



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Tecnologia

MAURÍCIO ROSSI DE OLIVEIRA

**ADAPTAÇÃO DA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA PARA USO EM
VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO**

**ADAPTING HEURISTIC EVALUATION FOR USE IN INFORMATION
VISUALIZATION**

LIMEIRA
2017



MAURÍCIO ROSSI DE OLIVEIRA

ADAPTAÇÃO DA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA PARA USO EM VISUALIZAÇÃO DE
INFORMAÇÃO

Dissertação apresentada à Faculdade de
Tecnologia da Universidade Estadual de
Campinas como parte dos requisitos
exigidos para a obtenção do título de Mestre
em Tecnologia, na área de concentração
Sistemas de Informação e Comunicação.

Orientador: Prof. Dr. Celmar Guimarães da Silva

LIMEIRA
2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Tecnologia
Felipe de Souza Bueno - CRB 8/8577

OL4a Oliveira, Maurício Rossi, 1991-
Adaptação da avaliação heurística para uso em visualização de informação /
Maurício Rossi de Oliveira. – Limeira, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Celmar Guimarães da Silva.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade
de Tecnologia.

1. Visualização de informação. 2. Interação humano-computador. 3. Design
centrado no usuário. I. Silva, Celmar Guimarães da, 1978-. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Tecnologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Adapting heuristic evaluation for use in information visualization

Palavras-chave em inglês:

Information visualization

Human-computer interaction

User-centered system design

Área de concentração: Sistemas de Informação e Comunicação

Titulação: Mestre em Tecnologia

Banca examinadora:

Celmar Guimarães da Silva [Orientador]

Regina Lucia de Oliveira Moraes

André Constantino da Silva

Data de defesa: 17-02-2017

Programa de Pós-Graduação: Tecnologia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Adaptação da Avaliação Heurística para Uso em Visualização de Informação

Maurício Rossi de Oliveira

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:

Prof. Dr. Celmar Guimarães da Silva (FT-UNICAMP, Presidente da Banca Examinadora)

Prof.^a Dr.^a Regina Lucia de Oliveira Moraes (FT-UNICAMP)

Prof. Dr. André Constantino da Silva (IFSP)

A Ata de Defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

Agradecimentos

À minha família, pelo apoio e incentivo dado durante todos estes anos. Agradeço especialmente as minhas três mães, Lúcia, Ana e Tereza, que sempre foram e sempre serão meu porto seguro, e meu pai Wagner, que mesmo não estando mais aqui conosco, deixou lições importantes.

À minha namorada/noiva/esposa/melhor amiga Wélida, por me dar força, me impulsionar e me guiar durante todos estes últimos anos. Sem ela, nada disso seria possível.

Ao meu orientador Celmar, que acreditou no meu potencial e me mostrou as possibilidades presentes na vida acadêmica. Agradeço também aos outros membros das equipes (MRA, SEIS, CourseViewer) da faculdade, principalmente ao Bruno Medina, por toda ajuda prestada.

Aos meus amigos que fiz durante a graduação e pós-graduação, em que cada um fez sua contribuição nessa longa jornada.

Resumo

A Avaliação Heurística é um método clássico de avaliação de interfaces de um sistema interativo na área de Interação Humano-Computador. Pesquisadores e desenvolvedores de software usam esta técnica com frequência, já que ela é rápida, barata e fácil de ser executada. Porém, para usar a técnica em outros sistemas de domínio específico, é necessário criar um novo conjunto de heurística capaz de identificar os problemas dessa área. Em Visualização de Informação (InfoVis), a técnica é utilizada com o conjunto proposto por Nielsen, que possui apenas heurísticas de usabilidade, deixando de cobrir outros conceitos importantes de InfoVis. Na literatura, estão presentes conjuntos de recomendações que cobrem os conceitos de InfoVis, entretanto, muitas destas recomendações não são apresentadas como heurísticas, ou então são restritas a um determinado contexto. Desta forma, este trabalho apresenta um método para criar um conjunto de heurísticas de InfoVis, para ser usado na Avaliação Heurística. O método agrupa as heurísticas e recomendações encontradas na literatura, e cria novas heurísticas com base em cada grupo formado. Assim, esta pesquisa gerou um novo conjunto com 15 heurísticas genéricas, a partir de um conjunto com 62 heurísticas e recomendações, e depois avaliou esse novo conjunto. A hipótese é que o novo conjunto auxiliará os avaliadores a considerar um conjunto mais amplo de conceitos de visualização durante a Avaliação Heurística com, possivelmente, menos esforço cognitivo, quando comparado com a aplicação direta das 62 heurísticas e recomendações.

Palavras-chave: Visualização de Informação; Interação Humano-Computador; Usabilidade.

Abstract

Heuristic evaluation technique is a classical evaluation method of user interface in Human-Computer Interaction area. Researchers and software developers broadly use it, given that it is fast, cheap and easy to use. Using it in other system of specific domains demands creating a new heuristic set able to identify common problems of these domains. Information Visualization (InfoVis) researchers commonly use this technique with the original usability heuristic set proposed by Nielsen, which does not cover many relevant aspects of InfoVis. InfoVis literature presents sets of guidelines that cover InfoVis concepts, but it does not present most of them as heuristics, or they cover much specific context. This work presents a method to define a set of InfoVis heuristics for use in Heuristic Evaluation. The method clusters heuristics and guidelines found in the literature, and creates a new heuristic based on each group. Thus, this research created a new set of 15 generic heuristics, from a set of 62 heuristics and guidelines, and then evaluated this new set. The hypothesis is that the new set will help evaluators to consider a broad set of visualization aspects during Heuristic Evaluation, with possibly less cognitive effort, when compared to a direct application of the 62 heuristics and guidelines.

Keywords: Information Visualization; Human-Computer Interaction; Usability.

Lista de Figuras

Figura 1. Técnica de visualização Zoomable Circle Packing, exemplificando o mapeamento de dados em InfoVis (Data-Driven Documents Gallery).....	18
Figura 2. Exemplo de etapas de adaptação da Avaliação Heurística, com técnica de Recursos Humanos para criação do conjunto.....	26
Figura 3. Exemplo de etapas para criação de conjunto de heurísticas a partir de revisão da literatura.....	27
Figura 4. Exemplo de etapas necessárias para uso da técnica de seleção de heurísticas.....	27
Figura 5. Mapa de calor resultante da reordenação realizada pela ferramenta Matrix Reordering Analyzer.....	35
Figura 6. Detalhe do mapa de calor, mostrando grupos completamente isolados. ...	36
Figura 7. Detalhe do mapa de calor, mostrando heurísticas sem similaridade com outras.	37
Figura 8. Repositório de exemplos de técnicas de visualização do D3.....	46
Figura 9. Técnica Circle Packing.....	47
Figura 10. Detalhe do Circle Packing, focando no problema de falta de rótulo.	48
Figura 11. Técnica Zoomable Circle Packing.....	48
Figura 12. Técnica Treemap.	50
Figura 13. Detalhe do Treemap, após clicar em um dos ramos.....	51
Figura 14. Visualização de idade máximas de espécies (Lifespan).	51
Figura 15. Detalhe do Lifespan, após adicionar todas as espécies na visualização.	52
Figura 16. Visualização do Dashboard do software, que contém gráficos associados com custo dos projetos (como custo mensal, custo acumulado e risco) e também uma linha do tempo de projetos, onde é possível verificar os projetos propostos em cada mês e ano.....	54
Figura 17. Detalhe do gráfico homem-hora, mostrando meses iniciados em zero. As barras deste gráfico indicam as horas requeridas (em azul), as excedidas (em vermelho) e as não usadas (em cinza com hachuras).	56
Figura 18. Detalhe do gráfico homem-hora, mostrando um mês específico selecionado. As letras de A até G ilustram os funcionários da empresa.....	57
Figura 19. Detalhe do gráfico de custo de projetos, mostrando anos sem orçamento (representados na cor vermelha) e anos com orçamento (representados na cor azul).	57
Figura 20. Em (A), um ano que não possui orçamento está sob o cursor, e para destacá-lo, sua cor é alterada para bordô. Já em (B), quando o ano está sob o cursor sua cor é alterada para rosa (visando seu destaque), ao invés de uma tonalidade mais escura de azul.....	58
Figura 21. Gráfico de linha do tempo de projetos.....	59

Lista de Tabelas

Tabela 1. Conjunto formado pelas 15 heurísticas de InfoVis.....	45
Tabela 2. Número de vezes que cada heurística foi usada para classificar um problema.	55
Tabela 3. Artigos resultantes da Revisão Sistemática.	74

Sumário

1. Introdução.....	11
2. Revisão da Literatura.....	14
2.1. Métodos de Inspeção de Usabilidade	14
2.2. Visualização de Informação	17
2.3. Avaliação Heurística em outras áreas.....	23
2.3.1. Recursos Humanos	25
2.3.2. Literatura e Documentos	26
2.3.3. Escolha das técnicas para criação de conjuntos	28
2.4. Considerações	29
3. Métodos.....	30
3.1. Definição do método	30
3.2. Avaliação do método.....	32
3.3. Considerações	33
4. Resultados.....	34
4.1. Resultados do método de criação de heurísticas.....	34
4.2. Avaliações do conjunto	45
4.2.1. Classificação de problemas com heurísticas.....	45
4.2.2. Avaliação Heurística	53
4.2.3. Reflexão sobre as heurísticas propostas.....	59
5. Conclusão.....	61
Referências	63
Apêndice A	69
Apêndice B	74

1. Introdução

Atualmente, a maioria das atividades profissionais ou de entretenimento possuem sistemas (software) que auxiliam os usuários a realizar as ações desejadas. Seja na saúde, educação, biologia, comércio, jogos digitais, aplicativos de celular e, em quaisquer outras, há interação entre pessoas e o meio digital. Esta interação (que ocorre por meio de uma interface) é estudada pela área de Interação Humano-Computador (IHC).

Uma das principais preocupações desta área é garantir que a interação entre o usuário e o sistema será bem-sucedida. Assim, existem técnicas relacionadas ao planejamento, construção e avaliação de uma interface¹ (Rocha e Baranauskas, 2003). O objetivo destas técnicas é incluir no sistema características como facilidade de uso, facilidade de aprendizagem, satisfação, eficiência, usabilidade, comunicabilidade, acessibilidade, entre outras.

Em relação às técnicas de avaliação de interface, elas podem ser aplicadas em diferentes estágios, seja em protótipos da tela do sistema em papel, em protótipos funcionais, na interface já incorporada no sistema, ou até mesmo em sistemas já finalizados e disponibilizados para os usuários (Nielsen e Mack, 1994). Existem diversas técnicas de avaliação, que podem envolver ou não usuários em sua realização (Rocha e Baranauskas, 2003).

Dentre as técnicas que não envolvem usuários, temos os métodos de inspeção de interface (Nielsen e Mack, 1994), em que avaliadores percorrem a interface em busca de problemas de usabilidade (termo que engloba as características mencionadas anteriormente). Avaliação Heurística, Percurso Cognitivo (Nielsen e Mack, 1994) e Inspeção Semiótica (de Souza *et al.*, 2006) são exemplos destas técnicas de avaliação. Os métodos de inspeção são conhecidos por sua relação entre custo e benefício, uma vez que, ao não necessitarem de usuários reais durante o processo, utilizam poucos recursos e são executados mais rapidamente que outros métodos, apresentando ainda assim resultados satisfatórios.

Estes pontos positivos da realização dos métodos de inspeção de interface atraíram a atenção de outras áreas que também necessitam da interação com os usuários, como jogos digitais, realidade aumentada, sistemas educativos, aplicativos

¹ Neste trabalho, o termo interface diz respeito à interface de usuário em sistemas interativos.

touchscreen, robótica, televisores interativos, Visualização de Informação (InfoVis), entre outras. Isso se dá especialmente com relação à Avaliação Heurística, que utiliza um conjunto de heurísticas, ou seja, regras e orientações, que auxiliam os avaliadores na identificação dos problemas encontrados durante a avaliação. Porém, o conjunto de heurísticas utilizado na técnica cobre somente conceitos de usabilidade; assim, ao utilizar esta técnica em outras áreas, os conceitos de usabilidade podem não ser suficientes para englobar as particularidades destas áreas.

Especificamente sobre InfoVis, o foco desta área é representar dados em formato gráfico, para facilitar o entendimento do usuário. Uma vez que analisar grandes tabelas de dados em formato bruto (letras e números) é uma atividade custosa tanto em tempo como esforço cognitivo, permitir que os usuários interajam diretamente com um gráfico em um sistema facilita a interpretação dos dados envolvidos (Mazza, 2009). Portanto, assim como ocorre em IHC, a interação dos usuários com o sistema é fundamental.

Outra semelhança entre as duas áreas é que em InfoVis também há técnicas de avaliação, focadas em analisar a interação com o sistema (utilizando também o conceito de usabilidade), bem como verificar se o usuário consegue extrair informações úteis e entender os dados visualizados. Em InfoVis, há um grupo de técnicas de avaliação conhecidas como avaliações analíticas (Mazza, 2009), que englobam técnicas dos métodos de inspeção de interfaces de IHC, entre elas a Avaliação Heurística. Entretanto, como já mencionado anteriormente, a Avaliação Heurística possui um conjunto somente com heurísticas de usabilidade. Portanto, durante a aplicação desta avaliação em InfoVis, não é possível relacionar os problemas encontrados com outros conceitos importantes da área como mapeamento visual (Zuk e Carpendale, 2006; Mazza, 2009), manipulação de dados, organização espacial (Freitas *et al.*, 2002), entre outros. Desta forma, é necessário que, para utilizar a Avaliação Heurística em InfoVis, um novo conjunto de heurísticas seja aplicado.

Há na literatura alguns conjuntos de conceitos de InfoVis (apresentados na Seção 2.2), que poderiam ser tomados como heurísticas a serem aplicados em avaliação; porém foi possível identificar alguns problemas com eles. Primeiramente, nem todos os conjuntos são explicitamente mencionados como heurísticas, apresentando a denominação de recomendações, orientações, tarefas ou critérios.

Segundo Nielsen, a denominação “heurística” ressalta que são regras gerais, diferentemente do que ocorre com as recomendações (*guidelines*), que são regras específicas. Além disso, é possível notar que as heurísticas possuem um tom mais imperativo do que os conceitos apresentados de outras formas, como em orientações e critérios.

