

## **FastViz - Visualizando Big Data em Evolução Dinâmica**

**Filipa Margarida de Barros Castanheira**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia Informática e de Computadores**

Orientadores: Prof. Daniel Jorge Viegas Gonçalves  
Dr. Daniel Filipe Martins Tavares Mendes

**Júri**

Presidente: Prof. José Carlos Martins Delgado  
Orientador: Prof. Daniel Jorge Viegas Gonçalves  
Vogais: Prof. Augusto Emanuel Abreu Esteves

**Janeiro 2021**



# Agradecimentos

Agradeço aos meus pais e irmã todo o apoio e motivação ao longo da realização do meu curso e desta dissertação, bem como a todos os meus familiares. Aos meus amigos, dentro e fora do Técnico, que me acompanharam neste percurso de faculdade, agradeço toda a amizade, ajuda e motivação.

Reconheço e agradeço a confiança que me foi entregue pelo Prof. Daniel Gonçalves ao atribuir-me este tema de trabalho para a minha dissertação de mestrado, e aos ajustes sugeridos relativamente ao plano inicialmente definido para o mesmo. Agradeço as reuniões semanais e todo o auxílio e partilha de conhecimentos do Dr. Daniel Mendes e do Eng. João Moreira, fundamentais para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho, sem eles o resultado final não teria sido o mesmo.

Por último, agradeço a ajuda de todos aqueles que se disponibilizaram em participar neste estudo, pelas respostas aos questionários e por todo o *feedback*, tornando possível alcançar o objetivo final deste trabalho, cujo foco era o estudo dessas respostas.

Este trabalho foi parcialmente apoiado pela FCT através do projecto VisBig PTDC/CCI-CIF/28939/2017.

A todos, obrigada.



# Resumo

Através da área de Visualização de Informação, podemos dar uso a idiomas visuais para facilitar a transmissão e a análise de toda a informação produzida no mundo atual. Contudo, o estado atual desta área ainda requer a utilização, criação ou modificação de idiomas visuais que, além de serem capazes de lidar com uma grande quantidade de informação, também possam lidar com grandes fluxos em tempo real, mantendo um contexto visual compreensível para os utilizadores. Esta necessidade pode surgir, em particular, quando há uma mudança na estrutura dos dados, e se torna necessário alterar o idioma visual através da qual os dados estavam a ser representados, para manter a compreensão da informação que transmitem.

Nós propomos o FastViz, um conjunto de seis transições entre diferentes pares de idiomas visuais, incluindo *Line chart*, *Heat map* e *Stream graph*. Para cada transição foram desenvolvidas sete técnicas, na sua maioria utilizando mecanismos de animação, com base na premissa de que a estrutura da informação pode mudar em tempo real, de uma forma não disruptiva. Criámos um conjunto de vídeos curtos para a visualização de cada transição, e um conjunto de questões associadas a eles, através de um questionário *online*, respondido por 100 participantes. No geral, as transições animadas foram melhor avaliadas do que as transições não animadas. Em relação à análise da informação de dados, a maioria das respostas não correspondeu ao que as visualizações mostravam, e os resultados dos testes estatísticos mostraram que todas as técnicas eram semelhantes, sem diferenças estatisticamente significativas identificadas.

## Palavras Chave

Visualização de Informação; *Big Data*; *Streaming*; Transições Animadas; Testes com Utilizadores.



# Abstract

Through the Information Visualization area, we can make use of visual idioms to facilitate the transmission and the analysis of all the information produced in today's world. However, the current state of this area still requires the use, creation, or modification of visual idioms which, besides being able to handle a large amount of information, can also handle high flows in real time, maintaining a visual context understandable to the users. This need can arise in particular when there is a change in the structure of the data, and it becomes necessary to change the visual idiom through which the data was being represented, in order to maintain understanding of the information they transmit.

We propose FastViz, a set of six transitions between different pairs of visual idioms, including Line chart, Heat map and Stream graph. For each, seven techniques were developed, mostly using animation mechanisms, based on the premise that the structure of information can change in real time, in a non-disruptive way. We created a set of short videos, that made possible the visualization of each transition, and a set of questions associated with them, through an online questionnaire, answered by 100 participants. Overall, animated transitions were found to be better evaluated than non-animated transitions, in the topics under evaluation. Regarding to the analysis of data information most of the responses were not aligned with what the visualizations showed, and the results of the statistical tests showed that all the techniques were similar, without statistically significant differences identified.

## Keywords

Information Visualization; Big Data; Streaming; Animated Transitions; User Testing.





# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Motivação . . . . .	2
1.2	Objetivos . . . . .	3
1.3	Contribuições . . . . .	4
1.4	Estrutura do Documento . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Trabalho Relacionado</b>	<b>5</b>
2.1	Visualização de <i>Big Data</i> . . . . .	5
2.2	Visualização de dados em <i>Streaming</i> . . . . .	13
2.3	Transições Animadas entre Visualizações . . . . .	16
2.4	Discussão . . . . .	25
<b>3</b>	<b>Transições entre Idiomas Visuais</b>	<b>29</b>
3.1	Elementos das Transições . . . . .	29
3.1.1	Idiomas Visuais . . . . .	29
3.1.2	Informação a observar na Visualização . . . . .	31
3.1.3	Transição entre Idiomas visuais . . . . .	32
3.1.4	Conceitos aplicados às transições . . . . .	33
3.2	Transições Propostas . . . . .	33
3.2.1	Transição <i>Line chart - Heat map</i> . . . . .	35
3.2.2	Transição <i>Line chart - Stream graph</i> . . . . .	37
3.2.3	Transição <i>Heat map - Line chart</i> . . . . .	39
3.2.4	Transição <i>Heat map - Stream graph</i> . . . . .	42
3.2.5	Transição <i>Stream graph - Line chart</i> . . . . .	45
3.2.6	Transição <i>Stream graph - Heat map</i> . . . . .	47
3.3	Sumário . . . . .	50
<b>4</b>	<b>Avaliação com Utilizadores</b>	<b>51</b>
4.1	Metodologia de Avaliação . . . . .	51
4.2	Questionários . . . . .	52

4.2.1	Estrutura global . . . . .	52
4.2.2	Criação dos vídeos . . . . .	53
4.2.3	Conjuntos de dados utilizados . . . . .	53
4.2.4	Informação em avaliação . . . . .	55
4.2.5	Avaliação da carga de trabalho de visualização e análise . . . . .	56
4.3	Métricas de Avaliação . . . . .	57
4.4	Perfil dos Participantes . . . . .	58
4.5	Resultados . . . . .	58
4.5.1	Testes estatísticos aplicados . . . . .	59
4.5.1.A	Teste de Homogeneidade Qui-Quadrado . . . . .	59
4.5.1.B	Teste de Kruskal-Wallis . . . . .	59
4.5.1.C	Testes de Friedman . . . . .	60
4.5.2	Transição <i>Line chart</i> - <i>Heat map</i> . . . . .	60
4.5.3	Transição <i>Line chart</i> - <i>Stream graph</i> . . . . .	63
4.5.4	Transição <i>Heat map</i> - <i>Line chart</i> . . . . .	65
4.5.5	Transição <i>Heat map</i> - <i>Stream graph</i> . . . . .	67
4.5.6	Transição <i>Stream graph</i> - <i>Line chart</i> . . . . .	70
4.5.7	Transição <i>Stream graph</i> - <i>Heat map</i> . . . . .	72
4.6	Observações . . . . .	75
4.7	Discussão . . . . .	76
<b>5</b>	<b>Conclusões</b>	<b>79</b>
5.1	Visão geral da dissertação . . . . .	79
5.2	Limitações . . . . .	80
5.3	Trabalho Futuro . . . . .	80
<b>A</b>	<b>Questionários</b>	<b>85</b>
<b>B</b>	<b>Tabelas para análise estatística</b>	<b>91</b>

# Lista de Figuras

2.1	<i>Interactive Sankey Diagrams</i> . . . . .	6
2.2	Interface do <i>Colored Mosaic Plot</i> . . . . .	7
2.3	Processo de criação do <i>Colored Mosaic Plot</i> . . . . .	7
2.4	<i>Rolling the Dice</i> . . . . .	8
2.5	Operações de navegação suportadas pelo método de navegação da <i>Scatter plot Matrix</i> . . . . .	9
2.6	RBPCP . . . . .	9
2.7	<i>Heat Map Scope Views</i> . . . . .	11
2.8	<i>Face To Face</i> . . . . .	12
2.9	Método de estimação utilizado pelo <i>StreamMap</i> . . . . .	14
2.10	Metodologia do <i>StreamStory</i> . . . . .	14
2.11	Visualização do <i>VisMillion</i> . . . . .	15
2.12	Exemplo de transições entre pares de idiomas em avaliação. . . . .	17
2.13	Tipos de animação estudados neste estudo. . . . .	18
2.14	Visualizações comparadas no estudo <i>Effectiveness of Animation in Trend Visualization</i> . . . . .	18
2.15	Ilustração das métricas complexas utilizadas no estudo de <i>Staggered Animations on Visual Tracking</i> . . . . .	20
2.16	Representação da trajetória de cinco objetos em movimento em linha reta e <i>Bundled</i> , ao longo dos três <i>stages</i> da transição . . . . .	22
2.17	Passos na criação do <i>Vector Field Design</i> . . . . .	23
2.18	Interface utilizada para tarefa experimental . . . . .	23
2.19	Transição animada <i>Staged</i> para representar a média aritmética . . . . .	24
3.1	Idiomas visuais utilizados no estudo . . . . .	30
3.2	Estrutura da técnica utilizada para criar o idioma visual <i>Stream graph</i> . . . . .	31
3.3	Ilustração dos conceitos de transição transição horizontal e vertical . . . . .	32
3.4	Árvore de conceitos . . . . .	33
3.5	Transições <i>Fade</i> entre os pares de idiomas. . . . .	34

3.6	Estados inicial e final da transição entre <i>Line chart</i> e <i>Heat map</i> . . . . .	35
3.7	Evolução da transição <i>Lines</i> entre <i>Line chart</i> e <i>Heat map</i> . . . . .	35
3.8	Evolução da transição <i>Points</i> entre <i>Line chart</i> e <i>Heat map</i> . . . . .	36
3.9	Evolução da transição <i>Squares</i> entre <i>Line chart</i> e <i>Heat map</i> . . . . .	36
3.10	Evolução da transição <i>Rectangles</i> entre <i>Line chart</i> e <i>Heat map</i> . . . . .	36
3.11	Evolução da transição <i>Columns</i> entre <i>Line chart</i> e <i>Heat map</i> . . . . .	37
3.12	Estados inicial e final da transição entre <i>Line chart</i> e <i>Stream graph</i> . . . . .	37
3.13	Evolução da transição <i>Expand</i> entre <i>Line chart</i> e <i>Stream graph</i> . . . . .	38
3.14	Evolução da transição <i>Color</i> entre <i>Line chart</i> e <i>Stream graph</i> . . . . .	38
3.15	Evolução da transição <i>Lines</i> entre <i>Line chart</i> e <i>Stream graph</i> . . . . .	39
3.16	Evolução da transição <i>Fade Fill</i> entre <i>Line chart</i> e <i>Stream graph</i> . . . . .	39
3.17	Evolução da transição <i>Fade Total</i> entre <i>Line chart</i> e <i>Stream graph</i> . . . . .	39
3.18	Estados inicial e final da transição entre <i>Heat map</i> e <i>Line chart</i> . . . . .	40
3.19	Evolução da transição <i>Lines</i> entre <i>Heat map</i> e <i>Line chart</i> . . . . .	40
3.20	Evolução da transição <i>Points</i> entre <i>Heat map</i> e <i>Line chart</i> . . . . .	41
3.21	Evolução da transição <i>Rectangles</i> entre <i>Heat map</i> e <i>Line chart</i> . . . . .	41
3.22	Evolução da transição <i>Squares</i> entre <i>Heat map</i> e <i>Line chart</i> . . . . .	41
3.23	Evolução da transição <i>Columns</i> entre <i>Heat map</i> e <i>Line chart</i> . . . . .	42
3.24	Estados inicial e final da transição entre <i>Heat map</i> e <i>Stream graph</i> . . . . .	42
3.25	Evolução da transição <i>Lines</i> entre <i>Heat map</i> e <i>Stream graph</i> . . . . .	43
3.26	Evolução da transição <i>Rectangles</i> entre <i>Heat map</i> e <i>Stream graph</i> . . . . .	43
3.27	Evolução da transição <i>Rectangles Color</i> entre <i>Heat map</i> e <i>Stream graph</i> . . . . .	44
3.28	Evolução da transição <i>Squares</i> entre <i>Heat map</i> e <i>Stream graph</i> . . . . .	44
3.29	Evolução da transição <i>Squares Color</i> entre <i>Heat map</i> e <i>Stream graph</i> . . . . .	44
3.30	Estados inicial e final da transição entre <i>Stream graph</i> e <i>Line chart</i> . . . . .	45
3.31	Evolução da transição <i>Contract</i> entre <i>Stream graph</i> e <i>Line chart</i> . . . . .	45
3.32	Evolução da transição <i>Color</i> entre <i>Stream graph</i> e <i>Line chart</i> . . . . .	46
3.33	Evolução da transição <i>Lines</i> entre <i>Stream graph</i> e <i>Line chart</i> . . . . .	46
3.34	Evolução da transição <i>Fade Fill</i> entre <i>Stream graph</i> e <i>Line chart</i> . . . . .	47
3.35	Evolução da transição <i>Fade Fill</i> entre <i>Stream graph</i> e <i>Line chart</i> . . . . .	47
3.36	Estados inicial e final da transição entre <i>Stream graph</i> e <i>Heat map</i> . . . . .	47
3.37	Evolução da transição <i>Lines</i> entre <i>Stream graph</i> e <i>Heat map</i> . . . . .	48
3.38	Evolução da transição <i>Lines Color</i> entre <i>Stream graph</i> e <i>Heat map</i> . . . . .	48
3.39	Evolução da transição <i>Rectangles</i> entre <i>Stream graph</i> e <i>Heat map</i> . . . . .	49
3.40	Evolução da transição <i>Expand</i> entre <i>Stream graph</i> e <i>Heat map</i> . . . . .	49

3.41	Evolução da transição <i>Expand Color</i> entre <i>Stream graph</i> e <i>Heat map</i> . . . . .	50
4.1	Conjuntos de dados utilizados no estudo com utilizadores . . . . .	54
4.2	Tarefa de observação das tendências dos dados nos testes com utilizadores . . . . .	55
4.3	Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições <i>Line chart</i> - <i>Heat map</i> . . . . .	62
4.4	Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições <i>Line chart</i> - <i>Stream graph</i> . . . . .	64
4.5	Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições <i>Heat map</i> - <i>Line</i> <i>chart</i> . . . . .	66
4.6	Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições <i>Heat map</i> - <i>Line</i> <i>chart</i> . . . . .	67
4.7	Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições <i>Heat map</i> - <i>Stream graph</i> . . . . .	69
4.8	Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições <i>Stream graph</i> - <i>Line chart</i> . . . . .	71
4.9	Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições <i>Stream graph</i> - <i>Line chart</i> . . . . .	72
4.10	Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições <i>Stream graph</i> - <i>Heat map</i> . . . . .	74



# Lista de Tabelas

2.1	Comparação das contribuições apresentadas para Visualização de Big Data . . . . .	26
2.2	Comparação das contribuições para Streaming Data. . . . .	27
2.3	Comparação das contribuições para Transições Animadas entre Visualizações. . . . .	28
3.1	Tabela de conceitos por transição para <i>Line chart - Heat map</i> . . . . .	35
3.2	Tabela de conceitos por transição para <i>Line chart - Stream graph</i> . . . . .	37
3.3	Tabela de conceitos por transição para <i>Heat map - Line chart</i> . . . . .	40
3.4	Tabela de conceitos por transição para <i>Heat map - Stream graph</i> . . . . .	42
3.5	Tabela de conceitos por transição para <i>Stream graph - Line chart</i> . . . . .	45
3.6	Tabela de conceitos por transição para <i>Stream graph - Heat map</i> . . . . .	48
4.1	Conjunto de dados utilizado em cada transição nos testes com utilizadores. . . . .	53
4.2	Número de respostas obtidas distribuídas por cada versão do questionário principal. . . . .	58
4.3	Respostas ao questionário para as transições <i>Line chart - Heat Map</i> . . . . .	60
4.4	Resultado da aplicação do teste z de duas proporções para a comparação da observação da variação da média dos dados das transições <i>Line chart - Heat Map</i> . As diferenças são detetadas entre as transições com letras não comuns. . . . .	61
4.5	Estatísticas descritivas para as reproduções dos vídeos das transições <i>Line chart - Heat Map</i> . . . . .	61
4.6	Classificações médias de preferência entre as transições <i>Line chart - Heat map</i> . . . . .	62
4.7	Respostas ao questionário para as transições <i>Line chart - Stream graph</i> . . . . .	63
4.8	Estatísticas descritivas para as reproduções dos vídeos das transições <i>Line chart - Stream graph</i> . . . . .	64
4.9	Classificações médias de preferência entre as transições <i>Line chart - Stream graph</i> . . . . .	65
4.10	Respostas ao questionário para as transições <i>Heat map - Line chart</i> . . . . .	65
4.11	Estatísticas descritivas para as reproduções dos vídeos das transições <i>Heat map - Line chart</i> . . . . .	66

4.12	Classificações médias de preferência entre as transições <i>Heat map - Line chart</i> . . . . .	67
4.13	Respostas ao questionário para as transições <i>Heat map - Stream graph</i> . . . . .	68
4.14	Estatísticas descritivas para as reproduções dos vídeos das transições <i>Heat map - Stream graph</i> . . . . .	68
4.15	Classificações médias de preferência entre as transições <i>Heat map - Stream graph</i> . . . . .	69
4.16	Respostas ao questionário para as transições <i>Stream graph - Line chart</i> . . . . .	70
4.17	Estatísticas descritivas para as reproduções dos vídeos das transições <i>Stream graph - Line chart</i> . . . . .	71
4.18	Classificações médias de preferência entre as transições <i>Stream graph - Line chart</i> . . . . .	72
4.19	Respostas ao questionário para as transições <i>Stream graph - Heat map</i> . . . . .	73
4.20	Estatísticas descritivas para as reproduções dos vídeos das transições <i>Stream graph - Heat map</i> . . . . .	73
4.21	Classificações médias de preferência entre as transições <i>Stream graph - Heat map</i> . . . . .	75
4.22	Resumo dos melhores resultados obtidos da análise das respostas aos tópicos mais relevantes . . . . .	77
B.1	Lista de código de todas as transições criadas. . . . .	91
B.2	Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para o nível apelativo das transições animadas para a transição No Animation de <i>Line chart - Stream graph</i> com as correções de Holm-Bonferroni. . . . .	92
B.3	Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a ajuda na compreensão das transições animadas para a transição No Animation de <i>Line chart - Stream graph</i> com as correções de Holm-Bonferroni. . . . .	92
B.4	Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a adequabilidade da duração das transições animadas para a transição No Animation de <i>Line chart - Stream graph</i> com as correções de Holm-Bonferroni. . . . .	92
B.5	Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a classificação global das transições animadas para a transição No Animation de <i>Line chart - Stream graph</i> com as correções de Holm-Bonferroni. . . . .	92
B.6	Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a classificação da duração das transições animadas para a transição No Animation de <i>Heat map - Stream graph</i> com as correções de Holm-Bonferroni. . . . .	93
B.7	Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para o nível apelativo das transições animadas para a transição No Animation de <i>Stream graph - Line chart</i> com as correções de Holm-Bonferroni. . . . .	93



B.8	Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a ajuda na compreensão das transições animadas para a transição No Animation de <i>Stream graph - Line chart</i> com as correções de Holm-Bonferroni. . . . .	93
B.9	Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a adequabilidade da duração das transições animadas para a transição No Animation de <i>Stream graph - Line chart</i> com as correções de Holm-Bonferroni. . . . .	93
B.10	Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a classificação global das transições animadas para a transição No Animation de <i>Stream graph - Line chart</i> com as correções de Holm-Bonferroni. . . . .	94
B.11	Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para o nível apelativo das transições animadas para a transição No Animation de <i>Stream graph - Heat map</i> com as correções de Holm-Bonferroni. . . . .	94
B.12	Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a classificação da duração das transições animadas para a transição No Animation de <i>Stream graph - Heat map</i> com as correções de Holm-Bonferroni. . . . .	94
B.13	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição No Animation de <i>Line chart - Heat map</i> . . . . .	94
B.14	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade de <i>Line chart - Heat map</i> . . . . .	94
B.15	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines de <i>Line chart - Heat map</i> . . . . .	95
B.16	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Points de <i>Line chart - Heat map</i> . . . . .	95
B.17	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Rectangles de <i>Line chart - Heat map</i> . . . . .	95
B.18	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Squares de <i>Line chart - Heat map</i> . . . . .	95
B.19	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Columns de <i>Line chart - Heat map</i> . . . . .	95
B.20	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição No Animation de <i>Line chart - Stream graph</i> . . .	95
B.21	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade de <i>Line chart - Stream graph</i> . . . . .	95
B.22	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Expand de <i>Line chart - Stream graph</i> . . . . .	96

B.23	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines de <i>Line chart - Stream graph</i> . . . . .	96
B.24	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Color de <i>Line chart - Stream graph</i> . . . . .	96
B.25	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade Fill de <i>Line chart - Stream graph</i> . . . . .	96
B.26	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade Total de <i>Line chart - Stream graph</i> . . . . .	96
B.27	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição No Animation de <i>Heat map - Line chart</i> . . . . .	96
B.28	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade de <i>Heat map - Line chart</i> . . . . .	96
B.29	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines de <i>Heat map - Line chart</i> . . . . .	97
B.30	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Points de <i>Heat map - Line chart</i> . . . . .	97
B.31	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Rectangles de <i>Heat map - Line chart</i> . . . . .	97
B.32	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Squares de <i>Heat map - Line chart</i> . . . . .	97
B.33	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Columns de <i>Heat map - Line chart</i> . . . . .	97
B.34	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição No Animation de <i>Heat map - Stream graph</i> . . . . .	97
B.35	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade de <i>Heat map - Stream graph</i> . . . . .	97
B.36	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines de <i>Heat map - Stream graph</i> . . . . .	98
B.37	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Rectangles de <i>Heat map - Stream graph</i> . . . . .	98
B.38	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Rectangles Color de <i>Heat map - Stream graph</i> . . . . .	98
B.39	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Squares de <i>Heat map - Stream graph</i> . . . . .	98

B.40	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Squares Color de <i>Heat map - Stream graph</i> . . .	98
B.41	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição No Animation de <i>Stream graph - Line chart</i> . . .	98
B.42	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade de <i>Stream graph - Line chart</i> . . . . .	98
B.43	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Contract de <i>Stream graph - Line chart</i> . . . . .	99
B.44	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines de <i>Stream graph - Line chart</i> . . . . .	99
B.45	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Color de <i>Stream graph - Line chart</i> . . . . .	99
B.46	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade Fill de <i>Stream graph - Line chart</i> . . . . .	99
B.47	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade Total de <i>Stream graph - Line chart</i> . . . . .	99
B.48	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição No Animation de <i>Stream graph - Heat map</i> . . .	99
B.49	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade de <i>Stream graph - Heat map</i> . . . . .	99
B.50	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines de <i>Stream graph - Heat map</i> . . . . .	100
B.51	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines Color de <i>Stream graph - Heat map</i> . . . . .	100
B.52	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Rectangles de <i>Stream graph - Heat map</i> . . . . .	100
B.53	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Expand de <i>Stream graph - Heat map</i> . . . . .	100
B.54	Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Expand Color de <i>Stream graph - Heat map</i> . . .	100



# 1

## Introdução

A cada segundo de evolução no mundo, é produzida uma enorme quantidade de informação, através de múltiplas fontes e com inúmeros fins. Tal deve-se, em grande parte, ao poder e impacto da globalização digital que as novas tecnologias têm vindo a proporcionar. Esta digitalização pode ser feita a registos antigos, ou a dados novos que são recebidos de forma contínua e em tempo real, entre reduzidos intervalos de tempo. A sua produção pode ocorrer em sensores, infraestruturas ou dispositivos eletrónicos espalhados um pouco por todo o lado, que exigem monitorizações de larga escala, devido à proporção que estes aglomerados de dados adquirem, ao serem aplicados em grandes redes complexas de comunicação [1].

Mensagens e partilhas em redes sociais ou notícias dos canais de média, que se tornam virais em segundos, e transações financeiras e registos pessoais em serviços públicos, que precisam de verificações a cada instante [1] são alguns dos exemplos de informação desta dimensão produzida. Nem sempre temos noção de tal produção devido ao facto de, na maioria dos casos, não chegarmos a ter contacto com os dados, no entanto estes podem ser guardados em sistemas de *cloud* e usados, por exemplo, em empresas de análises estatísticas ou *marketing* para produzir nova informação.

Aos volumes de dados que têm vindo a ser referidos, dá-se o nome de *Big Data* e uma das descrições que lhe é apontada são os 5V: **Volume** enorme, **Velocidade** alta, **Variedade** alta, **Veracidade** baixa e **Valor** alto [2]. O Volume refere-se à quantidade de dados gerados por segundo. A Velocidade diz respeito à rapidez com que os mesmos são criados. A Variedade está presente pelo facto de, no meio de uma tão extensa quantidade de dados, nem todos serem do mesmo formato, surgindo dados não estruturados que devem ser capazes de ser integrados em conjunto com outros considerados tradicionais. A Veracidade associa-se à importância de tentar garantir que a informação transmitida seja verdadeira, através de análises exaustivas.

Outra característica de *Big Data* é a sua transmissão poder ser realizada de forma contínua, sem interrupções ou necessidade de *downloads* prévios para o utilizador, através de serviços de *streaming*.

Isto é, ao ser criada, a informação é armazenada em servidores, e não nos dispositivos de cada utilizador, o que flexibiliza a visualização em tempo e local, tornando-a mais prática. Uma visualização de dados em *streaming* está fortemente relacionada com o contexto temporal da informação [1], pois a quantidade de dados a apresentar varia em função das exigências das aplicações e tarefas, a nível dos intervalos de tempo relevantes para a análise [3]. Para tal, existem métodos que mapeiam o tempo para os eixos horizontais, frequentemente utilizados para visualizar o fluxo de dados [1].

Outro aspeto importante para Visualização de Informação (InfoVis) é que uma visualização deve permitir a exploração de dados e de informação com rumo à aquisição de conhecimento. Pois um conhecimento adquirido relaciona-se com a tomada de decisões e, em muitos casos, permite obter diferentes níveis de abstração, compreensão ou veracidade da informação. No entanto, no caso de os dados serem apresentados em formatos brutos, a taxa de novas informações recebidas excede, frequentemente, os limites da perceção humana, e pode ainda esconder detalhes importantes. Assim, ao introduzir a análise visual em tempo real em diversas áreas distintas, surgem muitos benefícios [4].

## 1.1 Motivação

Na era do *Big Data*, são necessários métodos de visualização que permitam aos analistas explorar os dados, de forma mais rápida, ajudando na tomada de decisões importantes a tempo [1]. As técnicas de visualização de informação surgem para ajudar nesta exploração, e conseqüentemente permitir análises das mesmas com o menor esforço possível do ponto de vista de quem está a visualizar.

Um dos maiores desafios da visualização dos fluxos de dados corresponde a características do processo da sua sedimentação física. Ou seja, os dados podem surgir em momentos imprevisíveis, acumularem-se até serem processados, e necessitem de ser mantidos de forma agregada, para poderem mostrar o histórico de informação contextualizado, ao longo do tempo [5]. A criação deste tipo de visualizações não é simples, pois as técnicas tradicionais para visualizar informação lidam, geralmente, com conjuntos de dados conhecidos previamente e de reduzidas dimensões, não estando adaptadas a transmitir a evolução temporal de conjuntos de dados complexos [6].

Muitos dos estudos realizados resultaram em tentativas precoces de compreender, adquirir conhecimento e dar sentido a este tipo de dados [6], tendo surgido problemas de congestionamento, indisponibilidade ou sobreposição de dados. Assim, se pretendermos visualizar dados em constante mudança e de grandes dimensões e variedades, como é o caso de *Big Data Streaming*, necessitamos de explorar novas estratégias para o fazer.

Recorrer à utilização de diferentes idiomas visuais e à criação de transições entre eles, pode ser uma boa estratégia a aplicar. Em InfoVis, um idioma visual é um conjunto de transformações que convertem os dados que estão em formato bruto, *raw data*, numa imagem expositiva dos mesmos.

Essa conversão tem como objetivo representar a informação num formato passível de compreensão pelo sistema perceptual humano, enquanto mantém a integridade da informação [7]. O resultado da imagem obtida pode consistir na codificação das propriedades de diversos elementos visuais. Aos elementos visuais chamamos de marcas, e às suas propriedades chamamos de canais. Cada marca codifica um item dos dados, e cada canal codifica o valor desse item. Posição, tamanho, forma, cor ou textura são alguns dos canais que se podem manipular a fim de obter uma boa visualização [8].

Assim, uma vez que existem dados de diferentes naturezas e agrupados em diversas dimensões, podemos usar diferentes formas de os mostrar, que se ajustem às suas necessidades individuais de representação e análise, ao longo do tempo. No entanto, a existência de transições perceptíveis entre os vários idiomas visuais, torna-se algo essencial, pois o contexto global não pode ser perdido ao mudar de um para o outro, nem a informação em si. Sendo ainda fundamental considerar possíveis ajustes à visualização inteira, quando esta se divide em vários momentos temporais. Pelo que surgem dois importantes desafios na sua criação: **transições horizontais e transições verticais**.

Vamos supor que uma visualização é composta por diferentes módulos de agregação de dados, em que, através de um idioma visual, cada um é responsável por atualizar e renderizar a informação transmitida pelos respetivos dados que agrega [9]. Se cada módulo estiver associado a um período temporal diferente, então as **transições horizontais** são aquelas que tratam da passagem do idioma visual de um módulo, para o idioma visual do próximo módulo, e as **transições verticais** são as que acontecem dentro de um mesmo módulo. As transições verticais são úteis quando pretendemos analisar os dados com outro objetivo, mas dentro de um mesmo momento temporal. Pois, uma vez que existem idiomas mais indicados para análises específicas, se queremos mudar o tipo de informação a retirar dos dados, pode ser necessário transitar para um novo idioma visual para o fazer.

Em qualquer um dos tipos de transições referidos, deve existir um fio condutor para evitar perdas de contexto e de informação para o utilizador. O uso de animações pode ser uma solução para apresentar a informação e transitar entre os seus dados de forma dinâmica e suave, pois é capaz de ajudar na orientação, aprendizagem e tomada de decisão do utilizador, e ao mesmo tempo fazê-lo sentir parte da visualização por acompanhar as mudanças de forma próxima e espontânea. No entanto, se mal utilizada, pode prejudicar mais do que beneficiar, uma vez que a sua capacidade de atrair as atenções é uma poderosa força distrativa [10], e o tempo que a sua reprodução pode consumir à visualização pode gerar perda de contexto, e consequentemente constituir um atraso para a sua compreensão.

## 1.2 Objetivos

Considerando a constante produção de *Big Data* com características específicas, que diferem entre data sets (5V's), e cuja transmissão pode ser realizada em *streaming*, o ideal será o utilizador dispor de

interfaces capazes de manter a visualização em constante atualização. Essa interface deve estar adaptada às mudanças sofridas pelos dados, representando-os nos idiomas visuais mais adequados em cada momento, e sempre preparada para alterações a ocorrer em tempo real, e de forma imprevisível.

Dada a complexidade envolvida neste processo, torna-se essencial que qualquer mudança seja acompanhada de uma boa transição, adequada aos dados e aos idiomas visuais que está a mostrar, para que o utilizador consiga acompanhar o que acontece, e analisar o que pretende. Uma estratégia que pode ser eficaz é o recurso à animação. Assim, o foco e objetivo deste trabalho é o **estudo e criação de transições verticais animadas entre idiomas visuais, que sejam suaves e fáceis de compreender, evitando perdas de contexto, e de informação relevante associadas aos dados.**

### 1.3 Contribuições

Através do trabalho desenvolvido com este estudo, foi possível contribuir para a área de InfoVis, particularmente em Big Data Streaming, da seguinte forma:

1- **Concetualização de um conjunto de técnicas de transição** entre pares de idiomas visuais. Estas técnicas permitem representar grandes quantidades de dados de séries temporais, enquanto os agregam e transformam em diferentes elementos visuais, que representam medidas estatísticas, resultantes das agregações de dados.

2- **Estudo percetual das técnicas de transição** permitindo comprovar de que forma a concetualização mencionada no ponto anterior funciona para cada técnica de transição. O estudo foi realizado através de testes com utilizadores que permitem avaliar as técnicas de transição criadas, validar a sua eficácia e inferir se ajudam na identificação de padrões e tendências dos seus dados.

### 1.4 Estrutura do Documento

Em seguida, no **Capítulo 2**, encontra-se o trabalho relacionado que ilustra o estado da arte e apresenta um conjunto de contribuições, das grandes áreas de estudo deste trabalho. O **Capítulo 3** apresenta as transições entre idiomas visuais, criadas no âmbito deste trabalho. São referidos todos os elementos que as compõem e é feita uma descrição individual de cada uma. No **Capítulo 4** descreve-se o processo de avaliação das transições junto dos utilizadores. Apresenta-se a metodologia seguida, detalha-se a estrutura dos questionários utilizados e os elementos criados para avaliar as transições, explicando os seus objetivos. Descrevem-se os participantes e todos os resultados obtidos para cada transição. No fim, existe uma secção de observações, discussão e resumo de resultados. O documento acaba com o **Capítulo 5** que inclui as conclusões finais, apresentando uma visão geral da dissertação, as limitações encontradas e enumera direções para trabalho futuro.



# 2

## Trabalho Relacionado

O foco deste capítulo é apresentar o estado da arte das três grandes áreas de estudo do *FastViz*: **Visualização de *Big Data*, Visualização de dados em *Streaming* e Transições animadas entre Visualizações**. Para tal, fez-se o levantamento de diferentes contribuições resultantes de estudos existentes nestas áreas. São introduzidas de uma forma breve as contribuições para visualizar *Big Data* e *Data Streaming*, e em seguida, uma vez que as transições são o foco principal deste trabalho, são apresentadas as contribuições desta área de forma mais detalhada. O capítulo termina com uma discussão geral que pretende relacionar os pontos discutidos em cada uma das três áreas, refletindo sobre as ideias que poderiam ser aplicadas a este trabalho.

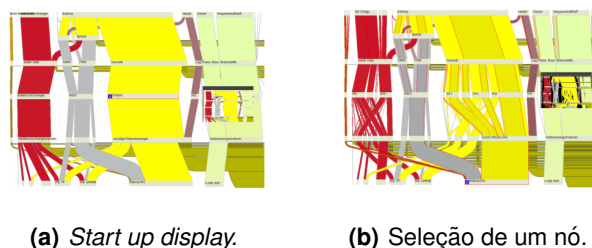
### 2.1 Visualização de *Big Data*

Infovis é uma área de estudo cujo objetivo é desenvolver técnicas de representação de informação para posteriormente ser visualizada e analisada, auxiliando o utilizador na análise de dados representados num certo contexto. Com o progresso da tecnologia, a produção de *Big Data* é cada vez maior, ou seja, a quantidade de dados a representar é cada vez maior, pelo que se torna fundamental dispor de uma boa apresentação dos dados, para cumprir tal objetivo. No entanto, devido aos 5V e ao facto de cada domínio de dados ter características específicas, não existe uma solução genérica de visualização e análise de *Big Data*. É importante criar alternativas de apresentação que aos poucos se dirijam à automatização total do processo de análise, resolvendo o problema de ainda ser exigida uma grande intervenção de utilizador, na maioria dos sistemas.

Com o objetivo de **estudar o impacto das técnicas de visualização mais utilizadas**, Toasa et al. implementaram um *dashboard* genérico e dinâmico de informação em tempo real [11], que produz um conjunto de gráficos, tabelas, e relatórios numa única visualização. Através dela, cada utilizador fica habilitado a explorá-la de forma a obter informação.

Destacaram-se contributos de várias técnicas para tarefas de visualização, depois analisados pelo *dashboard*. Eis alguns dos idiomas: *Sankey Diagrams*, *Autocharting* e Matrizes de Correlação.

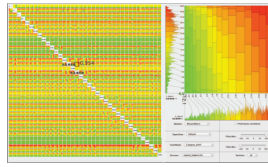
Os *Sankey Diagrams* revelaram-se uma boa técnica para **identificar tendências**, no entanto, ao serem desenhos, a sua compreensão e análise pode ser difícil. Em resposta, surgiram os **Interactive Sankey Diagrams** [12] - Fig.2.1 - que integrados num sistema de representação de fluxos de dados, funcionam como ferramenta de análise, comunicação e planeamento. Permitem obter uma visão global, explorar em diferentes níveis de detalhe, fazer rastreio dos fluxos e suportar animações.



