1 2 3 4 5

Discordo Concordo

*O uso da aplicação é agradável. **

1 2 3 4 5

Discordo Concordo

*A navegação está bem estruturada. **

1 2 3 4 5

Discordo Concordo

*A geração automática de grupos é ótima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar manualmente. **

1 2 3 4 5

Discordo Concordo

*O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionadas, é cativante. **

1 2 3 4 5

Discordo Concordo

*A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara. **

1 2 3 4 5

Discordo Concordo

*O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico. **

1 2 3 4 5

Discordo Concordo

*O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico. **

1 2 3 4 5

Discordo Concordo

*As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis. **

1 2 3 4 5

Discordo Concordo

*As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas. **

1 2 3 4 5

Discordo Concordo

*A parte que explica como usar ("HOW TO USE") a aplicação é uma mais valia. **

1 2 3 4 5

Discordo Concordo

*A aplicação é útil. **

1 2 3 4 5

Discordo Concordo

*Sentiu alguma dificuldade ao utilizar a aplicação? **

- Sim
 Não

Se respondeu sim à pergunta anterior, por favor explique a dificuldade ou dificuldades sentidas.

Tem algumas sugestões para melhorar a aplicação? Se sim por favor escreva-as no espaço seguinte.

[« Anterior](#) [Enviar](#)

Nunca envie palavras-passe através dos Formulários do Google.

 100%: terminou.

Com tecnologia
 Google Forms

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.
[Denunciar abuso](#) - [Termos de Utilização](#) - [Termos adicionais](#)



Questionário (default) AttrakDiff



■ Greeting ■ How it works ■ Your Evaluation ■ Personal Data ■ Submit

[Deutsch](#)

Evaluation of the product Evolapse

We welcome your participation in the evaluation of the product Evolapse

Thank you for your time. Please read the following instructions carefully.

With your help we can evaluate the usability and appearance of the product **Evolapse** as experienced by the user. We hope to identify optimisation opportunities. These will enable us to optimise the product in such a way that it is as efficient and comprehensible as possible.

Attention: [Cookies](#) must be activated to allow your data to be processed.

next



■ Greeting
■ How it works
■ Your Evaluation
■ Personal Data
■ Submit

Evaluation of the product Evolapse

Following, are pairs of words to assist you in your evaluation. Each pair represents extreme contrasts. The possibilities between the extremes enable you to describe the intensity of the quality you choose.

An example:

disagreeable likeable

This evaluation tells us that the product is predominantly likable, but that there is marginal room for improvement.

Do not spend time thinking about the word-pairs. Try to give a spontaneous response. You may feel that some pairs of terms do not adequately describe the product. In this case please still be sure to give an answer. Keep in mind that there is no right or wrong answer. Your personal opinion is what counts!

cancel
next



■ Greeting
■ How it works
■ Your Evaluation
■ Personal Data
■ Submit

Evaluation of the product Evolapse

With the help of the word-pairs please enter what you consider the most appropriate description for Evolapse. Please click on your choice in every line!

human	<input type="radio"/>	technical						
isolating	<input type="radio"/>	connective						
pleasant	<input type="radio"/>	unpleasant						
inventive	<input type="radio"/>	conventional						
simple	<input type="radio"/>	complicated						
professional	<input type="radio"/>	unprofessional						
ugly	<input type="radio"/>	attractive						
practical	<input type="radio"/>	impractical						
likeable	<input type="radio"/>	disagreeable						
cumbersome	<input type="radio"/>	straightforward						

1/3

cancel
next



■ Greeting
■ How it works
■ Your Evaluation
■ Personal Data
■ Submit

Evaluation of the product Evolapse

With the help of the word-pairs please enter what you consider the most appropriate description for **Evolapse**.
Please click on your choice in every line!

stylish	<input type="radio"/>	tacky						
predictable	<input type="radio"/>	unpredictable						
cheap	<input type="radio"/>	premium						
alienating	<input type="radio"/>	integrating						
brings me closer to people	<input type="radio"/>	separates me from people						
unpresentable	<input type="radio"/>	presentable						
rejecting	<input type="radio"/>	inviting						
unimaginative	<input type="radio"/>	creative						
good	<input type="radio"/>	bad						