Outro problema é que alguns conjuntos focam apenas em um conceito, como somente em métodos estatísticos para análise dos dados, ou somente em propriedades visuais, limitando o seu uso. Por último, através de revisão da literatura, foi possível identificar que estes conjuntos já existentes são utilizados por outros autores, porém com menor frequência em relação ao que ocorre com o conjunto de Nielsen (1994). Além disso, é necessário que haja esforços para criação de novas técnicas de avaliação em InfoVis (Plaisant, 2004). Tory e Möller (2005) enfatizam que heurísticas de InfoVis devem ser utilizadas se possível, porém Mazza (2009) pontua que a Avaliação Heurística em InfoVis não é muito utilizada justamente pela pouca quantidade de conjuntos de heurísticas.

Portanto, o objetivo desta pesquisa é testar a hipótese de que é possível criar um conjunto reduzido de heurísticas, englobando diversos conceitos de InfoVis, e que seja passível de aplicação na técnica de Avaliação Heurística. Como objetivo específico, foi desenvolvido um método para efetuar essa criação de heurísticas. O restante desta monografia detalha as diferentes fases desta pesquisa, e é organizado da seguinte forma:

- A Seção 2 apresenta uma revisão sobre os métodos de inspeção de usabilidade e as avaliações em InfoVis, além dos trabalhos encontrados na literatura que apresentam conjuntos de InfoVis; apresenta ainda outros trabalhos focados em criação de conjuntos para outras áreas;
- A Seção 3 descreve o método que será utilizado para a criação do conjunto de heurísticas para InfoVis, além da forma como ele será avaliado;
- A Seção 4 apresenta os resultados obtidos, ou seja, o conjunto proposto bem como os resultados da avaliação;
- A Seção 5, por fim, conclui esta monografia e indica possíveis continuidades desta pesquisa.

2. Revisão da Literatura

Nesta seção são abordados assuntos da Literatura que são relevantes para este trabalho. Inicialmente, são abordados os métodos de inspeção de usabilidade, com destaque para a Avaliação Heurística. Logo após, são apresentadas as técnicas de avaliação de Visualização de Informação, além dos conjuntos de heurísticas e orientações identificados desta área. Por último, diversas técnicas de adaptação da Avaliação Heurísticas para outras áreas são apresentadas e comparadas quanto a sua viabilidade de uso.

2.1. Métodos de Inspeção de Usabilidade

Na área de Interação Humano-Computador, há uma constante preocupação sobre a facilidade com que o usuário manipula uma interface. Para tanto, várias recomendações podem ser seguidas no momento de criação da interface do software, incorporando conceitos de usabilidade. Além disso, sempre há a necessidade de avaliar também a interface após sua construção, para identificar problemas que possam dificultar a interação do usuário com o sistema.

Dentre os diversos modos de avaliação de interface, temos os métodos de inspeção de usabilidade (Nielsen e Mack, 1994). Estes métodos tornaram-se populares após 1990, período em que publicações sobre eles se intensificaram. Eles foram aceitos pelos pesquisadores de IHC devido às suas principais características: eficácia, facilidade de aplicação, rapidez e baixo custo. Esta última característica diz respeito ao fato de os métodos de inspeção não utilizarem usuários reais durante a avaliação. A utilização de usuários é custosa pois demanda recursos humanos, exigindo, por exemplo, que um funcionário pare de executar sua função em uma empresa para ser deslocado para a avaliação, além do próprio tempo dispendido pelos avaliadores envolvidos no processo de avaliação em si.

Dentre os métodos de inspeção de usabilidade temos: Percurso Cognitivo, Método de Inspeção Semiótica e Avaliação Heurística. No Percurso Cognitivo (Nielsen e Mack, 1994), o avaliador simula um usuário real, percorrendo a interface e realizando tarefas predefinidas. Cada tarefa é dividida em passos, e para cada passo devem ser respondidas algumas questões. De acordo com as respostas, é contada uma história de sucesso ou insucesso em relação ao usuário conseguir ou não

executar a tarefa. Com todas as histórias levantadas, o avaliador pode então analisá-las e identificar soluções.

Baseado na Engenharia Semiótica, o Método de Inspeção Semiótica (MIS) (de Souza *et al.*, 2006) tem como objetivo analisar a comunicação entre o designer da interface para com seus usuários. Segundo a Engenharia Semiótica, a interface é o modo como o designer se comunica com o usuário, e este procedimento é chamado de metacomunicação. Outro conceito utilizado é que a comunicação é representada na interface através de signos. Um signo pode ser definido como qualquer coisa que signifique algo para alguém. Na Engenharia Semiótica há três grupos de signos: estáticos, dinâmicos e metalinguísticos. Durante o processo de avaliação, o avaliador inspeciona todos os grupos de signos encontrados na interface, a fim de identificar problemas na comunicação. Ao realizar os passos propostos no método, o avaliador reconstrói a metacomunicação, e tem a percepção da comunicabilidade do sistema, qualificando a interação entre os usuários e a interface.

Por sua vez, a Avaliação Heurística (Nielsen e Molich, 1990; Nielsen, 1994) é feita por um pequeno conjunto de avaliadores – três a cinco – que examinam a interface diversas vezes à procura de problemas que ferem princípios de usabilidade, chamados de heurísticas. Desta forma, as heurísticas guiam os avaliadores a encontrar problemas, que após descobertos também recebem um grau de severidade, utilizado para priorizar os problemas mais graves. As dez heurísticas do método são:

- Visibilidade do status do sistema (*visibility of system status*);
- Compatibilidade do sistema com o mundo real (*match between system and the real world*);
- Controle do usuário e liberdade (*user control and freedom*);
- Consistência e padrões (*consistency and standarts*);
- Prevenção de erros (*error prevention*);
- Reconhecimento ao invés de relembração (*recognition rather than recall*);
- Flexibilidade e eficiência de uso (*flexibility and efficiency of use*);
- Estética e design minimalista (*aesthetic and minimalist design*);
- Ajudar usuários a reconhecer, diagnosticar e corrigir erros (*help users recognize, diagnose, and recover from errors*);

- Ajuda e documentação (*help and documentation*).

Os passos para realização da Avaliação Heurística são assim definidos:

1. Individualmente, cada avaliador inspeciona o sistema, percorrendo a interface diversas vezes, listando os problemas encontrados referentes a uma ou mais heurísticas do conjunto;
2. Para cada problema, cada avaliador atribui um grau de severidade (utilizado posteriormente para priorizar os problemas mais graves);
3. Todos os problemas encontrados por cada avaliador são consolidados em uma única lista;
4. Os avaliadores então realizam reuniões, para discutir os problemas levantados, bem como as heurísticas e graus de severidade atribuídos para cada problema.
5. Após as reuniões, os avaliadores apresentam, portanto, uma lista com todos os problemas encontrados na interface do sistema, devidamente classificados e priorizados.

Ao longo dos anos, a Avaliação Heurística sofreu várias alterações. Em sua primeira versão (Nielsen e Molich, 1990) foram apresentadas nove heurísticas, sendo este pequeno número proposto para facilitar a aplicação da avaliação, pois havia outro conjunto com 944 orientações (Smith e Mosier, 1986), o que intimidava os avaliadores a utilizá-lo. A elaboração das nove heurísticas da Avaliação Heurística deve-se à experiência profissional dos autores na área (Molich e Nielsen, 1990). Posteriormente, este conjunto foi revisado (Nielsen, 1994) com base em uma comparação de diversos conjuntos de heurísticas (total de 101 heurísticas), que incluíam o conjunto proposto na primeira versão com pequenas modificações. Nessa revisão, verificou-se quão bem cada uma destas heurísticas avaliava os 249 problemas de usabilidade encontrados em 11 projetos diferentes selecionados pelo autor. Ao final do experimento, foram selecionadas as heurísticas que melhor cobriam todos os problemas de usabilidade, e agrupadas de acordo com suas características. A versão final do método (Nielsen e Mack, 1994) contém dez heurísticas resultadas dos agrupamentos da versão anterior. O conjunto também é conhecido como “heurísticas de Nielsen”, devido ao autor ter participado em todas as etapas de criação e

refinamento do conjunto. Esta terminologia será usada ao longo desta monografia para fazer referência a este conjunto de heurísticas.

Apesar de os três métodos aparecerem na literatura, observou-se que apenas a Avaliação Heurística vem sendo constantemente modificada para diversas áreas diferentes, e por isso foi escolhida neste trabalho para ser utilizada junto com o conjunto de InfoVis.

2.2. Visualização de Informação

Como mencionado no Capítulo 1, a área de Visualização de Informação é focada no uso de representações visuais de dados com o objetivo de amplificar a cognição do usuário (Mazza, 2009). Para isso, são utilizadas diversas técnicas (como as da Seção 4.2.1), geralmente interativas, em que os dados são representados visualmente para o usuário. Durante a construção destas representações visuais, diversos conceitos devem ser levados em consideração, sempre visando facilitar que o usuário extraia informações.

Há conceitos relacionados com o mapeamento visual, ou seja, o modo como os dados brutos serão de fato apresentados no gráfico, por meio de, por exemplo, do uso de cores, formatos, texturas e tamanhos para representar os atributos dos dados (Zuk e Carpendale, 2006). Ainda em relação ao mapeamento visual, as categorias de cor, forma, movimento e posição espacial podem ser classificadas como propriedades preantivas, pois, segundo Mazza (2009), “são percebidas pelo leitor quase instantaneamente, sem intervenção do consciente”. Os princípios de Gestalt, que estão relacionados ao modo como cada objeto é percebido pela mente (Mazza, 2009), também estão ligados às propriedades visuais, pois apresentam princípios sobre proximidade, similaridade, oclusão, continuidade, entre outros.

Outros conceitos importantes dizem respeito à usabilidade, uma vez que também há interação do usuário com a interface (Scapin e Bastien, 1997; Freitas *et al.*, 2002). Ferramentas direcionadas à exploração dos dados, como filtros, agrupamentos, aproximação (zoom) e visão de detalhes também são pontos relevantes da área (Shneiderman, 1996). Há também conceitos relacionados com o conjunto de dados ainda em formato bruto, como, por exemplo, verificar os atributos

mais importantes do conjunto, dados relacionados entre si e dados incertos (Amar e Stasko, 2004).

A Figura 1 mostra uma técnica de visualização (*Zoomable Circle Packing*). Nela, podemos notar por exemplo, como o mapeamento dos dados foi realizado. Cada item do conjunto de dados foi representado com um círculo, e os valores de cada item estão influenciando no tamanho deste círculo. Já o atributo hierárquico de cada item foi mapeado colocando um círculo dentro do outro, mostrando a relação de continência entre esses itens.

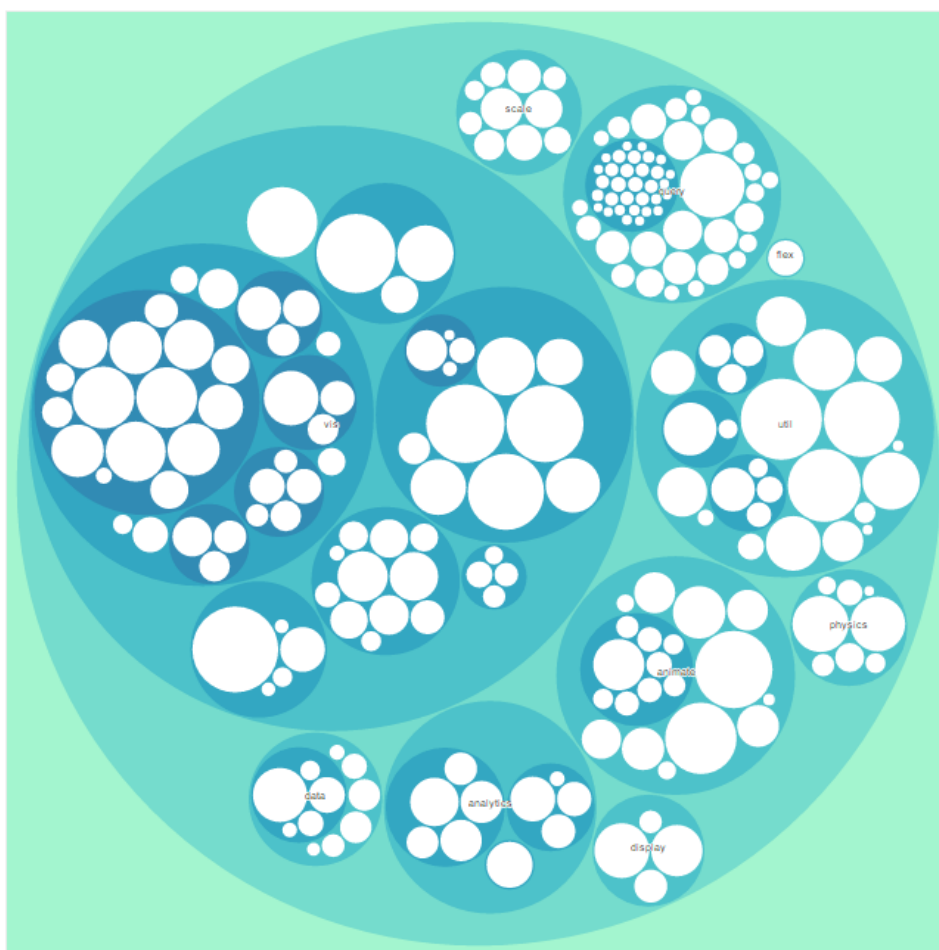


Figura 1. Técnica de visualização *Zoomable Circle Packing*, exemplificando o mapeamento de dados em *InfoVis (Data-Driven Documents Gallery)*.

Sobre as avaliações presentes na área de *InfoVis*, há duas categorias de técnicas de avaliação, e ambas foram inspiradas nas técnicas já existentes de *IHC*. Tais técnicas são divididas em avaliação analítica e avaliação empírica (Mazza, 2009).

Nos métodos de avaliação empírica são realizados experimentos envolvendo usuários finais da aplicação, usando protótipos funcionais. Esses métodos se subdividem em estudos quantitativos e estudos qualitativos. Nos estudos quantitativos são coletados dados numéricos, através da técnica Experimentos Controlados. Nela, diversas variáveis que podem ser mensuradas são extraídas através do uso do protótipo pelo usuário, e com elas pode-se confirmar ou não hipóteses. Já nos estudos qualitativos, os dados extraídos permitem analisar a utilidade da representação gráfica através do ponto de vista do usuário. Para isso, são utilizados questionários, entrevistas e monitoramento do usuário.

Nos métodos de avaliação analítica o foco está em identificar problemas de usabilidade, através do uso de heurísticas (geralmente sem utilizar usuários reais). Estes métodos possuem similaridade com os métodos de inspeção de usabilidade (Seção 2.1), e inclusive adotam algumas de suas técnicas, como a Avaliação Heurística e o Percurso Cognitivo. Segundo Mazza (2009), a dificuldade em encontrar heurísticas específicas para InfoVis faz com que tais métodos sejam raramente adotados.