**Figura 2.1:** *Interactive Sankey Diagrams* [12].

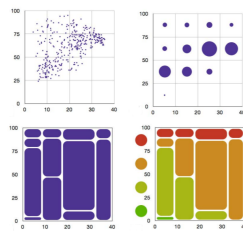
*Autocharting* revelou-se uma boa opção para **explorar conjuntos de dados novos**, oferecendo uma visão rápida dos dados, deixando de ser necessário obter-se conhecimento prévio. Esta técnica foi aplicada ao **ScrAnViz** [13], um software único que recorre a um algoritmo de exploração baseado em atributos para visualizar, fragmentar e analisar dados não estruturados. Este tipo de dados é de difícil enquadramento com o restante *data set* a que pertence, e o seu principal problema é crescer num ritmo muito mais rápido do que os outros tipos de dados, dificultando a tarefa de exploração e extração sobre eles. O *ScrAnViz* recebe como *input* atributos, palavras-chave ou URLs e converte os seus dados mais relevantes para o formato pedido pelo utilizador, sendo adaptável a qualquer fonte *online* de *Big Data*.

Depois de convertidos, existem diversas formas de representar estes ou outros tipos de dados, por exemplo **representação através de pontos**. O *overplotting* resulta de aglomerados de pontos com valores semelhantes, impossibilitando a tarefa de os visualizar e analisar de forma individual, um problema comum de utilizar representação por pontos. Recorrer a visualizações que abordem a informação em termos da densidade dos seus pontos, em vez de os representar diretamente, pode ser solução. A **Colored Mosaic Matrix** [14] é uma matriz que utiliza essa estratégia, atribuindo uma cor a cada *feature* que representa, enquanto mantém o contexto com uma visão geral dos dados multidimensionais. A visualização baseia-se em retângulos coloridos, bem identificados, cujas relações com as *features* são lidas através da proporção e padrão das suas cores em relação às restantes - Fig.2.2.



**Figura 2.2:** Interface do *Colored Mosaic Plot* [14].

Como critério de determinação das *features*, o foco foi a distribuição e correlação entre as categorias, desenvolvendo-se uma técnica de cor para ambos os critérios - Fig.2.3. Na distribuição usa-se um gradiente de tonalidade entre verde e vermelho, que distribui as categorias de forma crescente de cor. Na correlação a técnica adivinha a forma aproximada dos dados. Com este critério todos os retângulos num *Mosaic Plot*, também conhecido como *Marimekko Chart*<sup>1</sup> são preenchidos com a mesma cor, percorrendo várias tonalidades. Para dados quantitativos, as categorias surgem de algoritmos de partição que atuam na forma, tamanho e cor de cada retângulo, gerando pequenos intervalos de valores que definem as categorias, com ordem e frequência. Este é um exemplo de redução de *overplotting* que obtém visualizações completas de dados multidimensionais, mesmo em espaços reduzidos.



**Figura 2.3: Processo de criação.** Correlação (à esquerda): Tonalidade baseada no coeficiente de correlação entre duas dimensões. Distribuição (à direita): Uma categoria com tonalidade mais próxima de vermelho tem maior valor que uma com tonalidade próxima de verde [14].

Outro dos desafios na representação de *Big Data* é obter uma visão geral de todos os dados em dimensões limitadas, e consequentemente **identificar as correlações** entre eles. As matrizes são uma das formas mais populares de contornar tal dificuldade, e para identificar relações entre dados, as **matrizes de correlação** foram as que mais se destacaram. Estas caracterizam-se por mostrar relações entre dados e variáveis (entre as suas linhas e colunas) de uma forma bastante rápida e evidente.

Além dos estudos do referido *dashboard*, são muitas as contribuições de técnicas de visualização. Algumas criam algo novo e outras adaptam algo que já existe, no sentido de resolver as suas limitações.

O **LiveRAC** [15] é um dos exemplos que recorre às **vantagens de matrizes**. Este sistema permite **correlacionar e navegar sobre grandes coleções de dados de séries temporais**, utilizando matrizes de gráficos reordenáveis para apresentar os dados, e *zoom* semântico com *Stretch and*

<sup>1</sup>The Data Visualisation Catalogue: disponível em <https://datavizcatalogue.com>, visitado em 26 Dez. 2020

*Squish* [16], para adaptar os elementos visuais ao espaço disponível sem perder o contexto global ao utilizar o *zoom*. Utiliza *Line charts* e *Bar charts*, por serem representações familiares ao utilizador, e permite comparações visuais, lado a lado, de grupos de dados a múltiplos níveis de detalhe. Todas as transições usadas são animadas e a escalabilidade visual do sistema é assegurada através das técnicas de agregação, garantindo que as regiões mais densas apenas mostram dados significativos.

A **popularidade e potencialidade das matrizes** vai além das representações familiares, são muitas as técnicas que se adaptam ao conceito de **representar dados lado a lado**. Os *scatter plots*, apesar de serem um exemplo de representação de informação através de pontos, e por isso demonstrarem falta de flexibilidade e expressividade visuais, mantêm-se como uma das técnicas mais utilizadas para dados multidimensionais.

Uma aplicação que combina matrizes e *scatter plots* é o **Rolling the Dice** [17], um método de **exploração de dados em matrizes** de *scatter plots* - Fig.2.4(a) - orientado à navegação interativa - Fig.2.4(b). As linhas da matriz representam as dimensões, e as colunas representam os *scatter plots*. Cada *scatter plot* traduz a combinação de várias dimensões, obtendo-se uma visão global dos dados e definindo-se o espaço de visualização. Podem fazer-se reordenações, automáticas ou manuais, das linhas e colunas. As transições animadas orientam e estruturam diretamente a navegação do utilizador. Uma passagem entre *scatter plots* é vista como uma rotação 3D - Fig.2.4(c) - algo consistente com a metáfora global da visualização, de interpretar o movimento como modificação da sua forma.

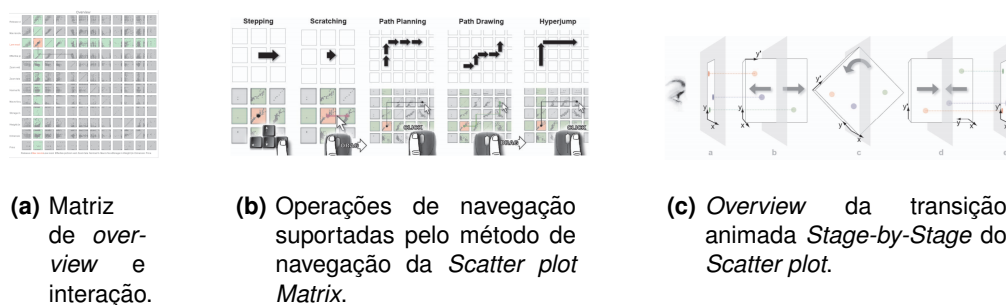
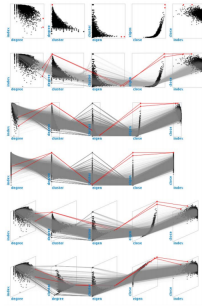


Figura 2.4: *Rolling the Dice* [17].

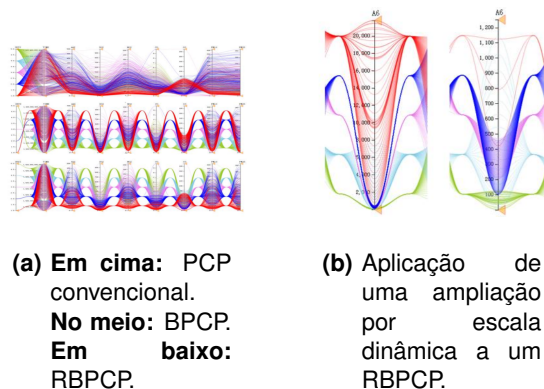
Para **exploração de redes**, o mais comum é utilizar diagramas *Node-link*, mas devido à complexidade de muitas redes, o *layout* que estes fornecem nem sempre é adequado para a recolha da informação importante. **The FlowVizMenu and Parallel Scatterplot Matrix** [18] apresenta **abordagens de visualizações para de dados em rede**. Trata-se de um menu radial, que contém um *Scatter plot* que pode surgir entre transições e é manipulável para seleccionar e modificar os seus eixos, de forma rápida. Pode ser usado para orientar o *layout* da rede, ao fazer com que os nós se movam, segundo certos atributos, no *Scatter plot*. É ainda proposta uma combinação de matrizes de *Scatter plots* com *Parallel Coordinates Plots* (PCPs), a P-SPLOM - Fig.2.5 - para visualizar *features* na rede.



**Figura 2.5:** Operações de navegação suportadas pelo método de navegação da *Scatter plot Matrix*. O P-SPLOM permite rotação ao longo de ambos os eixos, em simultâneo. [18].

Quando o objetivo é **comparar um elevado número de variáveis** pertencentes ao mesmo *data set*, conjunto de dados, torna-se necessário recorrer a técnicas capazes de apresentar todas as informações em simultâneo. Uma das tradicionais formas de o fazer, passa por utilizar *Parallel Coordinates Plots* (PCPs), que apresentam um eixo para cada variável e diversas ligações entre os eixos, representando as relações existentes entre elas. Estes são considerados flexíveis para análise e interação, no entanto, com o aumento do número de *items*, acresce a dificuldade de reconhecer padrões, e algumas partes da visualização tornam-se *crowded*, ficando ilegíveis.

Tem surgido a necessidade de trabalhar em soluções que, de alguma forma, permitam **destacar o que o utilizador quer encontrar**, sem perder o contexto geral da informação de todas as variáveis. **Rearranged Bundled Parallel Coordinates Plot - RBPCP** [19] - Fig.2.6(a) - é uma versão destes gráficos, que utiliza medianas para solucionar problemas da sua versão mais tradicional, aproveitando-se do facto de esta medida estatística refletir diretamente as tendências centrais dos dados.



**(a) Em cima:** PCP convencional.  
**No meio:** BPCP.  
**Em baixo:** RBPCP.

**(b)** Aplicação de uma ampliação por escala dinâmica a um RBPCP.

**Figura 2.6:** RBPCP [19].

O RBPCP calcula a matriz de medianas normalizada, de acordo com cada atributo, obtendo as diferenças de distribuição do mesmo atributo em diferentes *data sets*, e priorizando a apresentação de cada um deles. Sempre que se obtêm novas ordenações dos dados, é gerado um novo gráfico PCP.

A nível de interatividade, o RBPCP oferece duas interações desenhadas pelos autores do RBPCP: 1) *Mode Switch* e 2) Escalonamento dinâmico de eixos - Fig.2.6(b). Com o *Mode Switch*, o utilizador consegue mudar a visualização de um PCP para um RBPCP, dependendo do seu objetivo de análise, e da informação que quer visualizar. Um PCP dará uma visão geral, e um RBPCP uma visão mais detalhada e focada num determinado atributo. Com a outra interação, a região de interesse do utilizador é ampliada pela escala dinâmica do eixo, a principal solução para o problema inicial dos PCPs.

Outra das formas de **lidar com elevados números de variáveis** é recorrendo a **técnicas de redução de informação**. Os dados temporais podem também ter um elevado número de variáveis e, geralmente, são representados por uma de duas técnicas de visualização: *Line charts* ou *Heat maps*. Os primeiros são bons para identificar tendências, no entanto são maus para apresentar grandes quantidades de dados, sendo comum surgirem sobreposições de linhas difíceis de interpretar. Os segundos resolvem este problema, mas por outro lado precisam de muito espaço de visualização.

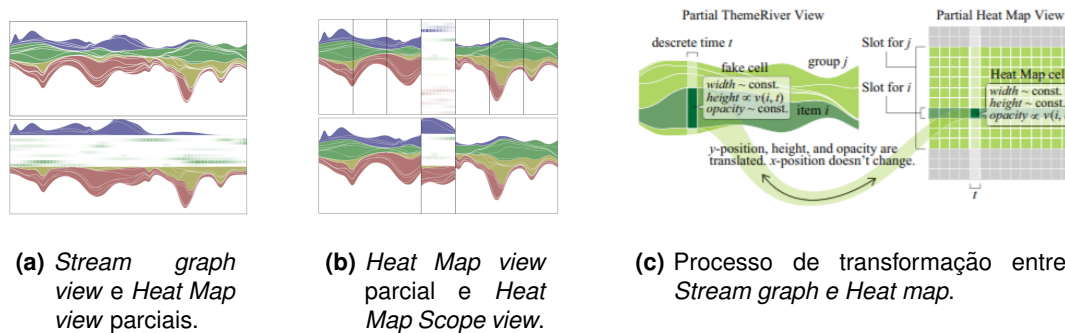
O **MTDES [20]** é uma solução baseada em exploração *work-flow* que recorre às três técnicas referidas para **analisar dados temporais multidimensionais**. A interface do sistema é composta por três partes: A) *Heat map*, B) Painel de controlo e C) *Line chart*. O *heat map* permite descobrir o padrão geral, o painel de controlo dispõe de opções e critérios para agregação e classificação, e o *line chart* mostra a distribuição dos valores ao longo do tempo. As tarefas de redução que ocorrem no painel de controlo, seguem uma abordagem de seleccionar formas de representar uma dada dimensão, dentro do espaço disponível, através de propriedades como: 1) cor, 2) tamanho, 3) largura ou 4) *glyphs*. A cor pode representar o valor de uma célula, e a sua posição informar acerca do tempo. O painel com os *line charts* permite o *drag and drop* das linhas, e existe ainda a opção de aplicar *zoom* ou *drill down* aos dados, individualmente.

Quando nos referimos a **dados de séries temporais de múltiplas dimensões**, geralmente existem dois aspetos a ter em consideração. Um deles é mostrar uma ascensão ou queda dos dados em que estamos interessados, o outro é avançar *breakdowns*, desagregações, em maior detalhe. Os *stream graphs* são mais uma técnica capaz de representar bem este tipo de dados em reduzidos espaços. Seguem a filosofia de "*focus plus context*" e ao possuírem valores distribuídos em torno de uma base de referência central, apresentam as alterações nos dados ao longo do tempo, mantendo o contexto de visualização.

Enquanto os *Heat maps* mostram essas alterações através da variação da opacidade da cor das suas células, os *Stream graphs* utilizam a variação da espessura das suas camadas. O histórico geral de tendências surge de forma clara, no entanto estes gráficos não permitem identificar as relações entre os seus *items* de forma individual, contrariamente aos *Heat maps* que mostram os detalhes de padrões de *items* específicos, mas que dificultam a análise da variação global.

O **Heat Map Scope** [21] surge como um sistema que combina as duas técnicas anteriores - Fig.2.7(a) - cuja ideia é aplicar *heat maps* a pequenas partes de *stream graphs* - Fig.2.7(b) - mantendo a continuidade visual enquanto se absorve a informação. Observa-se o desdobramento de tais partes em várias células, constituindo um *heat map*, e existe uma fase intermédia, entre a visualização inicial e a transformação, que permite visualizar a variação dos padrões temporais e a definição de tendências. Cada *item* tem um identificador único utilizado para determinar a sua posição e assim calcular a espessura da camada do *stream graph*, a cada instante, construindo-se assim o caminho do fluxo - Fig.2.7(c).

Uma grande vantagem deste tipo de gráfico é que necessita apenas de um *layout*. Os *heat maps* podem ser abertos e fechados dinamicamente, permitindo recuperar a atenção para a informação global dos *stream graphs*. Características que fazem do *Heat Map Scope* um bom sistema para **passar entre vários níveis de detalhe**, sem necessidade de mudança de ecrã.



**Figura 2.7:** *Heat Map Scope Views* [21].

Na sequência da vantagem anterior, olhar para os dados como um único conjunto de valores, é algo que se faz frequentemente, no entanto, pode surgir a necessidade de **comparar valores de diferentes data sets**. O **Face to Face** [22] é um sistema que resultou do estudo de *designs* para comparações visuais de diferentes *data sets*, baseados em medidas quantificáveis em vez de apenas em raciocínio intuitivo. Definiram-se duas tarefas de simulação entre duas séries de dados. A primeira para encontrar valores únicos que mudaram, e a segunda para observar de semelhanças entre dois *data sets*. Ambas foram embebidas num conjunto de estímulos, através de três tipos de gráficos - Fig.2.8(a) - que por sua vez foram explorados em cinco tipos de *layouts* - Fig.2.8(b). Os três primeiros associados a raciocínio intuitivo, e os dois últimos menos comuns, podendo aumentar a sensibilidade do sistema ao movimento.

Para medir o grau de precisão, avaliou-se o impacto de três fatores perceptuais na realização das duas tarefas: 1) Co-Localização, 2) Simetria e 3) Mudança de Posição. Concluiu-se que o alto desempenho apresentado em gráficos animados é limitado ao número de animações que conseguem ser corretamente percebidas pelo ser humano, em simultâneo. Por exemplo, o *layout* de *Mirrored* ao ter como objetivo fazer um efeito de espelho, está limitado a exatamente dois *data sets* de cada vez.

Desta forma não é um sistema escalável para maiores quantidades, o que faz deste estudo uma **contribuição para casos pontuais de avaliação de um *design* e tarefas específicas.**

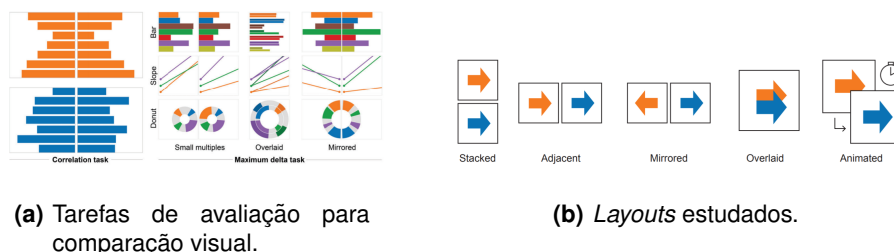


Figura 2.8: Face To Face [22].

As contribuições referidas beneficiariam se fossem capazes de **automatizar a realização de algumas tarefas.** Em 2016, surgiu a oportunidade de combinar duas técnicas já apresentadas, *Scatter plots* e *Parallel Coordinates Plots* (PCPs), a qual mais tarde sofreu uma ligeira automatização.

O **Hidden** [23] é um método que permite selecionar num *scatter plot* pares de variáveis multidimensionais, mostrando as correlações e distribuições entre elas em PCPs. Com o objetivo de restringir a visualização apenas a informação relevante e fácil de compreender, foi criada uma extensão a este método [24], que propõe a automatização da seleção dos pontos, através da aplicação de duas *features* nos *scatter plots* que recomendam pares de variáveis semelhantes aos pares de um *scatter plot* de referência, o que cria a tal automatização. A primeira calcula a monotonicidade: um valor alto pode-se representar apenas por um PCP, e um valor baixo precisa de um *scatter plot*. A segunda verifica a *thinness* de uma nuvem de pontos num *scatter plot*: apenas se a distribuição apresentar um valor *thin* alto é que é necessário visualizar as variáveis em *scatter plots*.

Ao intercalar entre PCPs e *scatter plots*, esta extensão visa resolver a limitação de eficácia dos PCPs, com determinados tipos de variáveis, tornando também a visualização mais interessante. No entanto, devido à grande vantagem dos PCPs de serem capazes de apresentar muitas dimensões num único ecrã, este método apenas recorre a *scatter plots* nos casos em que os PCPs não sejam eficazes.

Outra solução direcionada também a **automatizar tarefas de visualização**, é o **DeepEye** [25]. Um sistema de visualização automática de dados que faz face a três desafios: 1) Verifica qual a melhor visualização para um *data set*, 2) Procura o espaço importante a visualizar dentro de um *data set*, e 3) Obtém respostas rápidas de visualização. Para a escolha da visualização, o sistema procura compreender e adivinhar a perceção humana. O espaço relevante é encontrado através de operações de transformação aos dados, e estes são monitorizados dinamicamente com recurso a aplicações específicas, garantido assim a rapidez de resposta. Apesar da sua flexibilidade e adaptabilidade, o desempenho deste sistema diminui significativamente com um aumento, em grande escala, da quantidade de dados a representar, pelo que ainda não está totalmente preparado para lidar com *Big Data*.



## 2.2 Visualização de dados em *Streaming*

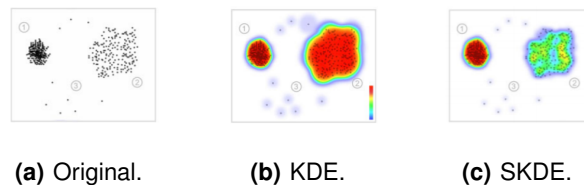
A informação disponível para visualizar nem sempre se baseia em dados estáticos, existem sistemas que os recebem de forma contínua ao longo de períodos de tempo, vindos de múltiplas fontes, em grandes quantidades e velocidades. A esta transmissão de dados, chamamos de *streaming*, e tal significa que também as suas visualizações precisam de estar em constante mudança e atualização. Pelo facto de o mundo evoluir a cada segundo, especialmente a nível digital, representar dados em *streaming* é algo cada vez mais útil e necessário. Aplica-se à maioria das indústrias das quais dependemos e a muitos casos de *Big Data*, pelo que é essencial estudar bons sistemas de transmissão em *streaming*.

O I<sup>2</sup> [26] é um ambiente de desenvolvimento interativo que gere aplicações de *clusters* para dados em *streaming* e para as respetivas visualizações. O seu nome faz referência ao **suporte de dois tipos de interação**: Interação através de alterações de código e Interação através da interface do sistema. Este sistema reúne três importantes funcionalidades: 1) rápido desenvolvimento e *deployment* das aplicações, 2) adaptação automática das visualizações ao espaço disponível e 3) redução eficiente dos dados de modo a evitar a sobrecarga do *front-end* e *back-end* da visualização. Tal é conseguido através da integração direta dos dados nas aplicações, estabelecendo-se a ligação entre programas de análise de dados distribuídos e resultados das visualizações. A redução da carga de trabalho deve-se ao facto de o sistema apenas processar e transferir dados que estão a ser visualizados no instante atual, com recurso à agregação M4 [27]. O I<sup>2</sup> demonstra ser possível explorar dados interativamente mesmo quando estes se encontram em constante mudança, sem necessidade de reiniciar a visualização.

Outra abordagem para representar dados em *streaming* assume a tarefa de visualização como um problema de estimação de densidades e de criação de interpolações suaves entre pares de *frames*. A ***StreamMap*** [28] é uma *framework* que produz padrões fáceis de observar e avaliar, permitindo a **visualização, exploração e interação com pontos de *Big Data Streaming***. Ofereceu três relevantes contribuições à área de *streaming*: 1) SKDE - *Super Kernel Density Estimation* - Fig.2.9 - 2) Algoritmo de Densidade *Morphing*, e 3) *Design* de Representação de Tendências.

A primeira tem o objetivo de contornar o frequente problema de *overlapping*, criando agregações de pontos para atingir a estimação de densidade numa dada região. A segunda **evita mudanças abruptas na visualização**, gerando *frames* intermédias de um par de *frames*. Por fim, a terceira ajuda na tarefa de **identificar tendências**, ao mostrar a direção de movimento dos pontos, através de campos vetoriais.

Após prova de conceitos, concluiu-se que o *StreamMap* atinge uma maior eficácia em relação à que se consegue com métodos tradicionais, no entanto, o SKDE pode não ser capaz de garantir boas precisões de valores a tempo inteiro, devido à estimação de banda larga que tem de ser feita.

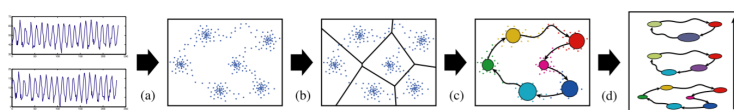


**Figura 2.9:** Método de estimação utilizado pelo *StreamMap* [28].

Algo que deve garantir tais precisões são os sistemas de *Streams* Sociais, pois ao constituírem uma das maiores fontes de informação do mundo, necessitam de fortes monitorizações. Uma solução que torna a análise visual mais simples, permitindo **tracking e comparação de streams**, é a **StreamExplorer** [29]. Esta *framework* dispõe de dois métodos: 1) detetor *online* de períodos de tempo importantes (*subevents*), caracterizados por um grande volume de *tweets*, e 2) GPU-Assisted SOM que constrói grupos com os *tweets* incluídos nos *subevents*, extraíndo os tópicos que estes abrangem.

A visualização permite comparar os *Streams* Sociais a três níveis. 1) *overview* dos movimentos, 2) mapa de resumo de tópicos abordados, e 3) opção de diferentes pontos de vista. O utilizador pode escolher múltiplos *subevents* e criar vários mapas com eles, ou visualizar um *subevent* num único mapa e utilizá-lo como filtro para gerar os restantes. Com a definição destes níveis, maximizam-se vantagens, mas ignoram-se desvantagens, ao utilizar métodos dispendiosos e negativos para o desempenho do sistema. O GPU-Assisted SOM aciona um sistema de visualização que não necessita da intervenção do utilizador a tempo inteiro, no entanto é um processo muito moroso.

Uma ferramenta interativa com bons desempenhos na visualização, exploração e interpretação de grandes *data sets* é a **StreamStory** [30]. O seu principal objetivo é **identificar comportamentos recorrentes, ou periódicos, em séries temporais**, devido ao facto dos padrões mais interessantes apresentarem, geralmente, esse comportamento. A ideia é abstrair os conceitos em estados, e o caminho realizado por eles em transições, representando a informação sob a forma de diagramas de estados. O sistema suporta três tarefas: 1) identificar os principais estados de um sistema complexo e mapeá-los de volta aos seus conceitos específicos de dados, 2) encontrar comportamentos periódicos de alto-nível e longo prazo, e 3) percorrer as escalas para identificar as que exibem fenómenos mais interessantes. Os estados são construídos através de *clustering* - Fig.2.10 - o mapeamento é realizado com recurso a técnicas de estatística e de *machine learning*, e as dinâmicas temporais são modeladas como transições entre estados.



**Figura 2.10:** Metodologia do *StreamStory* [30].

A interface da *StreamStory*<sup>2</sup> permite visualizar, a uma única escala, um gráfico aumentado por múltiplas vistas que fazem o mapeamento referido, e ajudam a interpretar os estados e padrões. As abstrações direcionam-na a utilizadores não-peritos em análise de dados, sendo o número de parâmetros a configurar muito reduzido e existindo a opção de automatizar as sugestões de possíveis interpretações. A discretização em estados tem como desvantagem a perda de informação associada aos dados, o que pode ser contornado com uma análise individual aos estados. Existe ainda uma hierarquia de representações que permite encontrar padrões em diferentes escalas, uma vez que uma mudança de escala influencia sempre os comportamentos. Concluiu-se que o desempenho depende bastante do número de estados iniciais.

Recentemente foi desenvolvido o *VisMillion* [31], um trabalho que contribui para melhorar a limitação entre **desempenho e quantidade de dados visualizados em Streaming**. Trata-se de um sistema que utiliza o conceito de "Degradação Graciosa", agregando a informação à medida que esta vai tomando um lugar mais antigo na visualização, sendo assim adequado para **dados de séries temporais**.

A visualização - Fig.2.11 - é composta por um conjunto de três módulos de idiomas diferentes (*Scatter plot*, *Stream graph* e *Bar chart*), posicionados lado a lado, que correspondem a diferentes intervalos de tempo contíguos e que abrangem uma larga gama de valores a passar de módulo para módulo. Quanto mais antigo for um valor no sistema, menor é o nível de detalhe com o qual pode ser visto. Os dados mais recentes chegam ao *scatter plot*, passam pelo *stream graph*, e quando já são antigos no sistema atingem o *bar chart*. Existe ainda uma zona da visualização destinada a *outliers*, em cima das três representações principais. Uma vez que o nível de detalhe varia entre módulos, cada um deles utiliza uma técnica diferente de agregação e de processamento, o que permite gerir a memória ocupada pela informação, de acordo com o seu grau de importância, e guardar espaço para que o sistema seja escalável. As técnicas foram escolhidas de modo a que a sua combinação possibilitasse uma visualização contínua do fluxo de informação, e facilitasse a sua análise.

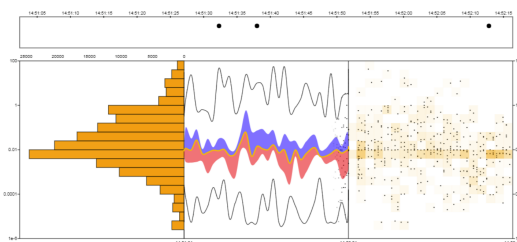


Figura 2.11: Visualização do *VisMillion* [31].

Após um conjunto de testes de usabilidade e desempenho, o sistema mostrou-se cumprir os objetivos definidos, contribuindo para uma eficaz e eficiente **deteção de mudanças, padrões e anomalias na informação recebida**.

<sup>2</sup>StreamStory: disponível em <http://streamstory.ijs.si>, visitado em 26 Dez. 2020

A escalabilidade estende-se à própria visualização, no entanto, o processo de Degradação Graciosa pode significar a perda de alguma informação. Para tal, é dada prioridade à garantia que os dados essenciais são sempre guardados, e é através desta limitação que se consegue manter o contexto do passado, com a condição de dar um maior destaque para o que está a acontecer no presente.

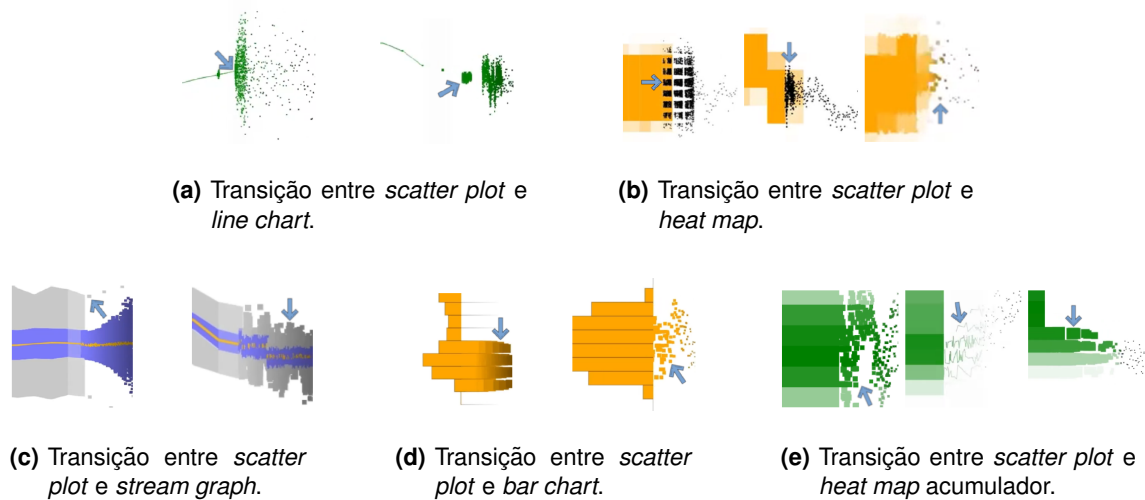
## 2.3 Transições Animadas entre Visualizações

As animações são utilizadas para transmitir sensações ilusivas de movimento, estando geralmente associadas a mudança numa representação visual, ao longo do tempo. Podem ser aplicadas em diversos contextos, mas o seu principal objetivo é facilitar a perceção de tais mudanças, e orientar uma visualização numa certa direção. No contexto de visualização de informação, podem surgir transições animadas entre mudanças de estados, para uma dada funcionalidade específica, ou para mostrar tendências. Em seguida, são apresentados estudos relacionados a este tema, com foco na análise de problemas em sistemas animados, dos quais resultaram contribuições e conclusões relevantes.

Uma abordagem que permite visualização de *Big Data*, visualização de dados em *Streaming* e que, ao mesmo tempo, aplica transições animadas entre as visualizações, resultou de uma continuação do *VisMillion* [31]. Um trabalho que apresenta o primeiro estudo sobre **transições entre duas visualizações contíguas**, com foco em **dados de séries temporais**, e tendo como principal objetivo **manter o contexto entre visualizações**, não comprometendo a compreensão do fluxo dos seus dados [32]. Tal como no *VisMillion* [31], tanto os dados mais recentes como os mais antigos, no sistema, são apresentados no ecrã, no entanto, estes não devem ser identificados como partes independentes, mas sim interligadas. Os novos dados são contextualizados pelos dados mais antigos.

Ao longo do estudo, os autores desenvolveram um conjunto de transições composto por múltiplas alternativas que criassem uma visão única e ininterrupta, a unir diferentes visualizações organizadas lado a lado. O idioma visual escolhido para ponto de partida foi o *scatter plot*, que depois se transforma noutros idiomas visuais - Fig.2.12. Ao utilizar o *scatter plot*, tornou-se possível dispor no ecrã todos os pontos do conjunto de dados, de forma individual, representados na sua forma original. Os restantes idiomas representam os dados de forma agrupada com medidas estatísticas, permitindo, em cada intervalo de tempo, realizar diferentes tipos de análise acerca dos mesmos.

Foram utilizadas técnicas de visualização com contexto temporal: o *line chart* - Fig.2.12(a) - para observar valores médios dos dados, o *heat map* - Fig.2.12(b) - para observar o fluxo/volume dos dados, e o *stream graph* - Fig.2.12(c) - para observar diversas medidas estatísticas e a dispersão dos dados, e ainda, para acumuladores de dados: o *bar chart* - Fig.2.12(d) - em que o comprimento das barras varia com a quantidade de dados que contêm, e o *heat map* acumulador - Fig.2.12(e) - em que a saturação da cor das barras varia com a quantidade de pontos que contêm.



**Figura 2.12:** Exemplo de transições entre pares de idiomas em avaliação. [32]

Após o seu desenvolvimento, foi realizada uma avaliação com utilizadores que permitisse comparar e concluir quais as transições mais atrativas, e eficazes, nas tarefas de compreensão e análise de informação. Para tal, foi pedido aos utilizadores que respondessem a um questionário, do qual faziam parte um conjunto de vídeos e um conjunto de perguntas relacionadas com as tendências e a evolução dos dados, presente nos vídeos. A transição era visualizada através do vídeo, e analisada através das respostas obtidas. No geral, os resultados indicaram que a falta de transição ou um simples desvanecer, *fade*, não são as melhores abordagens para os objetivos deste estudo.

Concluiu-se que as abordagens concebidas para ilustrar a transformação dos dados, através da **animação dos elementos da visualização, são mais apelativas e podem ajudar a orientar o utilizador** para compreender o fluxo e as agregações dos dados, que estão a ser realizadas.

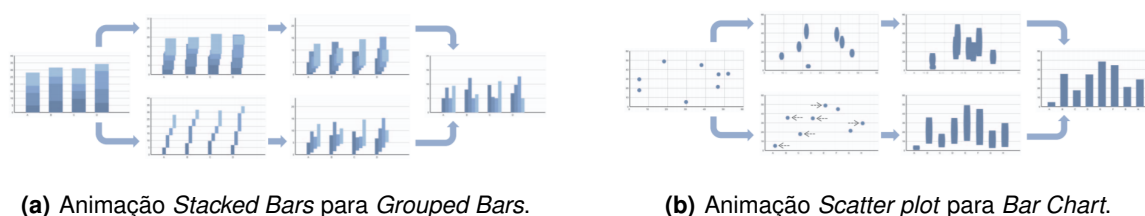
Apesar de ser importante inovar e criar novas técnicas de visualização, que suportem transições suaves, é também essencial manter tal suporte em técnicas tradicionais. Heer e Robertson [10] estudaram a eficácia de aplicar **animação em transições entre gráficos comuns**: *Bar charts*, *Pie Charts*, e *Scatter plots*, tendo estendido os seus modelos teóricos para as incluírem.

No entanto, a extensão pode ter um impacto negativo no seu desempenho, tornando-se necessário uma análise cuidada: 1) de sintaxe, 2) de semântica e 3) pragmática. A investigação baseou-se nas duas primeiras, que são fundamentais à definição formal de um gráfico de dados. A sintaxe é determinada pelo *encoding* das operações que mapeia a descrição semântica de cada elemento, através das suas propriedades visuais. Isto permite modular uma transição entre dois gráficos como um estado de mudança de propriedades. Em transições estáticas, é feita uma substituição total das sintaxes.

Seguindo um conjunto de princípios de *design* e uma taxonomia de tipos de transição, chegou-se à implementação do *DynaVis*, uma *framework* de **visualização com suporte de animações**.