2/3

cancel
next



■ Greeting
■ How it works
■ Your Evaluation
■ Personal Data
■ Submit

Evaluation of the product Evolapse

With the help of the word-pairs please enter what you consider the most appropriate description for **Evolapse**.
Please click on your choice in every line!

confusing	<input type="radio"/>	clearly structured						
repelling	<input type="radio"/>	appealing						
bold	<input type="radio"/>	cautious						
innovative	<input type="radio"/>	conservative						
dull	<input type="radio"/>	captivating						
undemanding	<input type="radio"/>	challenging						
motivating	<input type="radio"/>	discouraging						
novel	<input type="radio"/>	ordinary						
unruly	<input type="radio"/>	manageable						

3/3

cancel
next



■ Greeting ■ How it works ■ Your Evaluation ■ Personal Data ■ Submit

Evaluation of the product Evolapse

In the following section we ask for information about yourself and your own experience with the product.

Age:*

Gender:*

Qualifications:*

Profession:*

How long have you already been using the product Evolapse?

Product experience:*

Areas marked with * must be filled in.

cancel

next



Tabelas - Primeira Fase de Testes

F.1 Dados Recolhidos durante a Execução das Tarefas

Tabela F.1: Tempos obtidos na primeira fase de testes na primeira tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	01:20
2	02:20
3	01:40
4	01:59
5	02:28
6	02:26
7	01:50
8	01:59
9	01:49
10	01:05
11	01:27
12	03:00
13	02:53
14	02:00
15	03:20
Tempo médio	02:07
Desvio padrão	00:39
Mediana	01:59

Tabela F.2: Ajudas na primeira fase de testes na primeira tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
6	Não
7	Não
8	Não
9	Não
10	Não
11	Sim
12	Não
13	Não
14	Não
15	Sim
Número de Sins	2

Tabela F.3: Tempos obtidos na primeira fase de testes na segunda tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	01:08
2	00:41
3	01:15
4	00:37
5	01:16
6	01:07
7	02:15
8	01:00
9	01:30
10	00:40
11	00:41
12	00:20
13	02:03
14	00:55
15	00:50
Tempo médio	01:06
Desvio padrão	00:32
Mediana	01:00

Tabela F.4: Ajudas na primeira fase de testes na segunda tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Sim
3	Sim
4	Não
5	Não
6	Não
7	Não
8	Não
9	Sim
10	Não
11	Não
12	Sim
13	Sim
14	Não
15	Não
Número de Sins	5

Tabela F.5: Tempos obtidos na primeira fase de testes na terceira tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	00:26
2	00:35
3	00:36
4	00:17
5	00:20
6	01:01
7	00:15
8	00:30
9	00:15
10	00:10
11	00:24
12	00:15
13	00:20
14	00:30
15	03:00
Tempo médio	00:36
Desvio padrão	00:42
Mediana	00:24

Tabela F.6: Ajudas na primeira fase de testes na terceira tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
6	Não
7	Não
8	Não
9	Não
10	Não
11	Não
12	Não
13	Não
14	Não
15	Não
Número de Sins	0

Tabela F.7: Tempos obtidos na primeira fase de testes na quarta tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	02:05
2	02:45
3	02:35
4	02:31
5	03:00
6	03:20
7	03:00
8	03:34
9	01:37
10	02:50
11	02:06
12	03:21
13	07:00
14	02:00
15	05:30
Tempo médio	03:09
Desvio padrão	01:25
Mediana	02:50

Tabela F.8: Ajudas na primeira fase de testes na quarta tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
6	Não
7	Não
8	Sim
9	Não
10	Não
11	Não
12	Não
13	Sim
14	Sim
15	Sim
Número de Sins	4

Tabela F.9: Tempos obtidos na primeira fase de testes na quinta tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	00:30
2	00:17
3	00:30
4	00:24
5	00:45
6	03:00
7	01:00
8	02:30
9	01:20
10	02:00
11	01:00
12	00:34
13	02:00
14	02:00
15	03:00
Tempo médio	01:24
Desvio padrão	00:58
Mediana	01:00

Tabela F.10: Ajudas na primeira fase de testes na quinta tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
6	Sim
7	Não
8	Não
9	Não
10	Não
11	Não
12	Não
13	Não
14	Sim
15	Não
Número de Sins	2