A revisão da literatura realizada apoia a afirmação de Mazza, uma vez que nos últimos cinco anos, apenas Forsell e Johansson (2010) apresentaram explicitamente um conjunto de heurísticas para InfoVis. Desta forma, foi necessário expandir a pesquisa, primeiramente procurando por trabalhos que não usam necessariamente a denominação “heurística”, mas sim recomendações, orientações, tarefas, critérios, entre outros termos, além de verificar trabalhos anteriores ao ano de 2010. A seguir, são apresentados os trabalhos encontrados.

Shneiderman (1996) propõe recomendações em um formato de um *mantra* (*Visual Information Seeking Mantra*), ou seja, conceitos que os avaliadores e desenvolvedores constantemente devem se lembrar. Através da repetição da frase visão geral em primeiro lugar, zoom e filtro, em seguida detalhes sob demanda (*overview first, zoom and filter, then details-on-demand*) durante o processo de avaliação, o avaliador consegue identificar conceitos que devem estar presentes na visualização, segundo o autor. Ao todo, são sete conceitos, incluindo os quatro presentes no *mantra*:

- Visão geral (*overview*);
- Ampliação e redução, ou ainda aproximação e afastamento (*zoom*);
- Filtro (*filter*);
- Detalhes sob demanda (*details-on-demand*);
- Relacionar (*relate*);
- Histórico (*history*);
- Extrair (*extract*).

O trabalho de Scapin e Bastien (1997) também apresenta a definição de critérios. Novamente, dois grupos de critérios podem ser notados, um relacionado a usabilidade (e.g. *immediate feedback, user control, consistency*) e outro relacionado a conceitos de visualização (e.g. *information density, grouping and distinguishing items by format*). Os conceitos apresentados são:

- Instigação (*prompting*);
- Agrupar e distinguir itens por localização (*grouping and distinguishing items by location*);
- Agrupar e distinguir itens por formato (*grouping and distinguishing items by format*);
- Feedback imediato (*immediate feedback*);
- Legibilidade (*legibility*);
- Concisão (*conciseness*);
- Ações mínimas (*minimal actions*);
- Densidade de informação (*information density*);
- Explicitar ações do usuário (*explicit user actions*);
- Controle do usuário (*user control*);
- Flexibilidade (*flexibility*);
- Experiência do usuário (*user's experience*);
- Proteção contra erros (*error protection*);
- Qualidade das mensagens de erros (*quality of error messages*);
- Correção de erros (*error correction*);
- Consistência (*consistency*);
- Significado dos códigos (*significance of codes*);

- Compatibilidade (*compatibility*).

Freitas et al. (2002) apresentam critérios para avaliar técnicas de visualização. Entre estes critérios, alguns são mais relacionados com usabilidade (e.g. *state transition, orientation and help, information coding*), enquanto outros são relacionados com conceitos de visualização (e.g. *data set reduction, navigation and querying, spatial organization*). Os oito critérios definidos por Freitas et al. são:

- Limitações (*limitations*);
- Complexidade cognitiva (*cognitive complexity*);
- Organização espacial (*spatial organization*);
- Codificação de informação (*information coding*);
- Transição de estado (*state transition*);
- Orientação e ajuda (*orientation and help*);
- Navegação e consulta (*navigation and querying*);
- Redução do conjunto de dados (*data set reduction*).

Amar e Stasko (2004) apresentam um framework para design e avaliação em InfoVis, focado somente em conceitos estatísticos, como por exemplo, correlações, teste de hipótese e dados de causa e efeito. As tarefas propostas por eles são:

- Expor incertezas (*expose uncertainty*);
- Concretizar relacionamentos (*concretize relationships*);
- Formular causa e efeito (*formulate cause and effect*);
- Determinar parâmetros do domínio (*determination of domain parameters*);
- Explicação multivariada (*multivariate explanation*);
- Confirmar hipóteses (*confirm hypotheses*).

Já Zuk e Carpendale (2006) explicitamente utilizam o termo heurística para as recomendações presentes no conjunto proposto. As treze heurísticas apresentadas são diretamente relacionadas com conceitos visuais, como propriedades preatentivas e princípios de Gestalt:

- Variáveis presentes na visualização devem ter tamanho adequado (*ensure visual variable has sufficient length*);

- Não usar mais dimensões na representação visual que as existentes no conjunto de dados (*preserve data to graphic dimensionality*);
- Colocar a maior quantidade de dados no menor espaço (*put the most data in the least space*);
- Prover múltiplos níveis de detalhes (*provide multiple levels of detail*);
- Remover elementos irrelevantes – tinta (*remove the extraneous – ink*);
- Considerar Princípios de Gestalt (*consider Gestalt Laws*);
- Integrar texto quando for relevante (*integrate text wherever relevant*);
- Não esperar uma ordem de leitura a partir das cores (*don't expect a reading order from color*);
- Percepção de cor varia com o tamanho do item colorido (*color perception varies with size of colored item*);
- Contraste local afeta percepção de cor e escala de cinza (*local contrast affects color & gray perception*);
- Considerar pessoas com daltonismo (*consider people with color blindness*);
- Benefícios preatentivos aumentam com o campo de visão (*preattentive benefits increase with field of view*);
- Estimativa de quantidade requer variação de posição ou tamanho (*quantitative assessment requires position or size variation*).

Dos conjuntos de InfoVis identificados, temos por último o trabalho de Forsell e Johansson (2010), que segue uma proposta diferente para apresentar um conjunto de heurísticas. Eles criaram um novo conjunto utilizando os conceitos de InfoVis presentes em outros trabalhos, que são os cinco trabalhos previamente comentados mais as heurísticas de Nielsen.

O método de criação de heurísticas adotado por Forsell e Johansson é inspirado em um dos trabalhos de Nielsen (1994), e ocorre do seguinte modo: primeiro, os autores definem tanto um conjunto de problemas de InfoVis (extraídos de projetos anteriores, segundo os autores) como também um grupo de heurísticas coletadas de trabalhos encontrados na literatura (todos os conceitos, recomendações, critérios, e outras denominações passam a ser heurísticas). Logo após, todas as heurísticas encontradas são utilizadas para classificar cada um dos problemas propostos. Ao

final, as heurísticas que melhor classificaram mais problemas são escolhidas para formar o conjunto final, respeitando a condição de que cada heurística escolhida deve ser relacionada com problemas ainda não classificados pelas heurísticas escolhidas anteriormente.

O resultado apresentado é um conjunto com dez heurísticas, que consegue cobrir 86,7% dos problemas definidos pelos autores, segundo os próprios autores. É importante ressaltar que as heurísticas escolhidas mantêm o mesmo nome usado em seu trabalho de origem:

- Codificação de informação (*information coding*);
- Ações mínimas (*minimal actions*);
- Flexibilidade (*flexibility*);
- Orientação e ajuda (*orientation and help*);
- Organização espacial (*spatial organization*);
- Consistência (*consistency*);
- Reconhecimento ao invés de relembração (*recognition rather than recall*);
- Instigação (*prompting*);
- Remover elementos irrelevantes – tinta (*remove the extraneous – ink*);
- Redução do conjunto de dados (*data set reduction*).

Além dos trabalhos que apresentam conjuntos de heurísticas, critérios e recomendações para InfoVis, há também outros trabalhos que aplicam estes conjuntos encontrados. Valiati (2008) utiliza os critérios de Scapin e Bastien (1997) para avaliar técnicas de visualização de informações multidimensionais. Luzzardi (2003) utiliza os mesmos critérios de Scapin e Bastien, mas para avaliar técnicas de visualização de informações hierárquicas. Entretanto, estes trabalhos avaliam apenas um subconjunto das técnicas de avaliação, hierárquicas (Luzzardi, 2003) ou multidimensionais (Valiati, 2008), limitando assim seus usos.

2.3. Avaliação Heurística em outras áreas

Por causa de suas características, a Avaliação Heurística é utilizada também em outras áreas. Em alguns casos, o método é aplicado em sua forma original, sem nenhum tipo de modificação. Entretanto, há casos em que o conjunto de heurísticas

de Nielsen não é suficiente para identificar todos os problemas presentes, sendo necessário utilizar um conjunto de heurísticas que englobem conceitos específicos da área em questão. Na literatura, são encontrados conjuntos de heurísticas adaptados para as mais diversas áreas, como por exemplo, adaptações para Interação Humano-Robô (Clarkson e Arkin, 2007; Weiss *et al.*, 2010), para sistemas de software desenvolvidos para crianças (MacFarlane e Pasiali, 2005), *smartphones* (Inostroza *et al.*, 2016), dispositivos móveis (Inostroza *et al.*, 2012a; Machado Neto e Pimentel, 2013), jogos (Paavilainen, 2010; Soomro, Ahmad e Sulaiman, 2012), entre outros.

Também há casos em que ao invés de apresentar um novo conjunto, são propostas metodologias para criação de heurísticas. Como exemplo, a metodologia proposta por Rusu *et al.* (2011) apresenta uma sequência de seis passos para a criação de heurísticas que sejam específicas para o domínio desejado. Durante esta sequência, as heurísticas de Nielsen são utilizadas como base de comparação.

Entretanto, nem sempre há uma metodologia específica que é seguida pelos autores. Na maioria dos casos, no momento de realizar a criação de um novo conjunto, não há uma padronização, e várias técnicas diferentes são usadas e combinadas pelos autores conforme necessidade ou interesse.

Para identificar as técnicas de criação de conjuntos de heurísticas foi realizada uma revisão da literatura, visando apenas os trabalhos em que foi necessário criar um novo conjunto para a aplicação da Avaliação Heurística. A revisão resultou em 32 trabalhos, que foram analisados e agrupados de acordo com as técnicas que utilizam. Dois grupos foram identificados, sendo eles as técnicas de criação de heurísticas baseadas em recursos humanos, e criação de heurísticas baseadas em informações obtidas na literatura. O Apêndice A mostra o processo de revisão adotado, enquanto o Apêndice B apresenta todos os trabalhos identificados, assim como o grupo a que pertencem.

As técnicas de criação de heurísticas, de modo geral, possuem três etapas. Primeiramente, são utilizadas uma ou mais técnicas para gerar o conjunto de heurísticas específico para o domínio. Depois, o conjunto é utilizado na Avaliação Heurística, para fins de avaliação da qualidade das heurísticas propostas. Por último, caso os resultados não sejam satisfatórios, o procedimento é refeito, refinando o

conjunto previamente estabelecido. Nos trabalhos encontrados não há uma padronização destas etapas, sendo realizadas de formas diferentes, porém sempre com os mesmos objetivos. Em alguns casos, pode haver mais passos intermediários, que auxiliam na construção e validação do conjunto.

Apesar de haver algumas diferenças em como a Avaliação Heurística é adaptada, a principal diferença entre os trabalhos se dá na primeira etapa, ou seja, no modo de estabelecer o conjunto de heurísticas. Quanto a ela, foi possível observar dois grupos nesta revisão: o de técnicas que usam recursos humanos, e o que utiliza informações extraídas da literatura e de outros documentos. É importante ressaltar que todas as técnicas não são exclusivas, ou seja, podem ser combinadas (inclusive entre os grupos) para gerar um melhor resultado. Esses grupos são explicados a seguir.

2.3.1. Recursos Humanos

As técnicas do subgrupo “Recursos Humanos” se focam no uso de pessoas para estabelecer as heurísticas específicas para o domínio, sejam elas profissionais no domínio ou usuários de sistemas do domínio alvo.

Os profissionais (*experts*) são especialistas que detêm conhecimento sobre o domínio, usabilidade e/ou interface. Eles podem ser os próprios pesquisadores que atuam no trabalho de criação de heurísticas (Molich e Nielsen, 1990; Clarkson e Arkin, 2007), ou podem ser indivíduos convidados apenas para esta etapa (Mankoff *et al.*, 2003; Sweetser *et al.*, 2012). Os *experts* podem auxiliar de diversas formas, como por exemplo participando de reuniões nas quais a técnica de *Brainstorming* é aplicada (Machado Neto e Pimentel, 2013), respondendo questionários (Mohamed e Jaafar, 2010; Mohamed Omar, Yusof e Sabri, 2010; Inostroza *et al.*, 2013), escolhendo as heurísticas que acham mais adequadas (Kientz *et al.*, 2010), entre outras.

Outros recursos humanos que podem ser empregados são os usuários de sistemas que envolvem o domínio para o qual se deseja criar as heurísticas. As informações destes usuários podem ser levantadas através da observação do uso do sistema (Geerts e De Grooff, 2009), questionários (Soomro *et al.*, 2012), e outras técnicas que envolvem diretamente os usuários.

A Figura 2 exemplifica as etapas de um modo de adaptação da Avaliação Heurística, em que a técnica de *Brainstorming* (que faz parte do grupo de Recursos Humanos) foi utilizada.

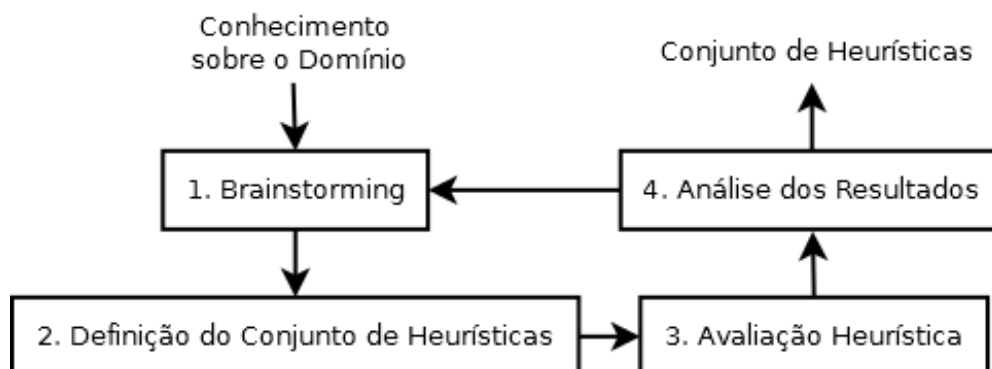


Figura 2. Exemplo de etapas de adaptação da Avaliação Heurística, com técnica de Recursos Humanos para criação do conjunto.

2.3.2. Literatura e Documentos

Já as técnicas de criação de heurísticas agrupadas no subgrupo “literatura e documentos” envolvem analisar informações contidas na literatura, ou em documentos específicos do domínio. Isto pode ser realizado levantando problemas de usabilidade ou do domínio (Papaloukas, Patriarcheas e Xenos, 2009; Pinelle *et al.*, 2009; Park, Goh e So, 2014), identificando recomendações (*guidelines*) e transformando-as em heurísticas (Jaferian *et al.*, 2011), ou buscando na literatura informações que auxiliem no processo (Tsui *et al.*, 2010; Malinen e Ojala, 2011; Masip, Granollers e Oliva, 2011; Reynaga, Chiasson e van Oorschot, 2015). Pode-se optar também por uma exploração da literatura que siga uma metodologia específica (Muñoz e Chalegre, 2012; Quinones, Rusu e Roncagliolo, 2014; Inostroza *et al.*, 2016), de modo que toda informação relevante ao domínio seja identificada.