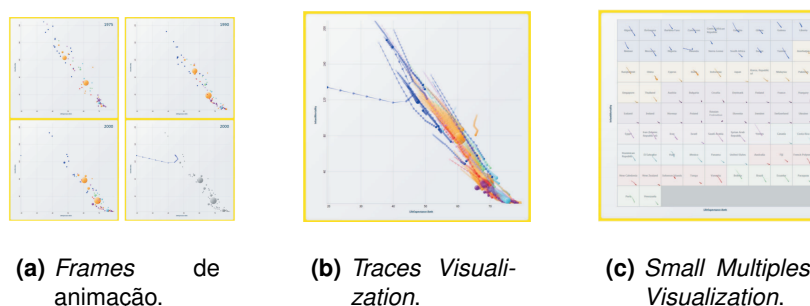
Todas as animações utilizam *Slow-in Slow-out timing* e os testes contaram com duas experiências diferentes: 1) *Object Tracking*, focada na sintaxe e 2) Estimaco de mudana de valores, focada na semântica. Na primeira, os utilizadores seguiam o percurso de dois objetos a transitar de um gráfico para outro e identificavam a sua localizao final. Na segunda, seguiam um nico *target* a transitar e estimavam a percentagem de mudana no seu valor.

No geral, a variao de tamanho elevou a taxa de erro, com exceo da transio *Stacked to Grouped Bars* - Fig.2.13(a). *Staged Animation* obteve a menor média de erros para *Scatter plot* - Fig.2.13(b) - e *Grouped Bars*, sem uma diferena muito significativa em relao  animaco direta. Relativamente a preferências de apresentao, as *Staged* ultrapassam as estticas, no entanto, concluiu-se que no  benéfico complic-las, evitando a ideia agressiva de fazer uma transio *Multi-Stage*.



**Figura 2.13:** Tipos de animao estudados neste estudo. [10]

Sendo as técnicas mais ou menos tradicionais,  essencial analisar **tendências seguidas pelos dados de uma visualizao**. As animaos so muito utilizadas para as realar, no entanto, nem sempre possibilitam a sua análise eficaz. Robertson et al. [33] exploraram o potencial de **análise de tendências**, ao comparar a **eficácia da sua apresentao e da sua análise** em três técnicas: a *Gapminder Trendalyzer*<sup>3</sup>. A *Tendalyzer* usa animaos - Fig.2.14(a) - e as duas outras, propostas pelos autores do estudo, que so estticas: *Traces Visualization* - Fig.2.14(b) com um *Bubble chart* - e *Small Multiples Visualization* - Fig.2.14(c).



**Figura 2.14:** Visualizaos comparadas neste estudo [33].

<sup>3</sup>Gapminder Trendalyzer: disponível em <http://www.gapminder.org>, visitado em 26 Dez. 2020

A proposta que utiliza *Small Multiples* lança o desafio de alterar o *encoding* das bolhas, por estas serem reduzidas a um tamanho muito pequeno. Um dos pontos fracos dos *Small Multiples* é o limite total de pontos que podem representar, antes de ser realizada alguma agregação. Ao serem combinados com animações, complica-se a procura de anomalias na visualização.

O estudo reforçou uma comparação importante: 1) Uma transição pretende manter o contexto, e uma tendência pretende mostrar significado, 2) Uma transição move-se de uma *view* para outra, e uma tendência move-se continuamente na mesma *view*. Surgem assim diferenças relevantes de tempo e complexidade. Os testes com utilizadores mostraram valores de precisão bastante baixos, e tempos de conclusão de tarefas muito mais rápidos na animação para apresentação, do que para análise.

Demonstrou-se, assim, que o **recurso a animações pode ser uma forma pouco eficaz de analisar tendências, mas muito eficaz para as apresentar.**

Depois de identificado um ponto fraco das animações, surge oportunidade de ver qual a sua relação com a popular **ferramenta de zoom**. Em interfaces que suportam *zoom*, as transições animadas são utilizadas para suavizar a mudança entre vistas de diferentes níveis de *zoom*. No entanto, estas também podem ter um impacto negativo no tempo geral de interação.

Com o objetivo de **investigar se as transições de zoom beneficiam do uso da animação**, foi criada uma *zooming interface* onde se realizaram experiências com tarefas espaciais [34]. A animação foi aplicada em vários passos do processo de *zoom*, contribuindo assim para a suavidade entre *zoom-in* e *zoom-out*. As experiências avaliaram quatro tipos de transições, que foram de 1 segundo até 1 milissegundo, de mais lenta até uma imediata (sem transição).

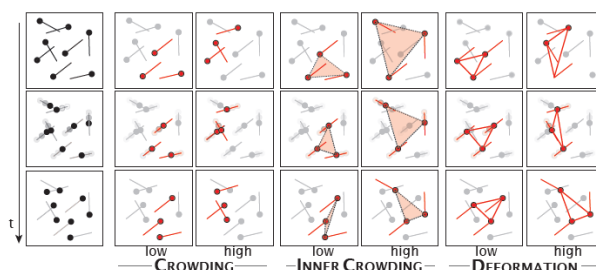
Verificou-se que a precisão na execução das tarefas foi semelhante com e sem transições animadas. No entanto, as **animações mostraram-se duas vezes mais rápidas para a conclusão de tarefas** e com um tempo de processamento menor. Este é um resultado importante para a integração de animações em sistemas que dispõem de *zoom* como ferramenta de exploração.

O *zoom* é algo que, dependendo da forma como é implementado, pode oferecer bastante **movimento** a uma visualização, e apesar de toda a popularidade das animações, estas podem ser difíceis de acompanhar, em especial se existir muito movimento simultâneo. A **distorção temporal em animação** baseia-se em realizar interpolações lineares a cada parâmetro que sofre alterações. A velocidade e duração da animação inteira são controladas por um parâmetro global, existindo várias estratégias para determinar os incrementos a atribuir-lhe. O *Slow-in/Slow-out* (SI/SO) é um *design* que distorce o tempo durante as animações, ajudando a resolver o problema mencionado, no entanto não existem dados que o suportem. Por essa razão, Dragicevic et al. realizaram uma investigação [35] com o grande foco no desempenho de *object tracking*, sob influência de diversas condições e estratégias de distorção temporal: *Constant Rate*, SI/SO, *Fast-in/Fast-out* (FI/FO) e *Adaptive Rate*.

Dada a tarefa de *tracking*, as transições visuais estudadas incluíram apenas movimento de objetos que não modificavam as suas propriedades, durante a transição entre localizações. Para testar partes mais complexas da transição, introduziu-se um *distractor profile*, que capta a evolução da animação no tempo. A animação SI/SO obteve o melhor desempenho de precisão. A *Adaptative Rate revelou-se a mais adequada para transições de alta complexidade*.

Ao utilizar **animações para analisar o tracking dos elementos numa visualização interativa**, uma das decisões a tomar é se a animação é realizada com **staggering**. Ou seja, se existe um atraso incremental nos tempos iniciais de cada objeto em movimento, na visualização, ou se os objetos iniciam o movimento em simultâneo. Defende-se que a utilização destas animações pode ter vantagens, como reduzir a oclusão e a complexidade de uma visualização interativa. No entanto, não existiam evidências empíricas que demonstrassem estas vantagens, surgindo um trabalho de Chevalier et al. [36].

Nesse trabalho, foram corridas simulações, em conjuntos de pontos em movimento aleatório, que confirmaram que, em alguns casos, o *staggering* reduz o *crowding* em transições animadas com nuvens de pontos. Apesar disso, após uma avaliação empírica ao efeito de duas técnicas de *staggering*, nos casos mais favoráveis, concluiu-se que o efeito de introduzir uma animação com *staggering* tem um impacto negativo, em termos de desempenho de tarefas de *multiple object tracking*. Para tal avaliação, foram identificadas três métricas complexas em animações *staggered* – Fig.2.15 - propícias a influenciar a dificuldade do *tracking*.



**Figura 2.15: Ilustração das métricas utilizadas no estudo.** *Crowding* capta interações entre os distratores e os *targets*. *Inner Crowding* capta o número médio de distratores que interseam a *hull* formada pelos *targets*. A deformação capta as variações que ocorrem nos *targets*, ou seja, capta todas deformações instantâneas que ocorrem ao longo da transição [36].

Estas métricas permitiram **aceder à dificuldade de uma tarefa de análise visual**, tendo sido testadas através de tarefas dadas aos utilizadores. Os resultados mostraram pouca evidência em termos dos ganhos em utilizar animações *staggered* para facilitar a compreensão das mudanças na visualização. Concluiu-se que estas animações transmitem uma ilusão de facilidade, e apenas permitem um bom desempenho em tarefas que necessitem de pouca precisão de resposta. Nos casos mais complexos de análise, os utilizadores poderão sentir-se com uma carga muito grande de conteúdo para analisar.



Os potenciais benefícios das transições animadas *staggered* podem ainda ser difíceis de manter a nível de custos. Pode existir uma perda de informação do movimento comum de um grupo, no qual os objetos se deslocam em caminhos semelhantes, e, ainda, uma falha na previsão de quais os objetos que se vão começar a movimentar. Ao dividir a transição em várias etapas, *stages*, prolonga-se também a duração da transição, o que nem sempre é favorável, podendo gerar perdas de contexto.

Continuando a exploração do **impacto do movimento numa visualização**, as **redes dinâmicas** são um exemplo de onde este pode ser algo constante. Os *nodes* e *links* aparecem, desaparecem e re-aparecem com frequência, originando mudanças de mais alto nível na rede. A identificação, *tracking* e compreensão dessas alterações, são três tarefas cognitivamente complexas e exigentes.

A *GraphDiaries* [37] é uma interface visual desenhada para **melhorar o suporte a tarefas de redes dinâmicas**, destacando as mudanças que ocorrem. O seu foco é responder às perguntas: "quando?" (intervalos de tempo), "onde?" (elementos visuais que mudam) e "o quê?" (tipo de mudança). Além destas respostas, a interface pretende oferecer solução a algumas limitações das animações.

As animações, na sua forma mais básica, não transitam entre *time-steps* não-contíguos, e tendem a diminuir com o aumento do número de elementos a mudar. Como solução a tais limitações, este sistema introduz um conjunto de *features* de animações *staged*, navegação temporal não-linear, realça as diferenças, utiliza *small multiples* e adapta a estabilidade do *layout*.

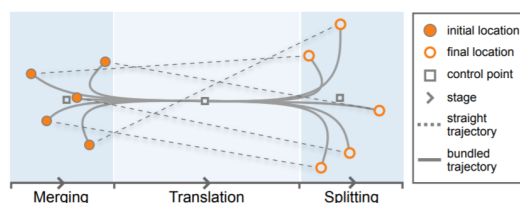
A implementação e o *layout* da interface são independentes, o que permite combinar diferentes *layouts* e transições, para analisar cada mudança na rede. Todos os *layouts* são armazenados em memória, e reutilizados sempre que a navegação retorne a um mesmo *time-step*. As **Animações Staged** podem ser utilizadas com duração ajustável às tarefas. Os testes ao sistema basearam-se em tarefas de exploração de redes dinâmicas. No geral, observou-se que as animações aumentaram o tempo de conclusão das tarefas, no entanto, este foi compensado por uma menor percentagem de erros cometidos. Assim, a perceção das mudanças melhorou, verificando-se a importância de priorizar este tipo de animações em redes densas, ou com mudanças frequentes.

Para perceber mudanças, pode ser importante analisar não apenas as posições iniciais e finais, como também a trajetória entre estas. As transições animadas são capazes de criar trajetórias que funcionam como pistas para as mudanças de local de um objeto, apoiando bastante a tarefa do seu *tracking*. No entanto, se existir sobreposição dos caminhos identificados, ou se o número de objetos for muito elevado, as dificuldades mantêm-se. No âmbito de solucionar tais situações, propôs-se um *design* que troca a animação do movimento de um objeto, pela **animação de um grupo de objetos espacialmente próximos**, que seguem "*Bundled Trajectories*" [38].

O estudo focou-se em **analisar o efeito das trajetórias no tracking de objetos**, surgindo dois desafios principais: 1) construir trajetórias sem orientações que ofereçam um *design* coerente, e 2) perceber trajetórias sem isolamento dos restantes objetos, distribuídos em torno dos que pertencem à trajetória. Este *design* suaviza a agregação de objetos durante uma animação, ao manter as suas localizações iniciais e finais.

Para tal, são usados três pontos de controlo que dividem a transição em três *stages* - Fig.2.16. A complexidade do *tracking* avaliou o comprimento da trajetória e o número de *targets* nela envolvidos, a partir de três métricas: oclusão (quantifica a aglomeração e mede com que frequência os objetos passam próximos uns dos outros) dispersão (mede o quão compactos são uns para os outros) e deformação (avalia a consistência das suas formas).

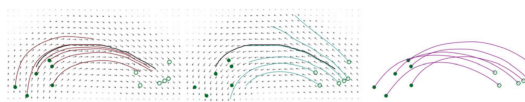
Concluiu-se que as *Bundled Trajectories* melhoram a precisão de *tracking*, à medida que o número de *targets* cresce, ou que a oclusão ou deformação aumentam. Reduzir colisões de movimentos entre diferentes grupos de objetos e mostrar tendências de forma clara, fazem dele uma **boa técnica para tarefas de tracking complexas**. No entanto, tem limitações para as tarefas mais simples, apresentando precisões semelhantes em trajetórias retas e em *bundled* ou quando a dispersão é muito elevada, pois esta tende a tornar os *targets* mais espaçados na *frame* final.



**Figura 2.16:** Representação da trajetória de cinco objetos em movimento em linha reta e *Bundled*, ao longo dos três *stages* da transição [38].

Foi ainda explorado um outro **design de transições animadas para object tracking**, desta vez **aplicável a dados representados em clusters**. Para tal, são utilizados campos vectoriais, que permitem impor restrições à transição como se fossem restrições impostas ao fluxo [39]. Os pontos envolvidos são tratados como partículas que seguem o fluxo, de modo a criar livremente a transição pretendida para um *cluster*.

A técnica proposta utiliza esta abordagem vectorial e recebe como *input* um *cluster* pré-definido, baseado nas posições e direções de movimento dos seus pontos, que percorre três blocos - Fig.2.17. A sua avaliação utilizou as mesmas métricas quantitativas do estudo anterior [38]: oclusão, dispersão e deformação. Trata-se de um *design* que oferece aos utilizadores **flexibilidade para criar e melhorar transições suaves**, permitindo introduzir restrições manuais ou automáticas, com eficácia semelhante. No entanto existem limitações em reduzir o *crowding* para elevadas quantidades de dados.

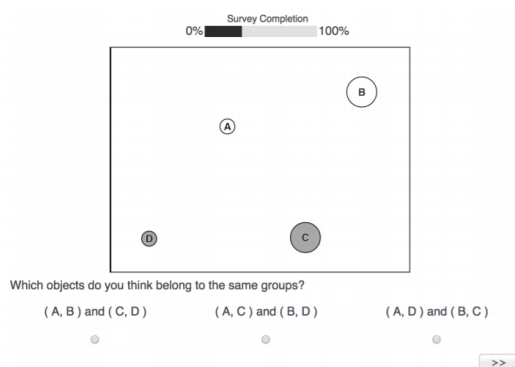


**Figura 2.17: Passos na criação do *Vector Field Design*.** 1) *Path Generation*: caminhos correspondentes ao movimento geral dos dados. 2) *Vector Field Computation*: *paths* são utilizados para gerar os campos vetoriais para cada grupo de pontos. 3) *Point Advection*: cada campo vetorial cria e coordena uma transição [39].

Associado a movimento surge, inevitavelmente, a **velocidade**. *The Law of Common Fate* é um dos princípios para **design de animações visuais**, afirmando que objetos visuais que se movam com a mesma velocidade e direção vão ser percebidos pelos humanos como sendo um grupo.

A. Chalbi et al. [40] investigaram de que forma essa velocidade poderia resultar de coordenar dinamicamente o tamanho e a luminância dos objetos, definindo dois critérios com impacto sobre o *perceptual grouping*: Associatividade e Transições ordenadas. Identificaram-se variáveis que pudessem ser analisadas por ambos os critérios, e de entre nove variáveis identificadas, os estudos focaram-se em três que fossem dinâmicas e ordenáveis: 1) posição, 2) tamanho e 3) luminância.

Realizaram-se experiências de execução de tarefas cujo objetivo era comparar os três fatores visuais estáticos, com os correspondentes fatores visuais dinâmicos. Ou seja: 1.1) velocidade, 2.1) variação de tamanho e 3.1) variação de luminância. Tal permitiu avaliar a força dos fatores individualmente, e em relação aos restantes, através de interfaces experimentais - Fig.2.18.



**Figura 2.18: Interface utilizada para tarefa experimental.** A-B e C-D formam pares de objetos semelhantes em luminância estática. A-D e B-C formam pares de objetos semelhantes em tamanho dinâmico [40].

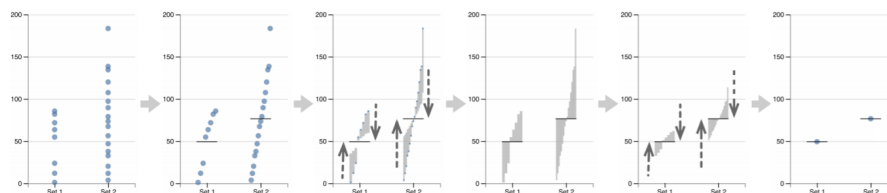
O poder desta lei foi estudado nas decisões tomadas, verificando-se algumas dificuldades na tarefa de criar os agrupamentos, o que provou que o *perceptual grouping*, quando não existe uma variável dominante, mantém-se possível. Para analisar o seu efeito num contexto mais real, foi ainda conduzido um estudo em *Scatter plots* animados para perceber alterações dinâmicas em visualizações de tendências. No geral, os resultados foram positivos, tendo os participantes identificado os padrões com sucesso através das três variáveis dinâmicas.

Confirmou-se que a lei aplica as variáveis dinâmicas de tamanho e luminância, e que pode ser usada para **analisar tendências em cenários de visualizações dinâmicas reais**.

Foram já referidas vantagens de visualizar dados em grupos, e para a mensagem de uma visualização ser compreendida, torna-se também essencial ter conhecimento da agregação que foi, ou está a ser feita aos mesmos. Geralmente, tal informação encontra-se junto aos gráficos mas, dada a sua importância, criaram-se transições animadas que pudessem facilitar a **identificação de um conjunto de operações de agregação**: *count*, *sum*, *max*, *min*, *average*, *median*, *stdev* e *iqr* [41].

O foco passa assim por **reduzir eventuais ambiguidades e aumentar a familiaridade** com elas. Foram aplicadas estratégias específicas às oito operações, criando-se dois *designs* distintos: *Design* Elaborado e *Design* Básico. O primeiro oferece desde logo uma visão completa da operação, o segundo percorre vários *stages* de animação até ao resultado final, tentando acompanhar o modelo mental associado à operação.

Os testes com utilizadores incluíram tarefas de compreensão e de identificação das operações, sendo as *max* e *min* as que obtiveram maior precisão de identificação e as *stdev* e *iqr* menor. A nível de compreensão, provou-se que o “*Design* Elaborado” resulta melhor com as operações *average* - Fig.2.19 - e *median*, ou *stdev* e *iqr*, e pior com o *max* e *min*, beneficiando estas últimas da simplicidade do “*Design* Básico”. Concluiu-se que, apesar dos *designs* com animações terem melhorado a capacidade de identificar corretamente as agregações, os seus tempos de resposta podem ser superiores aos estáticos e o desempenho pode agravar com o aumento do número de pontos na agregação.



**Figura 2.19: Transição animada *Staged* para representar a média aritmética.** Os pontos de dados individuais transformam-se em linhas que representam os seus valores residuais. As linhas residuais colapsam, de forma sincronizada, e as suas partes superior e inferior cancelam-se, de modo a obter a sua média [41].

Analisadas contribuições e estudos sobre transições animadas, surge oportunidade de introduzir um ponto específico de todas as visualizações: o **processo de renderização**. Este deve também ser pensado em termos de eficácia e eficiência, contribuindo para a escalabilidade dos sistemas.

O *FATuM* [8] é uma biblioteca para visualização 2D, focada apenas no **processo de renderização**, oferecendo controlo ao utilizador na visualização final sobre os objetos já renderizados. Esta é capaz de mostrar grandes *data sets*, exclusivamente através de uma única abstração comum a todos os elementos visuais, as “*Marks*”. Surgem transições animadas, entre diferentes estados de visualização, que guardam em *buffers* os estados atual e seguintes da animação de cada *Mark*.

Ao não distinguir a renderização de elementos animados e estáticos, reduz-se a complexidade e garantem-se animações suaves, escalando para elevados números de *Marks*. Utilizar *Marks* implica que os elementos em si não mudem, apenas as suas propriedades, como posição, tamanho, forma, cor, textura, rotação, contorno, ângulos ou recorte interno. Desta forma, não só permite representar uma maior quantidade de informação, como também torna o sistema bastante flexível e adaptável a outros sistemas e técnicas de visualização.

## 2.4 Discussão

As contribuições apresentadas ao longo deste capítulo de Trabalho Relacionado, podem funcionar bem em inúmeros casos específicos, no entanto, nem sempre se aplicam em simultâneo às três áreas, e aos respetivos três objetivos, de representar grandes quantidades de dados, em sistemas de *streaming* e a todos os tipos de transições animadas.

São necessárias técnicas preparadas para gerar visualizações que suportem grandes quantidades de informação, que respondam às necessidades do mundo que está em constante modificação. Necessidades essas que passam, essencialmente, por estar sempre preparadas para representar, e transmitir, qualquer tipo de dado que seja produzido ou alterado, da forma mais adequada, tendo sempre em consideração as características definidas pelos 5Vs [2].

Demonstrou-se que séries temporais são **Tipos de Dados** comuns na **visualização de Big Data** [15, 17, 20, 21, 25], tendo sido apresentadas várias técnicas de visualização adequadas, como *Line charts*, *Bar charts*, *Scatter plots*, *Heat maps*, *Stream graphs* e *Pie charts*. Um resultado favorável ao nosso trabalho, uma vez que as transições a desenvolver são com contexto temporal. Foi analisado um estudo que se destacou pela sua capacidade de representar muita informação num espaço compacto e de forma suave [21], permitindo uma análise facilitada, algo que passa por um dos nossos objetivos.

Em termos do V de **Grande Variedade**, uma boa parte dos sistemas estudados respondem a esta condição, sendo importante a contribuição do *ScrAnViz* [13], não tanto pela sua visualização, mas pelo *software* capaz de converter diferentes tipos de dados para que possam ser visualizados e compreendidos no formato pretendido. Em termos de **Grande Volume**, a maioria dos sistemas analisados permitem receber uma grande quantidade de dados. O *Heat Map Scope* [21] destaca-se pela sua capacidade de representar uma ampla quantidade de informação num espaço compacto, de forma suave e fácil para a sua análise, através da combinação de duas técnicas populares. Uma das principais lacunas encontrada, nos trabalhos explorados, foi em relação ao V de **Grande Velocidade**, pois nenhuma das contribuições se destacou em termos de velocidade, o que pode significar que apesar de representarem grandes quantidades, não o fazem da forma mais eficiente.

Com a visualização de dados multidimensionais, surge também a importância de procurar por

técnicas de **Redução de Dimensionalidade**, controlando a informação que vai sendo exposta, e evitando que se perca o contexto geral. Uma vez que é fundamental que tal redução não implique perdas de dados relevantes, os sistemas tentam recorrer a métodos de agregação e simplificação, e, ao mesmo tempo, a métodos que adaptem a informação ao espaço disponível para a visualizar. Alguns dos estudos analisados dispõem de técnicas para atingir este fim [14, 17, 20], no entanto, a maioria deles ainda têm essa lacuna, que é um ponto importante de ser trabalhado.

A **Tabela 2.1** reúne e analisa, de acordo com um conjunto de critérios, o conteúdo essencial de cada contribuição apresentada, no âmbito desta área de estudo. A sua última coluna oferece uma visão global das **Técnicas de Visualização** que se mostraram adequadas para *Big Data*.

**Tabela 2.1:** Comparação das contribuições apresentadas para Visualização de Big Data

Contribuições	Tipos de Dados	Grande Volume	Grande Velocidade	Grande Variedade	Redução de Dimensionalidade	Técnicas de Visualização
<b>Sankey Diagrams</b> [12]	Fluxo Quantitativo	x				<i>Sankey Diagrams</i>
<b>ScrAnViz</b> [13]	Não estruturados			x		<i>Autochart</i>
<b>Mosaic Matrix</b> [14]	Catagóricos	x			x	<i>Mosaic Plot</i>
<b>LiveRAC</b> [15]	Séries Temporais	x				<i>Line charts, Bar charts</i>
<b>Rolling the Dice</b> [17]	Séries Temporais	x			x	<i>Scatter plots</i>
<b>FlowVizMenu</b> [18]	Dados de rede			x		<i>Scatter plots, PCPs</i>
<b>RBPCP</b> [19]	Multidimensional de alta dimensão	x		x		<i>PCPs</i>
<b>MTDES</b> [20]	Séries Temporais	x			x	<i>Heat maps, Line charts</i>
<b>Heat Map Scope</b> [21]	Séries Temporais	x				<i>Heat maps, Stream graphs</i>
<b>Face to Face</b> [22]	Entre diferentes conjuntos de dados			x		<i>Bar Charts, Slope Charts, Donut Charts</i>
<b>Hidden</b> [24]	Multidimensionais	x				<i>Scatter plots, PCPs</i>
<b>DeepEye</b> [25]	Catagóricos, Numéricos, Séries Temporais			x		<i>Line charts, Bar charts, Pie Charts, Scatter plots</i>

A quantidade de dados a visualizar, em muitos casos, não só é de larga escala, como chega ao utilizador de forma contínua, sem paragens (*streaming data*). A análise destas contribuições foi apoiada também por um conjunto de critérios - **Tabela 2.2**. Também para *Big Data Streaming*, os **Tipos de Dados** mais populares foram as séries temporais [26, 28–31].

Ao tentar conciliar grandes quantidades com receção contínua, e em alguns casos com tempo real, surge novamente como prioridade avaliar se os sistemas possuem técnicas de **Redução de Dimensionalidade**, encontrada nos cinco sistemas estudados [26, 29–31]. Sendo a informação recebida em pequenos intervalos de tempo, se a visualização escolhida não for a adequada, esta não será capaz de mostrar os dados eficientemente. Por esta razão, um dos critérios de análise garantiu foco nas **Técnicas de Visualização**. Surgiram alternativas na base das mais populares, como os *Line charts* [26, 29], *Bar charts* [30, 31] ou *Scatter plots* [31].

Uma estratégia que deve ser tomada em consideração para representar *Big Data Streaming* é a **Interatividade**, algo frequentemente associado a melhorar e facilitar a compreensão de visualização, por manter uma relação ativa do utilizador com os elementos visuais. Todos os sistemas explorados dispõem de ferramentas interativas [26, 29–31].

Apesar de existirem algumas opções de sistemas para lidar com dados em *streaming*, as limitações que os pontos anteriores referidos podem apresentar para grandes quantidades de dados, dificultam ainda muitas vezes o seu desempenho com *Big Data*, sendo o **VisMillion** [31] uma das mais recentes contribuições nessa direção de eficiência. A **Tabela 2.2** reúne e analisa, de acordo com um conjunto de critérios, o conteúdo essencial de cada contribuição apresentada, no âmbito desta área de estudo.

**Tabela 2.2:** Comparação das contribuições para Streaming Data.

Contribuições	Tipos de Dados	Redução de Dimensionalidade	Técnicas de Visualização	Interatividade
I <sup>2</sup> [26]	Séries Temporais	x	<i>Time Series Plots, Line charts</i>	1- Code changes 2- Interactive visualization
StreamMap [28]	Natureza de fluxo	x	<i>Density Map</i>	<i>Interactive cluster viewing design</i>
StreamExplorer [29]	Séries Temporais Dinâmicas	x	<i>Timeline, Line charts, Trees</i>	<i>Interactive lenses</i>
StreamStory [30]	Séries Temporais Multivariadas	x	<i>Bar charts</i>	<i>Fully Interactive Tool</i>
VisMillion [31]	Séries Temporais	x	<i>Scatter plots, Stream graphs, Bar charts</i>	<i>Mouse hover</i>

Na **animação de transições**, através de interpolações lineares é possível distorcer o tempo de uma animação, o que facilita o seu acompanhamento por parte do utilizador. Este é um resultado positivo, no entanto, tanto o *zoom* [34] como outros tipos de movimentos explorados, neste âmbito, podem ser bastante distrativos durante a análise. Uma das formas que se revelou mais popular para análise de movimento numa visualização é o recurso a *Object Tracking* [10, 35–39]. Ao animar trajetórias de objetos os seus comportamentos podem ficar mais evidenciados e fáceis de compreender, sem perdas de contexto, se estas forem transições suaves.

Por outro lado, um estudo demonstrou que recorrer a animações pode ser uma forma pouco eficaz de analisar tendências, mas muito eficaz para as apresentar [33]. Ou seja, se o objetivo passar por oferecer ao utilizador uma boa interface para análise de informação, relativa aos dados, utilizar animação pode ser um risco, se esta não for bem pensada e executada. Para desenhar qualquer animação podemos ter em conta uma lei que constitui um dos princípios de *design* de animação visual, a qual Chabli et al. aplicaram para análise de tendências em cenários de visualizações dinâmicas reais, a lei de *Common Fate* [40]. Se eventualmente puderem surgir ambiguidades com o tipo de gráficos usados, existe ainda um estudo que criou *designs* de animação direcionados a facilitar a identificação de um conjunto de operações de agregação de dados, como o mínimo, média ou mediana [41], que estão entre os que iremos estudar no nosso trabalho.

A **Tabela 2.3** reúne e analisa, de acordo com um conjunto de critérios, o conteúdo essencial de cada contribuição apresentada, no âmbito desta área de estudo.

**Tabela 2.3:** Comparação das contribuições para Transições Animadas entre Visualizações.

Estudo	Visualizações Usadas	Object Tracking	Staged Animations	Técnicas de Transições Animadas
<b>Contiguous Visualizations [32]</b>	<i>Scatter plots, Line charts, Heat maps, Stream graphs, Bar charts, Heat maps acumuladores</i>			x
<b>Statistical Data Graphics [10]</b>	<i>Bar Charts, Pie Charts, Scatter plots</i>	x	x	<i>SI/SO, Timestep Scatter plot</i>
<b>Trend Visualization [33]</b>	<i>Bubble Charts, Small Multiples</i>			
<b>Zooming Interfaces [34]</b>				<i>Non-Linear Paths</i>
<b>Temporal Distortion [35]</b>	<i>Graphical User Interfaces</i>	x		<i>SI/SO, FI/FO, Adaptative Rate, Constant Rate</i>
<b>The Not-so-Staggering Effect [36]</b>	<i>Scatter plots</i>	x	x	<i>Staggering</i>
<b>Dynamic Networks [37]</b>	<i>Node-Link Diagram</i>	x	x	<i>Staged, Ad-hoc</i>
<b>Trajectory Bundling [38]</b>	<i>Target dots Visualization</i>	x	<i>Merging, Translation, Splitting</i>	
<b>Vector Field Design [39]</b>	<i>Interface with non-linear paths</i>	x		<i>Vector Fields Design</i>
<b>Common Fate [40]</b>	<i>Scatter plots</i>			<i>Bundling Trajectories</i>
<b>Aggregate Operations [41]</b>	<i>Bar charts, Line charts, Scatter plots, Dot Plots, Box plots, Histograms</i>		x	<i>Staging, Axis Scales, Staggering</i>
<b>Rendering Process [8]</b>	<i>Node-Links, Histograms</i>			<i>Multi-Buffers</i>

Concluiu-se, em especial, que é importante existir um maior foco de trabalho em formas de ilustrar todas as alterações no mundo e como elas se podem analisar, sem se perder contexto ou dados relevantes, e evitando lidar com alterações bruscas ou distrativas para o utilizador. A partir desta análise de trabalho relacionado, seguiu-se uma investigação dirigida ao foco apresentado, explorando formas de efetuar transições entre o antes e o depois da informação. Foi dada continuação a um dos estudos em particular, o qual tratava de transições animadas, tal como pretendemos, mas que apenas estudou transições horizontais [32]. Esta continuação está detalhada no próximo capítulo. Acima de tudo, pretendeu-se facilitar a tarefa de análise e compreensão de informação em *Big Data Streaming* e contribuir para aproveitar, ou aprofundar, ideias de alguns dos estudos aqui apresentados.



# 3

## Transições entre Idiomas Visuais

Neste capítulo é explicada, em detalhe, a forma como as transições verticais foram criadas. Primeiro são apresentados todos os conceitos e elementos necessários para o seu desenvolvimento, e depois é feita a descrição do seu processo criativo das transições, de forma individual e justificada.

### 3.1 Elementos das Transições

Foi realizado um estudo de técnicas e estratégias de transições animadas entre diferentes idiomas visuais. Este teve por base a premissa de que a estrutura da informação pode mudar em tempo real, e que estas mudanças têm de ser suaves para quem as visualiza. Cada transição realiza a passagem entre dois idiomas visuais diferentes, dentro de um mesmo momento temporal. Cada idioma visual surge com o propósito de mostrar uma dada informação relativa aos dados que representa. Estes dados encontram-se sempre agrupados, de acordo com a medida estatística aplicada em cada idioma.

Após a sua criação, foram desenvolvidos vídeos que mostravam mudanças significativas nos dados de forma não disruptiva, acompanhadas pelas várias transições. Estes vídeos utilizaram-se nos testes com utilizadores, um processo detalhado no capítulo seguinte.

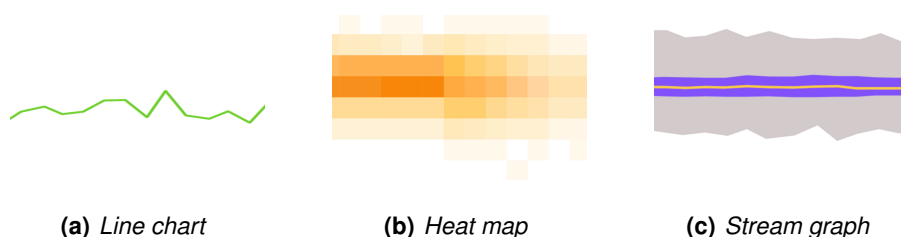
#### 3.1.1 Idiomas Visuais

Como representações utilizaram-se três técnicas de visualização - Fig.3.1 - detalhadas de seguida. Dado o facto da cor ser um aspeto importante para um melhor reconhecimento dos elementos que constituem uma visualização [42], cada idioma será identificado por uma cor própria. Desta forma, é também possível flexibilizar a sua utilização e aplicação em diferentes contextos, independentemente do tipo de transição em que são inseridos, conseguindo-se idiomas visuais generalizáveis. A escolha destas cores manteve-se a mesma realizada no *VisMillion* [31, 32].

**Line chart**, Fig. 3.1(a): Une um conjunto de pontos formando uma linha. Este idioma torna-se adequado para identificação de tendências ascendentes e descendentes, permitindo a análise do comportamento e mudanças da informação, em determinados períodos de tempo. A linha resultante ilustrará as médias dos pontos em cada um desses intervalos de tempo.

**Heat map**, Fig. 3.1(b): Organiza a informação numa matriz colorida, cujas cores refletem diferentes relações entre o valor dos dados e o intervalo de tempo em que se encontram. É útil para analisar padrões, mudança de gama de valores e correlações em cada intervalo. O seu código de cores estará associado a uma escala de diferentes tonalidades, cuja intensidade aumenta com a densidade de pontos que agrega.

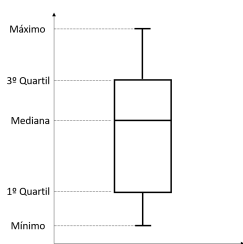
**Stream graph**, Fig.3.1(c): Um idioma no qual os pontos estão em torno de uma *baseline* central, em vez de dispostos num referencial de eixos. Ao representar o volume de dados de forma fluída ao longo do tempo, é adequado para visualizar dispersão e fornece informações de medidas estatísticas, limitando-os entre o seu valor mínimo e máximo, e obtendo os valores dos respetivos quartis e mediana, com as linhas interiores.



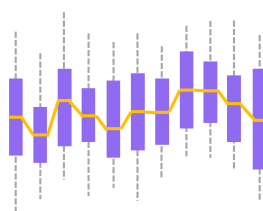
**Figura 3.1:** Idiomas Visuais utilizados no estudo.

O *Stream graph* foi inspirado no conceito de uma *Box plot* [43] - Fig. 3.2(a) - uma técnica que representa a variação de dados observados de uma variável numérica, por meio de quartis. Estes são apresentados sob a forma de caixas retangulares com um segmento a dividi-las em duas partes, estando este a representar a mediana dos dados. O espaçamento entre a extremidade inferior e superior do retângulo indica a dispersão, ou variabilidade, do conjunto de dados, permitindo representar os valores mínimos e máximos. Analisar uma *Box plot* tem como principal vantagem conseguir representar a distribuição de um conjunto de dados, e assim permitir comparações de tal distribuição ao longo de diferentes intervalos temporais, o que é útil para identificar assimetrias ou variações.