Tabela F.11: Tempos obtidos na primeira fase de testes na sexta tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	01:27
2	00:37
3	01:16
4	00:40
5	02:40
6	02:49
7	00:40
8	01:50
9	00:45
10	03:00
11	01:40
12	01:00
13	02:00
14	01:50
15	02:00
Tempo médio	01:37
Desvio padrão	00:48
Mediana	01:40

Tabela F.12: Ajudas na primeira fase de testes na sexta tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
6	Não
7	Não
8	Não
9	Não
10	Não
11	Não
12	Não
13	Não
14	Não
15	Sim
Número de Sins	1

Tabela F.13: Tempos obtidos na primeira fase de testes na sétima tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	01:17
2	01:29
3	01:15
4	01:04
5	03:00
6	02:17
7	00:50
8	02:00
9	01:20
10	02:06
11	01:40
12	01:08
13	02:36
14	02:45
15	02:12
Tempo médio	01:48
Desvio padrão	00:41
Mediana	01:40

Tabela F.14: Ajudas na primeira fase de testes na sétima tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
6	Não
7	Não
8	Sim
9	Não
10	Não
11	Não
12	Não
13	Sim
14	Sim
15	Sim
Número de Sins	4

Tabela F.15: Tempos obtidos na primeira fase de testes na oitava tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	02:05
2	01:30
3	00:58
4	01:20
5	02:00
6	01:40
7	01:11
8	02:00
9	01:32
10	02:55
11	02:00
12	02:00
13	02:51
14	02:40
15	02:00
Tempo médio	01:55
Desvio padrão	00:35
Mediana	02:00

Tabela F.16: Ajudas na primeira fase de testes na oitava tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Sim
6	Não
7	Não
8	Não
9	Não
10	Não
11	Não
12	Não
13	Não
14	Sim
15	Sim
Número de Sins	3

Tabela F.17: Tempos obtidos na primeira fase de testes na nona tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	02:22
2	02:00
3	01:30
4	02:00
5	02:00
6	04:05
7	03:30
8	01:10
9	02:10
10	01:30
11	01:51
12	01:30
13	01:40
14	01:00
15	02:00
Tempo médio	02:02
Desvio padrão	00:49
Mediana	02:00

Tabela F.18: Ajudas na primeira fase de testes na nona tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Sim
3	Não
4	Não
5	Não
6	Sim
7	Não
8	Sim
9	Não
10	Não
11	Sim
12	Não
13	Sim
14	Sim
15	Sim
Número de Sins	7

F.2 Cruzamento de Dados (Google Forms)

Tabela F.19: Número de respostas dadas à afirmação “É fácil aprender a trabalhar com a aplicação” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	2
26-30	3	1
31-40	3	0
41-50	3	2
21-25	4	4
26-30	4	2
31-40	4	1
41-50	4	2
21-25	5	0
26-30	5	0
31-40	5	1
41-50	5	0

Tabela F.20: Número de respostas dadas à afirmação “É fácil aprender a trabalhar com a aplicação” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	1
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	2
3	4	6
3	5	1
4	1	0
4	2	0
4	3	1
4	4	2
4	5	0
5	1	0
5	2	0
5	3	1
5	4	1
5	5	0

Tabela F.21: Número de respostas dadas à afirmação “O uso da aplicação é agradável” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	1
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	1
21-25	3	1
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	2
21-25	4	4
26-30	4	2
31-40	4	1
41-50	4	0
21-25	5	1
26-30	5	1
31-40	5	1
41-50	5	0

Tabela F.22: Número de respostas dadas à afirmação "O uso da aplicação é agradável" tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	1
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	1
3	3	2
3	4	4
3	5	2
4	1	0
4	2	0
4	3	1
4	4	2
4	5	0
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	1
5	5	1

Tabela F.23: Número de respostas dadas à afirmação “A navegação está bem estruturada” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	4
26-30	3	3
31-40	3	0
41-50	3	1
21-25	4	2
26-30	4	1
31-40	4	1
41-50	4	2
21-25	5	0
26-30	5	0
31-40	5	1
41-50	5	0

Tabela F.24: Número de respostas dadas à afirmação “A navegação está bem estruturada” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	1
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	4
3	4	4
3	5	1
4	1	0
4	2	0
4	3	1
4	4	2
4	5	0
5	1	0
5	2	0
5	3	2
5	4	0
5	5	0

Tabela F.25: Número de respostas dadas à afirmação “A geração automática de grupos é ótima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	0
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	2
26-30	4	3
31-40	4	0
41-50	4	3
21-25	5	4
26-30	5	1
31-40	5	2
41-50	5	0