A Figura 3 apresenta as etapas de modo de adaptação da Avaliação Heurística, em que a primeira etapa utiliza técnicas que extraem informações (como conceitos, experiências e conhecimentos) da literatura do domínio, ou outros documentos relevantes.

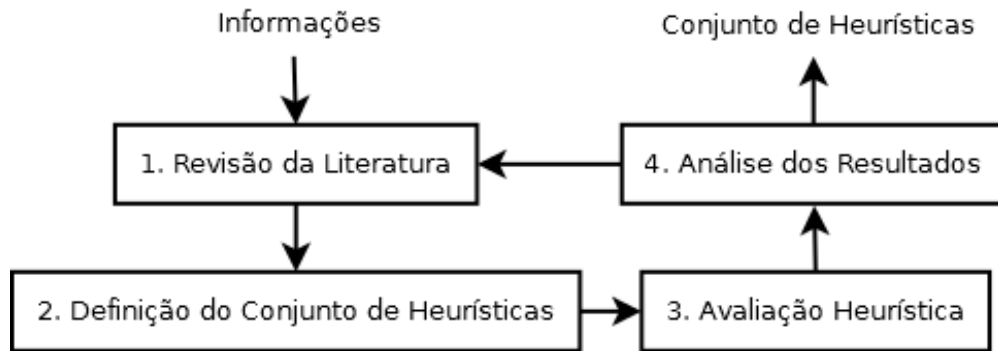


Figura 3. Exemplo de etapas para criação de conjunto de heurísticas a partir de revisão da literatura.

Outra técnica que pode ser aplicada para criar heurísticas é selecionar heurísticas, recomendações, critérios e demais conceitos da área alvo presentes na literatura. Um modo de realizar esta técnica é inicialmente levantar vários outros conjuntos de heurísticas já presentes na literatura da área. Caso haja poucos ou nenhum trabalho que explicitamente apresente heurísticas, então podem ser adicionados a este levantamento outras listas de recomendações, orientações, critérios e tarefas além das heurísticas de Nielsen (caso usabilidade seja um conceito importante da área). Em seguida, são identificados problemas presentes em sistemas da área. A etapa seguinte consiste em avaliar os problemas identificados, através das heurísticas levantadas, e atribuir alguma pontuação para estas heurísticas. Assim, após definir algum critério, as heurísticas de melhor pontuação são escolhidas para formar o conjunto final. A Figura 4 mostra estas etapas.

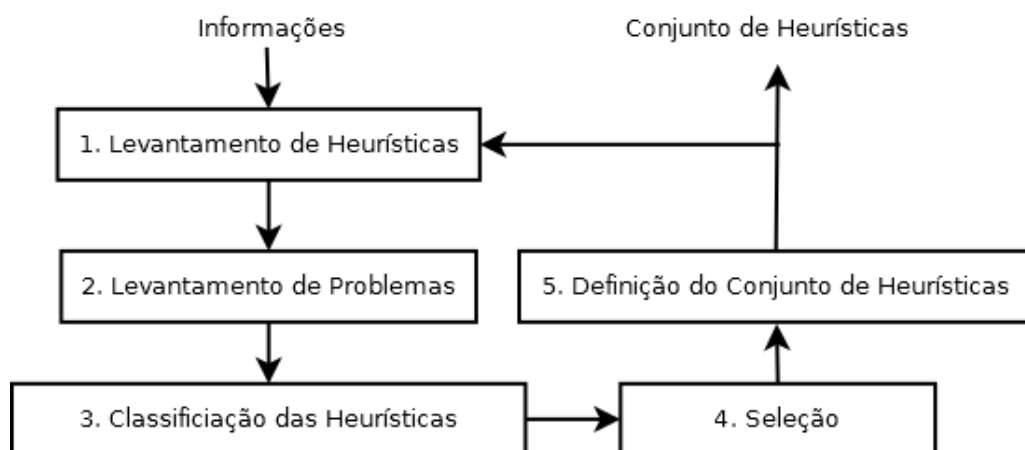


Figura 4. Exemplo de etapas necessárias para uso da técnica de seleção de heurísticas.

As heurísticas de InfoVis propostas por Forsell e Johansson (2010) foram criadas a partir desta técnica de seleção de heurísticas. Para realizar o primeiro passo da técnica foram utilizados conjuntos de heurísticas encontrados na literatura, como o

Visual Information Seeking Mantra de Shneiderman (1996), as heurísticas de usabilidade de Nielsen, as tarefas de Amar e Stasko (2004), entre outros. Ao todo foram levantadas 63 heurísticas, e cada uma delas foi cruzada com todos os problemas definidos pelos autores. Para cada cruzamento (heurística *versus* problema) é dado um valor em uma escala de 1 a 5, em que quanto maior o valor, melhor aquela heurística consegue facilitar a identificação daquele problema. Após todos os cruzamentos, é realizada uma classificação, priorizando as heurísticas com melhores valores.

Com base no trabalho de Forsell e Johansson (2010) podemos identificar alguns pontos que devem ser levados em consideração ao utilizar a técnica de seleção de heurísticas. Após obter um *ranking* das melhores heurísticas, é necessário um modo de escolhê-las, para então formar o conjunto final. Forsell e Johansson optaram pelo seguinte modo: adicionar a heurística que explicou o maior número de problemas (desde tenha explicado com valores de 3 a 5 na escala); adicionar a próxima heurística que mais explicou problemas ainda não explicados pela heurística anterior; e repetir o passo anterior até se completar 10 heurísticas (sendo 10 um número escolhido pelos autores).

Entretanto, este método de escolha das melhores heurísticas pode apresentar alguns problemas. Primeiramente, como o conjunto é formado utilizando heurísticas de conjuntos diferentes, e consequentemente de autores diferentes, a interpretação de algumas heurísticas pode ser mais complexa que outras. Em segundo lugar, após escolher as dez heurísticas do conjunto, as outras são descartadas, ou seja, o conjunto final proposto não engloba todos os conceitos encontrados na literatura.

2.3.3. Escolha das técnicas para criação de conjuntos

Identificados os principais métodos usados para a criação do conjunto de heurísticas, algumas características devem ser consideradas. Como visto nos trabalhos levantados, as técnicas não são exclusivas, ou seja, pode-se combinar uma ou mais delas, do mesmo grupo ou de outro, a fim de produzir um conjunto de heurísticas.

Para escolher as técnicas que serão utilizadas, o pesquisador deve ter em mente os recursos que serão necessários. As técnicas de criação de heurísticas baseadas

em recursos humanos demandam que haja pessoas à disposição, sejam elas envolvidas diretamente com o trabalho, *experts* convidados ou usuários de sistemas. É de conhecimento geral que o uso de recursos humanos envolve pessoas que possuam tempo disponível para participar e esta situação nem sempre ocorre.

Já nas técnicas de criação de heurísticas baseadas em literatura e documentação, a limitação está exatamente na falta de tais recursos. Em alguns domínios pode não haver um conjunto de problemas ou recomendações na literatura. Neste caso, para utilizar estes recursos, é necessário que eles sejam identificados e levantados pelos próprios pesquisadores.

Ainda sobre o grupo de criação de heurísticas baseadas na literatura e documentação, para realizar a técnica de seleção de heurísticas são necessários vários conjuntos de heurísticas encontrados na literatura. Porém, mesmo que não haja um conjunto que seja explicitamente de heurísticas, outras recomendações, orientações, critérios e conceitos importantes da área podem ser utilizados. Nielsen, em seu trabalho de revisão da Avaliação Heurística (Nielsen, 1994), utilizou esta técnica, e mediante a falta de outros conjuntos de heurística, usou recomendações de outros autores e também documentos de empresas, como orientações da Apple e da SunSoft.

2.4. Considerações

Este capítulo apresentou uma revisão da literatura relacionada à pesquisa em questão. Foram apresentados métodos de inspeção de usabilidade, dando destaque à Avaliação Heurística. Em seguida, dissertou-se sobre métodos de avaliação em InfoVis. A última seção abordou como a Avaliação Heurística costuma ser adaptada para outras áreas, dando enfoque a questões referentes à construção de um novo conjunto de heurísticas com base em literatura e em recursos humanos referentes às áreas em questão.

3. Métodos

Neste capítulo são abordados os métodos escolhidos para o desenvolvimento da pesquisa, tanto para criar o conjunto de heurísticas, como para avaliá-lo. Inicialmente, é descrito como foi realizada a escolha do método de criação de heurísticas, e quais recursos são necessários para sua realização. Posteriormente é apresentado como foi feita a avaliação do conjunto criado.

3.1. Definição do método

O método de criação de heurísticas baseadas na literatura foi escolhido de acordo com a classificação realizada na Seção 2.3, ou seja, considerando que há métodos de criação de heurísticas usando recursos humanos e métodos que utilizam a literatura e documentos da área. Foi explorado na Seção 2.3.3 que a escolha dos métodos depende dos recursos disponíveis ao pesquisador, e, portanto, esta é a primeira análise a ser realizada.

Entre os dois grupos de técnicas, optou-se primeiramente por excluir a criação de heurísticas com base em recursos humanos. Na Faculdade de Tecnologia, local foi desenvolvida a pesquisa, há professores doutores de várias áreas. Apesar dos benefícios que esta diversificação traz, ela também implica que há poucos especialistas em uma área específica. Assim, há somente um professor doutor que possui especialidade em Visualização de Informação, e alguns outros com conhecimento sobre Interação Humano-Computador.

Outro motivo para a exclusão do uso dos recursos humanos é a utilização de usuários de sistemas de InfoVis. Apesar do número significativo de alunos de Sistemas de Informação e de Análise e Desenvolvimento de Sistemas na faculdade em que a pesquisa se realiza, poucos são os que realizaram a disciplina de Visualização de Informação, e dentre estes nem todos possuem o aprofundamento necessário no tema, ou seja, conhecimentos tanto sobre avaliações de IHC (utilizando heurísticas) quanto sobre conceitos de InfoVis.

Portanto, o segundo grupo de criação de heurísticas (ou seja, aquele em que são extraídas informações diretamente da literatura) ganhou destaque. Os recursos disponíveis na literatura de InfoVis, como recomendações, orientações e heurísticas permitem que sejam extraídas informações relevantes para a criação de heurísticas.

Como visto anteriormente, existem diversas formas de trabalhar com estas informações extraídas. A técnica de seleção de heurísticas usada por Forsell e Johansson (2010) possui dois materiais principais: vários conjuntos de heurísticas e vários problemas da área. Entretanto, nesta pesquisa, não há um conjunto de problemas previamente estabelecido; deste modo, optou-se por utilizar alguma técnica que utilizasse somente as heurísticas encontradas, e que fosse capaz de englobar todos os conceitos presentes, ao invés de escolher apenas alguns para formar o conjunto.

Assim, o método proposto para este trabalho visa criar um conjunto de heurísticas de InfoVis, que cubram os conceitos encontrados nos outros trabalhos analisados na literatura. Para este método, todas as orientações, recomendações e critérios utilizados foram chamados de heurísticas. O método proposto segue os seguintes passos:

1. Selecionar um grupo de trabalhos (preferencialmente da área alvo), que possuam heurísticas relevantes;
2. Listar as heurísticas encontradas nestes trabalhos;
3. Agrupar estas heurísticas de acordo com suas similaridades;
4. Nomear e descrever cada grupo formado, com a finalidade de que o grupo em si se torne uma única heurística, englobando os conceitos presentes;
5. Reunir as heurísticas do passo anterior, formando um conjunto.

Preferencialmente, o método deve visar formar um grupo pequeno de heurísticas (entre 6 e 18), para facilitar o uso do conjunto em uma Avaliação Heurística, exigindo assim menor esforço cognitivo por parte do avaliador. Além da necessidade de reduzir o número de heurísticas encontradas, outra situação que pode ocorrer é haver heurísticas iguais em trabalhos diferentes, que abordem o mesmo conceito. Por causa disto, o passo 3 é necessário, e foi definido da seguinte forma:

1. Comparar cada heurística com todas as outras;
2. Definir subjetivamente um grau de similaridade para cada par de heurísticas;
3. Criar uma matriz de similaridade com estes graus;
4. Reordenar a matriz de similaridade, para facilitar a identificação dos grupos;
5. Definir os grupos.

Para o grau de similaridade, foi definido o uso de quatro possíveis valores: 0 para heurísticas não similares; 0.33 para pouco similares; 0.66 para heurísticas parecidas, mas não idênticas; e 1 para heurísticas idênticas. A atribuição destes graus de similaridade pode ser realizada por um ou mais pesquisadores envolvidos no desenvolvimento do conjunto. Entretanto, é importante ressaltar que este é um processo que pode apresentar tendências, uma vez que a experiência na área é diferente para cada pessoa.

3.2. Avaliação do método

Após a aplicação do método de criação de heurísticas, é necessária uma etapa de avaliação dos resultados, ou seja, uma etapa em que se verifique se o conjunto formado pode ser usado para obter bons resultados de avaliação de aspectos relativos a InfoVis. Para tanto, será utilizado o método de Avaliação Heurística, substituindo as heurísticas de Nielsen pelas novas heurísticas propostas. Dessa forma, é possível verificar se as heurísticas de InfoVis conseguem classificar os problemas encontrados.

Entretanto, como o método de criação não foi baseado em um conjunto de problemas, não é possível mensurar a cobertura das heurísticas de InfoVis. Porém, avaliar a cobertura não apenas deste conjunto, mas também de qualquer outro, é uma tarefa complexa e que exigiria cuidados: ao selecionar um conjunto de problemas da área, garantir que eles representam todos, ou grande parte, dos problemas que ocorrem nos outros sistemas da área é uma questão que exige uma extensa abordagem para ser respondida.

Por outro lado, o método deste trabalho envolve agrupar as heurísticas de InfoVis encontradas na literatura. Assim, como o resultado final não descarta nenhuma heurística utilizada, mas sim une todas em grupos, pressupõe-se que todos os conceitos de InfoVis que estavam presentes nas heurísticas levantadas também estarão no conjunto final. Desta forma, considera-se uma hipótese plausível que os problemas cobertos pelas heurísticas da literatura também sejam cobertos pelas heurísticas propostas.