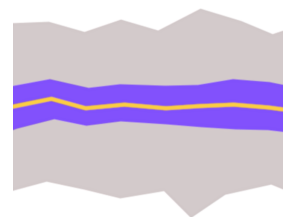
O *Stream graph* criado neste estudo resulta da junção de muitos *Box plots* - Fig. 3.2(b). Ou seja, permite a mesma análise estatística, que seria realizada por cada *Box plot*, mas num espaço mais discreto. Os valores dos mínimos, dos máximos, da mediana e de dois quartis são unidos através de uma linha, resultando em 5 linhas. Através da Fig. 3.2(c) é possível visualizar uma área cinzenta que é delimitada pelos valores mínimos e máximos, uma área violeta que é delimitada pelos valores do primeiro e terceiro quartis, e no centro existe uma linha a amarelo que representa as medianas.



(a) Estrutura da técnica de visualização *Box plot*.



(b) Conjunto de *Box plots* para aplicar a um *Stream graph*.



(c) Exemplo do idioma *Stream graph*.

**Figura 3.2:** Estrutura da técnica utilizada para criar o idioma visual *Stream graph*.

### 3.1.2 Informação a observar na Visualização

Apresentados os idiomas visuais onde serão aplicadas transições a serem estudadas, serão agora definidas quais as tarefas, de análise ou observação, que melhor se poderão adequar, e de que forma se tornam eficazes.

**Dispersão:** O *Stream graph* ao dispor os valores em torno de uma *baseline* central, permite observar a dispersão dos dados, ou seja a sua variabilidade.

**Fluxo/Volume:** O *Heat map* é útil para analisar o fluxo e volume de dados, uma vez que o seu código de cores está associado a uma escala de diferentes tonalidades, cuja intensidade aumenta com a densidade de pontos que contém. Em cada intervalo de tempo, é possível observar os diferentes volumes de dados.

**Medidas estatísticas de tendência central:** O *Stream graph* limita os dados entre o seu valor mínimo e máximo, e obtém os respetivos quartis e mediana, tornando a observação da dispersão, ou variabilidade, dos seus dados mais confiável.

**Mudança de gamas de valores:** O *Heat map* ao variar a tonalidade da cor das suas células, conforme a quantidade de dados que agregam, consegue ilustrar situações em que os dados mudem de gama de valores. Podendo colorir células da matriz isoladas das restantes.

**Padrões:** O *Heat map* ao mostrar fluxo/volume e mudanças de gamas de valores dos dados, pode ser um bom idioma para observar e analisar padrões existentes em cada intervalo de valores específico. Por outro lado, se pretendermos obter padrões mais gerais de toda a informação, o *Stream graph* ao representar os dados em formato de *flow*, dará também a possibilidade de os identificar.

**Tendências ascendentes e descendentes:** O *Line chart* revela-se a melhor opção para identificação de tendências ascendentes e descendentes, pois o desenho da sua linha ilustrará as médias dos pontos em cada um dos intervalos de tempo, em que foram agregados, com uma noção de continuidade.

Existem outros idiomas visuais que poderiam ser utilizados para cada uma das tarefas, no entanto, quando analisados e comparados, estes foram os que se destacaram. Para chegarmos a esta conclusão, foi realizado um levantamento dos idiomas visuais candidatos a representar os nossos dados, analisando se iriam acrescentar algo a estes três idiomas visuais, ou se iam ajudar no nosso objetivo:

*Scatter chart*: Representa os dados no seu formato original, e pretendemos agregações.

*Bubble chart*: Tem um formato de agrupamento pouco adequado à nossa quantidade de dados.

*Area chart*: Representa o valor dos dados num único instante, e não ao longo do tempo.

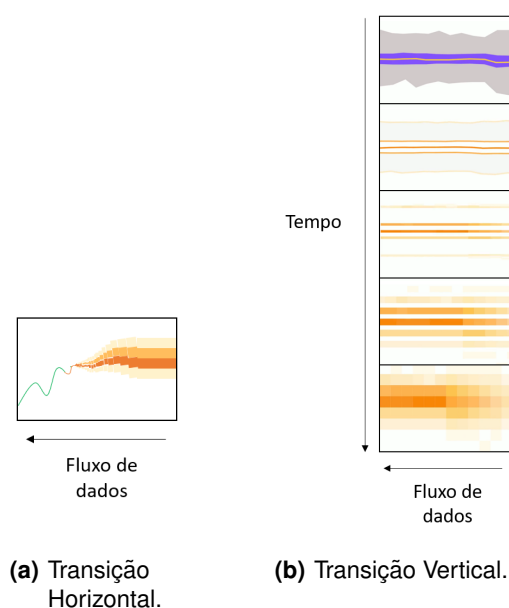
*Span Chart*: É um *Stream graph*, com a diferença de ser constituído por intervalos discretos.

### 3.1.3 Transição entre Idiomas visuais

O estudo das técnicas de transição entre diferentes idiomas visuais focou-se na criação e avaliação de **Transições Verticais** com contexto temporal.

Transições verticais surgem em momentos de mudança da natureza dos dados ou dos agrupamentos e agregações que estes sofrem. São úteis quando se pretende **observar outra informação** ou **realizar outra tarefa de visualização**. Ou seja, situações em que se torna necessário mudar o idioma visual que estava a ser utilizado, para um idioma que se ajuste melhor à nova informação ou tarefa.

Se uma visualização for composta por informação pertencente a períodos temporais diferentes, as transições horizontais são aquelas que tratam da passagem do idioma visual de um período temporal, para o do período temporal seguinte - Fig.3.3(a). Por outro lado, as transições verticais acontecem quando os idiomas visuais mudam dentro de um mesmo período temporal - Fig.3.3(b).



**Figura 3.3:** Ilustração dos conceitos de transição horizontal e transição vertical.

### 3.1.4 Conceitos aplicados às transições

Para a mudança ser o mais compreensível e imediata possível para o utilizador, foi criado um conjunto de alternativas de transições, que pretendem evitar choques visuais, distrações e perdas de contextos.

Com um foco criativo, para cada caso de estudo, algumas das transições foram desenvolvidas com base em diferentes categorias de uma árvore de conceitos - Fig.3.4.

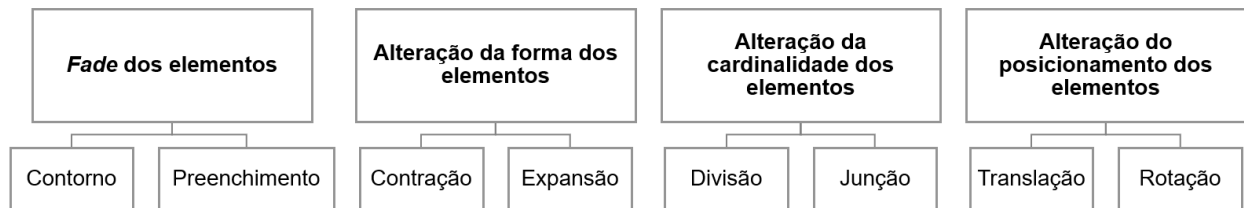


Figura 3.4: Árvore de conceitos.

Além do tradicional desvanecimento (*fade*) na passagem de um idioma para o outro, existe o *fade* parcial em que se pode realizar um desvanecimento do contorno ou do preenchimento dos diversos elementos, separadamente. O segundo conceito é aplicado na forma dos elementos, podendo ser possível contrair ou expandi-los na visualização. A cardinalidade foi considerada ao longo das transições, desenvolvendo conceitos de dividir e juntar os elementos iniciais de modo a construir novos elementos. Por fim, foi ainda aplicada a alteração do posicionamento dos elementos, através da translação ou rotação.

## 3.2 Transições Propostas

Para a criação das transições, recorreu-se aos conceitos da árvore apresentada - Fig.3.4 - os quais são referidos sob a forma de tabelas antes das descrições das técnicas de transição para cada par de idiomas visuais. Existem duas opções comuns a todos os casos, *No Animation* e *Fade*.

A primeira, a *No Animation*, é a técnica de transição que não aplica qualquer tipo de efeito ou animação. Existe uma abrupta mudança de uma visualização para outra, sem ter em consideração aspetos de cor, forma, cardinalidade, posicionamento ou velocidade.

No caso da transição *Line chart-Heat map*, o *Line chart* muda para *Heat map* - Fig.3.6.

(<http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LH1-NoAnimation.mp4>).

No caso da transição *Line chart-Stream graph*, o *Line chart* muda para *Stream graph* - Fig.3.12.

(<http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LS1-NoAnimation.mp4>)

No caso da transição *Heat map-Line chart*, o *Heat map* muda para *Line chart* - Fig.3.18.

(<http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HL1-NoAnimation.mp4>)

No caso da transição *Heat map-Stream graph*, o *Heat map* muda para *Stream graph* - Fig.3.24.

(<http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HS1-NoAnimation.mp4>)

No caso da transição *Stream graph-Line chart*, o *Stream graph* muda para *Line chart* - Fig.3.30.

(<http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SL1-NoAnimation.mp4>)

No caso da transição *Stream graph-Heat map*, o *Stream graph* muda para *Heat map* - Fig.3.36.

(<http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SH1-NoAnimation.mp4>)

Ao utilizar o *Fade* - Fig.3.5 - o primeiro idioma começa a desvanecer de forma gradual no mesmo instante em que o segundo idioma começa a aparecer também gradualmente. Desta forma consegue-se uma abordagem que evita um choque visual dos elementos presentes no ecrã.

No caso da transição *Line chart-Heat map*, o *Line chart* desvanece para *Heat map* - Fig.3.5(a).

(<http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LH2-Fade.mp4>).

No caso da transição *Line chart-Stream graph*, o *Line chart* desvanece para *Stream graph* - Fig.3.5(b).

(<http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LS2-Fade.mp4>)

No caso da transição *Heat map-Line chart*, o *Heat map* desvanece para *Line chart* - Fig.3.5(c).

(<http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HL2-Fade.mp4>)

No caso da transição *Heat map-Stream graph*, o *Heat map* desvanece para *Stream graph* - Fig.3.5(d).

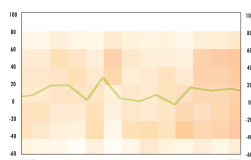
(<http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HS2-Fade.mp4>)

No caso da transição *Stream graph-Line chart*, o *Stream graph* desvanece para *Line chart* - Fig.3.5(e).

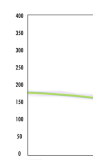
(<http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SL2-Fade.mp4>)

No caso da transição *Stream graph-Heat map*, o *Stream graph* desvanece para *Heat map* - Fig.3.5(f).

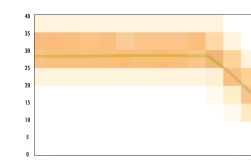
(<http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SH2-Fade.mp4>)



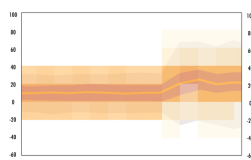
(a) Transição *Line chart - Heat map*.



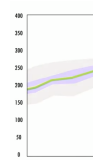
(b) Transição *Line chart - Stream graph*.



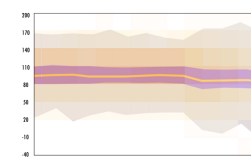
(c) Transição *Heat map - Line chart*.



(d) Transição *Heat map - Stream graph*.



(e) Transição *Stream graph - Line chart*.

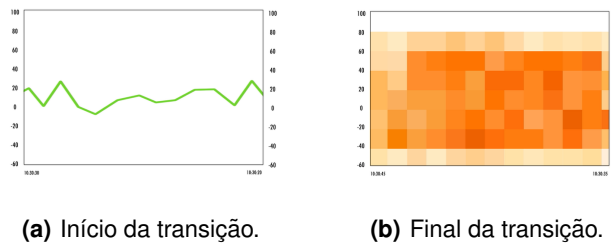


(f) Transição *Stream graph - Heat map*.

**Figura 3.5:** Transições *Fade* entre os pares de idiomas.

### 3.2.1 Transição *Line chart - Heat map*

Os quadrados do *Heat map* formam-se de acordo com a densidade de dados que se encontra em cada intervalo de tempo do *Line chart* - Fig.3.6. Com o objetivo de realizar a transição entre ambos, tornou-se necessário estudar diferentes abordagens de transformação de uma linha em diferentes quadrados.



**Figura 3.6:** Estados inicial e final da transição entre *Line chart* e *Heat map*.

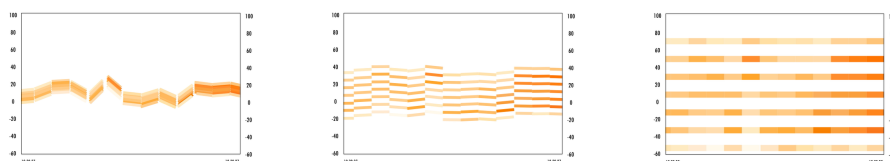
A **Tabela 3.1** resume os conceitos aplicados a cada uma das técnicas de transição, detalhadas em seguida, deste par de idiomas.

**Tabela 3.1:** Tabela de conceitos por transição para *Line chart - Heat map*.

Transição	<i>Fade-in</i> <i>Fade-out</i>		Alteração da forma dos elementos		Alteração da cardinalidade dos elementos		Alteração do posicionamento dos elementos	
	Contorno	Preenchimento	Contração	Expansão	Divisão	Junção	Translação	Rotação
<i>Lines</i>				X	X	X	X	X
<i>Points</i>				X	X	X	X	X
<i>Squares</i>				X	X	X	X	X
<i>Rectangles</i>				X	X	X	X	X
<i>Columns</i>				X	X	X	X	X

**Lines**, Fig.3.7: Para manter o contexto, esta técnica prolonga o formato de linha até serem formados os quadrados. A transição começa por endireitar horizontalmente pequenas linhas que saem do *Line chart* e se expandem em largura, à medida que se deslocam para formar as linhas de quadrados do *Heat map*. A transição acaba quando a sua largura atinge a forma de quadrados.

**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LH3-Lines.mp4>



**Figura 3.7:** Evolução da transição *Lines* entre *Line chart* e *Heat map*.

**Points**, Fig.3.8: Esta transição aproveita o facto de o *Line chart*, ao ser uma linha, ser formado por infinitos pontos. A linha inicial irá desfazer-se em diversos pontos que se vão deslocar por toda a visualização, ao mesmo tempo que expandem em tamanho, até atingirem a dimensão de quadrados. Num momento final, estes quadrados irão formar o *Heat map*.

Vídeo: <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LH4-Points.mp4>

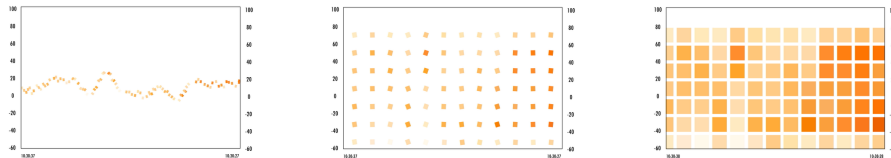


Figura 3.8: Evolução da transição *Points* entre *Line chart* e *Heat map*.

**Squares**, Fig.3.9: Procurando dar pistas ao utilizador do que vai mudar na visualização, foi desenvolvida uma transição em que o *Line chart* começa a desfazer-se em pedaços que se alargam e formam os quadrados em torno da linha inicial. Ao estarem formados, os quadrados começam a posicionar-se gradualmente no seu lugar da matriz do *Heat map*.

Vídeo: <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LH6-Squares.mp4>

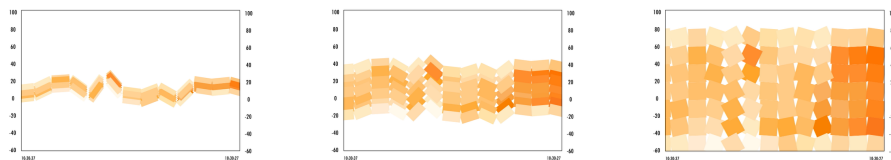


Figura 3.9: Evolução da transição *Squares* entre *Line chart* e *Heat map*.

**Rectangles**, Fig.3.10: Esta transição pretende criar um estado intermédio entre a linha inicial e os quadrados finais, de modo a tentar obter uma transição mais fácil de acompanhar. O *Line chart* começa a alargar e desfazer-se em retângulos que depois vão expandir em altura, até formarem quadrados. Em simultâneo, estes deslocam-se para as suas posições corretas no *Heat map*.

Vídeo: <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LH5-Rectangles.mp4>

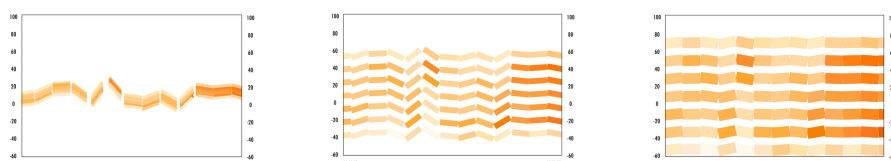


Figura 3.10: Evolução da transição *Rectangles* entre *Line chart* e *Heat map*.



**Columns**, Fig.3.11: Com um maior foco no posicionamento, criou-se uma transição *Rectangles*, mas na qual os retângulos assumem desde logo uma posição horizontal. Pretende-se assim orientar desde o início os elementos na visualização para a sua posição final, para que o utilizador, a qualquer momento, se consiga aperceber como é que o novo idioma foi criado.

Vídeo: <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LH7-Columns.mp4>

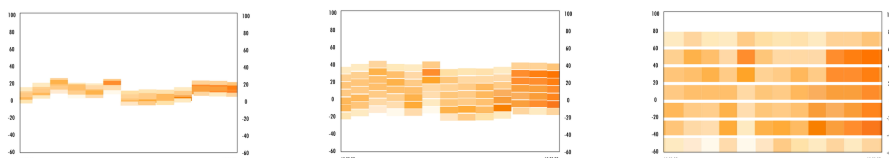


Figura 3.11: Evolução da transição *Columns* entre *Line chart* e *Heat map*.

### 3.2.2 Transição *Line chart* - *Stream graph*

As áreas do *Stream graph* são delimitadas por cinco linhas que representam diferentes valores estatísticos dos dados que provêm do *Line chart*, em cada intervalo de tempo - Fig.3.12. Com o objetivo de realizar a transição entre estes dois idiomas, tornou-se necessário estudar diferentes abordagens de transformação de uma linha em várias áreas.

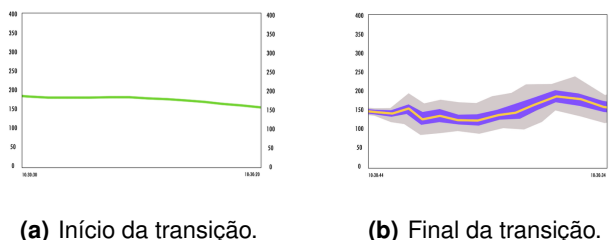


Figura 3.12: Estados inicial e final da transição entre *Line chart* e *Stream graph*.

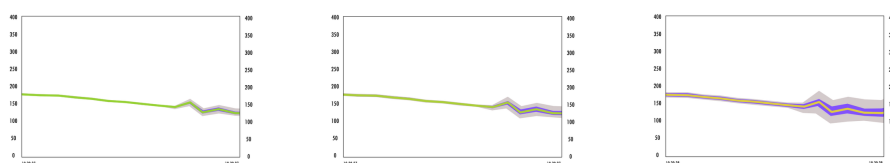
Tabela 3.2: Tabela de conceitos por transição para *Line chart* - *Stream graph*.

Transição	<i>Fade-in</i> <i>Fade-out</i>		Alteração da forma dos elementos		Alteração da cardinalidade dos elementos		Alteração do posicionamento dos elementos	
	Contorno	Preenchimento	Contração	Expansão	Divisão	Junção	Translação	Rotação
<i>Expand</i>				X				
<i>Color</i>		X		X				
<i>Lines</i>		X		X				
<i>Fade Fill</i>		X		X				
<i>Fade Total</i>	X	X		X				

A **Tabela 3.2** resume os conceitos aplicados a cada uma das técnicas de transição, detalhadas em seguida, deste par de idiomas.

**Expand**, Fig.3.13: Esta é uma técnica que se apropria do facto de uma das linhas do *Stream graph* representar os valores da mesma forma que a linha do *Line chart*, e de o *Stream graph* ser constituído por áreas. A linha inicialmente presente na visualização, do *Line chart* vai expandir em espessura, até atingir a dimensão final do *Stream graph*. À medida que a expansão ocorre, as diferentes áreas do *Stream graph* vão sendo definidas.

**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LS3-Expand.mp4>

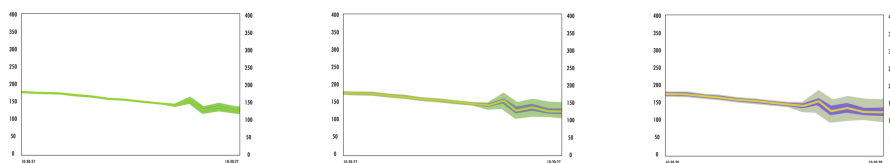


**Figura 3.13:** Evolução da transição *Expand* entre *Line chart* e *Stream graph*.

Na sequência da transição *Expand* foram criadas algumas variantes à mesma, nas quais o foco foi dado a diferentes elementos como a cor, o contorno e o preenchimento.

**Color**, Fig.3.14: Devido à importância do elemento cor para uma melhor identificação de um idioma, recorreu-se a oferecer destaque a este elemento visual para manter o contexto. A *Color* realiza um *Expand* mas mantém a cor da linha inicial ao longo de toda a transição. Apenas no momento final, estando as áreas do *Stream graph* definidas, estas assumem as suas cores finais.

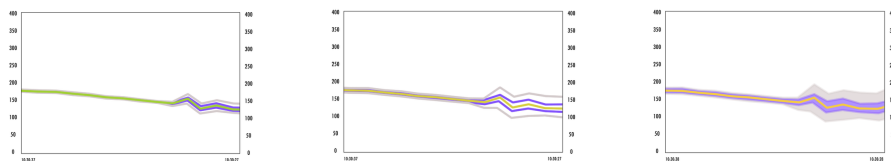
**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LS5-ExpandColor.mp4>



**Figura 3.14:** Evolução da transição *Color* entre *Line chart* e *Stream graph*.

**Lines**, Fig.3.15: Com base no facto de o *Stream graph* ser constituído por um conjunto de linhas, ainda antes de ser um conjunto de áreas, a *Lines* faz com que a linha do *Line chart* se replique em diferentes linhas que serão as linhas de contorno das diferentes áreas do *Stream graph*. As linhas replicadas deslocam-se até à sua posição, através de uma transição *Expand*, e o espaço entre elas é depois preenchido para completar as respetivas áreas.

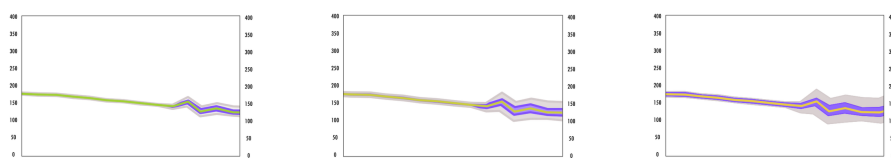
**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LS4-ExpandLines.mp4>



**Figura 3.15:** Evolução da transição *Lines* entre *Line chart* e *Stream graph*.

**Fade Fill**, Fig.3.16: Nesta transição, realiza-se uma transição *Lines*, mas em que as áreas entre as diferentes linhas replicadas, é feita de forma gradual, através de um *Fade*, em simultâneo à movimentação das linhas. Desta forma, quando as linhas atingirem a posição final, o *Stream graph* estará pronto, o que permite ao utilizador acompanhar melhor a mudança e a evitar a perda de contexto.

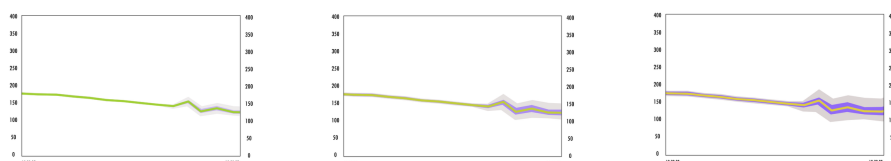
**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LS6-ExpandFadeFill.mp4>



**Figura 3.16:** Evolução da transição *Fade Fill* entre *Line chart* e *Stream graph*.

**Fade Total**, Fig.3.17: Esta é uma técnica que realiza uma transição *Expand*, no entanto, com o objetivo de as novas cores não surgirem de repente na visualização a mudança de cor será realizada de forma progressiva, recorrendo a um *Fade-in* total das novas áreas, ao longo da sua expansão.

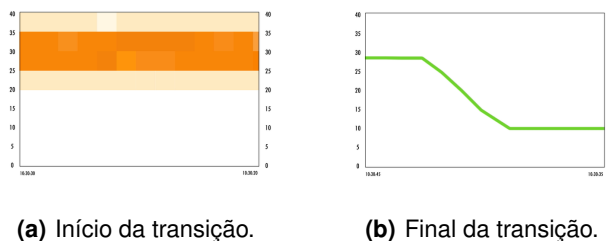
**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/LS7-ExpandFadeTotal.mp4>



**Figura 3.17:** Evolução da transição *Fade Total* entre *Line chart* e *Stream graph*.

### 3.2.3 Transição *Heat map* - *Line chart*

A linha do *Line chart* forma-se a partir dos pontos concentrados nos quadrados do *Heat map*, em cada intervalo de tempo - Fig. 3.18. Com o objetivo de realizar a transição entre ambos, tornou-se necessário estudar diferentes abordagens para transformar um conjunto de quadrados numa linha.



**Figura 3.18:** Estados inicial e final da transição entre *Heat map* e *Line chart*.

A **Tabela 3.3** resume os conceitos aplicados a cada uma das técnicas de transição, detalhadas em seguida, deste par de idiomas.

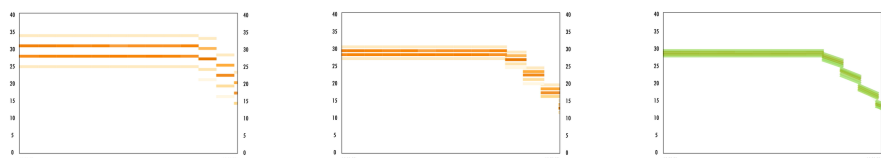
**Tabela 3.3:** Tabela de conceitos por transição para *Heat map* - *Line chart*.

Transição	<i>Fade-in</i> <i>Fade-out</i>		Alteração da forma dos elementos		Alteração da cardinalidade dos elementos		Alteração do posicionamento dos elementos	
	Contorno	Preenchimento	Contração	Expansão	Divisão	Junção	Translação	Rotação
<i>Lines</i>		X	X			X	X	X
<i>Points</i>		X	X			X	X	X
<i>Rectangles</i>		X	X			X	X	X
<i>Squares</i>		X	X			X	X	X
<i>Columns</i>		X	X			X	X	X

Para este par de idiomas foram testados conceitos semelhantes mas com uma variante comum, a forma geométrica que os elementos presentes na visualização assumem ao longo da transição.

**Lines**, Fig.3.19: Esta abordagem permite dar ao utilizador, desde o início, algumas pistas de quais vão ser os novos elementos na visualização, neste caso uma linha. Assim, é feita uma contração dos quadrados do *Heat map*, em altura, até obterem todas a espessura de uma linha que progressivamente se vão juntar e formar a linha do *Line chart*.

**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HL3-Lines.mp4>



**Figura 3.19:** Evolução da transição *Lines* entre *Heat map* e *Line chart*.

**Points**, Fig.3.20: Ilustrando a ideia de uma linha ser formada por infinitos pontos, e assim facilitar a tarefa de compreender o percurso percorrido pelos dados e manter o contexto, os quadrados do *Heat*

*map* mantêm a sua forma original, à medida que o seu tamanho vai sendo reduzido até a pequenos pontos. No momento final da transição, os pontos unem-se de modo a formar a linha do *Line chart*.

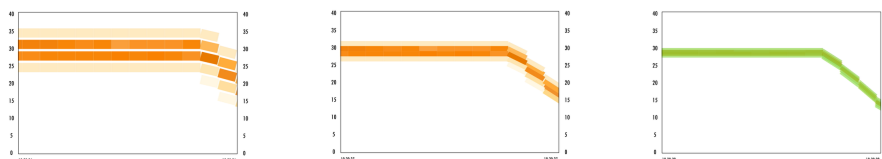
**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HL4-Points.mp4>



**Figura 3.20:** Evolução da transição *Points* entre *Heat map* e *Line chart*.

**Rectangles**, Fig.3.21: Sendo que uma linha é um retângulo com uma baixa espessura, uma outra abordagem que permite conduzir o utilizador ao longo da transição, é aquela em que os quadrados do *Heat map* se contraem até formar retângulos. Estes reduzem-se depois em altura e deslocam-se para o centro da visualização. Os retângulos de uma mesma coluna sobrepõem-se e por último unem-se aos das colunas adjacentes, formando o *Line chart*.

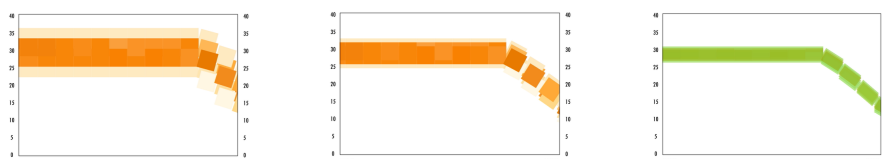
**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HL5-Rectangles.mp4>



**Figura 3.21:** Evolução da transição *Rectangles* entre *Heat map* e *Line chart*.

**Squares**, Fig.3.22: Numa tentativa de procurar que o utilizador tenha sempre presente o idioma de onde veio, antes de se aperceber do idioma para onde vai, foi desenvolvida uma abordagem que mantém os quadrados originais do *Heat map*, em termos de forma, dimensão e cor, ao longo de toda a transição. No entanto, o seu posicionamento vai sendo direcionado às suas posições finais, até que os quadrados são reduzidos a retângulos e acabam por constituir a linha do *Line chart*.

**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HL6-Squares.mp4>



**Figura 3.22:** Evolução da transição *Squares* entre *Heat map* e *Line chart*.

**Columns**, Fig.3.23: Com foco no posicionamento, foi desenvolvida uma transição de *Squares*, mas em que também o alinhamento vertical dos quadrados é mantido até ao fim da transição. A visualização forma colunas lado a lado, ao mesmo tempo que os quadrados se sobrepõem. No final, os quadrados são reduzidos a pequenas linhas que adquirem a inclinação certa e constituem a linha do *Line chart*.

Vídeo: <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HL7-Columns.mp4>

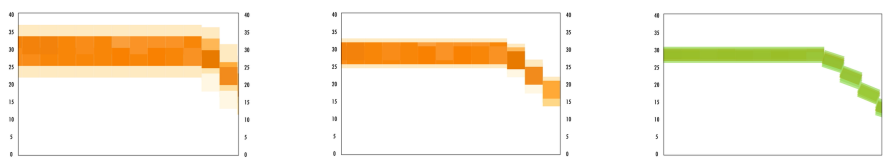
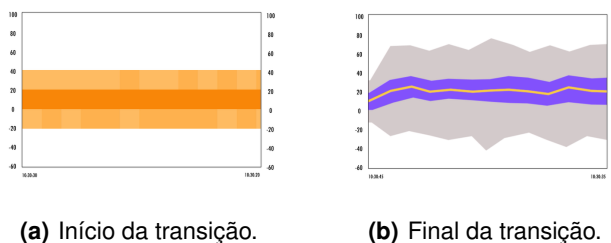


Figura 3.23: Evolução da transição *Columns* entre *Heat map* e *Line chart*.

### 3.2.4 Transição *Heat map* - *Stream graph*

As linhas do *Stream graph* representam diferentes valores estatísticos dos dados que estão concentrados nos quadrados do *Heat map*, em cada intervalo de tempo - Fig.3.24. Com o objetivo de realizar a transição entre ambos os idiomas, tornou-se necessário estudar diferentes abordagens de transformação de uma matriz de diferentes quadrados num gráfico de fluxo.



(a) Início da transição.

(b) Final da transição.

Figura 3.24: Estados inicial e final da transição entre *Heat map* e *Stream graph*.

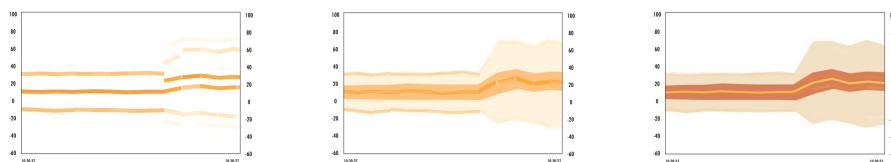
Tabela 3.4: Tabela de conceitos por transição para *Heat map* - *Stream graph*.

Transição	<i>Fade-in</i> <i>Fade-out</i>		Alteração da forma dos elementos		Alteração da cardinalidade dos elementos		Alteração do posicionamento dos elementos	
	Contorno	Preenchimento	Contração	Expansão	Divisão	Junção	Translação	Rotação
<i>Lines</i>		x	x			x	x	x
<i>Rectangles</i>		x	x			x	x	x
<i>Rectangles Color</i>		x	x			x	x	x
<i>Squares</i>		x				x	x	x
<i>Squares Color</i>		x				x	x	x

A **Tabela 3.4** resume os conceitos aplicados a cada uma das técnicas de transição, detalhadas em seguida, deste par de idiomas.

**Lines**, Fig. 3.25: Para facilitar a compreensão da transformação entre idiomas, foi desenvolvida uma abordagem em que os quadrados do *Heat map* se transformam numa forma apropriada para criar as linhas de contorno do *Stream graph*. Há uma contração na altura dos quadrados até formarem finas linhas que depois se posicionam para formarem as linhas delimitadoras do futuro *Stream graph*. As áreas entre as linhas são gradualmente preenchidas. Quando o *Stream graph* está formado, as cores provenientes do *Heat map* alteram através de um *Fade* para as cores do *Stream graph*.

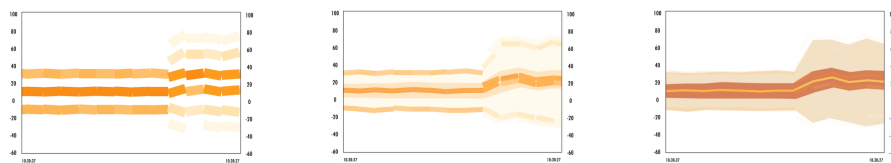
**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HS3-Lines.mp4>



**Figura 3.25:** Evolução da transição *Lines* entre *Heat map* e *Stream graph*.

**Rectangles**, Fig.3.26: Esta transição procura um estado intermédio e alternativo à abordagem *Lines*, em que os quadrados definem também o contorno das áreas do *Stream graph*, mas não chegam à espessura de linhas, apenas chegam ao estado de retângulos. Desta forma, pretende-se visualizar a construção do novo idioma a partir de formas mais próximas, visualmente, dos quadrados iniciais.

**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HS4-Rectangles.mp4>

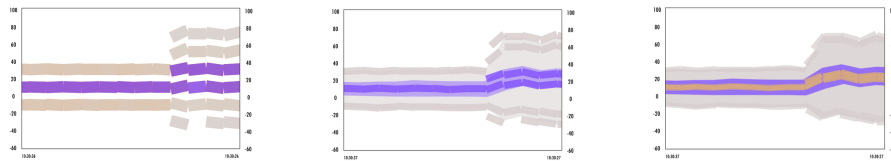


**Figura 3.26:** Evolução da transição *Rectangles* entre *Heat map* e *Stream graph*.

Na sequência da transição *Rectangles* foi criada uma variante à mesma, na qual foi dado foco a um elemento em particular.

**Rectangles Color**, Fig.3.27: Com maior foco no elemento cor, foi realizada uma transição *Rectangles*, mas acompanhada de uma mudança de cor. O utilizador pode assim perceber quais os quadrados que vão dar origem a cada uma das áreas do *Stream graph*, pois os retângulos adquirem as cores novas ainda quando se estão a movimentar para formar o *Stream graph*.

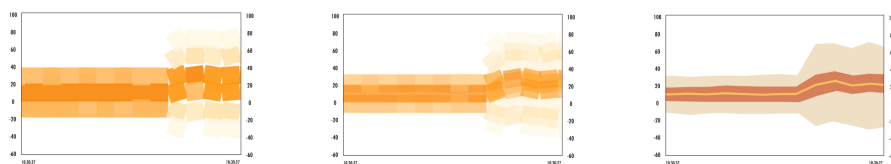
**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HS5-RectanglesColor.mp4>



**Figura 3.27:** Evolução da transição *Rectangles Color* entre *Heat map* e *Stream graph*.

**Squares**, Fig.3.28: Com o objetivo de prolongar o contexto de visualização para o utilizador, sem que o primeiro idioma desapareça de forma repentina, os quadrados do *Heat map* mantêm-se ao longo de toda a transição. Aproveita-se o facto de, ao mexer com a proximidade e sobreposição de um conjunto de quadrados, ser possível criar uma área. Assim todos os quadrados do *Heat map* vão dar origem às diferentes áreas do *Stream graph*. As cores do *Heat map* são mantidas até ao final da transição de modo a manter o contexto de onde vieram aqueles dados.