Tabela F.26: Número de respostas dadas à afirmação “A geração automática de grupos é ótima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	5
3	5	4
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	1
4	5	2
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	1
5	5	1

Tabela F.27: Número de respostas dadas à afirmação “O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionadas, é cativante” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	1
26-30	3	1
31-40	3	0
41-50	3	1
21-25	4	1
26-30	4	2
31-40	4	1
41-50	4	2
21-25	5	4
26-30	5	1
31-40	5	1
41-50	5	0

Tabela F.28: Número de respostas dadas à afirmação “O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionadas, é cativante” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	1
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	2
3	4	5
3	5	2
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	1
4	5	2
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	0
5	5	2

Tabela F.29: Número de respostas dadas à afirmação “A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	1
26-30	3	2
31-40	3	0
41-50	3	2
21-25	4	5
26-30	4	1
31-40	4	1
41-50	4	0
21-25	5	0
26-30	5	1
31-40	5	1
41-50	5	1

Tabela F.30: Número de respostas dadas à afirmação “A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	1
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	4
3	4	3
3	5	2
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	3
4	5	0
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	1
5	5	1

Tabela F.31: Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	1
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	1
21-25	4	1
26-30	4	2
31-40	4	1
41-50	4	2
21-25	5	4
26-30	5	2
31-40	5	1
41-50	5	0

Tabela F.32: Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	1
3	5	0
4	1	0
4	2	1
4	3	1
4	4	2
4	5	1
5	1	2
5	2	4
5	3	2
5	4	1
5	5	0

Tabela F.33: Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	1
26-30	3	1
31-40	3	0
41-50	3	3
21-25	4	3
26-30	4	2
31-40	4	1
41-50	4	0
21-25	5	2
26-30	5	1
31-40	5	1
41-50	5	0

Tabela F.34: Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	1
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	2
3	4	5
3	5	2
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	3
4	5	0
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	0
5	5	2

Tabela F.35: Número de respostas dadas à afirmação “As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	1
31-40	2	0
41-50	2	1
21-25	3	1
26-30	3	1
31-40	3	1
41-50	3	2
21-25	4	3
26-30	4	1
31-40	4	0
41-50	4	0
21-25	5	2
26-30	5	1
31-40	5	1
41-50	5	0

Tabela F.36: Número de respostas dadas à afirmação “As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	1
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	1
3	3	3
3	4	3
3	5	2
4	1	0
4	2	0
4	3	2
4	4	1
4	5	0
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	0
5	5	2

Tabela F.37: Número de respostas dadas à afirmação “As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	1
21-25	3	3
26-30	3	1
31-40	3	0
41-50	3	2
21-25	4	2
26-30	4	3
31-40	4	0
41-50	4	0
21-25	5	1
26-30	5	0
31-40	5	2
41-50	5	0

Tabela F.38: Número de respostas dadas à afirmação “As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	1
2	5	0
3	1	0
3	2	1
3	3	5
3	4	2
3	5	1
4	1	0
4	2	0
4	3	1
4	4	0
4	5	2
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	2
5	5	0

Tabela F.39: Número de respostas dadas à afirmação “A parte que explica como usar ("HOW TO USE") a aplicação é uma mais valia” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	1
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	1
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	1
26-30	4	1
31-40	4	0
41-50	4	3
21-25	5	3
26-30	5	3
31-40	5	2
41-50	5	0

Tabela F.40: Número de respostas dadas à afirmação “A parte que explica como usar (“HOW TO USE”) a aplicação é uma mais valia” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	1
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	5
3	5	4
4	1	0
4	2	0
4	3	1
4	4	0
4	5	2
5	1	0
5	2	1
5	3	0
5	4	0
5	5	1

Tabela F.41: Número de respostas dadas à afirmação “A aplicação é útil” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	0
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	4
26-30	4	1
31-40	4	0
41-50	4	2
21-25	5	2
26-30	5	3
31-40	5	2
41-50	5	1

Tabela F.42: Número de respostas dadas à afirmação “A aplicação é útil” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	1
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	5
3	5	4
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	2
4	5	1
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	0
5	5	2