Portanto, o método de validação consiste em aplicar a Avaliação Heurística com o conjunto proposto, em sistemas de InfoVis. A técnica deve ser aplicada em sua forma tradicional (Nielsen e Mack, 1994), alterando apenas o conjunto utilizado para

classificar os problemas. Assim, os passos da Avaliação Heurística para Visualização de Informação são definidos da seguinte forma:

6. Individualmente, cada avaliador inspeciona o sistema, percorrendo a interface diversas vezes, listando os problemas encontrados referentes a uma ou mais heurísticas do conjunto de InfoVis;
7. Para cada problema, cada avaliador atribui um grau de severidade (utilizado posteriormente para priorizar os problemas mais graves);
8. Todos os problemas encontrados por cada avaliador são consolidados em uma única lista;
9. Os avaliadores então realizam reuniões, para discutir os problemas levantados, bem como as heurísticas e graus de severidade atribuídos para cada problema.
10. Após as reuniões, os avaliadores apresentam, portanto, uma lista com todos os problemas encontrados na interface do sistema, devidamente classificados e priorizados.

3.3. Considerações

Neste capítulo foram apresentados os métodos utilizados no trabalho para criação do conjunto de heurísticas e também para a avaliação do conjunto proposto. Assim, o método para criação do conjunto de heurísticas apresenta cinco etapas, relacionadas com o levantamento de conceitos encontrados em artigos da área, e a formação de grupos com estes conceitos, a fim de transformá-los em heurísticas. Com o conjunto criado, então é necessário avaliar se ele consegue classificar os problemas de sistemas de visualização. Para isso o conjunto é utilizado durante a aplicação da técnica de Avaliação Heurística. Após a aplicação de ambas as técnicas, foram analisados os resultados.

4. Resultados

Este capítulo apresenta os resultados deste trabalho, que foram obtidos após a realização dos passos determinados no capítulo anterior. Resumidamente, foram encontradas 62 heurísticas na literatura, e após o agrupamento, foi proposto um conjunto de 15 heurísticas de InfoVis. Cada passo da execução do método é detalhado a seguir.

4.1. Resultados do método de criação de heurísticas

O Passo 1 do método consiste em encontrar na literatura trabalhos relevantes sobre a área alvo, que apresentem heurísticas. Na revisão da literatura realizada (abordando principalmente os trabalhos após 2009, por serem mais recentes), apenas o trabalho de Forsell e Johansson apresentava explicitamente um conjunto de heurísticas para avaliar sistemas de visualização. Desta forma, foi necessário expandir a revisão de duas formas: verificando trabalhos que utilizam outras nomenclaturas, como recomendações, orientações e critérios; e procurando por trabalhos mais antigos, ou seja, que foram publicados antes de 2009.

Ao todo, cinco trabalhos de InfoVis foram considerados para a criação do novo conjunto, sendo eles: Shneiderman (1996); Scapin e Bastien (1997); Freitas et al. (2002); Amar e Stasko (2004); Zuk e Carpendale (2006). Fora estes, também foram incluídas as heurísticas de Nielsen, por possuírem conceitos de usabilidade que também são empregados em InfoVis, além de ser o conjunto originalmente utilizado na Avaliação Heurística. O conjunto de Forsell e Johansson foi desconsiderado, uma vez que as heurísticas apresentadas por eles já são provenientes dos trabalhos levantados. Todos os trabalhos utilizados neste passo são detalhados nas Seções 2.1 e 2.2.

No Passo 2, foram extraídos todos os conceitos apresentados nos trabalhos escolhidos, e independentemente de como eles eram originalmente apresentados (como critérios, tarefas ou recomendações), para o restante do método eles foram tratados como heurísticas. No total foram levantadas 62 heurísticas, que apresentam variados conceitos de visualização, como usabilidade, mapeamento visual, técnicas de manipulação e transformação de dados e análises estatísticas.

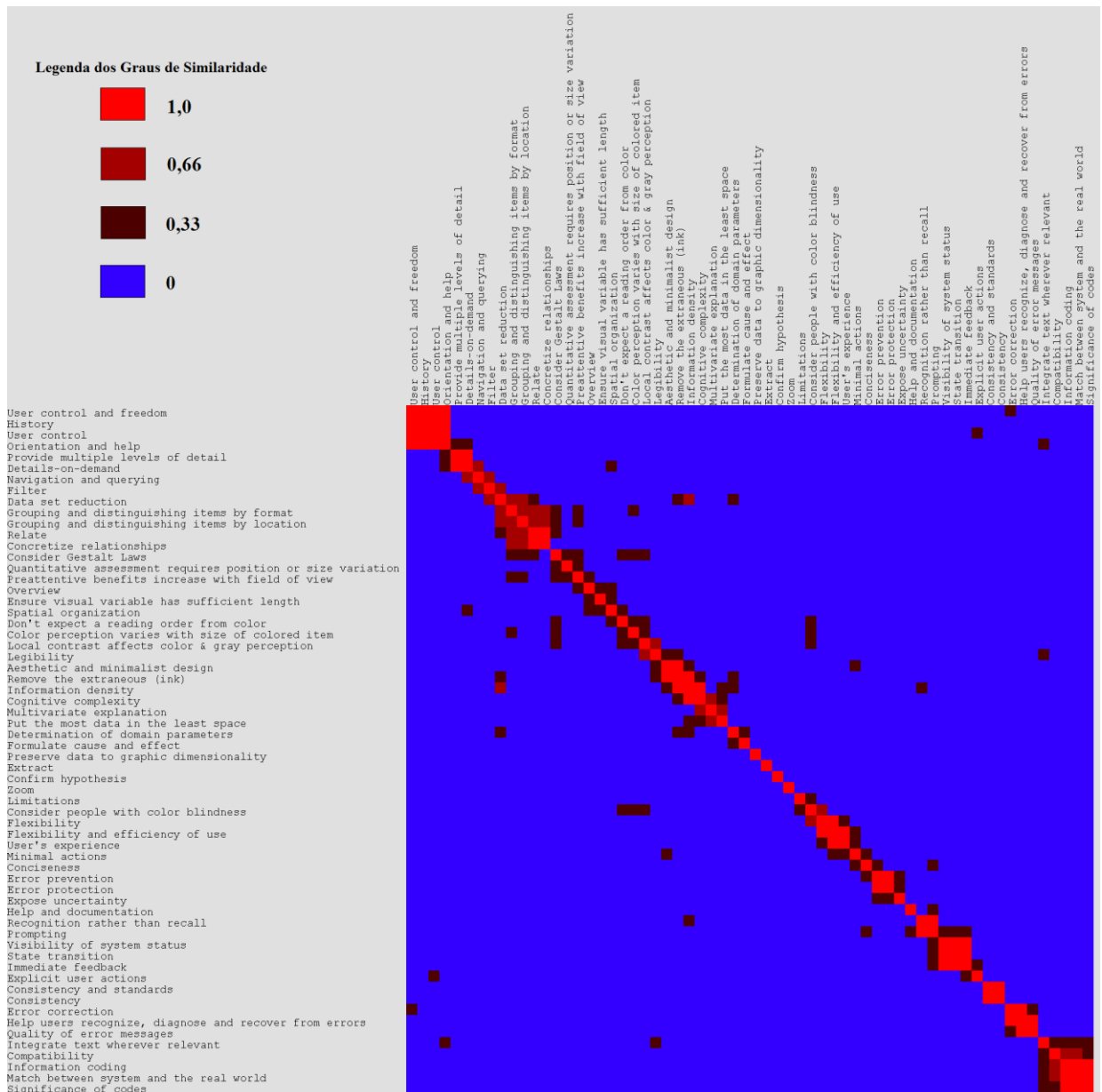


Figura 5. Mapa de calor resultante da reordenação realizada pela ferramenta Matrix Reordering Analyzer.

No Passo 3, todas as heurísticas foram comparadas entre si, ou seja, cada uma das 62 heurísticas foi comparada com todas as outras. Para cada comparação, foi atribuído um dos graus de similaridade previamente definidos (Seção 3.1). Devido ao grande número de linhas e colunas da tabela, uma análise manual dela consumiria mais tempo, além de estar suscetível a falhas. Assim, a tabela foi submetida a uma reordenação (Figura 5), em que a posição das linhas e colunas é alterada a fim de evidenciar os atributos semelhantes. A reordenação foi realizada através da ferramenta *Matrix Reordering Analyzer* (Silva et al. 2014), utilizando um algoritmo baseado no Problema do Caixeiro Viajante.

O resultado da reordenação foi um mapa de calor, em que foi possível evidenciar visualmente os grupos formados por heurísticas semelhantes, auxiliando assim no processo de identificação dos grupos. Cada grupo foi formado a partir de análise visual da imagem, verificando quais heurísticas encontravam-se próximas e com grau de similaridade alto.

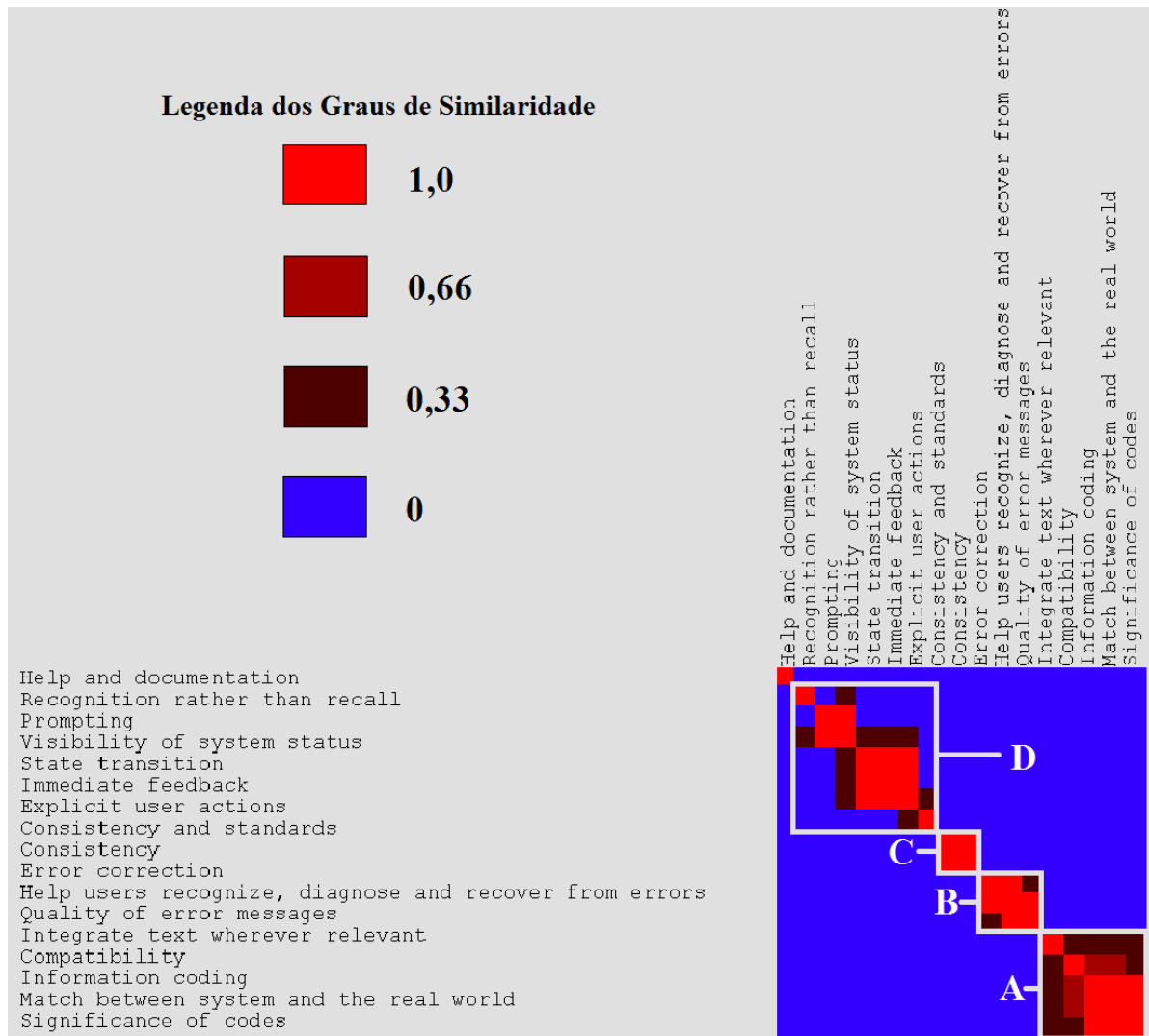


Figura 6. Detalhe do mapa de calor, mostrando grupos completamente isolados.

A Figura 6 apresenta uma parte do mapa de calor, exemplificando como foi realizada a formação dos grupos. É possível verificar que há três grupos completamente isolados um do outro (A, B e C), e outro grupo maior (D) que apresenta mais heurísticas que estão distribuídas, e não forma um grupo isolado. A formação dos grupos completamente isolados é direta, ou seja, todas as heurísticas presentes foram consideradas como um grupo. Já nos casos em que há uma aproximação de várias heurísticas que, contudo, estejam esparsas, a formação deste grupo depende

Outra preocupação que ocorreu durante a formação dos grupos foi em relação a heurísticas isoladas no mapa de calor. Na Figura 7 é possível verificar que há algumas heurísticas que não possuem similaridade com nenhuma outra, ficando isoladas. Nestes casos, foi necessário realizar uma outra análise, verificando como inserir estas heurísticas isoladas em outros grupos.

Um exemplo deste caso é a heurística “extrair” (*extract*). Esta heurística, proposta por Shneiderman (1996), recomenda que usuários devem possuir meios de extrair a visualização gerada em formatos de arquivo alternativos, como formatos específicos para impressão, ou formatos para envio de e-mails. Este trabalho de Shneiderman é o mais antigo utilizado no método, e por isso reflete algumas preocupações que, devido ao avanço da tecnologia, deixaram de existir (justificando assim seu isolamento no mapa de calor). Desta forma, foi necessário realizar uma análise mais genérica sobre a heurística “extrair”. O fato de esta heurística recomendar que o usuário tenha acesso a vários tipos de arquivo diferentes sugere, de um modo genérico, que o usuário deve ter diferentes meios de realizar uma ação. Desta forma, foi possível incluir esta heurística no grupo de heurísticas que empregam conceitos de flexibilidade, ou seja, justamente prover diferentes meios do usuário realizar a ação desejada.

Portanto, após as análises anteriores, foram formados 15 grupos, e no Passo 4 cada um deles foi descrito em relação a suas características e conceitos de visualização presentes, e nomeado. A seguir cada um destes grupos é detalhado, apresentando também as heurísticas que o constituem.