**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HS6-Squares.mp4>

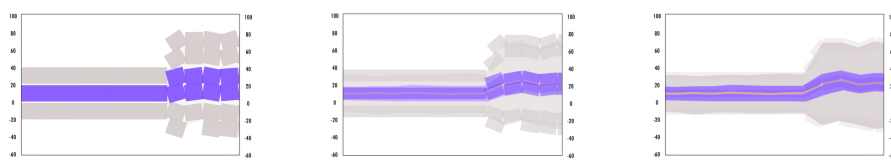


**Figura 3.28:** Evolução da transição *Squares* entre *Heat map* e *Stream graph*.

Tal como para a transição *Rectangles*, na sequência da transição *Squares* foi criada uma variante à mesma, na qual foi dado foco a um elemento em particular.

**Squares Color**, Fig.3.29: A *Squares Color* procurou realizar uma transição *Squares* mas na qual os quadrados vão alterar as suas cores mais cedo para as cores das áreas que o *Stream graph* vai ter. Assim, pretende-se facilitar a tarefa de identificar qual o conjunto de quadrados que vai dar origem a cada área do *Stream graph*, destacando a importância do elemento cor para o conseguir.

**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/HS7-SquaresColor.mp4>

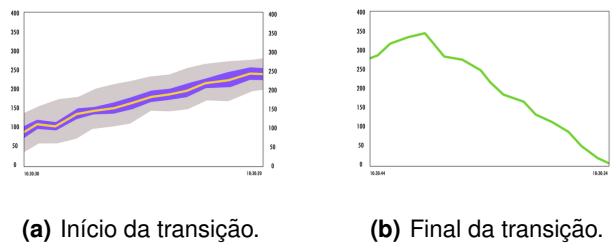


**Figura 3.29:** Evolução da transição *Squares Color* entre *Heat map* e *Stream graph*.



### 3.2.5 Transição *Stream graph* - *Line chart*

A linha do *Line chart* forma-se a partir das linhas que delimitam as áreas do *Stream graph* - Fig. 3.30. Com o objetivo de realizar a transição entre ambos, tornou-se necessário estudar diferentes abordagens de transformação de várias áreas numa única linha.



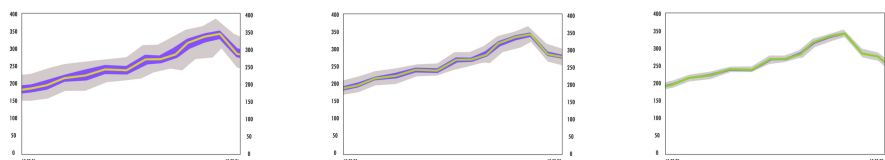
**Figura 3.30:** Estados inicial e final da transição entre *Stream graph* e *Line chart*.

A **Tabela 3.5** resume os conceitos aplicados a cada uma das técnicas de transição, detalhadas em seguida, deste par de idiomas.

**Tabela 3.5:** Tabela de conceitos por transição para *Stream graph* - *Line chart*.

Transição	<i>Fade-in</i> <i>Fade-out</i>		Alteração da forma dos elementos		Alteração da cardinalidade dos elementos		Alteração do posicionamento dos elementos	
	Contorno	Preenchimento	Contração	Expansão	Divisão	Junção	Translação	Rotação
<i>Contract</i>			X					
<i>Color</i>		X	X					
<i>Lines</i>			X					
<i>Fade Fill</i>		X	X					
<i>Fade Total</i>	X	X	X					

**Contract**, Fig.3.31: Aproveitando o facto de os idiomas possuírem formas semelhantes, foi desenvolvida uma transição em que a área total do *Stream graph* é contraída até atingir a espessura de uma linha, que será o *Line chart*. Desta forma, pretende-se facilitar a compreensão do que está a acontecer na visualização, mantendo presente para o utilizador de onde vêm e para onde vão os dados.



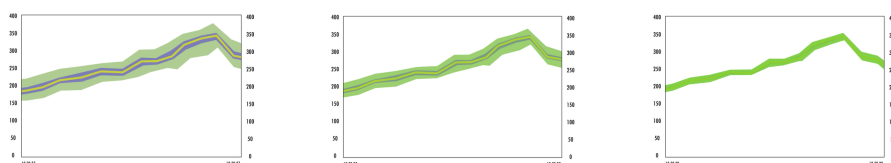
**Figura 3.31:** Evolução da transição *Contract* entre *Stream graph* e *Line chart*.

**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SL3-Contract.mp4>

Na sequência da transição *Contract* foram criadas algumas variantes à mesma, nas quais o foco foi dado a diferentes elementos.

**Color**, Fig.3.32: Procurando captar a atenção do utilizador para o elemento cor, esta transição realiza um *Contract*, mas com uma mudança de cor progressiva. Em vez de preservar as cores originais do *Stream graph*, esta transição pinta de forma progressiva todo o *Stream graph* da cor que o *Line chart* vai ter à medida que a contração da sua área acontece, até atingir a espessura do *Line chart*.

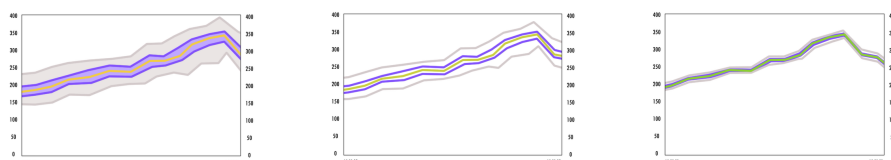
**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SL5-ContractColor.mp4>



**Figura 3.32:** Evolução da transição *Color* entre *Stream graph* e *Line chart*.

**Lines**, Fig.3.33: Nesta abordagem de transição, o *Stream graph* reduz-se ao conjunto das cinco linhas que delimitam as suas áreas. Sendo o idioma seguinte um *Line chart*, ao ver o primeiro idioma unicamente através de linhas, procura-se que o utilizador crie desde logo uma ideia de onde vai surgir o *Line chart*. As linhas mais exteriores do *Stream graph* começam a deslocar-se em direção à linha do meio e acabam todas por se sobrepor, formando uma única linha.

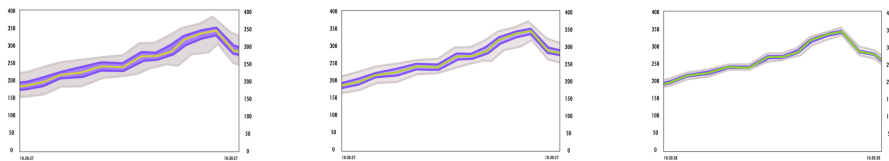
**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SL4-ContractLines.mp4>



**Figura 3.33:** Evolução da transição *Lines* entre *Stream graph* e *Line chart*.

**Fade Fill**, Fig.3.34: De modo a introduzir ao utilizador uma mudança progressiva de cada um dos elementos, esta transição faz desaparecer o preenchimento das áreas do *Stream graph*, mas deixa as suas linhas de contorno. Ou seja, procurou-se um estado intermédio de transição, em que as áreas não desaparecessem de repente, mas sim a um ritmo mais lento se percebesse que apenas as linhas iriam ser relevantes para criar o novo idioma, aproximando-se da aparência do *Line chart*.

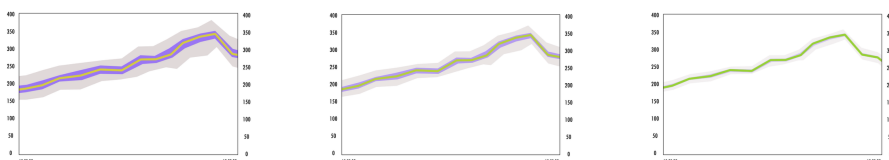
**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SL6-ContractFadeFill.mp4>



**Figura 3.34:** Evolução da transição *Fade Fill* entre *Stream graph* e *Line chart*.

**Fade Total**, Fig.3.35: Esta é uma transição que pretende testar uma mistura entre a *Contract* e a *Fade*, juntando os seus conceitos para acontecerem totalmente em simultâneo. Assim, toda a área ocupada pelo *Stream graph* vai sofrer uma redução de espessura, ou seja, uma transição *Contract*, mas acompanhada de um *Fade-out* dos contornos e preenchimentos das respetivas áreas.

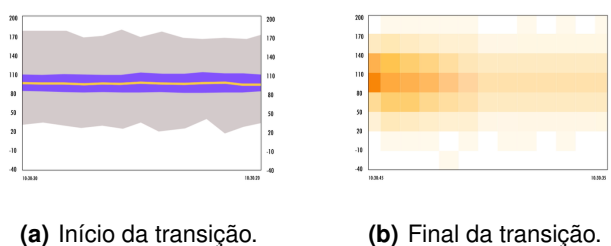
**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SL7-ContractFadeTotal.mp4>



**Figura 3.35:** Evolução da transição *Fade Fill* entre *Stream graph* e *Line chart*.

### 3.2.6 Transição *Stream graph* - *Heat map*

Os quadrados do *Heat map* formam-se de acordo com a densidade de dados de cada intervalo de tempo do *Stream graph* - Fig.3.36. Com o objetivo de realizar a transição entre ambos, tornou-se necessário estudar diferentes abordagens de transformação de várias áreas numa matriz de quadrados.



**Figura 3.36:** Estados inicial e final da transição entre *Stream graph* e *Heat map*.

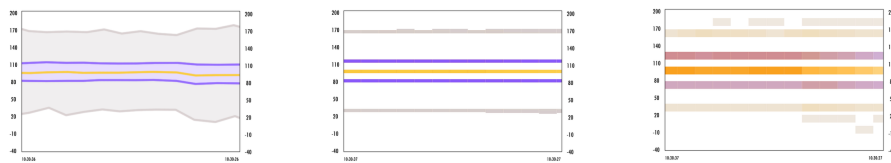
A **Tabela 3.6** resume os conceitos aplicados a cada uma das técnicas de transição, detalhadas em seguida, deste par de idiomas.

**Tabela 3.6:** Tabela de conceitos por transição para *Stream graph - Heat map*.

Transição	<i>Fade-in Fade-out</i>		Alteração da forma dos elementos		Alteração da cardinalidade dos elementos		Alteração do posicionamento dos elementos	
	Contorno	Preenchimento	Contração	Expansão	Divisão	Junção	Translação	Rotação
<i>Lines</i>		X	X		X		X	X
<i>Lines Color</i>		X	X		X		X	X
<i>Rectangles</i>		X	X		X		X	X
<i>Expand</i>		X		X	X			
<i>Expand Color</i>		X		X	X			

**Lines**, Fig.3.37: De modo a preparar o utilizador para o aparecimento do *Heat map*, foi criada uma abordagem em que o *Stream graph* fica reduzido às linhas de contorno das suas áreas que depois irão ser as linhas de quadrados do *Heat map*. Estas começam por se endireitar horizontalmente e vão-se expandindo e sendo direcionadas às suas posições, até atingirem a forma final de quadrados. Em simultâneo, também as suas cores vão sendo ajustadas para as novas cores.

**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SH3-Lines.mp4>



**Figura 3.37:** Evolução da transição *Lines* entre *Stream graph* e *Heat map*.

Na sequência da transição *Lines* foi criada uma variante à mesma, na qual se deu foco a um elemento em particular.

**Lines Color**, Fig.3.38: Esta abordagem realiza uma transição *Lines*, mas desta vez acompanhada de uma mudança de cor progressiva. Torna-se, assim, possível que o utilizador visualize a formação do *Heat map* logo com as suas cores, em vez de apenas as conhecer depois da transição ocorrer, algo com o objetivo de tentar que o contexto da visualização não seja perdido.

**Vídeo:** <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SH4-LinesColor.mp4>



**Figura 3.38:** Evolução da transição *Lines Color* entre *Stream graph* e *Heat map*.

**Rectangles**, Fig.3.39: Nesta transição procurou-se encontrar um estado intermédio e alternativo à

transição *Lines*. O *Stream graph* é também definido a partir das linhas de quadrados do *Heat map*, mas desta vez tais linhas atingem apenas a espessura de um retângulo, o que as torna mais próximas da dimensão quadrangular dos elementos do *Heat map*. As linhas começam a desmontar-se em retângulos, que depois vão evoluir gradualmente para os quadrados. Estes retângulos mantêm as cores do *Stream graph* até ao momento final da formação do *Heat map*, em que a cor é alterada.

Vídeo: <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SH5-Rectangles.mp4>

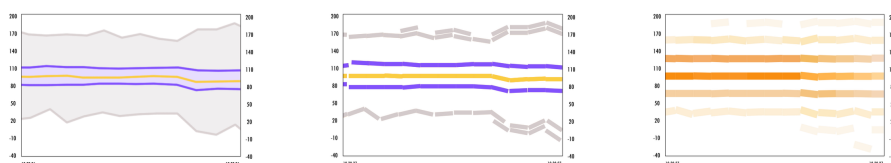


Figura 3.39: Evolução da transição *Rectangles* entre *Stream graph* e *Heat map*.

**Expand**, Fig.3.40: Com esta abordagem, pretende-se que a área do *Stream graph* se transforme numa mancha de quadrados, e assim facilite a compreensão do que está a acontecer na visualização, mostrando ao utilizador de onde surgiram os quadrados. Para tal, a área do *Stream graph* expande até atingir a zona limite do *Heat map*, surgindo os quadrados nessa mesma área, e as cores do *Stream graph* desaparecem em *fade-out* enquanto as cores do *Heat map* aparecem em *fade-in*.

Vídeo: <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SH6-Expand.mp4>

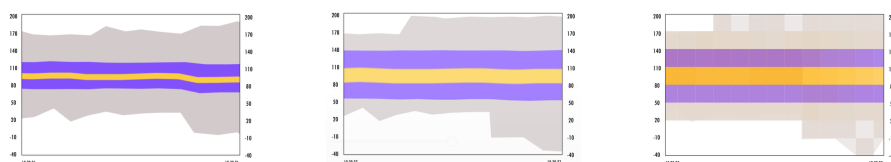


Figura 3.40: Evolução da transição *Expand* entre *Stream graph* e *Heat map*.

Na sequência da transição *Expand* foi criada uma variante à mesma, na qual se deu foco a um elemento em particular.

**Expand Color**, Fig.3.41: Esta transição realiza um *Expand*, mas permite que a expansão seja desde logo acompanhada por uma alteração da cor das diferentes partes do *Stream graph* para as cores do idioma seguinte, os quadrados. Desta forma, é uma transição que, através da mudança de cores, tem o objetivo de preparar, desde cedo, o utilizador para uma mudança que surja.

Vídeo: <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist182022/transicoes-videos/SH7-ExpandColor.mp4>



Figura 3.41: Evolução da transição *Expand Color* entre *Stream graph* e *Heat map*.

### 3.3 Sumário

Neste capítulo foi explicado todo o processo de desenvolvimento das transições verticais entre pares de idiomas visuais, que foram posteriormente alvo de estudo junto de utilizadores.

Começaram por ser apresentadas as bases de trabalho, como os idiomas visuais, a informação que se pretendia avaliar através de cada um deles, e os conceitos essenciais de uma transição entre idiomas visuais. Em seguida, foi exposto, de forma detalhada e individual, o processo de criação de cada transição, acompanhado dos *links* para os respetivos vídeos finais e dos conceitos aplicados.

Como idiomas visuais utilizaram-se o *Line chart*, o *Heat map* e o *Stream graph*. Estes permitiam analisar, estatisticamente, informações relativas aos dados, como a dispersão, fluxo/volume, medidas estatísticas de tendência central, mudança de gamas de valores, padrões ou tendências ascendentes e descendentes. Cada um deles adequado para a observação de diferentes informações.

No geral, foram conjugados e aplicados conceitos relacionados com a alteração da cor, forma, cardinalidade ou posicionamento aos diversos elementos, que faziam parte de cada idioma visual. O uso do desvanecer, denominado de *Fade*, foi dos conceitos mais aplicado. Em situações que os elementos precisavam de expandir o seu tamanho, foram realizadas expansões de várias formas diferentes. O mesmo se aplicou ao cenário contrário, quando os elementos precisavam de encolher o seu tamanho, que foram realizadas contrações. Devido à proximidade que o ser humano tem com formas geométricas, optou-se, em todos os pares, por tentar decompor a figura geral de cada idioma em formas geométricas, como quadrados, retângulos ou círculos. Estes, de acordo com o seu tamanho poderiam ser também pontos e linhas.

# 4

## Avaliação com Utilizadores

Após o desenvolvimento de todas as técnicas de transição, decorreram testes com utilizadores, para compreender quais funcionavam melhor para cada um dos pares de idiomas visuais. Este capítulo descreve a forma através da qual foi realizada esta avaliação, em termos da metodologia adotada, objetivos, respetivas métricas, e da sua preparação, execução e análise de resultados obtidos.

### 4.1 Metodologia de Avaliação

O principal objetivo da realização destes estudos foi comparar os conjuntos de transições, para encontrar as que garantiam que o contexto de visualização não era perdido e que a tarefa a desempenhar era concluída com sucesso, preferencialmente em curtos espaços de tempo. Com o recurso a diferentes alternativas de transição para um mesmo momento da visualização, e para uma mesma tarefa de análise, pretendia-se compreender os resultados produzidos por cada uma delas, avaliando as diferenças nas respostas dos participantes a uma mesma pergunta, para diferentes estratégias de transição.

A preparação dos estudos consistiu no desenvolvimento de um **conjunto de vídeos**, de curta duração, que tornassem possível a visualização de cada transição, e ainda um **conjunto de questões** a elas associadas. As respostas a estas questões tinham o intuito de mostrar quais das transições se revelavam melhores para uma determinada tarefa simples de análise visual. Pretendia-se ainda conhecer as preferências e identificar carga de trabalho de visualização e de análise de cada transição, para os utilizadores. A combinação dos vídeos e das questões resultou em **questionários** a serem respondidos pelos participantes do estudo.

Fez também parte da preparação a procura de utilizadores para realizar os testes. Reconhecendo-se a importância de testes remotos, em termos de quantidade de *feedback*, e, ao mesmo tempo, contornando as limitações de não se poderem realizar testes presenciais, foi distribuído um conjunto de *links online* públicos com os questionários.

Esta distribuição foi realizada através de mensagens privadas e através de grupos de divulgação de questionários académicos, e utilizou um desenho entre grupos, *between subjects*. Ou seja, que aplicou as mesmas variações de condições a cada transição para todos os participantes. No início de cada teste, foram apresentados os objetivos principais do presente estudo, de modo a orientar o participante para a realização das tarefas pedidas, e de todo o contexto do projeto. Os questionários encontraram-se abertos para respostas ao longo de um mês, de 10 de Setembro de 2020 a 10 de Outubro de 2020. Como ferramentas de trabalho utilizou-se o *Youtube* para a visualização dos vídeos e o *Google Forms* para elaborar e distribuir os questionários, através do *link* gerado por esta plataforma.

A análise de todos os resultados obtidos reúne e avalia dados provenientes das respostas ao questionário, e de observações relevantes apontadas por alguns participantes.

## 4.2 Questionários

Os testes com utilizadores foram realizados através de um conjunto de questionários a serem respondidos por vários grupos de utilizadores, com o objetivo de comparar todas as transições desenvolvidas. Os questionários serviram para registar toda a experiência de cada participante, à medida que visualizavam as diversas transições e idiomas visuais, e que respondiam a um conjunto de questões relacionadas com os mesmos. Estas questões exigiam ao utilizador uma análise aos diversos idiomas visuais, de modo a lançar o desafio de os fazer perceber porque razão a visualização estava a mudar, e ainda uma análise crítica à própria transição.

### 4.2.1 Estrutura global

O conteúdo do questionário inicialmente planeado foi distribuído por vários questionários, devido à grande quantidade de vídeos em avaliação, e àquela que seria a conseqüente extensão de ter um único questionário. Criaram-se sete versões, de A a G, de um questionário principal, mais longo, e seis versões de questionários adicionais, mais curtos - **ver Apêndice A**.

No questionário principal, cada utilizador avaliou uma única alternativa para cada transição. Desta forma, foi necessário distribuir a totalidade das transições por diferentes versões de questionários. Esta distribuição foi realizada com recurso a um desenho em Quadrados Latinos que permite definir diferentes combinações e sequências de um conjunto de elementos, não repetidas, e em que cada elemento só ocorre uma vez. Sendo que neste caso, os elementos eram as transições.

A parte inicial do questionário principal procura criar algum contexto informativo para o utilizador, relativamente ao que iria ser apresentado nos vídeos. Nas secções seguintes encontra-se a combinação atrás referida, com o conteúdo dirigido a **compreender que informações os utilizadores conseguem retirar das visualizações**, e o motivo pelo qual o formato da visualização necessitou de mudar.



Foi também avaliada a **carga de trabalho de visualização e análise para cada transição** e, por fim, surge um conjunto de perguntas para traçar o perfil geral do participante.

Para obter o **feedback comparativo de preferência** entre todas as transições de um mesmo par de idiomas, foram criados os questionários adicionais. Nestes questionários são apresentados conjuntos de sete vídeos, as sete alternativas de transição para cada caso de estudo, acompanhados de uma única pergunta. Nesta pergunta é pedida uma ordenação dos sete vídeos, em termos de preferência.

#### 4.2.2 Criação dos vídeos

Transições em contexto temporal são aquelas em que a visualização está em constante atualização, com os dados a fluir ao longo do tempo. Para tal, em cada vídeo existiam duas marcas temporais, *timestamps*, junto ao eixo horizontal inferior do gráfico que permitiam analisar a visualização a cada instante. A duração total de cada vídeo foi de quinze segundos. Considerou-se adequado que a transição começasse cinco segundos após o início do vídeo, e que durasse três segundos da visualização, de modo a que o utilizador dispusesse de mais tempo para se aperceber da mudança. No caso da transição *No Animation*, em que os gráficos mudam de forma imediata, a transição é também ela imediata, ocorrendo sete segundos após o início do vídeo. Em cada visualização, os dados percorriam o ecrã do lado direito para o lado esquerdo, e ambos os idiomas se mantiveram visíveis ao longo de seis segundos, dando espaço aos utilizadores para analisar o comportamento das suas tendências.

#### 4.2.3 Conjuntos de dados utilizados

Os conjuntos de dados utilizados apresentam as características favoráveis à avaliação que se pretendia realizar junto dos utilizadores, tendo sido obtidos através de um gerador de séries temporais<sup>1</sup> de acordo com o que cada transição pretendia mostrar.

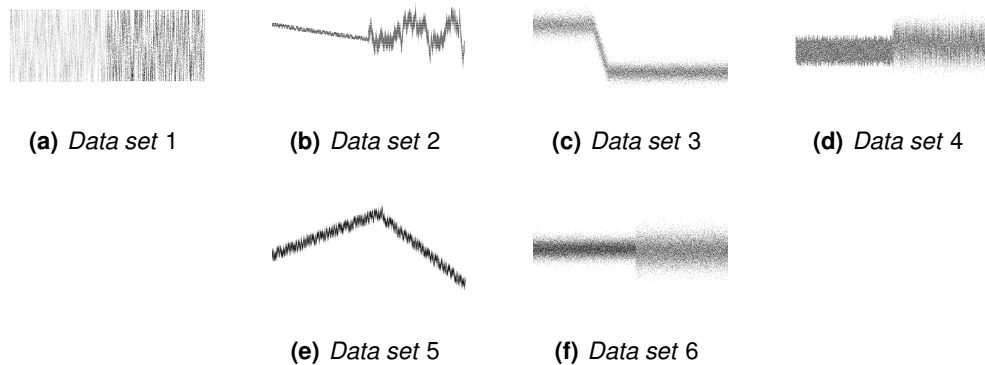
O domínio dos dados foi representado através da técnica de visualização *Scatter plot* - Fig. 4.1 - que permite obter uma visão global das características e tendências dos dados em cada *data set*.

A Tabela 4.1 indica a distribuição dos conjuntos de dados (*data sets*) pelas várias transições.

Transição	Data set
<i>Line chart - Heat map</i>	<i>Data set 1</i>
<i>Line chart - Stream graph</i>	<i>Data set 2</i>
<i>Heat map - Line chart</i>	<i>Data set 3</i>
<i>Heat map - Stream graph</i>	<i>Data set 4</i>
<i>Stream graph - Line chart</i>	<i>Data set 5</i>
<i>Stream graph - Heat map</i>	<i>Data set 6</i>

**Tabela 4.1:** Conjunto de dados utilizado em cada transição nos testes com utilizadores.

<sup>1</sup>Gerador de séries temporais: disponível em <http://denised.github.io/generate-time-series/>, visitado em 26 Dez. 2020



**Figura 4.1:** *Data sets* utilizados no estudo com utilizadores.

**Data set 1**, Fig. 4.1(a): Este conjunto de dados foi escolhido para realizar a transição entre os idiomas visuais *Line chart* e *Heat map*. Uma mudança para *Heat map* é adequada quando queremos observar o fluxo/volume dos dados num determinado intervalo temporal. Se a visualização se mantivesse com o *Line chart* não iria existir qualquer indicação de qual estava a ser o fluxo/volume de dados, e consequentemente o utilizador não se ia aperceber que este tinha mudado.

**Data set 2**, Fig. 4.1(b): Este conjunto de dados foi escolhido para realizar a transição entre os idiomas visuais *Line chart* e *Stream graph*. Uma mudança para *Stream graph* é adequada quando queremos observar a variação da dispersão dos dados, ou de algumas medidas estatísticas de tendência central dos dados. Se a visualização se mantivesse com o *Line chart* apenas seria possível visualizar os valores aproximados de uma das cinco medidas estatísticas que o *Stream graph* permite observar, a mediana. Em termos de dispersão o *Line chart* não dá qualquer indicação.

**Data set 3**, Fig. 4.1(c): Este conjunto de dados foi escolhido para realizar a transição entre os idiomas visuais *Heat map* e *Line chart*. Uma mudança para *Line chart* é adequada quando queremos observar a variação do valor médio dos dados. Neste *data set*, o valor médio estava estável e, a certo momento, desce de forma acentuada e volta a ficar estável num valor mais baixo. Se a visualização se mantivesse com o *Heat map* não seria tão perceptível observar esta mudança.

**Data set 4**, Fig. 4.1(d): Este conjunto de dados foi escolhido para realizar a transição entre os idiomas visuais *Heat map* e *Stream graph*. Uma mudança para *Stream graph* é adequada quando queremos observar a variação da dispersão dos dados, ou de algumas medidas estatísticas de tendência central dos dados. Se a visualização se mantivesse com o *Heat map* não seria possível observar a dispersão com tanta precisão, e não poderíamos obter nenhuma das medidas estatísticas dada pelo *Stream graph*.

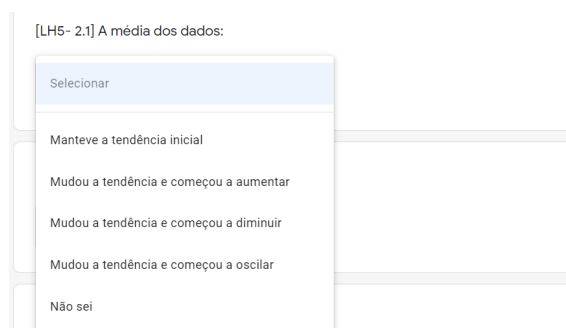
**Data set 5**, Fig. 4.1(e): Este conjunto de dados foi escolhido para realizar a transição entre os idiomas visuais *Stream graph* e *Line chart*. Uma mudança para *Line chart* é adequada quando que-

remos observar a variação do valor médio dos dados. No caso do *Stream graph* é possível observar uma medida estatística semelhante, a mediana, no entanto esta não é exatamente igual à média, e, ao mudar de idioma, não só se mostra a medida pretendida, como também se destaca essa mudança. Se a visualização se mantivesse com o *Stream graph*, todas as cinco medidas iriam mudar de forma semelhante, em simultâneo, pelo que não iria ser destacada a informação que realmente se pretendia analisar.

**Data set 6**, Fig. 4.1(f): Este conjunto de dados foi escolhido para realizar a transição entre os idiomas visuais *Stream graph* e *Heat map*. Uma mudança para *Heat map* é adequada quando queremos observar o fluxo, ou volume, dos dados num determinado intervalo temporal. Se a visualização se mantivesse com o *Stream graph* não iria existir qualquer indicação de qual estava a ser o fluxo/volume de dados, e conseqüentemente o utilizador não se ia aperceber que este tinha mudado significativamente.

#### 4.2.4 Informação em avaliação

Em cada transição apresentada, o utilizador tinha a tarefa de avaliar o **comportamento de informações relativas aos dados**, possíveis de observar na visualização apresentada. Foi pedido que observassem de que forma variavam as tendências de informações como a média, mediana, dispersão/variabilidade, mínimo, máximo e fluxo/volume dos dados, de acordo com um conjunto de opções dadas - Fig. 4.2.



**Figura 4.2:** Tarefa de observação das tendências dos dados nos testes com utilizadores, para o caso da média.

A última opção (Não sei) encontrou-se sempre disponível. Por um lado, esta permitia compreender se o utilizador foi capaz de identificar os casos em que determinada informação não era possível de observar naquela visualização. Por outro lado, permitia oferecer liberdade ao utilizador de assumir que não conseguiu compreender o comportamento dos dados. Esta última situação tinha o objetivo evitar respostas aleatórias por parte do utilizador, que, sem ela, se iria sentir forçado a escolher uma opção, mesmo que não tivesse qualquer ideia da resposta mais correta.

Neste âmbito, criámos um conjunto de perguntas que acompanharam os utilizadores à medida que visualizavam os vídeos apresentados nos questionários. Estas perguntas foram formuladas de modo a poderem ser aplicadas a qualquer técnica de transição, pelo que foram repetidas para todos os vídeos.

Para a **comparação do conjunto de dados**, foi perguntando se os dois gráficos apresentados nos vídeos mostravam o mesmo conjunto de dados. Ou seja, pretendia-se que os utilizadores percebessem se os dados do primeiro gráfico passavam para o segundo gráfico, ou se foram substituídos por novos dados, quando se deu a mudança de gráfico.

Para a **comparação da informação**, foi perguntando se os dois gráficos apresentados nos vídeos permitiam obter a mesma informação. Ou seja, se a informação dada por um gráfico era completamente ou parcialmente igual à informação dada pelo outro gráfico, ou se era informação diferente.

Para a **comparação de tendências**, foi pedido aos utilizadores que analisassem a forma como cada uma das informações variava, e que identificassem em qual dos gráficos essa variação era visível. Estas duas perguntas foram repetidas para todas as informações em avaliação: média, mediana, dispersão/variabilidade, mínimo, máximo e fluxo/volume dos dados. Pretendia-se, assim, avaliar o comportamento de informações relativas aos dados, possíveis de observar na visualização apresentada, através da variação das tendências de informações.

A validação das respostas foi realizada classificando-as como corretas e incorretas. A resposta de Não sei foi considerada como correta para os casos em que o idioma visual não transmitia a informação relativa aos dados em questão, e considerada como incorreta para os casos em que transmitia.

#### 4.2.5 Avaliação da carga de trabalho de visualização e análise

De modo a avaliar o trabalho de visualização e análise identificado pelo participante, ao responder ao que era pedido para cada transição, foram apresentadas três questões que medissem o grau de exigência dos testes a vários níveis: **exigência mental**, **exigência temporal** e **esforço global**. Assim, esperava-se compreender quais das transições cumpriam melhor o objetivo de facilitar e ajudar na análise de informação presente nos diversos gráficos.

A nível de exigência mental, deu-se espaço ao utilizador para refletir e classificar o grau de dificuldade sentido a responder às questões. Em termos de exigência temporal, o utilizador classificou a duração da transição, o que poderia ser útil para perceber se existiram choques visuais. Para avaliar o esforço global, foi pedido o registo do número de vezes que o utilizador reproduziu o vídeo em questão, algo que também poderia permitir concluir acerca da perda de contexto sentida.

Neste âmbito, criámos um conjunto de perguntas que acompanharam os utilizadores à medida que visualizavam os vídeos apresentados nos questionários. Estas perguntas foram formuladas de modo a poderem ser aplicadas a qualquer técnica de transição, pelo que foram repetidas para todos os vídeos.

Para a **classificação da exigência mental**, pediu-se que o utilizador refletisse acerca do grau de dificuldade que sentiu ao responder às questões relativas à comparação de tendências, para compreender quais as transições cumpriam melhor o objetivo de facilitar e ajudar na análise de informação.

Para a **classificação do esforço global**, os utilizadores registaram o número de vezes que necessitaram de reproduzir o vídeo para responder às questões relativas à comparação de tendências. Desta forma, pretendia-se avaliar o esforço global e concluir acerca da perda de contexto sentida.

Para a **classificação da duração**, pediu-se ao utilizador que avaliasse a duração da transição, com o que se pretendia perceber se existiram choques visuais durante a transição.

Para a **classificação global da transição**, o utilizador necessitou de classificar a transição através de uma escala de *Likert* de 5 pontos. Assim, pretendia-se avaliar a carga de trabalho de visualização e análise geral sentida pelo participante, nos diversos níveis.

De modo a obter uma avaliação das transições num âmbito mais geral, que englobasse tanto a análise de informação como também a avaliação de carga de trabalho, foram criadas perguntas que pedissem aos utilizadores para classificar, e ordenar, as diferentes transições de uma forma global.

Para a **classificação da transição**, os utilizadores foram questionados sobre quatro características da transição: se era apelativa, se ajudou a perceber a mudança do primeiro para o segundo gráfico, se interrompeu a análise que estava a realizar aos dados no primeiro gráfico, e se a sua duração foi adequada. Como opções de resposta, existiam os cinco valores de uma escala de Likert de 5 pontos. Desta forma, pretendia-se compreender quais das transições cumpriam melhor o objetivo de serem suaves e agradáveis à visualização, de facilitarem e ajudarem na análise de informação presente nos diversos gráficos, e de permitirem evitar choques visuais e perdas de contexto.

Para a **classificação de preferência da transição**, foram apresentados os sete vídeos das técnicas de transição em avaliação para cada par de idiomas, tendo-se pedido aos utilizadores para os visualizar e ordenar, de acordo com a sua preferência da transição. Esta pergunta pretendia obter o *feedback* comparativo de preferência entre todas as transições de um mesmo par de idiomas visuais.

### 4.3 Métricas de Avaliação

Os questionários foram, na sua totalidade, distribuídos de forma eletrónica, pelo que não ocorreram testes presenciais, e conseqüentemente, todas as métricas de avaliação foram adaptadas a essa limitação, e aplicaram-se diretamente às respostas recebidas nos questionários:

1- **Eficácia de resposta** – confrontar o número de respostas corretas e incorretas. Esta métrica aplica-se às questões relacionadas à análise de informação nos idiomas visuais, de acordo com o comportamento e tendências que os dados estão a mostrar.

2- **Perda de contexto** – analisar o número de reproduções dos vídeos. Esta métrica permite concluir se as respostas dadas se refletiram em reproduzir mais, ou menos, os vídeos.

3- **Preferências de transição** – classificar cada transição através de uma escala numérica. Esta métrica permite obter, para cada par de idiomas visuais, uma ordem de preferência das técnicas.

## 4.4 Perfil dos Participantes

Inseridas no questionário encontravam-se um conjunto de perguntas que nos permitiram traçar o perfil dos utilizadores participantes neste estudo. Estes foram questionados acerca do seu conhecimento prévio dos idiomas visuais presentes neste estudo, questionados acerca da frequência com que analisam gráficos de dados e gráficos com dados em tempo real. No caso dos idiomas visuais, o *Stream graph* não foi diretamente inserido na pergunta, uma vez que se trata de uma criação nossa. Ao ser baseado em *Box plots*, era este o idioma visual que os participantes tinham de reconhecer.

Desta forma, pretendia-se perceber qual o à vontade de cada participante com os tópicos principais deste trabalho, e concluir se existia uma relação entre esse grau de conhecimento e as respostas dadas ao longo dos testes, quando confrontados com perguntas relacionadas a eles. Por fim, recolheram-se dados gerais como a idade, género e grau académico atual.

Os questionários foram respondidos por 100 participantes, distribuídos de forma equilibrada pelas sete versões - Tabela 4.2. Entre eles, 39 são do género masculino e 61 do género feminino e as suas idades compreendem-se, maioritariamente, entre os intervalos 18 a 26 anos (69%) e 45 a 62 anos (24%). Os graus académicos mais comuns são o de Licenciatura e de Mestrado, do Ensino Superior, sendo que 81% dos participantes têm, pelo menos, Licenciatura. Em termos de frequência de análise de gráficos de dados, apenas 4% afirma analisar todos os dias, enquanto que 22% afirma fazê-lo pelo menos uma vez por semana e 27% pelo menos uma vez por mês. 54 pessoas afirmam nunca terem analisado dados em tempo real. O idioma visual mais reconhecido pelos participantes foi o Line chart, com 99%, e o menos reconhecido foi o Box plot, com 47%. Entre eles ficou o *Heat map*, reconhecido por 67% dos participantes.