Tabelas - Segunda Fase de Testes

G.1 Dados Recolhidos durante a Execução das Tarefas

Tabela G.1: Tempos obtidos na segunda fase de testes na primeira tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	00:53
2	02:23
3	00:48
4	01:39
5	01:37
Tempo médio	01:28
Desvio padrão	00:39
Mediana	01:37

Tabela G.2: Ajudas na segunda fase de testes na primeira tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
Número de Sins	0

Tabela G.3: Tempos obtidos na segunda fase de testes na segunda tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	00:26
2	01:16
3	00:26
4	00:33
5	00:52
Tempo médio	00:43
Desvio padrão	00:22
Mediana	00:33

Tabela G.4: Ajudas na segunda fase de testes na segunda tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
Número de Sins	0

Tabela G.5: Tempos obtidos na segunda fase de testes na terceira tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	00:25
2	00:38
3	00:12
4	00:12
5	00:25
Tempo médio	00:23
Desvio padrão	00:11
Mediana	00:25

Tabela G.6: Ajudas na segunda fase de testes na terceira tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
Número de Sins	0

Tabela G.7: Tempos obtidos na segunda fase de testes na quarta tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	01:06
2	03:05
3	01:44
4	01:56
5	03:00
Tempo médio	02:11
Desvio padrão	00:52
Mediana	01:56

Tabela G.8: Ajudas na segunda fase de testes na quarta tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
Número de Sins	0

Tabela G.9: Tempos obtidos na segunda fase de testes na quinta tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	00:10
2	00:34
3	00:19
4	00:35
5	00:50
Tempo médio	00:30
Desvio padrão	00:16
Mediana	00:34

Tabela G.10: Ajudas na segunda fase de testes na quinta tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
Número de Sins	0

Tabela G.11: Tempos obtidos na segunda fase de testes na sexta tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	00:35
2	01:36
3	01:03
4	00:44
5	00:58
Tempo médio	01:00
Desvio padrão	00:24
Mediana	00:58

Tabela G.12: Ajudas na segunda fase de testes na sexta tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
Número de Sins	0

Tabela G.13: Tempos obtidos na segunda fase de testes na sétima tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	00:59
2	01:53
3	01:01
4	01:05
5	01:50
Tempo médio	01:22
Desvio padrão	00:28
Mediana	01:05

Tabela G.14: Ajudas na segunda fase de testes na sétima tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
Número de Sins	0

Tabela G.15: Tempos obtidos na segunda fase de testes na oitava tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	01:00
2	01:38
3	01:20
4	01:02
5	01:40
Tempo médio	01:20
Desvio padrão	00:20
Mediana	01:20

Tabela G.16: Ajudas na segunda fase de testes na oitava tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
Número de Sins	0

Tabela G.17: Tempos obtidos na segunda fase de testes na nona tarefa.

Pessoa	Tempo(mm:ss)
1	01:25
2	01:10
3	00:52
4	02:04
5	01:45
Tempo médio	01:28
Desvio padrão	00:29
Mediana	01:25

Tabela G.18: Ajudas na segunda fase de testes na nona tarefa.

Pessoa	Pediu Ajuda
1	Não
2	Não
3	Não
4	Não
5	Não
Número de Sins	0

G.2 Cruzamento de Dados (Google Forms)

Tabela G.19: Número de respostas dadas à afirmação “É fácil aprender a trabalhar com a aplicação” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	0
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	2
26-30	4	0
31-40	4	0
41-50	4	1
21-25	5	1
26-30	5	0
31-40	5	1
41-50	5	0

Tabela G.20: Número de respostas dadas à afirmação “É fácil aprender a trabalhar com a aplicação” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	1
4	5	0
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	3
5	5	1

Tabela G.21: Número de respostas dadas à afirmação “O uso da aplicação é agradável” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	0
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	2
26-30	4	0
31-40	4	1
41-50	4	0
21-25	5	1
26-30	5	0
31-40	5	0
41-50	5	1

Tabela G.22: Número de respostas dadas à afirmação “O uso da aplicação é agradável” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	1
4	5	0
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	2
5	5	2

Tabela G.23: Número de respostas dadas à afirmação “A navegação está bem estruturada” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	1
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	2
26-30	4	0
31-40	4	0
41-50	4	1
21-25	5	0
26-30	5	0
31-40	5	1
41-50	5	0

Tabela G.24: Número de respostas dadas à afirmação “A navegação está bem estruturada” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	0
4	5	1
5	1	0
5	2	0
5	3	1
5	4	3
5	5	0