Grupo A – Multidimensionalidade: permitir visualizar três ou mais dimensões simultaneamente. Dados geralmente possuem várias dimensões (também chamadas de atributos ou variáveis). O sistema deve suportar a apresentação de diversas dimensões simultaneamente durante a visualização, caso o usuário deseje. Em outras palavras, o sistema deve prover escalabilidade em relação à dimensionalidade. Algumas técnicas de visualização se comportam bem para representar uma ou duas dimensões, porém em determinados casos há necessidade de prover técnicas mais complexas que permitem a representação de mais dimensões. Entretanto, é importante que a representação de várias dimensões simultâneas não atrapalhe a visualização e o entendimento dos dados.

- Explicação multivariada (Amar e Stasko, 2004);
- Não usar mais dimensões na representação visual que as existentes no conjunto de dados (Zuk e Carpendale, 2006);
- Colocar a maior quantidade de dados no menor espaço (Zuk e Carpendale, 2006);
- Complexidade cognitiva (Freitas *et al.*, 2002).

Grupo B – Caracterização de Dados: auxiliar no entendimento do conjunto de dados. Sistemas de visualização devem apresentar claramente para os usuários as informações sobre o conjunto de dados, como por exemplo, quais são as variáveis dependentes e independentes, e a existência de dados faltantes. O usuário deve poder identificar os dados importantes, dados de causa e efeito, e incertezas presentes no conjunto, auxiliando assim no processo de entendimento dos dados. Entretanto, pode haver casos em que o auxílio provido pelo sistema seja útil apenas para os usuários que tenham experiência e conhecimento prévio dos dados.

- Expor incertezas (Amar e Stasko, 2004);
- Formular causa e efeito (Amar e Stasko, 2004);
- Determinar parâmetros do domínio (Amar e Stasko, 2004);
- Confirm hypothesis (Amar e Stasko, 2004).

Grupo C – Manipulação de Dados: prover ferramentas de manipulação de dados, como filtros e visão de detalhes. Conjuntos de dados podem (e tendem a) ser muito extensos. Assim, o sistema deve prover ferramentas que auxiliem o usuário na manipulação dos dados presentes, como por exemplo, filtrando apenas os dados relevantes e ocultando os irrelevantes, pesquisando informações específicas que não estão sendo visualizadas ou obtendo visão detalhada sobre determinado item.

- Filtro (Shneiderman, 1996);
- Ampliação e redução, ou ainda aproximação e afastamento (Shneiderman, 1996);
- Detalhes sob demanda (Shneiderman, 1996);
- Navegação e consulta (Freitas *et al.*, 2002);
- Redução do conjunto de dados (Freitas *et al.*, 2002);
- Prover múltiplos níveis de detalhes (Zuk e Carpendale, 2006).

Grupo D – Organização Espacial e Perspectiva: considerar o leiaute geral da representação visual, bem como possibilitar mudança de perspectiva. O leiaute geral da representação visual influencia diretamente na facilidade de localizar uma informação na tela. Caso haja oclusão dos dados, ou se não houver uma ordem lógica para a distribuição dos itens, o usuário terá mais dificuldade em localizar as informações presentes. Outras preocupações são as limitações da tela (como tamanho e número máximo de itens suportados), e a necessidade de prover técnicas para que a perspectiva do usuário, visualizando todo o conjunto de dados ou aproximando apenas as partes de seu interesse.

- Organização espacial (Freitas *et al.*, 2002);
- Limitações (Freitas *et al.*, 2002);
- Visão geral (Shneiderman, 1996);
- Ampliação e redução, ou ainda aproximação e afastamento (Shneiderman, 1996);
- Benefícios preventivos aumentam com o campo de visão (Zuk e Carpendale, 2006);
- Variáveis presentes na visualização devem ter tamanho adequado (Zuk e Carpendale, 2006).

Grupo E – Propriedades Visuais: mapear corretamente os dados na visualização, considerando propriedades preventivas e Princípios de Gestalt. O mapeamento dos dados deve ser feito de forma correta, utilizando cor, tamanho, formato, posição, entre outras propriedades, para representar dados nominais, ordinais e quantitativos. Princípios de Gestalt (como continuidade, proximidade e semelhança) também devem ser considerados na visualização.

- Considerar Princípios de Gestalt (Zuk e Carpendale, 2006);
- Não esperar uma ordem de leitura a partir das cores (Zuk e Carpendale, 2006);
- Percepção de cor varia com o tamanho do item colorido (Zuk e Carpendale, 2006);
- Estimativa de quantidade requer variação de posição ou tamanho (Zuk e Carpendale, 2006);

- Considerar pessoas com daltonismo (Zuk e Carpendale, 2006);
- Agrupar e distinguir itens por localização (Scapin e Bastien, 1997);
- Agrupar e distinguir itens por formato (Scapin e Bastien, 1997).

Grupo F – Relações: permitir a visualização de relações entre os dados.

Compreender relações existentes entre os dados é importante para o entendimento do conjunto. Dessa forma, o sistema deve auxiliar o usuário a visualizar os relacionamentos presentes, seja por exemplo, agrupando os dados semelhantes ou realçando os itens relacionados de acordo com o que foi selecionado pelo usuário. Também é importante que o usuário saiba quais atributos estão sendo considerados no momento para relacionar os dados.

- Concretizar relacionamentos (Amar e Stasko, 2004);
- Relacionar (Shneiderman, 1996);
- Agrupar e distinguir itens por localização (Scapin e Bastien, 1997);
- Agrupar e distinguir itens por formato (Scapin e Bastien, 1997).

Grupo G – Poluição Visual e Densidade dos Dados: mostrar apenas informações e elementos relevantes para o usuário. A carga de trabalho do usuário deve sempre ser minimizada. Assim, apenas as informações e elementos relevantes para o usuário devem ser apresentados na tela. Toda informação irrelevante e desnecessária presente na tela irá aumentar a carga de trabalho do usuário e desviar sua atenção. O uso excessivo de cores e contraste também pode atrapalhar a leitura dos dados.

- Estética e design minimalista (Nielsen e Mack, 1994);
- Complexidade cognitiva (Freitas *et al.*, 2002);
- Densidade de informação (Scapin e Bastien, 1997);
- Legibilidade (Scapin e Bastien, 1997);
- Remover elementos irrelevantes – tinta (Zuk e Carpendale, 2006);
- Contraste local afeta percepção de cor e escala de cinza (Zuk e Carpendale, 2006).

Grupo H – Equivalência com Mundo Real: utilizar signos familiares para o usuário. Todo signo (códigos, nomes, textos, figuras, ícones, entre outros) utilizado

na interface deve ser familiar para o usuário, e deve possuir um significado de acordo com o esperado. Signos também devem ser claros para todos os possíveis perfis de usuários do sistema, não apenas um em particular.

- Significado dos códigos (Scapin e Bastien, 1997);
- Compatibilidade (Scapin e Bastien, 1997);
- Compatibilidade do sistema com o mundo real (Nielsen e Mack, 1994);
- Codificação de informação (Freitas *et al.*, 2002);
- Integrar texto quando for relevante (Zuk e Carpendale, 2006).

Grupo I – Ações Visíveis: tornar visíveis todas as ações possíveis do usuário. Todas as ações que o usuário pode realizar no sistema devem ser visíveis e facilmente identificáveis, assim como os recursos de ajuda e instruções do sistema. O sistema também pode prover meios de guiar o usuário caso ele não saiba o que fazer, ou auxiliá-lo a escolher a melhor opção quando várias ações diferentes são possíveis. Outro modo de auxílio é através da ajuda do sistema, que deve ser facilmente acessada quando necessário.

- Instigação (Scapin e Bastien, 1997);
- Reconhecimento ao invés de relembração (Nielsen e Mack, 1994);
- Ajuda e documentação (Nielsen e Mack, 1994).

Grupo J – Consistência: apresentar coerência entre os elementos da interface. O sistema deve seguir os padrões estabelecidos, ou seja, quando uma função é atribuída para um determinado elemento, ela deve ser preservada em todo momento que este elemento estiver presente. Da mesma forma, elementos diferentes devem apresentar funcionalidades distintas, mantendo assim a consistência.

- Consistência (Scapin e Bastien, 1997);
- Consistência e padrões (Nielsen e Mack, 1994).

Grupo K – Flexibilidade e Eficiência: prover aceleradores e outros modos de customização. O sistema deve prover aceleradores, que aumentam a velocidade da interação do usuário com a interface. Quanto mais experientes os usuários, mais beneficiados eles serão através destes aceleradores. Exemplos de aceleradores são: atalhos (que permitem que usuários experientes realizem rapidamente uma ação),

customização da interface de acordo com as necessidades do usuário e flexibilidade na realização de uma ação. A eficiência na interação entre sistema e usuário também pode ser melhorada, por exemplo, apresentando concisão na entrada de dados ou minimizando o caminho necessário para realizar alguma ação.

- Ações mínimas (Scapin e Bastien, 1997);
- Flexibilidade (Scapin e Bastien, 1997);
- Concisão (Scapin e Bastien, 1997);
- Experiência do usuário (Scapin e Bastien, 1997);
- Flexibilidade e eficiência de uso (Nielsen e Mack, 1994);
- Extrair (Shneiderman, 1996).

Grupo L – Estado de Sistema e Feedback: notificar o usuário sobre o estado do sistema, e sempre prover feedback apropriado e em tempo justo. O sistema deve sempre informar o usuário sobre o que está acontecendo. Todas as ações do usuário devem ter resposta, dadas através de *feedback* apropriado e em tempo adequado.

- Visibilidade do status do sistema (Nielsen e Mack, 1994);
- Feedback imediato (Scapin e Bastien, 1997);
- Explicitar ações do usuário (Scapin e Bastien, 1997);
- Transição de estado (Freitas *et al.*, 2002).

Grupo M – Controle do Usuário: possibilitar controle total do sistema pelo usuário. O usuário deve ter o controle total do sistema, e deve poder desfazer ou refazer qualquer ação que tenha realizado (um histórico com todas as suas ações pode ser usado). Além disso, o sistema não deve realizar nenhum processo sem a permissão do usuário.

- Controle do usuário (Scapin e Bastien, 1997);
- Explicitar ações do usuário (Scapin e Bastien, 1997);
- Controle do usuário e liberdade (Nielsen e Mack, 1994);
- Histórico (Shneiderman, 1996);
- Orientação e ajuda (Freitas *et al.*, 2002).

Grupo N – Prevenção de Erros: prevenir que problemas ocorram, eliminando as condições passíveis de erro. O sistema deve antecipar os erros cometidos pelo usuário, não permitindo que eles ocorram, antes mesmo de o usuário poder realizá-los. Não permitir entradas e comandos inválidos e exigir sempre a confirmação do usuário são estratégias de prevenção de erros. Heurísticas do grupo:

- Proteção contra erros (Scapin e Bastien, 1997);
- Concisão (Scapin e Bastien, 1997);
- Prevenção de erros (Nielsen e Mack, 1994).

Grupo O – Correção de Erros: informar o usuário sobre erros ocorridos com mensagens claras e apresentar meios de corrigi-los. Caso tenha ocorrido algum erro, seja por parte do usuário ou do sistema, o usuário deve ser informado através de mensagens claras e informativas que detalhem o motivo do erro ter acontecido, bem como as possibilidades disponíveis para corrigir o problema. Heurísticas do grupo:

- Qualidade das mensagens de erros (Scapin e Bastien, 1997);
- Correção de erros (Scapin e Bastien, 1997);
- Ajudar usuários a reconhecer, diagnosticar e corrigir erros (Nielsen e Mack, 1994).

Portanto, para o Passo 5, todos estes grupos foram transformados em heurísticas, e unidos para formar assim o conjunto proposto. A Tabela 1 apresenta este conjunto, em sua versão inicial após o agrupamento, porém antes ainda do refinamento que foi feito após as avaliações e que será apresentado adiante.

Tabela 1. Conjunto formado pelas 15 heurísticas de InfoVis.

Conjunto de Heurísticas de InfoVis
Multidimensionalidade
Caracterização de Dados
Manipulação de Dados
Organização Espacial e Perspectiva
Propriedades Visuais
Relações
Poluição Visual e Densidade dos Dados
Equivalência com Mundo Real
Ações Visíveis
Consistência
Flexibilidade e Eficiência
Estado do Sistema e Feedback
Controle do Usuário
Prevenção de Erros
Correção de Erros

4.2. Avaliações do conjunto

Após a formação do conjunto de heurística de InfoVis, foi necessário realizar avaliações deste conjunto, visando verificar se ele de fato cobre os conceitos encontrados na literatura, através da classificação dos problemas levantados.

Foram realizadas duas avaliações: a primeira procura classificar problemas aleatórios encontrados em diversas visualizações, para exemplificar o uso de cada heurística. A segunda é uma Avaliação Heurística propriamente dita, realizada com três avaliadores.

4.2.1. Classificação de problemas com heurísticas

Com o conjunto criado, foi realizada uma primeira tentativa de classificar problemas de visualização com as heurísticas. Para isso, foram utilizados exemplos de técnicas de visualizações encontrados em um repositório (*Data-Driven Documents Gallery*), como mostrado na Figura 8. As visualizações foram escolhidas aleatoriamente, uma vez que o repositório possui diversos exemplos de técnicas. Para cada visualização escolhida, foram identificados problemas, e para cada problema foi realizada uma classificação de acordo com as heurísticas do novo conjunto proposto. Como o objetivo desta etapa é mostrar exemplos de aplicação das heurísticas, não necessariamente foram levantados todos os problemas de cada técnica.

Data-Driven Documents



Figura 8. Repositório de exemplos de técnicas de visualização do D3.

A seguir são apresentados, portanto, exemplos de técnicas de visualização, assim como alguns problemas e as classificações realizadas.

1. Circle Packing

O *Circle Packing* (Figura 9) é uma visualização de dados hierárquicos, que utiliza bolhas dentro de bolhas para representar relação de hierarquia. Dos exemplos apresentados nesta seção, somente esta técnica de visualização é estática e não permite interação do usuário.

Cada bolha possui um rótulo sobre ela, simbolizando o dado representado. Conforme as bolhas são inseridas dentro de outras (mostrando assim a hierarquia), elas vão diminuindo de tamanho, assim como seu rótulo. Assim, um dos problemas tem relação com o tamanho do rótulo, que nas menores bolhas visualizadas, são reduzidos apenas a uma letra. Como a visualização não é interativa, não é possível utilizar zoom semântico, ou seja, uma aproximação que revele mais informações. Este problema pode ser classificado com a heurística “organização espacial e perspectiva”, uma vez que não é possível alterar a perspectiva do usuário, impedindo a aproximação das bolhas menores para visualizar as outras bolhas ali presentes.