	A	B	C	D	E	F	G	Total
Respostas obtidas	16	14	13	15	14	14	14	100

**Tabela 4.2:** Número de respostas obtidas distribuídas por cada versão do questionário principal.

## 4.5 Resultados

A participação dos utilizadores ficou registada através das suas respostas aos questionários. Na análise de informação nos idiomas visuais, avaliaram-se as respostas como corretas ou incorretas, de acordo com as soluções previamente definidas, no âmbito da métrica de avaliação **eficácia de resposta**.

Apesar dos participantes, ao longo do questionário, terem sido questionados acerca de todas as medidas estatísticas entre todos os pares de idiomas, considerou-se que não era relevante reportar resultados relativos a informações que os idiomas não eram capazes de mostrar. Pois, essa estrutura de perguntas no questionário tinha apenas como objetivo colocar todos os pares de idiomas em pé de

igualdade, para não influenciar as respostas dos utilizadores. Desta forma, relativamente às tendências dos dados, apenas estão apresentadas as respostas para as medidas estatísticas relevantes para cada transição. Ou seja, as informações que os respetivos idiomas permitem analisar.

As respostas em escalas de Likert foram contabilizadas de acordo com os respetivos valores numéricos.

## 4.5.1 Testes estatísticos aplicados

A análise de todas as respostas, e a formulação dos respetivos resultados e conclusões, foi realizada com base na aplicação de um conjunto de testes estatísticos.

### 4.5.1.A Teste de Homogeneidade Qui-Quadrado

Após uma verificação das respostas corretas e incorretas, para a **análise de informação nos idiomas visuais**, aplicou-se o teste de Homogeneidade Qui-Quadrado. Este teste permite determinar se existe uma diferença, estatisticamente significativa, entre proporções binomiais, de três ou mais grupos independentes, sobre uma variável dicotómica dependente. No nosso estudo, existem 7 grupos independentes, as sete alternativas de transições de cada par de idiomas, com duas opções possíveis de classificar as respostas, e portanto binomiais. A variável dependente é o sucesso de resposta.

Quando foi identificada pelo menos uma diferença estatisticamente significativa, utilizou-se um teste *post hoc*, de comparação entre pares, para identificar entre que transições residia(m) a(s) diferença(s). Uma diferença estatisticamente significativa detetou-se quando o valor-p aproximado, obtido pelo Teste de Homogeneidade Qui-Quadrado, foi inferior a .05. Este *post hoc* designa-se de **Teste z de duas proporções** e aplicou um ajuste com **correções de Bonferroni**. Quando realizado, as diferenças identificaram-se através das transições que obtiveram letras não comuns - Tabela 4.4. No nosso estudo, o teste *post hoc* foi aplicado uma única vez, pois o teste de Homogeneidade Qui-Quadrado apenas revelou a existência de diferença estatisticamente significativa nas respostas de uma das tarefas de análise visual, de um dos pares de idiomas: a análise da média para *Line chart - Heat map*.

### 4.5.1.B Teste de Kruskal-Wallis

Para comparação das diferentes transições, a nível das suas **características** e da **carga de trabalho de visualização e análise** envolvida, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis às respetivas respostas. Este é um teste de classificação, não paramétrico, que permite determinar se existem diferenças estatisticamente significativas entre dois ou mais grupos de uma variável independente sobre uma variável dependente contínua ou ordinal. Novamente, os grupos são as sete transições, entre cada par de idiomas, e a variável dependente é a classificação atribuída, em cada pergunta. Quando foi identificada pelo menos uma diferença estatisticamente significativa, o *post hoc* utilizado comparou as diversas

transições par a par, e aplicou as correções de **Holm-Bonferroni**. Também aqui, uma diferença estatisticamente significativa se detetou quando o valor-p aproximado, obtido pelo Teste de Kruskal-Wallis, foi inferior a .05. Através dos resultados obtidos do *post hoc*, os pares com diferenças estatisticamente significativas foram encontrados naqueles que tinham um valor-p ajustado inferior a .05.

#### 4.5.1.C Testes de Friedman

Na comparação de **preferências** entre as sete transições de cada idioma, realizada através dos questionários adicionais, foi aplicado o teste de Friedman. Ao contrário dos testes de Homogeneidade Qui-Quadrado e de Kruskal-Wallis, este teste permitiu determinar se existem diferenças estatisticamente significativas entre grupos relacionados. Isto porque, esta era a única avaliação em que todos os participantes visualizaram as sete transições do mesmo par de idiomas visuais, em vez de apenas visualizarem uma de cada. Quando foi identificada pelo menos uma diferença estatisticamente significativa, utilizou-se também um teste *post hoc*, de comparação entre pares, para identificar entre que transições se encontravam. Uma diferença estatisticamente significativa detetou-se quando o valor-p aproximado, obtido pelo Teste de Friedman, foi inferior a .05. Este *post hoc* designa-se de **Testes Wilcoxon signed-rank** e aplicaram correções de Bonferroni.

#### 4.5.2 Transição *Line chart* - *Heat map*

A Tabela 4.3 relaciona as sete técnicas de transição desenvolvidas para o par de idiomas *Line chart* – *Heat map* com os tópicos de análise de informação em avaliação e a carga de trabalho associada. Para os primeiros quatro tópicos são apresentados os resultados sob a forma de **percentagem** de respostas corretas, e para os quatro tópicos seguintes sob a forma de **mediana e intervalo interquartil**.

	No Animation	Fade	Lines	Points	Rectangles	Squares	Columns
Conjunto de dados	50%	69%	50%	33%	56%	50%	43%
Informação identificada	50%	39%	36%	33%	13%	50%	36%
Tendência da média*	36%	15%	64%*	40%	6%*	43%	21%
Tendência do fluxo/volume	57%	62%	57%	67%	56%	71%	71%
Exigência mental	3 (2)	3 (2)	3 (2)	3 (2)	3 (1)	3.50 (1.25)	3.50 (2.25)
Classificação da duração	2 (2)	3 (1)	3 (2)	3 (0)	3 (1)	1.50 (2)	2.50 (1.50)
Classificação global	2 (1.25)	3 (2)	4 (1.50)	3 (1)	3 (1)	4 (2.25)	4 (1)
Preferência*	1 (2.75)	7 (1)	5 (2.75)	2 (1.75)	4 (2)	4 (1.75)	5 (3.25)

**Tabela 4.3:** Respostas ao questionário para as transições *Line chart* - *Heat Map*. \* indica que existiram diferenças estatisticamente significativas.

Nas respostas relativas à comparação do conjunto de dados ( $\chi^2(6) = 4.125$ ,  $p=.660$ ) e da informação identificada ( $\chi^2(6) = 6.298$ ,  $p=.391$ ), não foi obtido nenhum resultado estatisticamente significativo, o que vai de acordo às percentagens obtidas para os respetivos tópicos.



Pois os valores destas não divergiram muito entre si, não permitindo encontrar uma transição melhor ou pior para as tarefas de comparação do conjunto de dados e de comparação da informação identificada. No entanto, foi possível destacar pela negativa a transição Rectangles na comparação da informação identificada.

Para a análise do comportamento da média ( $\chi^2(6) = 15.239$ ,  $p=.018$ ), concluiu-se que a transição Lines se revelou estatisticamente melhor que a transição Rectangles - Tabela 4.4 - e que entre as restantes a eficácia não foi a esperada, com as percentagens de respostas corretas inferiores a 50% - Tabela 4.3. Para a comparação das observações da variação da fluxo/volume ( $\chi^2(6) = 1.677$ ,  $p=.947$ ) não existiram diferenças estatisticamente significativas. No entanto, ao analisar as respetivas percentagens de sucesso das respostas - Tabela 4.3 - todas ultrapassaram os 50%, pelo que é possível concluir que as transições foram capazes de mostrar a variação desta medida.

**Assim, em termos de análise de informação, a Lines foi a transição que melhor permitiu observar o comportamento da média. Nas restantes medidas não existiram diferenças estatisticamente significativas.**

	No Animation	Fade	Lines	Points	Rectangles	Squares	Columns
Incorreto	9a,b	11a,b	5b	9a,b	15a	8a,b	11a,b
Correto	5a,b	2a,b	9b	6a,b	1a	6a,b	3a,b

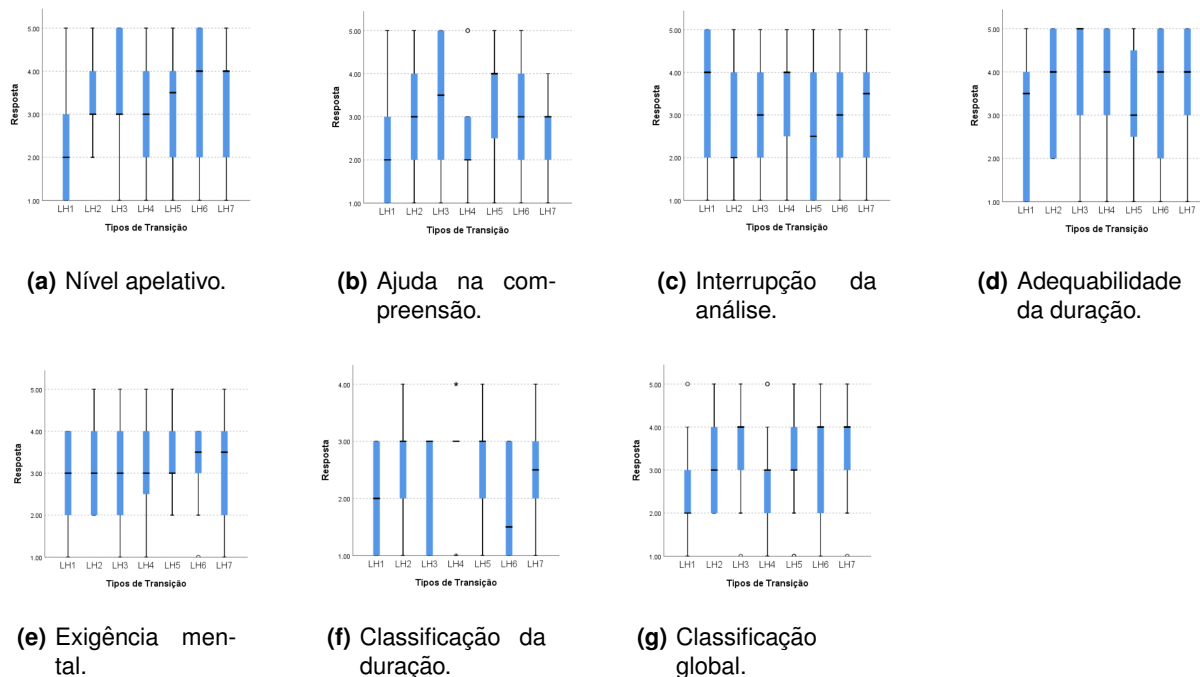
**Tabela 4.4:** Resultado da aplicação do teste z de duas proporções para a comparação da observação da variação da média dos dados das transições *Line chart - Heat Map*. As diferenças são detetadas entre as transições com letras não comuns.

Na avaliação do esforço global, envolvido nas respostas, analisaram-se medidas estatísticas relativas ao número de vezes que os participantes reportaram ter visualizado o vídeo de cada transição - Tabela 4.5. Concluiu-se que as transições No Animation e Fade parecem ter sido as que mais se aproximaram do valor esperado, tendo as reproduções variado entre uma e cinco vezes. Observou-se que a transição Squares foi aquela em que o número de reproduções mais divergiu, tendo sido reportado um máximo de dezoito reproduções por um dos participantes. As transições Lines e Rectangles foram as que atingiram uma maior média de número de reproduções, o que pode ir de encontro à diferença e dificuldade assinaladas para a comparação da média entre estas duas transições, justificando um maior número de reproduções. **A transição que exigiu um menor esforço parece ter sido a No Animation.**

	No Animation	Fade	Lines	Points	Rectangles	Squares	Columns
Mínimo	1	1	1	1	1	1	2
Máximo	5	5	15	10	12	18	6
Média	2.6	2.7	4.1	3.3	4	3.7	3.2
Desvio Padrão	1.2	1.3	3.8	2.9	2.8	4.3	1.3

**Tabela 4.5:** Estatísticas descritivas para as reproduções dos vídeos das transições *Line chart - Heat Map*.

Ao comparar as diferentes transições, a nível das suas características e da carga de trabalho de visualização e análise envolvida, concluiu-se que **nenhum dos casos em avaliação apresentou diferenças estatisticamente significativas entre as transições**. Esta conclusão é possível observar através dos respetivos *box plots*, com a distribuição das respostas por transição - Fig. 4.3.



**Figura 4.3:** Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições *Line chart - Heat map*.

Para analisar as preferências dos participantes relativamente às técnicas de transição, além do teste estatístico aplicado, cujos resultados revelaram **diferenças estatisticamente significativas** ( $\chi^2(6) = 30.134, p < .0005$ ), calcularam-se também as classificações médias para cada transição - Tabela 4.6.

Concluiu-se que a transição **No Animation** foi considerada **pior** que as transições **Fade, Lines, Rectangles e Columns** - Tabela B.13. A transição **Fade** foi considerada **melhor** que as transições **Points, Rectangles e Squares** - Tabela B.14. A transição **Lines** foi **melhor classificada** que a transição **Points** - Tabela B.15 - e a transição **Points** foi **pior classificada** do que a transição **Rectangles** - Tabela B.16.

Estes resultados, obtidos com os testes, estão de acordo com as classificações média calculadas - Tabela 4.6.

	No Animation	Fade	Lines	Points	Rectangles	Squares	Columns
Classificação média	2.31	5.94	4.69	2.81	4.13	3.69	4.44

**Tabela 4.6:** Classificações médias de preferência entre as transições *Line chart - Heat map*.

### 4.5.3 Transição *Line chart* - *Stream graph*

A Tabela 4.7 relaciona as sete técnicas de transição desenvolvidas para o par de idiomas *Line chart* – *Stream graph* com os tópicos de análise de informação em avaliação e a carga de trabalho associada. Para os primeiros sete tópicos são apresentados os resultados sob a forma de **percentagem** de respostas corretas, e para os quatro tópicos seguintes sob a forma de **mediana** e **intervalo interquartil**.

	No Animation	Fade	Expand	Lines	Color	Fade Fill	Fade Total
Conjunto de dados	85%	79%	87%	94%	79%	79%	79%
Informação identificada	77%	86%	87%	63%	86%	86%	86%
Tendência da média	69%	57%	53%	25%	43%	57%	71%
Tendência da mediana	54%	50%	40%	31%	50%	43%	50%
Tendência da dispersão	69%	36%	47%	31%	57%	64%	50%
Tendência do mínimo	62%	57%	53%	38%	50%	57%	71%
Tendência do máximo	77%	79%	67%	56%	79%	79%	79%
Exigência mental	3 (1)	3 (2)	3 (2)	3 (1)	2 (2.25)	3 (2)	2 (1)
Classificação da duração	3 (1)	3 (1)	3 (0)	3 (0)	3 (0)	3 (0.25)	3 (0.25)
Classificação global*	3 (2)	4 (1)	4 (2)	4 (0.75)	5 (1)	4 (1)	4 (1)
Preferência*	1 (0)	2 (1.25)	7 (3.25)	3 (3)	5 (2)	4 (2)	5 (1.50)

**Tabela 4.7:** Respostas ao questionário para as transições *Line chart* - *Stream graph*. \* indica que existiram diferenças estatisticamente significativas.

Para os primeiros sete tópicos em avaliação no questionário, concluiu-se que **nenhum mostrou diferenças estatisticamente significativas**, ao realizar as tarefas com recurso a diferentes transições. Tal foi de encontro às percentagens obtidas, semelhantes entre si - Tabela 4.7. No entanto, através da análise destas, foi possível retirar algumas conclusões gerais.

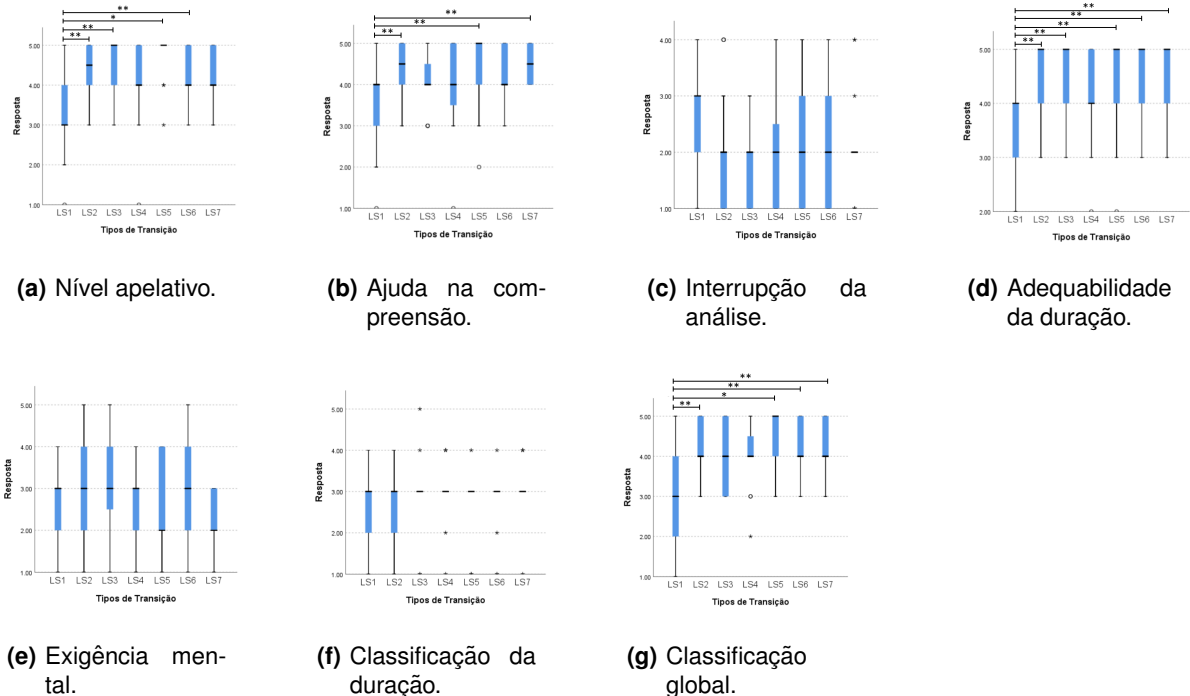
Para os dois primeiros tópicos, todas as percentagens foram altas, pelo que se pode concluir que as transições transmitiram a ideia que conjunto de dados era o mesmo, e qual a informação que cada idioma mostrava. Na avaliação do comportamento das medidas estatísticas, as percentagens revelaram resultados semelhantes, existindo apenas alguns destaques na negativa. A média destaca-se com a transição Lines que não ultrapassou os 25% de sucesso. A observação da variação do máximo foi aquela que obteve as respostas mais acertadas.

Para avaliar o esforço global envolvido, analisaram-se algumas medidas estatísticas relativas ao número de vezes que os participantes reportaram ter visualizado cada vídeo - Tabela 4.8. Concluiu-se que as transições No Animation e Fade Total parecem ter sido as que mais se aproximaram do valor esperado, com as reproduções a variar entre uma e quatro vezes. Observou-se que as transições Fade e Color foram aquelas em que o número de reproduções mais divergiu, com um máximo de dez reproduções, em ambas. As transições Fade e Fade Fill atingiram a maior média de número de reproduções. **As transições que necessitaram de um menor esforço global parecem ter sido a No Animation e a Fade Total.**

	No Animation	Fade	Expand	Lines	Color	Fade Fill	Fade Total
Mínimo	1	1	1	1	1	1	1
Máximo	4	10	5	5	10	6	4
Média	2.6	3.6	2.7	2.7	2.8	3.1	2.6
Desvio Padrão	1	2.4	1.5	1.4	2.4	1.9	1

**Tabela 4.8:** Estatísticas descritivas para as reproduções dos vídeos das transições *Line chart - Stream graph*.

Ao comparar as transições, a nível das suas características e da carga de trabalho de visualização e análise, concluiu-se que, em parte dos casos em avaliação, o resultado mostrou **diferenças estatisticamente significativas** entre as transições. Tal como é possível observar através dos respetivos *box plots*, com a distribuição das respostas por transição - Fig. 4.4.



**Figura 4.4:** Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições *Line chart - Stream graph*. \* indica que existiram diferenças estatisticamente significativas com valores-p inferiores a .0005 e \*\* com valores-p entre .001 e .050.

Em termos das suas características apelativas ( $\chi^2(6) = 16.137, p=.013$ ), concluiu-se que as transições **Fade, Expand, Color e Fade Fill foram mais apelativas que a transição No Animation** - Fig. 4.4(a) e Tabela B.2. Na ajuda para a compreensão das mudanças ( $\chi^2(6) = 14.602, p=.024$ ), concluiu-se que as transições **Fade, Color e Fade Total ajudaram mais que a No Animation** - Fig. 4.4(b) e Tabela B.3. Para a adequabilidade da duração ( $\chi^2(6) = 12.645, p=.049$ ), concluiu-se que as durações das transições **Fade, Expand, Color, Fade Fill e Fade Total foram mais adequadas que a duração da transição No Animation** - Fig. 4.4(d) e Tabela B.4.

Para a carga de trabalho, as respostas apenas se mostraram significativamente diferentes na classificação global das transições ( $\chi^2(6) = 17.181$ ,  $p=.009$ ). Concluiu-se que as transições **Fade, Color, Fade Fill e Fade Total foram globalmente melhores que a No Animation** - Fig. 4.4(g) e Tabela B.5.

Na comparação das preferências dos participantes, relativamente às técnicas de transição, além do teste estatístico aplicado, que revelaram **diferenças estatisticamente significativas** ( $\chi^2(6) = 38.357$ ,  $p<.0005$ ), calcularam-se também as classificações médias de cada transição - Tabela 4.9.

Concluiu-se que a transição **No Animation foi considerada pior que todas as outras transições** - Tabela B.20 - **seguida da transição Fade** - Tabela B.21. Observou-se ainda que a transição **Expand foi considerada melhor que a transição Color** - Tabela B.22.

Os resultados apresentados estiveram de acordo com as diferenças observadas na classificação média - Tabela 4.9.

	No Animation	Fade	Expand	Lines	Color	Fade Fill	Fade Total
Classificação média	1.43	2.71	5.79	4.14	4.79	4.43	4.71

**Tabela 4.9:** Classificações médias de preferência entre as transições *Line chart - Stream graph*.

#### 4.5.4 Transição *Heat map - Line chart*

A Tabela 4.10 relaciona as sete técnicas de transição desenvolvidas para o par de idiomas *Heat map - Line chart* com os tópicos de análise de informação em avaliação e a carga de trabalho associada. Para os primeiros quatro tópicos são apresentados os resultados sob a forma de **percentagem** de respostas corretas, e para os quatro tópicos seguintes sob a forma de **mediana e intervalo interquartil**.

	No Animation	Fade	Lines	Points	Rectangles	Squares	Columns
Conjunto de dados	86%	80%	81%	79%	64%	79%	77%
Informação identificada	21%	7%	6%	21%	14%	21%	8%
Tendência do fluxo/volume	50%	33%	25%	43%	50%	43%	31%
Tendência da média	86%	80%	88%	71%	100%	86%	85%
Exigência mental	2.50 (2)	2 (1)	2.50 (1)	3 (2)	3 (2)	2.50 (1)	3 (1.50)
Classificação da duração	3 (2)	3 (0)	3 (0.75)	3 (1)	3 (0.25)	3 (1)	3 (0.50)
Classificação global	3 (1)	4 (0)	4 (1.75)	4 (1.25)	4 (1)	4 (0.25)	4 (1.50)
Preferência*	1 (0)	3 (3)	3 (2.50)	4 (2)	4 (1.50)	6 (1.50)	7 (2)

**Tabela 4.10:** Respostas ao questionário para as transições *Heat map - Line chart*. \* indica que existiram diferenças estatisticamente significativas.

Para os primeiros quatro tópicos considerados em avaliação no questionário, **não se encontraram diferenças estatisticamente significativas para nenhum deles**.

No entanto, através da análise das percentagens de sucesso obtidas - Tabela 4.10 - podemos concluir que, na comparação do conjunto de dados, todas as transições parecem ter sido eficazes em mostrar que o conjunto de dados era o mesmo em ambos os idiomas.

Por outro lado, na identificação da informação de cada idioma o sucesso foi bastante inverso, uma vez que todas as percentagens foram abaixo dos 25%, destacando-se as transições Fade e Columns com percentagens de respostas corretas de 7% e 8%. Tais resultados poderão ser justificados pelo facto dos participantes não conhecerem bem o idioma *Heat map*, e, por consequência, não conseguirem realizar a análise do fluxo/volume dos dados.

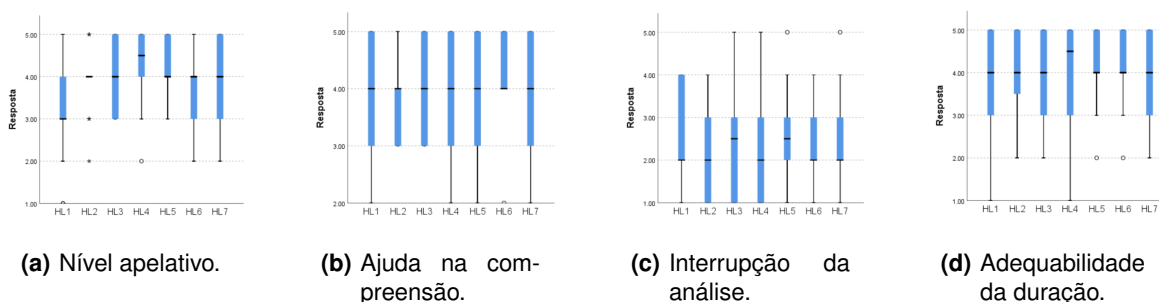
Para avaliar o esforço global envolvido, analisaram-se medidas estatísticas relativas ao número de vezes que os participantes reportaram ter visualizado cada um dos vídeos - Tabela 4.11. Concluiu-se que as transições Lines e Squares parecem ter sido as que mais se aproximaram do valor esperado, tendo as reproduções variado entre uma e três, ou quatro vezes. Observou-se que foi nas transições Points e Columns que o número de reproduções mais divergiu, tendo sido reportados máximos de dezoito e dez reproduções. As transições Points e Columns foram as que atingiram uma maior média de número de reproduções.

**O menor esforço global parece assim ter sido demonstrado na transição Squares.**

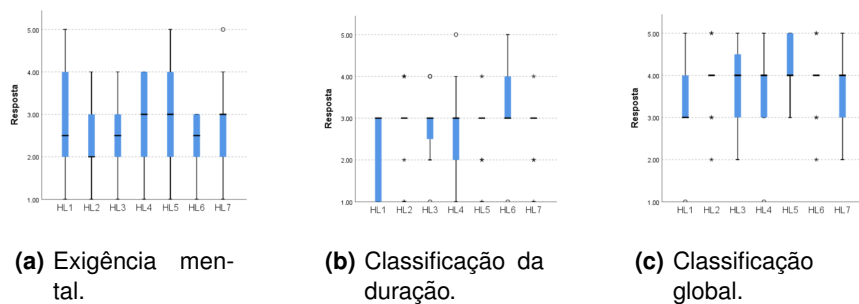
	No Animation	Fade	Lines	Points	Rectangles	Squares	Columns
Mínimo	1	1	1	1	1	1	1
Máximo	5	5	4	18	6	3	10
Média	3	2.2	2.3	3.6	2.6	2.3	3.2
Desvio Padrão	1.5	1	1.1	4.5	1.3	.8	2.3

**Tabela 4.11:** Estatísticas descritivas para as reproduções dos vídeos das transições *Heat map - Line chart*.

Ao comparar as diferentes transições, a nível das suas características e da carga de trabalho de visualização e análise, concluiu-se que **nenhum dos casos em avaliação mostrou diferenças estatisticamente significativas entre as transições**, como é possível observar através dos respetivos *box plots*, com a distribuição das respostas por transição - Fig. 4.5 e Fig. 4.6.



**Figura 4.5:** Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições *Heat map - Line chart*.



**Figura 4.6:** Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições *Heat map - Line chart*.

Para as preferências dos participantes relativamente às técnicas de transição, além do teste estatístico aplicado, cujos resultados revelaram **diferenças estatisticamente significativas** entre as transições ( $\chi^2(6) = 37.978, p < .0005$ ), calcularam-se as também classificações médias de cada uma - Tabela 4.12.

Concluiu-se que a transição **No Animation foi menos preferida que todas as outras** - Tabela B.27 - e que a transição **Columns foi mais preferida que todas as outras** - Tabela B.33. Observou-se ainda que a transição **Lines foi menos preferida que as transições Rectangles e Squares** - Tabela B.29. O que vai de acordo às diferenças observadas na classificação média atribuída - Tabela 4.12.

	No Animation	Fade	Lines	Points	Rectangles	Squares	Columns
Classificação média	1.31	3.85	3.31	3.85	4.46	5.15	6.08

**Tabela 4.12:** Classificações médias de preferência entre as transições *Heat map - Line chart*.

#### 4.5.5 Transição *Heat map - Stream graph*

A Tabela 4.13 relaciona as sete técnicas de transição desenvolvidas para o par de idiomas *Heat map - Stream graph* com os tópicos de análise de informação em avaliação e a carga de trabalho associada. Para os primeiros sete tópicos são apresentados os resultados sob a forma de **percentagem** de respostas corretas, e para os quatro tópicos seguintes sob a forma de **mediana e intervalo interquartil**.

	No Animation	Fade	Lines	Rectangles	Rectangles Color	Squares	Squares Color
Conjunto de dados	80%	81%	79%	64%	100%	92%	86%
Informação identificada	60%	44%	71%	57%	57%	62%	57%
Tendência do fluxo/volume	27%	31%	21%	36%	21%	31%	29%
Tendência da mediana	47%	50%	57%	57%	57%	69%	64%
Tendência da dispersão	53%	25%	79%	64%	71%	54%	57%
Tendência do mínimo	60%	25%	64%	50%	57%	39%	57%
Tendência do máximo	80%	69%	93%	86%	86%	77%	79%
Exigência mental	2 (1)	3 (1)	3 (2)	2.50 (2)	2 (1)	3 (2)	3 (1.25)
Classificação da duração*	2 (1) *	3 (1)	3 (1) *	3 (0.25) *	3 (1) *	3 (0) *	3 (1)
Classificação global	3 (2)	4 (1)	4 (0.25)	4 (0.25)	4 (0.25)	4 (1)	4 (2)
Preferência*	1 (0)	7 (4)	4 (2)	3 (2)	5 (3)	4 (3)	5 (3)

	No Animation	Fade	Lines	Rectangles	Rectangles Color	Squares	Squares Color
--	--------------	------	-------	------------	------------------	---------	---------------

**Tabela 4.13:** Respostas ao questionário para as transições *Heat map - Stream graph*. \* indica que existiram diferenças estatisticamente significativas.

Ao verificar a relação de respostas corretas e incorretas para os primeiros sete tópicos considerados em avaliação no questionário, **não existiram diferenças estatisticamente significativas a reportar**.

No entanto, através da análise das percentagens de sucesso - Tabela 4.13 - foi possível observar que a transição Rectangles Color obteve 100% de respostas corretas na comparação do conjunto de dados, e que as percentagens das restantes foram sempre acima de 60%. Tal pode indicar que, de uma forma geral, todas transmitiram a ideia que ambos os idiomas representam o mesmo conjunto de dados. No caso da comparação da informação obtida, a maioria das respostas esteve em torno dos 50%, destacando-se apenas a transição Fade pela negativa. Na avaliação do comportamento das medidas estatísticas, o fluxo/volume destaca-se pelas suas baixas percentagens, a baixo dos 40%, o que pode ser justificado pelo facto de os participantes não estarem familiarizados com esta medida estatística. A avaliação da tendência da variação do máximo teve uma maior percentagem de sucesso.

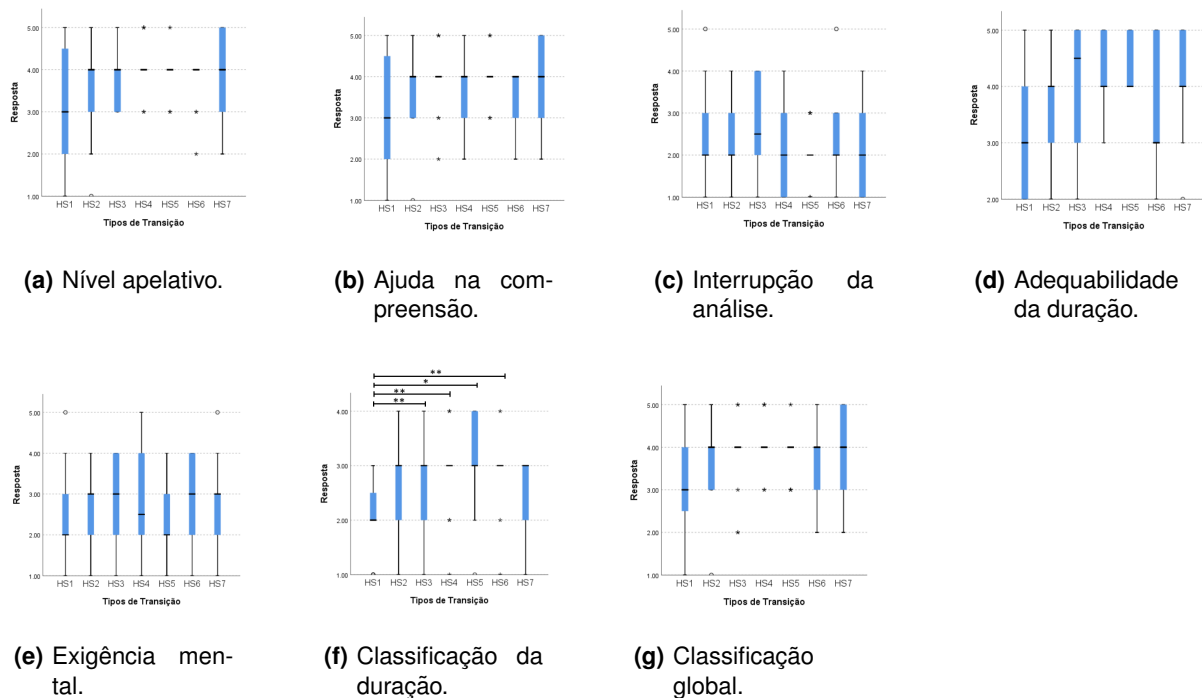
Para avaliar o esforço global envolvido nas respostas, analisaram-se medidas estatísticas relativas ao número de vezes que os participantes reportaram ter visualizado cada um dos vídeos - Tabela 4.14. Concluiu-se que a transição Rectangles Color parece ter sido a que mais se aproximou do valor esperado, tendo as reproduções variado entre uma e quatro vezes. Observou-se que a transição Lines foi aquela em que o número de reproduções mais divergiu, tendo sido reportado um máximo de dezassete reproduções. A transições Lines e Squares Color foram as que atingiram uma maior média de número de reproduções. **A transição cujo esforço global parece assim ter sido a Rectangles Color.**

	No Animation	Fade	Lines	Rectangles	Rectangles Color	Squares	Squares Color
Mínimo	2	1	1	1	2	1	1
Máximo	6	6	17	6	4	5	7
Média	2.9	2.6	4.2	2.8	2.6	3.2	3.7
Desvio Padrão	1.4	1.6	4.2	1.3	.6	1.4	1.4

**Tabela 4.14:** Estatísticas descritivas para as reproduções dos vídeos das transições *Heat map - Stream graph*.

Ao comparar as transições, a nível das suas características e da carga de trabalho de visualização e análise, verificou-se que apenas um dos casos revelou **diferenças estatisticamente significativas** entre elas, como se observa com a distribuição de respostas nos respetivos *box plots* - Fig. 4.7. Esta diferença aconteceu na classificação da duração ( $\chi^2(6) = 16.509, p=.011$ ). Observou-se que a transição **No Animation foi mais curta que as transições Lines, Rectangles, Rectangles Color e Squares** - Fig. 4.7(f) e Tabela B.6.





**Figura 4.7:** Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições *Heat map - Stream graph*. \* indica que existiram diferenças estatisticamente significativas com valores-p inferiores a .0005 e \*\* com valores-p entre .001 e .050.

Para comparar as preferências dos participantes relativamente às técnicas de transição, além do teste estatístico aplicado, cujos resultados mostraram a existência de **diferenças estatisticamente significativas** ( $\chi^2(6) = 35.286, p < .0005$ ), calcularam-se também as classificações médias de cada transição - Tabela 4.15.

Concluiu-se que a transição **No Animation** foi considerada menos preferida que as transições **Fade, Lines, Rectangles Color, Squares e Squares Color** - Tabela B.34, e que a transição **Rectangles** foi menos preferida que a **Fade, Lines, Rectangles Color, Squares e Squares Color** - Tabela B.37. Observou-se ainda que a transição **Fade** foi mais preferida que a **Lines e Rectangles** - Tabela B.35 - e que a transição **Lines** foi mais preferida que a **Rectangles** - Tabela B.36.