Tabela G.25: Número de respostas dadas à afirmação “A geração automática de grupos é óptima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	0
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	0
26-30	4	0
31-40	4	0
41-50	4	0
21-25	5	3
26-30	5	0
31-40	5	1
41-50	5	1

Tabela G.26: Número de respostas dadas à afirmação “A geração automática de grupos é ótima porque gera ligações entre as imagens sem ter que as ligar” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	0
4	5	1
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	0
5	5	4

Tabela G.27: Número de respostas dadas à afirmação “O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionadas, é cativante” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	0
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	2
26-30	4	0
31-40	4	0
41-50	4	0
21-25	5	1
26-30	5	0
31-40	5	1
41-50	5	1

Tabela G.28: Número de respostas dadas à afirmação “O modelo 3D, de sobreposição de imagens relacionadas, é cativante” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	0
4	5	1
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	2
5	5	2

Tabela G.29: Número de respostas dadas à afirmação “A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	0
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	1
26-30	4	0
31-40	4	0
41-50	4	1
21-25	5	2
26-30	5	0
31-40	5	1
41-50	5	0

Tabela G.30: Número de respostas dadas à afirmação “A criação de uma ligação manual entre duas imagens está clara” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	0
4	5	1
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	2
5	5	2

Tabela G.31: Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	0
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	1
26-30	4	0
31-40	4	0
41-50	4	0
21-25	5	2
26-30	5	0
31-40	5	1
41-50	5	1

Tabela G.32: Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de uma imagem é fantástico” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	0
4	5	1
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	1
5	5	3

Tabela G.33: Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	0
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	1
26-30	4	0
31-40	4	0
41-50	4	0
21-25	5	2
26-30	5	0
31-40	5	1
41-50	5	1

Tabela G.34: Número de respostas dadas à afirmação “O resultado obtido pela criação de um vídeo é fantástico” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	0
4	5	1
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	1
5	5	3

Tabela G.35: Número de respostas dadas à afirmação “As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	2
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	0
26-30	4	0
31-40	4	0
41-50	4	0
21-25	5	1
26-30	5	0
31-40	5	1
41-50	5	1

Tabela G.36: Número de respostas dadas à afirmação “As ajudas sobre o que fazer com os botões do rato são muito úteis” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	1
4	5	0
5	1	0
5	2	0
5	3	2
5	4	0
5	5	2

Tabela G.37: Número de respostas dadas à afirmação “As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	0
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	2
26-30	4	0
31-40	4	0
41-50	4	1
21-25	5	1
26-30	5	0
31-40	5	1
41-50	5	0

Tabela G.38: Número de respostas dadas à afirmação “As palavras escolhidas para a navegação são apropriadas” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	0
4	5	1
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	3
5	5	1

Tabela G.39: Número de respostas dadas à afirmação “A parte que explica como usar ("HOW TO USE") a aplicação é uma mais valia” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	0
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	0
26-30	4	0
31-40	4	0
41-50	4	1
21-25	5	0
26-30	5	3
31-40	5	1
41-50	5	0

Tabela G.40: Número de respostas dadas à afirmação "A parte que explica como usar ("HOW TO USE") a aplicação é uma mais valia" tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	0
4	5	1
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	1
5	5	3

Tabela G.41: Número de respostas dadas à afirmação “A aplicação é útil” tendo em conta a Idade e a Escala da resposta dada.

Idade	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
21-25	1	0
26-30	1	0
31-40	1	0
41-50	1	0
21-25	2	0
26-30	2	0
31-40	2	0
41-50	2	0
21-25	3	0
26-30	3	0
31-40	3	0
41-50	3	0
21-25	4	1
26-30	4	0
31-40	4	0
41-50	4	0
21-25	5	2
26-30	5	0
31-40	5	1
41-50	5	1

Tabela G.42: Número de respostas dadas à afirmação “A aplicação é útil” tendo em conta a Experiência a usar aplicações no computador e a Escala da resposta dada.

Experiência	Escala(1-Discordo 5-Concordo)	Número de Respostas
1	1	0
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	0
2	3	0
2	4	0
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	0
3	4	0
3	5	0
4	1	0
4	2	0
4	3	0
4	4	0
4	5	1
5	1	0
5	2	0
5	3	0
5	4	1
5	5	3