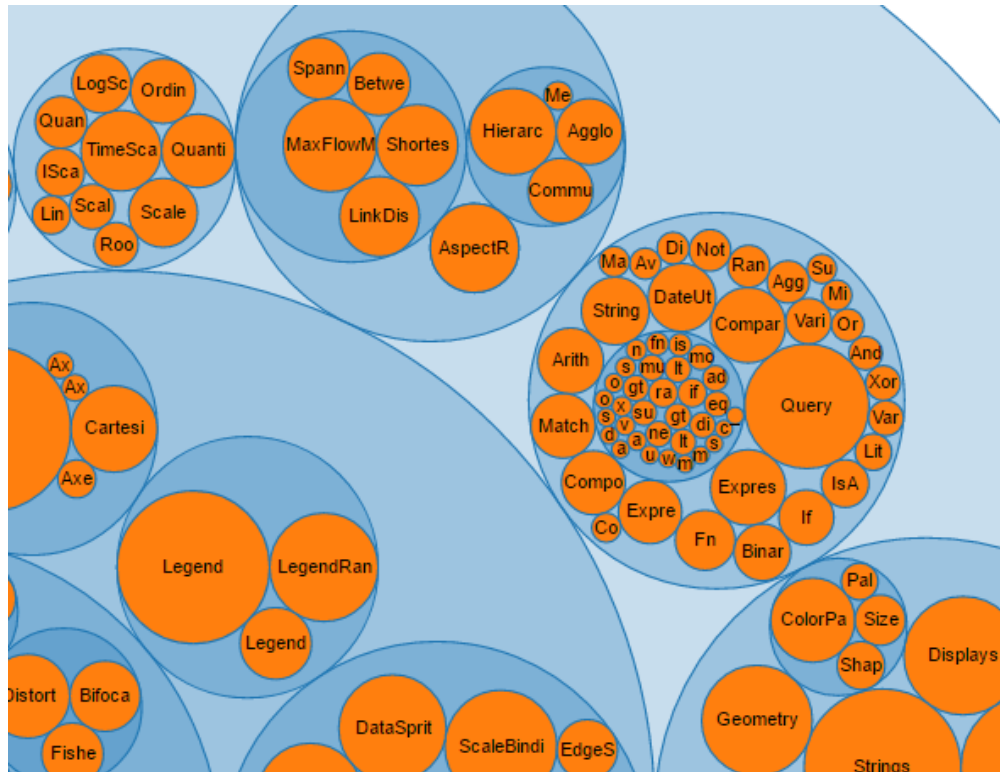


Figura 9. Técnica Circle Packing.

Outro problema é em relação às bolhas pai, ou seja, as bolhas que possuem outras bolhas menores em seu interior. Toda bolha possui um rótulo, independente se for uma bolha pai ou uma bolha filho. Porém, os nomes das bolhas pai não são visíveis (Figura 10), sendo necessário que o usuário posicione o ponteiro do mouse sobre cada uma delas para verificar esta informação, que aparece através de um *hint*. Este problema pode ser classificado com a heurística “flexibilidade e eficiência”, pois é necessário sempre um passo a mais para o usuário verificar o nome de cada bolha pai desejada.

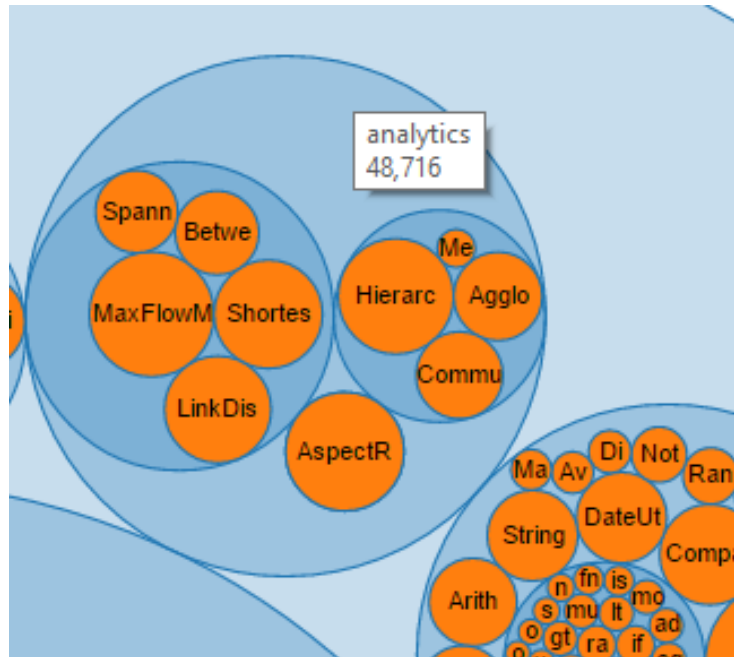


Figura 10. Detalhe do Circle Packing, focando no problema de falta de rótulo.

2. Zoomable Circle Packing

O *Zoomable Circle Packing* (Figura 11) é um aperfeiçoamento do Circle Packing, adicionando a funcionalidade de zoom na visualização. Porém, diferentemente do que ocorre no exemplo, nesta visualização apenas o rótulo da bolha pai é mostrado, e para verificar o rótulo das outras bolhas em seu interior é necessário utilizar zoom.

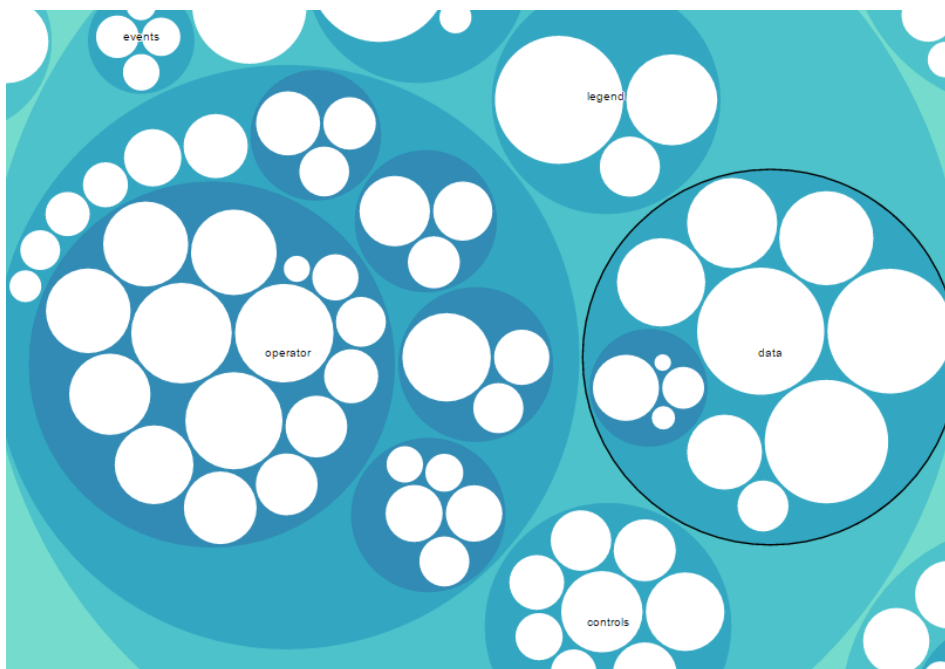


Figura 11. Técnica Zoomable Circle Packing.

Entretanto, o modo como esta funcionalidade foi implementada gerou diversos problemas. O primeiro deles é que quando há bolhas com diversos níveis hierárquicos, fica difícil entender qual rótulo está sendo apresentado no momento, uma vez que ele está posicionado no centro da bolha. Podemos utilizar neste caso novamente a heurística *“organização espacial e perspectiva”*, pois a posição do rótulo pode confundir o usuário.

Outro problema ocorre quando, ao estar com zoom em uma determinada bolha filha de um grupo, e clicar em uma bolha filha de outro grupo, o zoom é direcionado imediatamente para este segundo grupo. Durante esta transição, o usuário não consegue visualizar o rótulo da bolha pai, ou seja, qual grupo de bolhas ele está visualizando. Este problema ocorre também ao clicar em uma bolha filha que está dois níveis ou mais abaixo. Neste caso, podemos associar este problema com a heurística *“estado do sistema e feedback”*, uma vez que ao ser direcionado diretamente para dentro de outro grupo, o usuário não tem o feedback sobre qual o rótulo daquele grupo.

Também foi possível observar que não há como verificar qual o valor de cada bolha. Como há bolhas maiores e menores, o usuário precisa saber qual valor está sendo atribuído para cada bolha, a fim de entender o conjunto de dados. Desta forma, podemos relacionar este problema com a heurística *“caracterização de dados”*.

O último problema relatado desta visualização é que, ao chegar no nível mais baixo da hierarquia clicando nas bolhas filhas, após realizar o clique na última bolha o zoom retorna para a bolha de nível mais alto, ou seja, para a visão geral da visualização. Aqui, podemos utilizar duas heurísticas para classificar este mesmo problema: *“controle do usuário”*, pois o usuário não tem controle sobre a qual nível ele deseja voltar, e *“consistência”*, uma vez que o usuário pode ir clicando em cada uma das bolhas filhas para descer um nível de cada vez, mas não pode retornar um nível de cada vez.

3. Treemap

O *Treemap* (Figura 12) é também um modo de visualização de dados hierárquicos, porém utilizando retângulos e cores para distinguir os grupos de itens. Apesar de ser uma técnica clássica de visualização, há diferentes formas de

implementação. No exemplo encontrado no repositório foram observados alguns problemas.

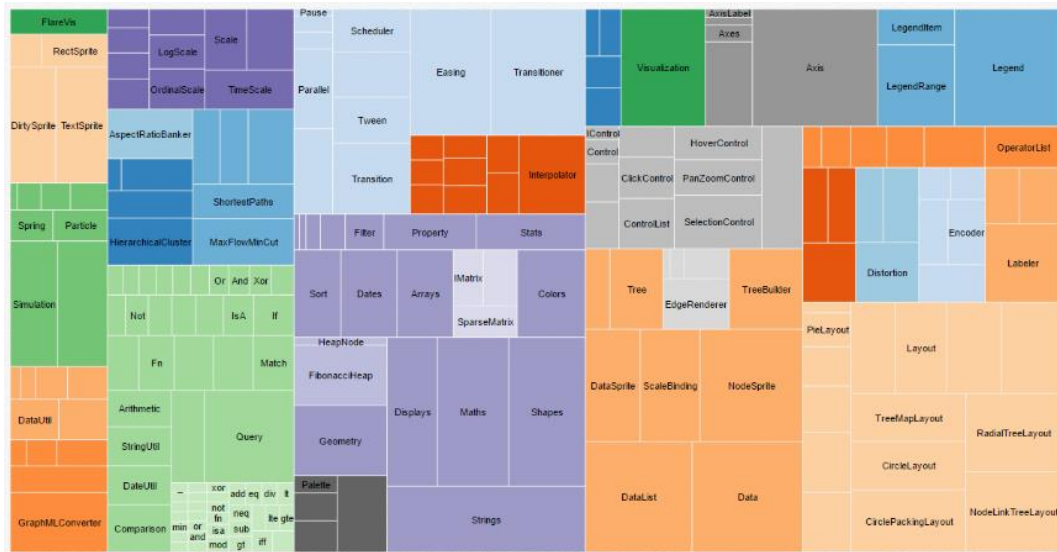


Figura 12. Técnica Treemap.

Durante a visualização não fica claro para o usuário quais dados têm relação hierárquica com outros, ou seja, quais retângulos estão contidos em outros retângulos. Assim, podemos associar este problema com a heurística “relações”.

Outro problema ocorre após clicar em um dos grupos de retângulos (sub-árvore) da árvore. Para permitir que o usuário visualize os itens contidos no grupo, ocorre uma aproximação (zoom), mostrando apenas os itens que constituem este grupo (Figura 13). Entretanto, nesta visão aproximada do grupo, a visão geral é perdida, ocultando completamente os demais itens do conjunto. Apesar da técnica de zoom ser constantemente empregada em outras visualizações, é importante que o usuário não perca o contexto do restante da representação dos dados. Portanto, foi utilizada a heurística “organização espacial e perspectiva” para classificar este problema.

Um outro lado deste mesmo problema é que, depois que o zoom é realizado, não há nenhuma indicação visível de como o usuário deve fazer para retornar para a visão geral. Nesse caso, podemos classificar esta situação através da heurística “ações visíveis”.

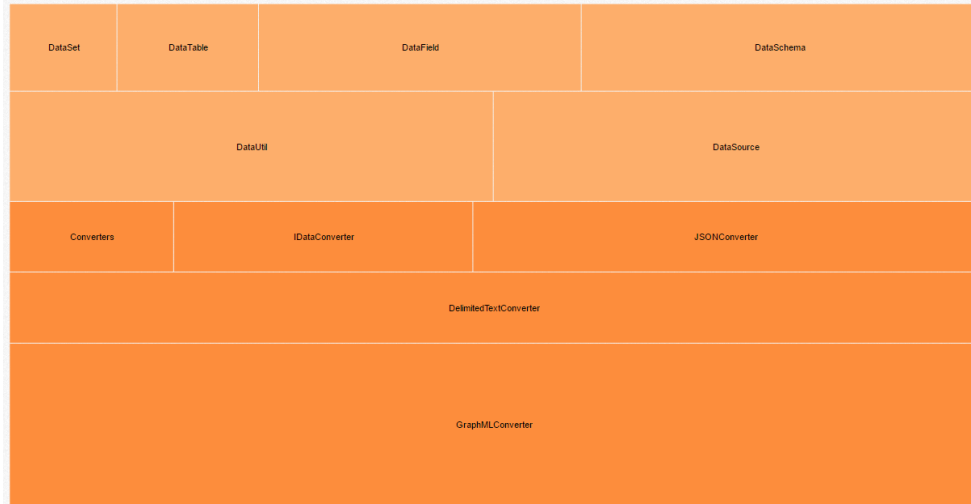


Figura 13. Detalhe do Treemap, após clicar em um dos ramos.

4. Lifespan

Lifespan (Figura 14) é uma visualização que representa a maior idade registrada de várias espécies, como mamíferos, aves, reptéis, anfíbios, entre outras. Para isso, figuras de animais representando cada espécie são dispostas em um círculo, em diversas faixas de valores. Quanto mais distantes do centro do círculo, maior a idade que aquela espécie pode alcançar.



Figura 14. Visualização de idade máximas de espécies (Lifespan).