Diferenças estas que as classificações médias também detetaram - Tabela 4.15.

	No Animation	Fade	Lines	Rectangles	Rectangles Color	Squares	Squares Color
Classificação média	1.67	5.80	4.00	2.87	4.73	4.33	4.60

**Tabela 4.15:** Classificações médias de preferência entre as transições *Heat map - Stream graph*.

#### 4.5.6 Transição *Stream graph* - *Line chart*

A Tabela 4.16 relaciona as sete técnicas de transição desenvolvidas para o par de idiomas *Stream graph* – *Line chart* com os tópicos de análise de informação em avaliação e a carga de trabalho associada. Para os primeiros sete tópicos são apresentados os resultados sob a forma de **percentagem** de respostas corretas, e para os quatro tópicos seguintes sob a forma de **mediana** e **intervalo interquartil**.

	No Animation	Fade	Contract	Lines	Color	Fade Fill	Fade Total
Conjunto de dados	56%	86%	71%	93%	77%	79%	87%
Informação identificada	63%	86%	86%	86%	77%	93%	87%
Tendência da mediana	38%	50%	50%	43%	62%	43%	60%
Tendência da dispersão	13%	50%	29%	36%	39%	57%	53%
Tendência do mínimo	63%	79%	64%	64%	54%	50%	53%
Tendência do máximo	38%	71%	43%	50%	39%	43%	47%
Tendência da média	56%	79%	71%	86%	69%	79%	73%
Exigência mental	3 (0.75)	3 (1.25)	3 (1.25)	2.50 (1.25)	2 (1)	2 (1.25)	2 (1)
Classificação da duração	3 (2)	3 (0.25)	3 (0.25)	3 (0.50)	3 (0)	3 (1)	3 (0)
Classificação global*	3 (1.50) *	4 (0.25)	4 (0.25)	4 (0.25)	4 (2)	4 (1)	4 (1)
Preferência*	1 (0)	2 (1.50)	5.50 (2)	3 (1.25)	5.50 (2.25)	5 (1.50)	5 (2.25)

**Tabela 4.16:** Respostas ao questionário para as transições *Stream graph* - *Line chart*. \* indica que existiram diferenças estatisticamente significativas.

Ao verificar a relação de respostas corretas e incorretas para os primeiros sete tópicos considerados em avaliação, **não existiram diferenças estatisticamente significativas**. No entanto, através da análise das percentagens de sucesso obtidas - Tabela 4.16 - é possível observar que o sucesso de respostas para a comparação do conjunto de dados e para a comparação da informação obtida foi sempre acima dos 50%, e na sua maioria perto dos 80%, o que se revelou um bom resultado, mostrando que as transições transmitiram a ideia de representarem um único conjunto de dados. Em relação à análise das medidas estatísticas, a dispersão destaca-se por ter algumas percentagens de sucesso de resposta inferiores a 40%, o que se pode justificar pelo facto de os participantes não estarem familiarizados com esta medida estatística. A média foi a medida que obteve as respostas mais acertadas.

Para avaliar o esforço global, envolvido nas respostas obtidas, analisaram-se medidas estatísticas relativas ao número de vezes que os participantes reportaram ter visualizado cada um dos vídeos - Tabela 4.17. Concluiu-se que as transições Lines e Fade Total parecem ter sido as que mais se aproximaram do valor esperado, tendo as reproduções variado entre uma e quatro vezes. Observou-se que a transição Fade foi aquela em que o número de reproduções mais divergiu, tendo sido reportado um máximo de dez reproduções. O número médio de número de reproduções foi muito semelhante em todas as transições, no entanto a transição Fade atingiu uma média ligeiramente superior às restantes.

**A transição que menos esforço global parece ter exigido foi a Fade Total.**

	No Animation	Fade	Contract	Lines	Color	Fade Fill	Fade Total
Mínimo	1	1	1	1	1	1	1
Máximo	6	10	6	4	6	5	4
Média	2.3	3.3	2.5	2.4	2.5	2.6	2.3
Desvio Padrão	1.4	2.3	1.3	.9	1.6	1.3	1.2

**Tabela 4.17:** Estatísticas descritivas para as reproduções dos vídeos das transições *Stream graph - Line chart*.

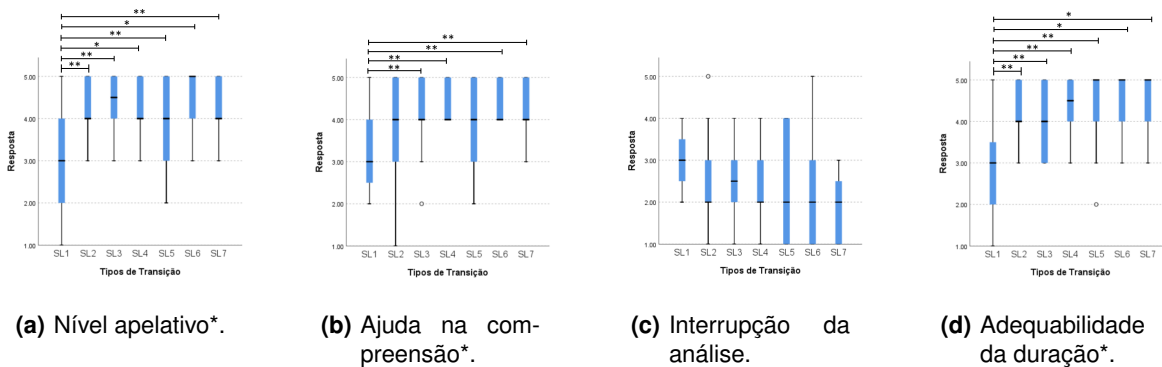
Ao comparar as diferentes transições, a nível das suas características e da sua carga de trabalho de visualização e análise, concluiu-se que, em parte dos casos, existiram **diferenças estatisticamente significativas**, como mostra a distribuição de respostas nos respetivos *box plots* - Fig. 4.8 e Fig. 4.9.

Para o nível apelativo ( $\chi^2(6) = 20.960, p=.002$ ), a transição **No Animation foi menos apelativa que todas as outras transições** - Fig. 4.8(a) e Tabela B.7.

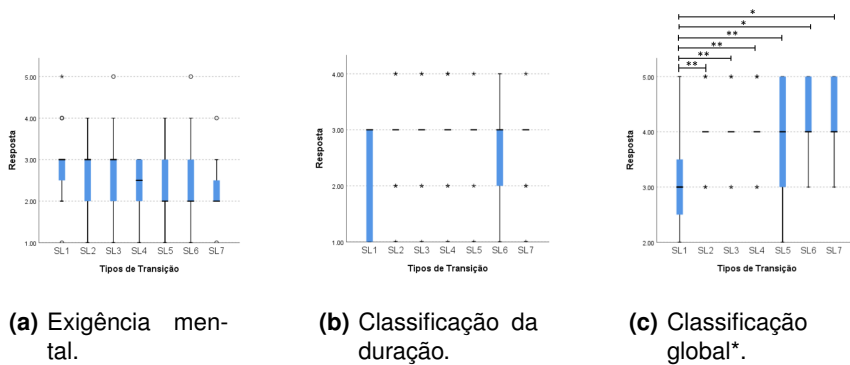
Em termos de ajuda que cada transição proporcionou na compreensão da visualização ( $\chi^2(6) = 15.171, p=.019$ ), as transições **Contract, Lines, Fade Fill e Fade Total revelaram-se ajudar mais que a transição No Animation** - Fig. 4.8(b) e Tabela B.8.

Na adequabilidade da duração ( $\chi^2(6) = 23.315, p=.001$ ), a transição **No Animation foi apontada como tendo uma duração menos adequada que todas as outras transições** - Fig. 4.8(d) e Tabela B.9.

Na classificação global da transição ( $\chi^2(6) = 22.322, p=.001$ ), a transição **No Animation foi significativamente pior classificada globalmente que todas as outras transições** - Fig. 4.9(c). A transição Fade Fill foi a melhor classificada globalmente - Tabela B.10.



**Figura 4.8:** Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições *Stream graph - Line chart*. \* indica que existiram diferenças estatisticamente significativas com valores-p inferiores a .0005 e \*\* com valores-p entre .001 e .050.



**Figura 4.9:** Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições *Stream graph - Line chart*. \* indica que existiram diferenças estatisticamente significativas com valores-p inferiores a .0005 e \*\* com valores-p entre .001 e .050.

Para comparar as preferências dos participantes relativamente às técnicas de transição, além do teste estatístico aplicado, cujos resultados mostraram existir **diferenças estatisticamente significativas** ( $\chi^2(6) = 36.612, p < .0005$ ), calcularam-se também as classificações médias de cada transição - Tabela 4.18.

Concluiu-se que **todas as transições foram mais preferidas que a transição No Animation** - Tabela B.41. Observou-se que as transições **Contract e Color foram mais preferidas que a transição Fade** - Tabela B.42 - e que a transição **Contract foi mais preferida que a transição Lines** - Tabela B.43.

Estes resultados vão de encontro ao que mostrou a classificação média - Tabela 4.18 - pois a transição No Animation apresenta uma média muito inferior às restantes, e as transições Contract e Color apresentam valores semelhantes e distantes da média atribuída à transição Fade, o que também acontece entre as transições Contract e Lines.

	No Animation	Fade	Contract	Lines	Color	Fade Fill	Fade Total
Classificação média	1.36	3.00	5.07	3.71	5.36	4.64	4.86

**Tabela 4.18:** Classificações médias de preferência entre as transições *Stream graph - Line chart*.

#### 4.5.7 Transição *Stream graph - Heat map*

A Tabela 4.19 relaciona as sete técnicas de transição desenvolvidas para o par de idiomas *Stream graph - Heat map* com os tópicos de análise de informação em avaliação e a carga de trabalho associada. Para os primeiros sete tópicos são apresentados os resultados sob a forma de **percentagem** de respostas corretas, e para os quatro tópicos seguintes sob a forma de **mediana** e **intervalo interquartil**.

	No Animation	Fade	Lines	Lines Color	Rectangles	Expand	Expand Color
Conjunto de dados	57%	64%	64%	77%	71%	67%	63%
Informação identificada	71%	57%	64%	46%	71%	67%	50%
Tendência da mediana	71%	64%	79%	77%	64%	60%	75%
Tendência da dispersão	29%	29%	21%	39%	36%	47%	31%
Tendência do mínimo	57%	79%	29%	69%	86%	67%	63%
Tendência do máximo	57%	71%	57%	69%	93%	60%	69%
Tendência do fluxo/volume	43%	43%	43%	31%	50%	60%	25%
Exigência mental	3.50 (1.25)	3 (2)	3 (1.25)	3 (2)	3.50 (2)	3 (1)	3 (1.75)
Classificação da duração*	2 (1) *	3 (1.25)	3 (2)	3 (1.50)	3 (2)	3 (0)	3 (1)
Classificação global	2 (1.25)	4 (1.25)	4 (1)	4 (2)	4 (2)	3 (2)	3 (1)
Preferência*	1 (1.25)	4 (4.25)	4 (2.50)	3 (2.25)	6 (4)	5 (3)	5 (1.25)

**Tabela 4.19:** Respostas ao questionário para as transições *Stream graph - Heat map*. \* indica que existiram diferenças estatisticamente significativas.

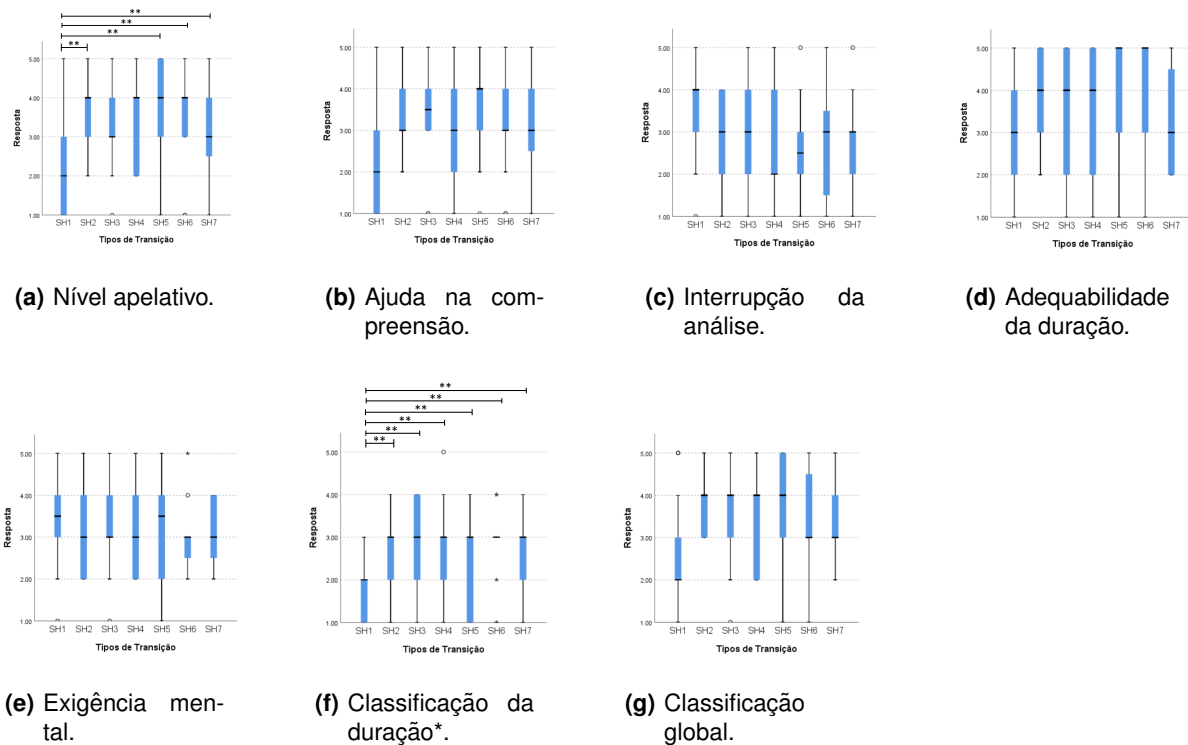
Ao verificar a relação de respostas corretas e incorretas para os primeiros sete tópicos considerados em avaliação no questionário, **não existiram diferenças estatisticamente significativas nas diferentes comparações**. No entanto, através da análise das percentagens obtidas - Tabela 4.19 - é possível observar que o sucesso de respostas para a comparação do conjunto de dados foi sempre acima dos 50%, o que se revelou um resultado aceitável, mostrando que na sua maioria, as transições transmitem bem a ideia de representarem um único conjunto de dados. Um cenário semelhante aconteceu para a comparação da informação obtida, destacando-se apenas a transição Lines Color pela negativa, ao estar a baixo dos 50%. Na avaliação do comportamento das medidas estatísticas, a dispersão e o fluxo/volume destacam-se pelas suas baixas percentagens, na sua maioria a baixo dos 50%, o que pode ser justificado pelos participantes não estarem familiarizados com estas medidas estatísticas. A mediana foi a medida cujas respostas tiveram uma maior percentagem de sucesso, atingindo uma média próxima de 70%.

Para avaliar o esforço global, analisaram-se medidas estatísticas relativas ao número de vezes que os participantes reportaram ter visualizado cada um dos vídeos - Tabela 4.20. Concluiu-se que as transições Expand e Expand Color parecem ter sido as que mais se aproximaram do valor esperado, tendo as reproduções variado entre uma e cinco vezes. Observou-se que a transição No Animation foi aquela em que o número de reproduções mais divergiu, tendo sido reportado um máximo de dezoito reproduções, e a transição que atingiu uma maior média de número de reproduções. **As transições que apresentaram menor esforço global, parecem assim ter sido a Expand e a Expand Color.**

	No Animation	Fade	Lines	Lines Color	Rectangles	Expand	Expand Color
Mínimo	1	1	2	1	2	1	1
Máximo	18	7	6	6	8	5	5
Média	4.1	2.9	3.3	3	3.5	2.6	2.6
Desvio Padrão	4.4	1.5	1.4	1.6	1.9	1.1	1.5

**Tabela 4.20:** Estatísticas descritivas para as reproduções dos vídeos das transições *Stream graph - Heat map*.

Ao comparar as transições, a nível das suas características e da carga de trabalho de visualização, concluiu-se que, em parte dos casos em avaliação, existiram **diferenças estatisticamente significativas**, como se observa através da distribuição de respostas nos respetivos *box plots* - Fig. 4.10.



**Figura 4.10:** Sumário gráfico da distribuição das respostas obtidas para as transições *Stream graph - Heat map*. \* indica que existiram diferenças estatisticamente significativas com valores-p inferiores a .0005 e \*\* com valores-p entre .001 e .050.

Relativamente às características apelativas ( $\chi^2(6) = 13.893$ ,  $p=.031$ ), concluiu-se que as transições **Fade, Rectangles, Expand e Expand Color foram consideradas mais apelativas que a transição No Animation** - Fig. 4.10(a) e Tabela B.11.

Na classificação da duração ( $\chi^2(6) = 17.278$ ,  $p=.008$ ), concluiu-se que a transição **No Animation foi mais curta que todas as outras transições** - Fig. 4.10(f) - cujas classificações foram semelhantes entre si e indicaram que a duração era adequada - Tabela B.12.

Para comparar as preferências dos participantes relativamente às técnicas de transição apresentadas, além do teste estatístico aplicado, cujos resultados demonstraram existirem **diferenças estatisticamente significativas** ( $\chi^2(6) = 21.765$ ,  $p=.001$ ), calcularam-se também as classificações médias de cada transição - Tabela 4.21.

Concluiu-se que a transição **No Animation foi menos preferida que todas as outras transições** - Tabela B.48 - e que a transição **Expand foi mais preferida que a transição Lines Color** - Tabela B.51.

Estes resultados foram de encontro ao que mostrou a classificação média - Tabela 4.21 - pois a transição No Animation apresenta uma média muito inferior às restantes, e as transições Lines Color e Expand são as que mais se distanciam, de entre as restantes.

	No Animation	Fade	Lines	Lines Color	Rectangles	Expand	Expand Color
Classificação média	1.86	4.50	4.14	3.29	4.57	5.14	4.50

**Tabela 4.21:** Classificações médias de preferência entre as transições *Stream graph - Heat map*.

## 4.6 Observações

Ao longo da realização dos testes, alguns dos participantes deixaram ainda o seu *feedback* referente às dificuldades que sentiram, ou àquilo que identificaram de melhor e pior nas diversas transições.

Na observação da informação nos idiomas, uma das dúvidas que surgiu foi se se pretendia uma análise a nível do instante atual, na transição, ou uma análise global da visualização, até ao final do vídeo. Por exemplo, ao serem questionados acerca da variação do máximo dos dados, surgiu a dúvida se a tarefa era analisar o máximo total do gráfico ou o máximo em cada instante. Tal poderia resolver-se se se aprofundasse um pouco mais a explicação dos objetivos, e se a pergunta fosse reformulada.

Alguns participantes apresentaram ainda incertezas relativamente ao comportamentos de medidas que não eram as mais relevantes em certas transições, que por essa razão, não apresentavam uma mudança significativamente drástica, causando a dúvida se aumentavam ou diminuam ou se se mantinham constantes. Citando um dos comentários: “Se a alteração de um certo dado for ligeira posso considerar como mantendo a tendência? Dado que não foi uma alteração significativa? Para uma pessoa uma determinada mudança pode ser desprezada e esta considerar que a tendência se manteve constante, mas outra pessoa diferente pode assumir que já foi uma mudança. E isso não tem nada a ver com a transição estar bem ou mal, é mais da interpretação da pessoa.”

Nas preferências entre as diversas transições, foi recebido *feedback* que confrontou dois lados possíveis de uma mesma apreciação. Um dos participantes afirmou que avaliar uma transição como sendo melhor que outra pode ser algo interpretado de pelo menos duas formas: ser visualmente apelativo/bonito ou conseguir mostrar/transmitir informação de forma mais eficiente. O que significa que na sua opinião, uma transição sem animação ou uma transição *Fade* podem ser visualmente menos apelativas, no entanto, em relação às restantes transições, que são em geral mais apelativas, têm a vantagem de não mostrar dados incorretos no processo de transição. Ou seja, este participante, ao necessitar de pausar o vídeo em instantes em que a transição estava a ocorrer, a visualização não estava a dar a informação de valores corretos. Desvendou-se, assim, uma possível desvantagem, ou limitação, das animações. Além do poder distrativo demonstrado [10] utilizar animações pode, em alguns casos, originar instantes de falsa informação enquanto ocorrem transformações entre os elementos.

Esta ideia já tinha sido concluída no trabalho relacionado que estudou o impacto negativo de criar animações com claras divisões em vários momentos (*Stagered Animations*) [36]. Esta informação é apoiada também por Robertson et al. que mostraram que as animações eram boas opções para apresentação de tendências, no entanto, más opções para a sua análise [33].

## 4.7 Discussão

O grande objetivo do nosso estudo era procurar formas de efetuar transições suaves e sem choques visuais, entre dois idiomas visuais diferentes, criando uma mudança que evitasse a perda do contexto geral, ou de informação relevante presente na visualização, quando existisse necessidade de o fazer. Pretendia-se também que os utilizadores se apercebessem, por si próprios, que essa necessidade de mudança era real e que não estava a acontecer apenas para tornar a visualização mais apelativa. Ou seja, era esperado que os utilizadores dessem conta que nem todos os idiomas eram adequados, ou capazes, de mostrar todas as informações em análise.

A estratégia que se utilizou passou pela criação de um conjunto de transições animadas e de uma transição não animada, que ao serem colocadas em testes de comparação, se pretendia, por um lado, identificar se existiam diferenças significativas entre cada uma das animações criadas e, por outro lado, se existiam diferenças entre a utilização e a não utilização de animação. Após uma análise detalhada aos resultados obtidos para todos os pares de transições, com recurso a diversos testes estatísticos, concluiu-se que existiram algumas transições que se destacaram pela positiva e pela negativa, em cada tópico que estava a ser avaliado. No entanto, para a maioria deles, os resultados não foram estatisticamente significativos, o que dificultou um pouco em criar uma distinção clara e formular uma certeza de quais as transições que funcionam melhor ou pior, pois as classificações foram semelhantes. Assim, para esses casos, foram apenas consideradas, e analisadas, as percentagens de sucesso.

Foi visível que as primeiras transições de cada par de transições, as quais correspondiam às transições não animadas, foram aquelas que pior classificadas ficaram, na maioria dos tópicos em avaliação nos questionários. Este resultado foi de encontro a uma das nossas expectativas e objetivos, que passava por demonstrar que a animação é uma ferramenta útil para apresentar e dinamizar a compreensão da transição entre diferentes representações dos dados, numa visualização [32]. No entanto, o facto de a animação permitir ao utilizador acompanhar cada mudança de forma mais próxima e espontânea, pode por um lado melhorar na sua orientação entre os dados e, conseqüentemente, na análise das diferentes informações, e por outro lado distraí-lo [10]. Nos casos em que a transição não animada obteve melhor classificação, pode ter significado que as transições animadas tinham alguma fonte de distração, gerando perda de atenção ou de contexto [33], por parte do utilizador, e impedindo que este conseguisse perceber o comportamento dos dados e analisar a informação pedida.



Em relação à análise de informação relativa aos dados (média, mediana, dispersão, mínimo, máximo e fluxo/volume), as respostas obtidas, na sua maioria, não foram de encontro ao que as visualizações mostravam, e os resultados dos testes estatísticos não permitiram retirar conclusões de diferenças estatisticamente significativas. Apenas a identificação da média, num dos pares de idiomas (*Line chart-Heat map*), obteve resultados claros para definir uma transição melhor para este fim, o que significa que, no geral, as transições se mostraram ser semelhantes entre si, na forma como passaram a informação aos utilizadores. A identificação do comportamento do fluxo/volume e da dispersão, dos dados, foram aquelas medidas estatísticas que apresentaram percentagens de respostas corretas mais baixas. Um fator limitativo para tal poderá ter sido a pouca familiaridade dos participantes com as medidas estatísticas [41], com os idiomas visuais nos quais se analisam as medidas [10], ou com a própria dinâmica da visualização, podendo não ser um resultado diretamente relacionado com as transições em si. Pois, com a análise de respostas relativas ao perfil dos participantes, foi observado que mais de 50% dos participantes afirmaram nunca terem analisado gráficos com dados em tempo real, e que apenas 22% afirmaram analisar gráficos com frequência semanal.

A Tabela 4.22 reúne as transições que obtiveram os melhores resultados. No entanto, uma vez que os resultados dos testes não permitiram identificar uma única transição como significativamente melhor, na maioria dos tópicos, foram considerados os valores disponíveis para comparação das transições.

	LH	LS	HL	HS	SL	SH
<b>Média</b>	Lines	Fade Total*	Rectangles*	NA	Lines*	NA
<b>Mediana</b>	NA	No Animation*	NA	Squares*	Color*	Lines*
<b>Dispersão</b>	NA	No Animation*	NA	Lines*	Fade Fill*	
<b>Mínimo</b>	NA	Fade Total*	NA	Lines*	Fade*	Rectangles*
<b>Máximo</b>	NA	Fade* Color* Fade Fill* Fade Total*	NA	Lines*	Fade*	Rectangles*
<b>Fluxo/volume</b>	Squares* Columns*	NA	No Animation* Rectangles*		NA	Expand*
<b>Esforço global</b>	No Animation	No Animation Fade Total	Squares	Rectangles Color	Fade Total	Expand Expand Color
<b>Nível apelativo</b>		Color**			Fade Fill	Rectangles
<b>Ajuda</b>		Color**			Lines** Fade Fill**	
<b>Duração</b>				Rectangles Color**	Fade Fill**	
<b>Global</b>		Color**			Fade Fill**	
<b>Preferência</b>	Fade***	Expand***	Columns	Fade***	Color***	Expand***

**Tabela 4.22: Resumo dos melhores resultados estatísticos obtidos da análise das respostas aos tópicos mais relevantes.** A primeira linha contém as iniciais de cada par de idiomas visuais. Nos casos que não reuniram resultados estatisticamente significativos com os testes realizados, recorreu-se à análise de percentagens de sucesso iguais ou superiores a 50%\* ou aos valores dos testes estatísticos mais elevados\*\*, ou à média de classificação mais elevada\*\*\*. Transições que apresentam mais que uma técnica são casos em que a percentagem máxima foi a mesma em mais que uma técnica. Células da tabela vazias indicam que as respetivas percentagens de sucesso não atingiram os 50%.

Reunidas as melhores transições, torna-se possível identificar alguns padrões de preferência.

A utilização do desvanecer (**Fade**) total ou parcial de elementos da visualização, revelou-se como uma boa opção em metade dos pares de idiomas visuais: *Line chart - Stream graph*, *Heat map - Stream graph* e *Stream graph - Line chart*. Algo comum entre estes três pares, é o facto de todos eles incluírem o *Stream graph*, como um dos idiomas visuais. O *Fade* pode ser importante neste idioma visual devido ao facto de ser constituído por áreas coloridas, que ao precisarem de aparecer ou desaparecer do ecrã, se torna mais fácil que o façam gradualmente.

A transição não animada (**No Animation**) surgiu como melhor resultado para alguns tópicos de análise da variação de algumas medidas estatísticas: mediana, dispersão e fluxo/volume. As duas primeiras estão associadas ao *Stream graph*, cujo conceito é baseado em *Box plots* - Fig. 3.2 - que foi o idioma menos reconhecido no perfil traçado dos participantes (47%). Desta forma, é possível que tenham preferido uma transição mais simples visualmente, com menos coisas a acontecer em simultâneo, e que assim facilitasse a análise da informação pedida.

Perante estas transições, sugerimos, de entre todas, as melhores para cada par de idiomas visuais, de acordo com as que se mostraram adequadas para um maior número de situações de avaliação, em cada. No caso de não existir uma transição que se destaque, em algum dos pares de idiomas visuais, foi definida uma ordem de critérios para decidir qual a nossa sugestão de melhor. Em primeiro lugar escolhem-se aquelas transições que passaram melhor a informação. No caso de não ser possível retirar uma melhor transição no primeiro critério, escolhem-se aquelas cujo esforço foi avaliado como menor. No caso de não ser possível retirar uma transição melhor em nenhum dos primeiros dois critérios, escolhem-se aquelas que foram classificadas como mais preferidas, sendo que em termos de preferências existiram sempre diferenças.

Em suma: se as transições passaram a informação, relativa aos dados, de forma semelhante, iremos optar por considerar melhores aquelas que se mostraram menos exigentes, em termos de carga de trabalho, e também as que foram classificadas como mais preferidas.

As transições sugeridas como melhores são as seguintes:

- Transição **Lines** para transitar entre **Line chart** e **Heat map**
- Transição **Fade Total** para transitar entre **Line chart** e **Stream graph**
- Transição **Rectangles** para transitar entre **Heat map** e **Line chart**
- Transição **Lines** para transitar entre **Heat map** e **Stream graph**
- Transição **Fade Fill** para transitar entre **Stream graph** e **Line chart**:
- Transição **Rectangles** para transitar entre **Stream graph** e **Heat map**

# 5

## Conclusões

Neste capítulo é dada uma visão geral do trabalho realizado no âmbito desta dissertação, seguida de uma descrição das suas limitações e de possíveis direções para trabalho futuro.

### 5.1 Visão geral da dissertação

Após análise exaustiva dos estudos existentes na área de visualização de informação, concluiu-se que existe a necessidade de melhorar a representação de dados recebidos ao longo de um mesmo intervalo de tempo. Uma das razões é o facto de o formato de representação poder ter de variar, por agregações realizadas aos dados, ou por se alterar o objetivo de análise dos mesmos.

Esta dissertação apresentou um estudo no qual foram exploradas diferentes formas de aplicar transições, em visualizações, quando ocorrem mudanças na representação dos dados. No entanto, essas transições não poderiam induzir choques visuais para quem as percecionasse, logo também foi necessário perceber como suavizá-las. Em simultâneo, pretendia-se que estas mudanças ajudassem e facilitassem a tarefa de identificar informação, de diferentes tipos, relacionada com os dados.

Foi desenvolvido um conjunto de transições, a ser aplicado a três idiomas visuais, e utilizado em estudos com utilizadores. Para cada uma desenvolveram-se sete técnicas diferentes, na sua maioria recorrendo a mecanismos de animação. Estes estudos decorreram através de questionários com pequenos vídeos das diversas transições criadas, e um conjunto de questões associadas. Pretendia-se concluir se a informação transmitida por cada idioma visual era corretamente analisada pelos utilizadores, e verificar quais das técnicas de transição eram consideradas melhores para representar as transformações entre cada par de idiomas visuais. Ao serem contextualizados e analisados todos os resultados obtidos, verificou-se que as transições animadas foram melhor avaliadas que as transições não-animadas. Um resultado que demonstrou que a animação foi uma ferramenta útil para apresentar e dinamizar a compreensão da transição entre diferentes representações dos dados, numa visualização.

Em relação à análise de informação, apenas ocorreu um caso com diferenças estatisticamente significativas entre as diversas transições. Ou seja, concluiu-se que as transições foram semelhantes entre si, na forma como passaram a informação aos utilizadores, não sendo identificada, de forma clara, uma transição melhor para analisar cada medida estatística em específico. No geral, verificaram-se percentagens de respostas corretas afastadas do que seria ideal, face ao real comportamento dos dados apresentado (por exemplo, a dispersão dos dados estar a aumentar, e os utilizadores concluírem que está a diminuir). Algo que pode não estar relacionado com as transições, mas sim com o conhecimento dos utilizadores relativamente às medidas estatísticas em avaliação, ou aos próprios idiomas visuais.

## 5.2 Limitações

De modo a possibilitar a avaliação de um número elevado de vídeos, realizou-se uma distribuição aleatória das diversas transições em sete versões, o que pode ter prejudicado as primeiras transições de cada conjunto aleatório. Pois, no início dos questionários, os participantes podiam não estar familiarizadas com as tarefas a desempenhar, e assim reproduzirem mais vezes o vídeo, em relação ao que seria esperado, e ao número de vezes que reproduziam os vídeos seguintes. Apesar de se utilizar o desenho em Quadrados Latinos, este não combateu o referido problema, uma vez que não eram conjuntos aleatórios suficientes para que cada transição aparecesse em primeiro lugar, em mais do que uma versão. Com os testes realizados via *online*, não se proporcionou a oportunidade de observar os utilizadores a realizá-los, e cronometrar o tempo de respostas, ou os instantes em que fizeram pausa na reprodução dos vídeos. A amostra de utilizadores, em termos demográficos, poderia ter sido mais variada, evitando que a maioria se concentrasse em grupos específicos.

## 5.3 Trabalho Futuro

Para obter resultados mais abrangentes e flexíveis para qualquer visualização, propõe-se o desenvolvimento de protótipos das técnicas criadas neste estudo, que mostraram melhores resultados, permitindo introduzi-las num sistema de dados de *Big Data Streaming*. É sugerido que tal sistema seja inserido numa tecnologia que permita a utilização de uma unidade de processamento gráfico, GPU, que acelere o processamento dos dados. Prevê-se que uma boa tecnologia a utilizar seja o WebGL, que permite aumentar os fluxos de informação e a capacidade de representar maiores quantidades de dados, e, conseqüentemente, permite mostrar um maior histórico de informação na visualização.

Outra proposta é a realização de um novo estudo, aplicado a dados de diferentes naturezas, além de dados quantitativos. Pois ao serem produzidas quantidades exponenciais de dados de informação, provenientes de qualquer natureza, é relevante possuir um sistema que permita abranger todos eles.

# Bibliografia

- [1] M. Krstajić and D. Keim, “Visualization of streaming data: Observing change and context in information visualization techniques,” 10 2013, pp. 41–47.
- [2] X. Jin, B. Wah, X. Cheng, and Y. Wang, “Significance and challenges of big data research,” *Big Data Research*, vol. 2, 02 2015.
- [3] M. Hao, D. Keim, U. Dayal, D. Oelke, and C. Tremblay, “Density displays for data stream monitoring,” *Comput. Graph. Forum*, vol. 27, pp. 895–902, 2008.
- [4] F. Fischer, F. Mansmann, and D. A. Keim, “Real-time visual analytics for event data streams,” in *Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing*, ser. SAC '12. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2012, p. 801–806. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/2245276.2245432>
- [5] S. Huron, R. Vuillemot, and J.-D. Fekete, “Visual Sedimentation,” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 19, no. 12, pp. 2446–2455, Dec. 2013. [Online]. Available: <https://hal.inria.fr/hal-00846260>
- [6] M. Krstajić, E. Bertini, F. Mansmann, and D. Keim, “Visual analysis of news streams with article threads,” pp. 39–46, 01 2010.
- [7] R. B. Haber and D. A. McNabb, “Visualization idioms: A conceptual model for scientific visualization systems,” *IEEE Computer Society Press. 1990.*, vol. Visualization in Scientific Computing, p. 74–93, 1990.
- [8] A. Perrot and D. Auber, “Fatum - fast animated transitions using multi-buffers,” in *2015 19th International Conference on Information Visualisation, 2015*, pp. 75–82.
- [9] T. Pereira, “Vismillion and change (thesis),” 2019.
- [10] J. Heer and G. Robertson, “Animated transitions in statistical data graphics,” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 13, no. 6, pp. 1240–1247, 2007.

- [11] R. Toasa, M. Maximiano, C. Reis, and D. Guevara, "Data visualization techniques for real-time information — a custom and dynamic dashboard for analyzing surveys' results," 06 2018, pp. 1–7.
- [12] P. Riehmman, M. Hanfler, and B. Froehlich, "Interactive sankey diagrams," in *IEEE Symposium on Information Visualization, 2005. INFOVIS 2005.*, 2005, pp. 233–240.
- [13] K. Sriraghav, S. Jayanthi, N. Vidya, and V. S. Felix Enigo, "Scranviz — a tool to scrap, analyze and visualize unstructured-data using attribute-based opinion mining algorithm," in *2017 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*, 2017, pp. 1–5.
- [14] H. Kobayashi, K. Misue, and J. Tanaka, "Colored mosaic matrix: Visualization technique for high-dimensional data," in *2013 17th International Conference on Information Visualisation*, 2013, pp. 378–383.
- [15] P. McLachlan, T. Munzner, E. Koutsofios, and S. North, "Liverac: Interactive visual exploration of system management time-series data," 01 2008, pp. 1483–1492.
- [16] M. Sarkar, S. S. Snibbe, O. J. Tversky, and S. P. Reiss, "Stretching the rubber sheet: A metaphor for viewing large layouts on small screens," in *Proceedings of the 6th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, ser. UIST '93. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 1993, p. 81–91. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/168642.168650>
- [17] N. Elmqvist, P. Dragicevic, and J. Fekete, "Rolling the dice: Multidimensional visual exploration using scatterplot matrix navigation," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 14, no. 6, pp. 1539–1148, 2008.
- [18] C. Viau, M. J. McGuffin, Y. Chiricota, and I. Jurisica, "The flowvizmenu and parallel scatterplot matrix: Hybrid multidimensional visualizations for network exploration," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 16, no. 6, pp. 1100–1108, 2010.
- [19] W. Xie, Y. Wei, H. Ma, and X. Du, "Rbpcp: Visualization on multi-set high-dimensional data," in *2017 IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA)*, 2017, pp. 16–20.
- [20] V. V. Pham and T. Dang, "Mtdes: Multi-dimensional temporal data exploration system," in *2018 IEEE Conference on Visual Analytics Science and Technology (VAST)*, 2018, pp. 100–101.
- [21] Y. Hashimoto and R. Matsushita, "Heat map scope technique for stacked time-series data visualization," in *2012 16th International Conference on Information Visualisation*, 2012, pp. 270–273.
- [22] B. Ondov, N. Jardine, N. Elmqvist, and S. Franconeri, "Face to face: Evaluating visual comparison," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 25, no. 1, pp. 861–871, 2019.

- [23] T. Itoh, A. Kumar, K. Klein, and J. Kim, "High-dimensional data visualization by interactive construction of low-dimensional parallel coordinate plots," *Journal of Visual Languages Computing*, 09 2016.
- [24] A. Watanabe, T. Itoh, K. Chiba, and M. Kanazaki, "A scatterplots selection technique for multi-dimensional data visualization combining with parallel coordinate plots," in *2017 21st International Conference Information Visualisation (IV)*, 2017, pp. 78–83.
- [25] Y. Luo, X. Qin, N. Tang, and G. Li, "Deepeye: Towards automatic data visualization," in *2018 IEEE 34th International Conference on Data Engineering (ICDE)*, 2018, pp. 101–112.
- [26] J. Traub, N. Steenbergen, P. Grulich, T. Rabl, and V. Markl, "I2: Interactive real-time visualization for streaming data," in *Advances in Database Technology - EDBT 2017, 20th International Conference on Extending Database Technology - Proceedings. International Conference on Extending Database Technology (EDBT-2017), Demonstration Sessions, March 21-24, Venice, Italy*. Open-Proceedings.org, 2017, pp. 526–529.
- [27] U. Jugel, Z. Jerzak, G. Hackenbroich, and V. Markl, "M4: A visualization-oriented time series data aggregation," *Proc. VLDB Endow.*, vol. 7, no. 10, p. 797–808, Jun. 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.14778/2732951.2732953>
- [28] C. Li, G. Baciú, and Y. Han, "Streammap: Smooth dynamic visualization of high-density streaming points," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 24, no. 3, pp. 1381–1393, 2018.
- [29] Y. Wu, Z. Chen, G. Sun, X. Xie, N. Cao, S. Liu, and W. Cui, "Streamexplorer: A multi-stage system for visually exploring events in social streams," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 24, no. 10, pp. 2758–2772, 2018.
- [30] L. Stopar, P. Skraba, M. Grobelnik, and D. Mladenic, "Streamstory: Exploring multivariate time series on multiple scales," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 25, no. 4, pp. 1788–1802, 2019.
- [31] G. Pires, D. Mendes, and D. Gonçalves, "Vismillion: A novel interactive visualization technique for real-time big data," in *2019 International Conference on Graphics and Interaction (ICGI)*, 2019, pp. 86–93.
- [32] T. Pereira, J. Moreira, D. Mendes, and D. Gonçalves, "Evaluating animated transitions between contiguous visualizations for streaming big data," 2020.

- [33] G. Robertson, R. Fernandez, D. Fisher, B. Lee, and J. Stasko, "Effectiveness of animation in trend visualization," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 14, no. 6, pp. 1325–1332, 2008.
- [34] M. Shanmugasundaram and P. Irani, "The effect of animated transitions in zooming interfaces," 01 2008, pp. 396–399.
- [35] P. Dragicevic, A. Bezerianos, W. Javed, N. Elmqvist, and J.-D. Fekete, "Temporal distortion for animated transitions," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ser. CHI '11. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2011, p. 2009–2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1978942.1979233>
- [36] F. Chevalier, P. Dragicevic, and S. Franconeri, "The not-so-staggering effect of staggered animated transitions on visual tracking," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 20, no. 12, pp. 2241–2250, 2014.
- [37] B. Bach, E. Pietriga, and J. Fekete, "Graphdiaries: Animated transitions and temporal navigation for dynamic networks," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 20, no. 5, pp. 740–754, 2014.
- [38] F. Du, N. Cao, J. Zhao, and Y.-R. Lin, "Trajectory bundling for animated transitions," in *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, ser. CHI '15. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2015, p. 289–298. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/2702123.2702476>
- [39] Y. Wang, D. Archambault, C. E. Scheidegger, and H. Qu, "A vector field design approach to animated transitions," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 24, no. 9, pp. 2487–2500, 2018.
- [40] A. Chalbi, J. Ritchie, D. Park, J. Choi, N. Roussel, N. Elmqvist, and F. Chevalier, "Common fate for animated transitions in visualization," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 26, no. 1, pp. 386–396, 2020.
- [41] Y. Kim, M. Correll, and J. Heer, "Designing animated transitions to convey aggregate operations," *Comput. Graph. Forum*, vol. 38, pp. 541–551, 2019.
- [42] F. Mansmann, M. Krstajic, F. Fischer, and E. Bertini, "Streamsqueeze: a dynamic stream visualization for monitoring of event data," in *Visualization and Data Analysis*, 2012.
- [43] D. Williamson, R. Parker, and J. Kendrick, "The box plot: A simple visual method to interpret data," *Annals of internal medicine*, vol. 110, pp. 916–21, 07 1989.



# A

## Questionários

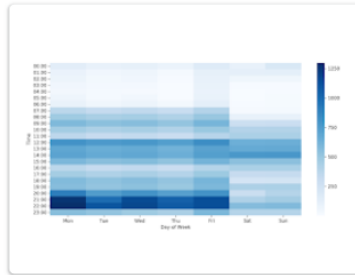
Este capítulo contém um excerto de uma versão dos questionários utilizados nos testes com utilizadores. Cada questionário era composto por um conjunto de secções com três objetivos diferentes: introduzir aos utilizadores os elementos que iriam ser alvo de estudo, realizar os testes e obter o perfil do utilizador. No final de cada questionário, o utilizador foi redirecionado para um questionário adicional mais curto, composto por sete vídeos de transições entre um par de idiomas visuais.

Devido à grande extensão dos questionários principais, destes foram apenas extraídas a secção de perfil e uma das secções de teste, uma vez que todas elas eram semelhantes, variando apenas a técnica de transição em si. Extraiu-se uma de entre as quarenta e duas técnicas, onde se apresentou o respetivo vídeo e perguntas associadas ao mesmo. É apresentada a Transição 1 da **versão A** dos questionários, correspondente à **transição Rectangles** do par de idiomas visuais ***Line chart-Heat map***.

Os questionários adicionais ao serem compostos por uma única pergunta, é apresentada a totalidade de perguntas relativas a um dos pares de transições. Escolheu-se extrair a pergunta relativa ao mesmo par ***Line chart-Heat map***.

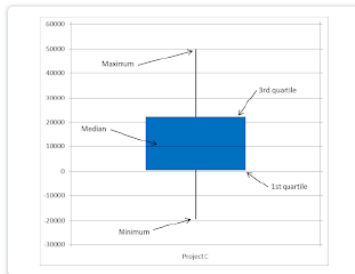
De entre os idiomas visuais seguintes, selecione os que conhece.

*Tick all that apply.*



Line chart: Une um conjunto de pontos formando uma linha que mostra a evolução de uma tendência

Heat map: Organiza os dados numa matriz colorida, na qual a intensidade da cor se relaciona com a quantidade de dados que contém



Box plot: Representa a variação de dados observados de uma variável numérica, indicando os respetivos valores de mínimo, máximo, mediana e quartis

Com que frequência analisa gráficos? \*

*Mark only one oval.*

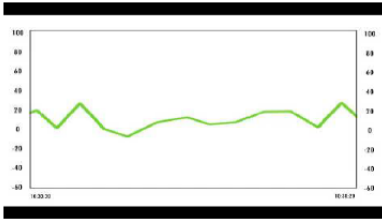
- Todos os dias
- Pelo menos 1 vez por semana
- Pelo menos 1 vez por mês
- Raramente
- Nunca analisei

Já analisou gráficos com dados a serem transmitidos em tempo real? \*

*Mark only one oval.*

- Sim
- Não
- Não sei

Por favor tome nota do número de vezes que visualiza o vídeo.



### 1- Compreensão de Visualização

6. [LH5- 1.1] Os dois gráficos mostram o mesmo conjunto de dados? \*

Perceber se os dados do primeiro gráfico passam para o segundo gráfico, ou se foram substituídos por novos dados, com a mudança de gráfico.

Mark only one oval.

- Sim  
 Não  
 Não consigo perceber

7. [LH5- 1.2] Os dois gráficos permitem obter a mesma informação? \*

Exemplo de informação: média, mediana, dispersão, mínimo, máximo, fluxo dos dados

Mark only one oval.

- Completamente: a informação dada por um é igual à informação dada pelo outro  
 Parcialmente: alguma da informação dada por um é também dada pelo outro  
 Não: nenhuma da informação dada por um é dada pelo outro  
 Não consigo perceber

Se considerar que nenhum dos gráficos permite obter a informação em questão, ou se não conseguir interpretar os gráficos, seleccione "Não sei" e "Não me apercebi".

8. [LH5- 2.1] A média dos dados: \*

Mark only one oval.

- Manteve a tendência inicial  
 Mudou a tendência e começou a aumentar  
 Mudou a tendência e começou a diminuir  
 Mudou a tendência e começou a oscilar  
 Não sei

9. [LH5- Média] Quando se apercebeu disso? \*

Mark only one oval.

- No primeiro gráfico  
 No segundo gráfico  
 Em ambos os gráficos  
 Não me apercebi

[LH5- 2.2] A mediana dos dados: \*

Valor que separa a metade maior e a metade menor dos dados.

Mark only one oval.

- Manteve a tendência inicial
- Mudou a tendência e começou a aumentar
- Mudou a tendência e começou a diminuir
- Mudou a tendência e começou a oscilar
- Não sei

[LH5- Mediana] Quando se apercebeu disso? \*

Mark only one oval.

- No primeiro gráfico
- No segundo gráfico
- Em ambos os gráficos
- Não me apercebi

[LH5- 2.3] A dispersão/variabilidade dos dados: \*

Medida que mostra o quão esticada ou comprimida uma distribuição de dados é.

Mark only one oval.

- Manteve a tendência inicial
- Mudou a tendência e começou a aumentar
- Mudou a tendência e começou a diminuir
- Mudou a tendência e começou a oscilar
- Não sei

[LH5- Dispersão/Variabilidade] Quando se apercebeu disso? \*

Mark only one oval.

- No primeiro gráfico
- No segundo gráfico
- Em ambos os gráficos
- Não me apercebi

[SL1- 2.4] O mínimo dos dados: \*

Valor menor dos dados.

Mark only one oval.

- Manteve a tendência inicial
- Mudou a tendência e começou a aumentar
- Mudou a tendência e começou a diminuir
- Mudou a tendência e começou a oscilar
- Não sei

[SL1- Mínimo] Quando se apercebeu disso? \*

Mark only one oval.

- No primeiro gráfico
- No segundo gráfico
- Em ambos os gráficos
- Não me apercebi

[SL1- 2.5] O máximo dos dados: \*

Valor maior dos dados.

Mark only one oval.

- Manteve a tendência inicial
- Mudou a tendência e começou a aumentar
- Mudou a tendência e começou a diminuir
- Mudou a tendência e começou a oscilar
- Não sei

[HL3- 2.6] O fluxo/volume dos dados: \*

Quantidade de dados em cada momento.

Mark only one oval.

- Manteve a tendência inicial
- Mudou a tendência e começou a aumentar
- Mudou a tendência e começou a diminuir
- Mudou a tendência e começou a oscilar
- Não sei

[HL3- Fluxo/Volume] Quando se apercebeu disso? \*

Mark only one oval.

- No primeiro gráfico
- No segundo gráfico
- Em ambos os gráficos
- Não me apercebi

[HL3- 3.1] A transição é apelativa. \*

Mark only one oval.

1    2    3    4    5

---

Discordo Totalmente      Concordo Totalmente

[HL3- 3.2] A transição ajudou a perceber a mudança do primeiro para o segundo gráfico. \*

Mark only one oval.

1    2    3    4    5

---

Discordo Totalmente      Concordo Totalmente

[HL3- 3.3] A transição interrompeu a análise que estava a realizar aos dados no primeiro gráfico. \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

[HL3- 3.4] A transição tem uma duração adequada. \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

[LH5- Exigência mental] Qual o grau de dificuldade que sentiu? \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Muito Fácil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito Difícil

[LH5- Esforço] Número de vezes que reproduziu o vídeo: \*

\_\_\_\_\_

[LH5- Duração] Como classifica a duração da transição? \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Muito curta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito longa

[LH5- Geral] De uma forma global, como classifica esta transição? \*

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Péssima	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Ordene-os por ordem de preferência da transição que apresentam. \*

Mark only one oval per row.

	1 - Pior	2	3	4	5	6	7 - Melhor
LH1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LH2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LH3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LH4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LH5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LH6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LH7	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

# B

## Tabelas para análise estatística

Este capítulo contém um conjunto de tabelas com dados estatísticos, obtidos através da realização de dois testes estatísticos *post-hoc* de comparação das transições par a par, para os casos de avaliação que se mostraram ter diferenças estatisticamente significativas nos testes iniciais.

As primeiras tabelas aplicaram-se para o **teste *post-hoc* do Kruskal-Wallis** com correções de Holm-Bonferroni, comparando a transição não animada com as restantes seis transições, de cada tipo de transição. Neste teste, apenas se extraíram as tabelas para os pares com a não animada uma vez que os pares entre as restantes não obtiveram diferenças estatisticamente significativas. As restantes tabelas aplicaram-se para o teste *post-hoc* de Friedman, o **Wilcoxon signed-rank**, e foram extraídos os valores para todas as combinações possíveis de pares de transições.

A Tabela B.1 reúne uma listagem de todas as nomenclaturas apresentadas nas tabelas de resultados deste capítulo.

Código	Nome da Transição	Código	Nome da Transição	Código	Nome da Transição
LH1	No Animation	HL1	No Animation	SL1	No Animation
LH2	Fade	HL2	Fade	SL2	Fade
LH3	Lines	HL3	Lines	SL3	Contract
LH4	Points	HL4	Points	SL4	Lines
LH5	Rectangles	HL5	Rectangles	SL5	Color
LH6	Squares	HL6	Squares	SL6	Fade Fill
LH7	Columns	HL7	Columns	SL7	Fade Total
LS1	No Animation	HS1	No Animation	SH1	No Animation
LS2	Fade	HS2	Fade	SH2	Fade
LS3	Expand	HS3	Lines	SH3	Lines
LS4	Lines	HS4	Rectangles	SH4	Lines Color
LS5	Color	HS5	Rectangles Color	SH5	Rectangles
LS6	Fade Fill	HS6	Squares	SH6	Expand
LS7	Fade Total	HS7	Squares Color	SH7	Expand Color

**Tabela B.1:** Lista de código de todas as transições criadas.

	Estatística do Teste	Erro Std.	Estatística do Teste Std.	Significância	Ajuste de Holm-Bonferroni
LS1-LS4	-20.572	9.991	-2.059	.039	.078
LS1-LS6	-21.206	10.306	-2.058	.040	.040
LS1-LS7	-24.706	10.306	-2.397	.017	.051
LS1-LS2	-27.635	10.306	-2.681	.007	.028
LS1-LS3	-28.585	10.139	-2.819	.005	.025
LS1-LS5	-39.349	10.306	-3.818	.000	.000

**Tabela B.2:** Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para o nível apelativo das transições animadas para a transição No Animation de *Line chart - Stream graph* com as correções de Holm-Bonferroni.

	Estatística do Teste	Erro Std.	Estatística do Teste Std.	Significância	Ajuste de Holm-Bonferroni
LS1-LS4	-13.599	10.046	-1.354	.176	.352
LS1-LS3	-13.726	10.195	-1.346	.178	.178
LS1-LS6	-21.907	10.363	-2.114	.035	.105
LS1-LS2	-26.764	10.363	-2.583	.010	.040
LS1-LS7	-28.692	10.363	-2.769	.006	.030
LS1-LS5	-33.049	10.363	-3.189	.001	.006

**Tabela B.3:** Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a ajuda na compreensão das transições animadas para a transição No Animation de *Line chart - Stream graph* com as correções de Holm-Bonferroni.

	Estatística do Teste	Erro Std.	Estatística do Teste Std.	Significância	Ajuste de Holm-Bonferroni
LS1-LS4	-15.990	9.911	-1.613	.107	.107
LS1-LS3	-24.215	10.058	-2.408	.016	.032
LS1-LS6	-25.544	10.223	-2.499	.012	.048
LS1-LS7	-25.544	10.223	-2.499	.012	.048
LS1-LS2	-28.437	10.223	-2.782	.005	.025
LS1-LS5	-30.651	10.223	-2.998	.003	.018

**Tabela B.4:** Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a adequabilidade da duração das transições animadas para a transição No Animation de *Line chart - Stream graph* com as correções de Holm-Bonferroni.

	Estatística do Teste	Erro Std.	Estatística do Teste Std.	Significância	Ajuste de Holm-Bonferroni
LS1-LS4	-19.308	10.119	-1.908	.056	.056
LS1-LS3	-21.774	10.269	-2.120	.034	.068
LS1-LS6	-28.236	10.438	-2.705	.007	.021
LS1-LS2	-30.236	10.438	-2.897	.004	.020
LS1-LS7	-30.236	10.438	-2.897	.004	.020
LS1-LS5	-39.522	10.438	-3.786	.000	.000

**Tabela B.5:** Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a classificação global das transições animadas para a transição No Animation de *Line chart - Stream graph* com as correções de Holm-Bonferroni.



	Estatística do Teste	Erro Std.	Estatística do Teste Std.	Significância	Ajuste de Holm-Bonferroni
HS1-HS7	-17.357	9.639	-1.801	.072	.072
HS1-HS2	-21.406	9.322	-2.296	.022	.066
HS1-HS3	-22.143	9.639	-2.297	.022	.044
HS1-HS4	-27.929	9.639	-2.898	.004	.020
HS1-HS6	-28.077	9.829	-2.857	.004	.016
HS1-HS5	-35.607	9.639	-3.694	.000	.000

**Tabela B.6:** Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a classificação da duração das transições animadas para a transição No Animation de *Heat map - Stream graph* com as correções de Holm-Bonferroni.

	Estatística do Teste	Erro Std.	Estatística do Teste Std.	Significância	Ajuste de Holm-Bonferroni
SL1-SL5	-22.687	10.191	-2.226	.026	.026
SL1-SL4	-27.259	9.988	-2.729	.006	.012
SL1-SL2	-29.973	9.988	-3.001	.003	.009
SL1-SL7	-30.487	9.809	-3.108	.002	.008
SL1-SL3	-36.687	9.988	-3.673	.000	.000
SL1-SL6	-39.402	9.988	-3.945	.000	.000

**Tabela B.7:** Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para o nível apelativo das transições animadas para a transição No Animation de *Stream graph - Line chart* com as correções de Holm-Bonferroni.

	Estatística do Teste	Erro Std.	Estatística do Teste Std.	Significância	Ajuste de Holm-Bonferroni
SL1-SL3	-19.857	9.956	-1.994	.046	.046
SL1-SL2	-20.286	9.956	-2.037	.042	.084
SL1-SL5	-23.058	10.159	-2.270	.023	.069
SL1-SL7	-27.350	9.778	-2.797	.005	.020
SL1-SL4	-32.250	9.956	-3.239	.001	.006
SL1-SL6	-32.250	9.956	-3.239	.001	.006

**Tabela B.8:** Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a ajuda na compreensão das transições animadas para a transição No Animation de *Stream graph - Line chart* com as correções de Holm-Bonferroni.

	Estatística do Teste	Erro Std.	Estatística do Teste Std.	Significância	Ajuste de Holm-Bonferroni
SL1-SL3	-26.723	9.922	-2.693	.007	.007
SL1-SL2	-29.259	9.922	-2.949	.003	.006
SL1-SL5	-31.399	10.123	-3.102	.002	.006
SL1-SL4	-32.937	9.922	-3.320	.001	.004
SL1-SL7	-36.071	9.744	-3.702	.000	.000
SL1-SL6	-42.830	9.922	-4.317	.000	.000

**Tabela B.9:** Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a adequabilidade da duração das transições animadas para a transição No Animation de *Stream graph - Line chart* com as correções de Holm-Bonferroni.

	Estatística do Teste	Erro Std.	Estatística do Teste Std.	Significância	Ajuste de Holm-Bonferroni
SL1-SL5	-29.577	9.990	-2.961	.003	.003
SL1-SL2	-29.714	9.792	-3.035	.002	.008
SL1-SL3	-29.714	9.792	-3.035	.002	.008
SL1-SL4	-29.714	9.792	-3.035	.002	.008
SL1-SL7	-36.867	9.616	-3.834	.000	.000
SL1-SL6	-40.321	.9792	-4.118	.000	.000

**Tabela B.10:** Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a classificação global das transições animadas para a transição No Animation de *Stream graph - Line chart* com as correções de Holm-Bonferroni.

	Estatística do Teste	Erro Std.	Estatística do Teste Std.	Significância	Ajuste de Holm-Bonferroni
SH1-SH7	-20.687	10.244	-2.019	.043	.043
SH1-SH3	-23.250	10.580	-2.198	.028	.056
SH1-SH4	-25.596	10.781	-2.374	.018	.054
SH1-SH6	-27.417	10.402	-2.636	.008	.032
SH1-SH2	-30.286	10.580	-2.863	.004	.020
SH1-SH5	-35.750	10.580	-3.379	.001	.006

**Tabela B.11:** Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para o nível apelativo das transições animadas para a transição No Animation de *Stream graph - Heat map* com as correções de Holm-Bonferroni.

	Estatística do Teste	Erro Std.	Estatística do Teste Std.	Significância	Ajuste de Holm-Bonferroni
SH1-SH5	-22.179	10.275	-2.159	.031	.031
SH1-SH7	-29.616	9.948	-2.977	.003	.006
SH1-SH6	-32.462	10.102	-3.213	.001	.003
SH1-SH2	-33.107	10.275	-3.222	.001	.006
SH1-SH4	-33.313	10.470	-3.182	.001	.004
SH1-SH3	-33.929	10.275	-3.302	.001	.005

**Tabela B.12:** Resultado da aplicação do teste par a par do Kruskal-Wallis para a classificação da duração das transições animadas para a transição No Animation de *Stream graph - Heat map* com as correções de Holm-Bonferroni.

	LH2-LH1	LH3-LH1	LH4-LH1	LH5-LH1	LH6-LH1	LH7-LH1
Z	-3.404	-2.263	-.915	-2.013	-1.824	-2.183
Significância bilateral assintótica	.001	.024	.360	.044	.068	.029

**Tabela B.13:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição No Animation de *Line chart - Heat map*.

	LH1-LH2	LH3-LH2	LH4-LH2	LH5-LH2	LH6-LH2	LH7-LH2
Z	-3.404	-1.616	-3.091	-1.990	-2.581	-1.615
Significância bilateral assintótica	.001	.106	.002	.047	.010	.106

**Tabela B.14:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade de *Line chart - Heat map*.

	LH1-LH3	LH2-LH3	LH4-LH3	LH5-LH3	LH6-LH3	LH7-LH3
Z	-2.263	-1.616	-3.143	-1.187	-2.398	-1.289
Significância bilateral assintótica	.024	.106	.002	.235	.162	.774

**Tabela B.15:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines de *Line chart - Heat map*.

	LH1-LH4	LH2-LH4	LH3-LH4	LH5-LH4	LH6-LH4	LH7-LH4
Z	-.915	-3.091	-3.143	-2.164	-1.358	-1.771
Significância bilateral assintótica	.360	.002	.002	.030	.174	.076

**Tabela B.16:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Points de *Line chart - Heat map*.

	LH1-LH5	LH2-LH5	LH3-LH5	LH4-LH5	LH6-LH5	LH7-LH5
Z	-2.013	-1.990	-1.187	-2.164	-.843	-.762
Significância bilateral assintótica	.044	.047	.235	.030	.399	.446

**Tabela B.17:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Rectangles de *Line chart - Heat map*.

	LH1-LH6	LH2-LH6	LH3-LH6	LH4-LH6	LH5-LH6	LH7-LH6
Z	-1.824	-2.581	-1.398	-1.358	-.843	-1.642
Significância bilateral assintótica	.068	.010	.162	.174	.399	.101

**Tabela B.18:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Squares de *Line chart - Heat map*.

	LH1-LH7	LH2-LH7	LH3-LH7	LH4-LH7	LH5-LH7	LH6-LH7
Z	-2.183	-1.615	-.288	-1.771	-.762	-1.642
Significância bilateral assintótica	.029	.106	.774	.076	.446	.101

**Tabela B.19:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Columns de *Line chart - Heat map*.

	LS2-LS1	LS3-LS1	LS4-LS1	LS5-LS1	LS6-LS1	LS6-LS7
Z	-2.590	-3.108	-3.203	-2.647	-2.486	-3.139
Significância bilateral assintótica	.010	.002	.001	.008	.013	.002

**Tabela B.20:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição No Animation de *Line chart - Stream graph*.

	LS1-LS2	LS3-LS2	LS4-LS2	LS5-LS2	LS6-LS2	LS7-LS2
Z	-2.590	-2.975	-2.718	-2.578	-1.976	-2.392
Significância bilateral assintótica	.010	.003	.007	.010	.048	.017

**Tabela B.21:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade de *Line chart - Stream graph*.

	LS1-LS3	LS2-LS3	LS4-LS3	LS5-LS3	LS6-LS3	LS7-LS3
Z	-3.108	-2.975	-1.883	-1.965	-1.639	-1.466
Significância bilateral assintótica	.002	.003	.060	.049	.101	.143

**Tabela B.22:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Expand de *Line chart - Stream graph*.

	LS1-LS4	LS2-LS4	LS3-LS4	LS5-LS4	LS6-LS4	LS7-LS4
Z	-3.203	-2.718	-1.883	-.907	-.770	-.669
Significância bilateral assintótica	.001	.007	.060	.365	.441	.504

**Tabela B.23:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines de *Line chart - Stream graph*.

	LS1-LS5	LS2-LS5	LS3-LS5	LS4-LS5	LS6-LS5	LS7-LS5
Z	-2.647	-2.578	-1.965	-.907	-.958	-.064
Significância bilateral assintótica	.008	.010	.049	.365	.338	.949

**Tabela B.24:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Color de *Line chart - Stream graph*.

	LS1-LS6	LS2-LS6	LS3-LS6	LS4-LS6	LS5-LS6	LS7-LS6
Z	-2.486	-1.976	-1.639	-.770	-.958	-.632
Significância bilateral assintótica	.013	.048	.101	.441	.338	.528

**Tabela B.25:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade Fill de *Line chart - Stream graph*.

	LS1-LS7	LS2-LS7	LS3-LS7	LS4-LS7	LS5-LS7	LS6-LS7
Z	-3.139	-2.392	-1.466	-.669	-.064	-.632
Significância bilateral assintótica	.002	.017	.143	.504	.949	.528

**Tabela B.26:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade Total de *Line chart - Stream graph*.

	HL2-HL1	HL3-HL1	HL4-HL1	HL5-HL1	HL6-HL1	HL7-HL1
Z	-3.224	-2.977	-2.603	-3.114	-3.238	-3.239
Significância bilateral assintótica	.001	.003	.009	.002	.001	.001

**Tabela B.27:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição No Animation de *Heat map - Line chart*.

	HL1-HL2	HL3-HL2	HL4-HL2	HL5-HL2	HL6-HL2	HL7-HL2
Z	-3.224	-.814	-.036	-.706	-1.832	-2.937
Significância bilateral assintótica	.001	.416	.971	.480	.067	.003

**Tabela B.28:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade de *Heat map - Line chart*.

	HL1-HL3	HL2-HL3	HL4-HL3	HL5-HL3	HL6-HL3	HL7-HL3
Z	-2.977	-.814	-.855	-2.303	-2.123	-2.574
Significância bilateral assintótica	.003	.416	.393	.021	.034	.010

**Tabela B.29:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines de *Heat map - Line chart*.

	HL1-HL4	HL2-HL4	HL3-HL4	HL5-HL4	HL6-HL4	HL7-HL4
Z	-2.603	-.036	-.855	-1.500	-1.653	-2.288
Significância bilateral assintótica	.009	.971	.393	.134	.098	.022

**Tabela B.30:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Points de *Heat map - Line chart*.

	HL1-HL5	HL2-HL5	HL3-HL5	HL4-HL5	HL6-HL5	HL7-HL5
Z	-3.114	-.706	-2.303	-1.500	-1.316	-2.183
Significância bilateral assintótica	.002	.480	.021	.134	.188	.029

**Tabela B.31:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Rectangles de *Heat map - Line chart*.

	HL1-HL6	HL2-HL6	HL3-HL6	HL4-HL6	HL5-HL6	HL7-HL6
Z	-3.238	-1.832	-2.123	-1.653	-1.316	-2.500
Significância bilateral assintótica	.001	.067	.034	.098	.188	.012

**Tabela B.32:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Squares de *Heat map - Line chart*.

	HL1-HL7	HL2-HL7	HL3-HL7	HL4-HL7	HL5-HL7	HL6-HL7
Z	-3.239	-2.937	-2.574	-2.288	-2.183	-2.500
Significância bilateral assintótica	.001	.003	.010	.022	.029	.012

**Tabela B.33:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Columns de *Heat map - Line chart*.

	HS2-HS1	HS3-HS1	HS4-HS1	HS5-HS1	HS6-HS1	HS7-HS1
Z	-3.502	-2.007	-1.832	-3.195	-2.797	-2.917
Significância bilateral assintótica	.000	.045	.067	.001	.005	.004

**Tabela B.34:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição No Animation de *Heat map - Stream graph*.

	HS1-HS2	HS3-HS2	HS4-HS2	HS5-HS2	HS6-HS2	HS7-HS2
Z	-3.502	-1.976	-2.951	-1.430	-1.630	-1.235
Significância bilateral assintótica	.000	.048	.003	.153	.103	.217

**Tabela B.35:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade de *Heat map - Stream graph*.

	HS1-HS3	HS2-HS3	HS4-HS3	HS5-HS3	HS6-HS3	HS7-HS3
Z	-2.007	-1.976	-2.177	-.918	-.545	-.736
Significância bilateral assintótica	.045	.048	.029	.359	.586	.461

**Tabela B.36:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines de *Heat map - Stream graph*.

	HS1-HS4	HS2-HS4	HS3-HS4	HS5-HS4	HS6-HS4	HS7-HS4
Z	-1.832	-2.951	-2.177	-2.823	-2.352	-2.926
Significância bilateral assintótica	.067	.003	.029	.005	.019	.003

**Tabela B.37:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Rectangles de *Heat map - Stream graph*.

	HS1-HS5	HS2-HS5	HS3-HS5	HS4-HS5	HS6-HS5	HS7-HS5
Z	-3.195	-1.430	-.918	-2.823	-.488	-.118
Significância bilateral assintótica	.001	.153	.359	.005	.626	.906

**Tabela B.38:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Rectangles Color de *Heat map - Stream graph*.

	HS1-HS6	HS2-HS6	HS3-HS6	HS4-HS6	HS5-HS6	HS7-HS6
Z	-2.797	-1.630	-.545	-2.352	-.488	-.466
Significância bilateral assintótica	.005	.103	.586	.019	.626	.641

**Tabela B.39:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Squares de *Heat map - Stream graph*.

	HS1-HS7	HS2-HS7	HS3-HS7	HS4-HS7	HS5-HS7	HS6-HS7
Z	-2.917	-1.235	-.736	-2.926	-.118	-.466
Significância bilateral assintótica	.004	.217	.461	.003	.906	.641

**Tabela B.40:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Squares Color de *Heat map - Stream graph*.

	SL2-SL1	SL3-SL1	SL4-SL1	SL5-SL1	SL6-SL1	SL7-SL1
Z	-3.439	-3.310	-3.076	-3.007	-3.075	-3.130
Significância bilateral assintótica	.001	.001	.002	.003	.002	.002

**Tabela B.41:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição No Animation de *Stream graph - Line chart*.

	SL1-SL2	SL3-SL2	SL4-SL2	SL5-SL2	SL6-SL2	SL7-SL2
Z	-3.439	-2.950	-1.052	-2.206	-1.626	-1.817
Significância bilateral assintótica	.001	.003	.293	.027	.104	.069

**Tabela B.42:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade de *Stream graph - Line chart*.

	SL1-SL3	SL2-SL3	SL4-SL3	SL5-SL3	SL6-SL3	SL7-SL3
Z	-3.310	-2.950	-2.093	-.605	-.608	-.353
Significância bilateral assintótica	.001	.003	.036	.545	.543	.724

**Tabela B.43:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Contract de *Stream graph - Line chart*.

	SL1-SL4	SL2-SL4	SL3-SL4	SL5-SL4	SL6-SL4	SL7-SL4
Z	-3.076	-1.052	-2.093	-1.963	-1.588	-1.684
Significância bilateral assintótica	.002	.293	.036	.050	.112	.092

**Tabela B.44:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines de *Stream graph - Line chart*.

	SL1-SL5	SL2-SL5	SL3-SL5	SL4-SL5	SL6-SL5	SL7-SL5
Z	-3.007	-2.206	-.605	-1.963	-1.330	-.894
Significância bilateral assintótica	.003	.027	.545	.050	.183	.371

**Tabela B.45:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Color de *Stream graph - Line chart*.

	SL1-SL6	SL2-SL6	SL3-SL6	SL4-SL6	SL5-SL6	SL7-SL6
Z	-3.075	-1.626	-.608	-1.588	-1.330	-.847
Significância bilateral assintótica	.002	.104	.543	.112	.183	.397

**Tabela B.46:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade Fill de *Stream graph - Line chart*.

	SL1-SL7	SL2-SL7	SL3-SL7	SL4-SL7	SL5-SL7	SL6-SL7
Z	-3.130	-1.817	-.353	-1.684	-.894	-.847
Significância bilateral assintótica	.002	.069	.724	.092	.371	.397

**Tabela B.47:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade Total de *Stream graph - Line chart*.

	SH2-SH1	SH3-SH1	SH4-SH1	SH5-SH1	SH6-SH1	SH7-SH1
Z	-2.828	-2.886	-2.064	-2.493	-3.317	-2.462
Significância bilateral assintótica	.005	.004	.039	.013	.001	.014

**Tabela B.48:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição No Animation de *Stream graph - Heat map*.

	SH1-SH2	SH3-SH2	SH4-SH2	SH5-SH2	SH6-SH2	SH7-SH2
Z	-2.828	-.380	-1.519	-.126	-.917	-.032
Significância bilateral assintótica	.005	.704	.129	.900	.359	.975

**Tabela B.49:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Fade de *Stream graph - Heat map*.

	SH1-SH3	SH2-SH3	SH4-SH3	SH5-SH3	SH6-SH3	SH7-SH3
Z	-2.886	-.380	-1.476	-.793	-1.555	-.570
Significância bilateral assintótica	.004	.704	.140	.428	.120	.569

**Tabela B.50:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines de *Stream graph - Heat map*.

	SH1-SH4	SH2-SH4	SH3-SH4	SH5-SH4	SH6-SH4	SH7-SH4
Z	-2.064	-1.519	-1.476	-1.740	-2.115	-1.707
Significância bilateral assintótica	.039	.129	.140	.082	.034	.088

**Tabela B.51:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Lines Color de *Stream graph - Heat map*.

	SH1-SH5	SH2-SH5	SH3-SH5	SH4-SH5	SH6-SH5	SH7-SH5
Z	-2.493	-.126	-.793	-1.740	-.380	-.706
Significância bilateral assintótica	.013	.900	.428	.082	.704	.480

**Tabela B.52:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Rectangles de *Stream graph - Heat map*.

	SH1-SH6	SH2-SH6	SH3-SH6	SH4-SH6	SH5-SH6	SH7-SH6
Z	-3.317	-.917	-1.555	-2.115	-.380	-1.020
Significância bilateral assintótica	.001	.359	.120	.034	.704	.308

**Tabela B.53:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Expand de *Stream graph - Heat map*.

	SH1-SH7	SH2-SH7	SH3-SH7	SH4-SH7	SH5-SH7	SH6-SH7
Z	-2.462	-.032	-.570	-1.707	-.706	-1.020
Significância bilateral assintótica	.014	.975	.569	.088	.480	.308

**Tabela B.54:** Resultado da aplicação do teste par a par de Wilcoxon signed-rank com a aplicação das correções de Bonferroni para a transição Expand Color de *Stream graph - Heat map*.