Quando várias espécies estão sendo representadas, elas são distribuídas por todo o círculo. Entretanto, em uma determinada faixa de valor, alguns animais ficam mais próximos ou mais distantes de outros animais. Não há nenhuma indicação que a posição do animal na faixa de valor indique alguma relação de semelhança entre eles, porém a proximidade sugere isso. Assim, podemos classificar este problema com a heurística “*propriedades visuais*”, indicando que o mapeamento dos dados na visualização não está realizado de maneira eficiente, sugerindo atributos que não existem.

Outro problema ocorre quando todos as espécies são inseridas na visualização (Figura 15). Mesmo com a grande quantidade de animais, cada figura permanece com seu tamanho inalterado (independentemente do zoom utilizado), havendo assim um esforço por parte do usuário para tentar entender o que está acontecendo na visualização. Desta forma, podemos relacionar este problema com a heurística “*poluição visual e densidade dos dados*”.



Figura 15. Detalhe do Lifespan, após adicionar todas as espécies na visualização.

4.2.2. Avaliação Heurística

A segunda avaliação realizada foi a Avaliação Heurística de um sistema de visualização, utilizando as heurísticas propostas. Inicialmente, três avaliadores individualmente inspecionaram o sistema diversas vezes, procurando problemas correspondentes a uma ou mais heurísticas do conjunto de InfoVis, e posteriormente atribuíram um grau de severidade a cada problema (indicando prioridade em futuras correções). Depois, foi realizada a união dos três relatórios, criando assim uma lista única de problemas. A última etapa consistiu em uma reunião envolvendo os avaliadores, em que foram discutidas as heurísticas atribuídas para cada problema.

Os três avaliadores envolvidos na avaliação possuem diferentes graus de formação: um doutor, que atua na área tanto de Visualização de Informação como Interação Humano-Computador, ministrando disciplinas e realizando pesquisas na área; um doutorando, cuja pesquisa envolve InfoVis, além de já ter realizado disciplinas de IHC e aplicado a técnica de Avaliação Heurística; e um mestrando (autor deste trabalho), que também já realizou disciplinas tanto na área de InfoVis e IHC, e já aplicou a técnica de Avaliação Heurística previamente.

Para a aplicação da Avaliação Heurística, optou-se por escolher um sistema que utiliza visualização de dados reais, visando auxiliar determinada função de uma empresa, ao invés de escolher um sistema da área de InfoVis, usado para criar visualizações para quaisquer fins, como o Tableau (Tableau Software, no date).

Portanto, o sistema de visualização escolhido é de uma empresa que atua no setor de geração de energia (Silva et al. 2016). O objetivo do sistema é auxiliar os funcionários na tomada de decisões, por meio de diferentes representações visuais que proporciona a verificação dos dados, verificando se um conjunto de projetos (portfólio) está dentro do orçamento anual, se ele reduz riscos ao longo do tempo da forma em que é esperado, e se há mão de obra ociosa ou faltante para sua execução. Para a avaliação deste trabalho, foram exploradas duas funcionalidades do sistema: a visualização dos projetos da empresa, em que é possível verificar custos mensais e anuais, duração dos projetos e também o risco envolvido na realização desses projetos (Figura 16); e também um gráfico homem-hora, contendo dados sobre alguns funcionários (como horas não usadas, horas excedentes e horas não excedentes). A

fim de preservar as informações confidenciais da empresa, em algumas figuras certos valores foram omitidos.

Este sistema já foi avaliado anteriormente (Silva *et al.*, 2017), porém utilizando a Avaliação Heurística com o conjunto de Nielsen, apenas com as heurísticas de usabilidade. Essa avaliação encontrou 56 problemas.

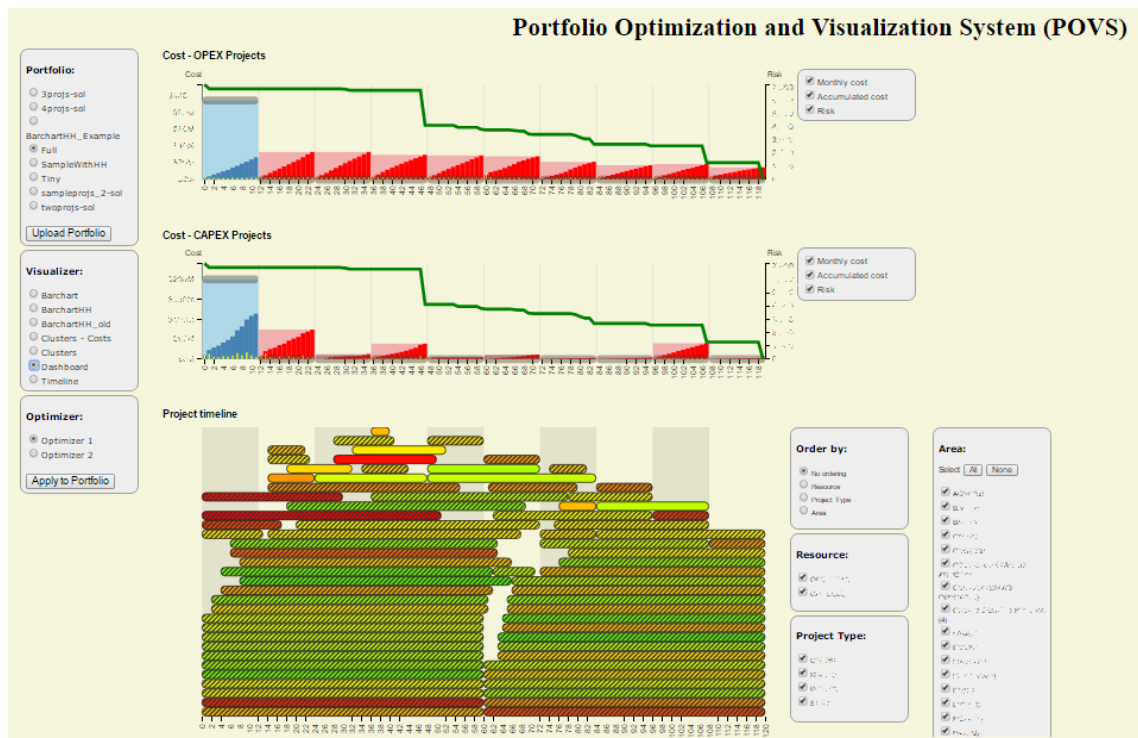


Figura 16. Visualização do Dashboard do software, que contém gráficos associados com custo dos projetos (como custo mensal, custo acumulado e risco) e também uma linha do tempo de projetos, onde é possível verificar os projetos propostos em cada mês e ano.

Desta forma, a técnica de Avaliação Heurística foi realizada. Inicialmente, cada avaliador identificou problemas no sistema, e classificou cada um dos problemas encontrados com o novo conjunto de InfoVis proposto. Depois, os problemas levantados por cada avaliador foram unificados, excluindo os problemas repetidos (porém preservando a classificação de cada avaliador). Em reunião presencial, as heurísticas usadas em cada problema foram discutidas pelos avaliadores, que determinaram a classificação final daquele problema de modo que todos estivessem de acordo com as heurísticas atribuídas.

Após a aplicação de todas as etapas da avaliação, o resultado apresentado foi uma lista com 63 problemas encontrados no sistema. Cada um destes problemas foi

classificado com uma, ou duas, ou no máximo três heurísticas. A Tabela 2 apresenta o número de vezes em que cada heurística foi usada.

Tabela 2. Número de vezes que cada heurística foi usada para classificar um problema.

Heurística	Vezes usada
Multidimensionalidade	0
Caracterização de Dados	7
Manipulação de Dados	3
Organização Espacial e Perspectiva	6
Propriedades Visuais	8
Relações	5
Poluição Visual e Densidade dos Dados	1
Equivalência com Mundo Real	17
Ações Visíveis	9
Consistência	12
Flexibilidade e Eficiência	10
Estado do Sistema e Feedback	6
Controle do Usuário	4
Prevenção de Erros	7
Correção de Erros	0

É possível notar que algumas heurísticas, como “*multidimensionalidade*” e “*correção de erros*” não tiveram relação com nenhum dos problemas identificados. Outras, como “*poluição visual e densidade dos dados*” e “*manipulação de dados*”, foram utilizadas poucas vezes. Isso se deve às características do sistema, que apresentava mais problemas relacionados com a interpretação dos componentes presentes no gráfico (associados com heurísticas como “*equivalência com mundo real*” e “*consistência*”) e funcionalidades pouco claras (identificados principalmente com as heurísticas “*flexibilidade e eficiência*” e “*ações visíveis*”).

A seguir, são apresentados exemplos de alguns dos problemas identificados no sistema, bem como as heurísticas usadas para classificá-los. Através destes exemplos, é explicado como foi realizada a classificação dos problemas utilizando o conjunto disponível.

- Problema 1

No gráfico de homem-hora, o eixo vertical tem valor inicial 0 (zero), mesmo se tratando de meses, como visto na Figura 17. Caso o usuário esteja acostumado a seguir as convenções de calendários reais (em que Janeiro é o mês 1), ele pode se confundir observando o gráfico. Desta forma, podemos classificar este problema com a heurística “*equivalência com mundo real*”.

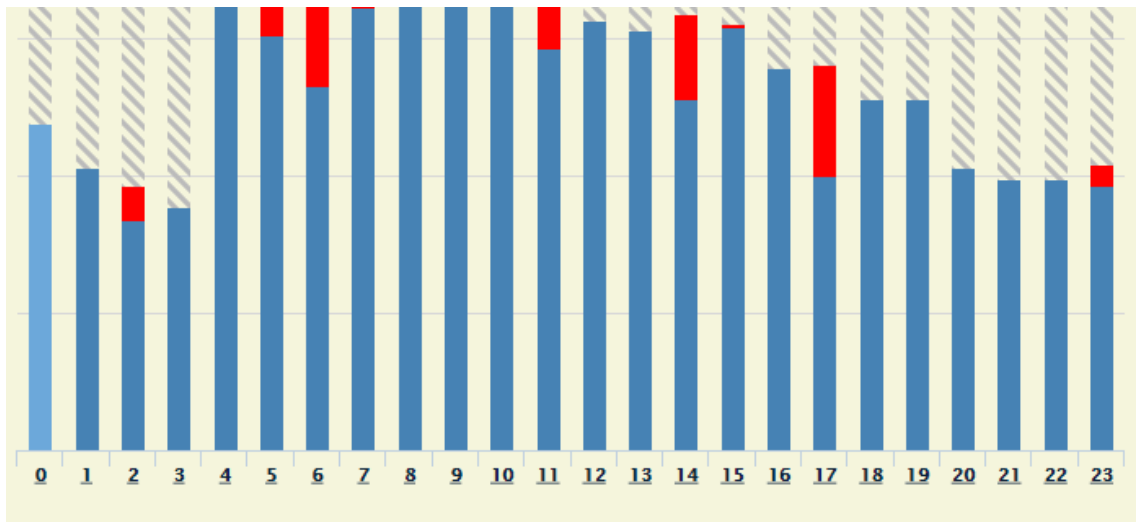


Figura 17. Detalhe do gráfico homem-hora, mostrando meses iniciados em zero. As barras deste gráfico indicam as horas requeridas (em azul), as excedidas (em vermelho) e as não usadas (em cinza com hachuras).

- Problema 2

Ainda sobre o gráfico homem-hora, é possível selecionar um mês desejado para visualizar um outro gráfico, em que são disponibilizadas as informações e horas de cada funcionário, ao invés do total do mês. Entretanto, ao escolher determinado mês, caso o usuário queira ver os detalhes do mês seguinte ou anterior, ele precisa voltar para o gráfico com a visão geral das horas e só então escolher um outro mês (Figura 18). Assim, não há formas diferentes de realizar esta ação, e o modo disponível não é eficiente, portanto podemos usar “*flexibilidade e eficiência*” na classificação do problema.

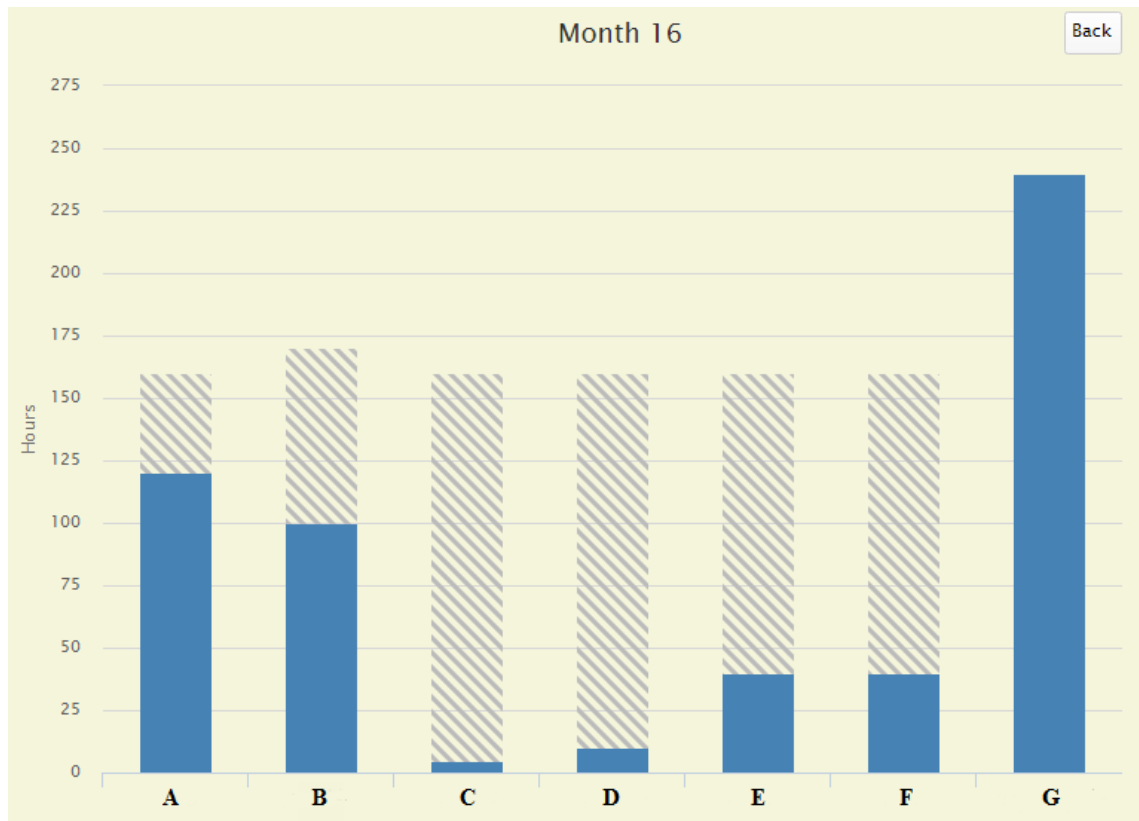


Figura 18. Detalhe do gráfico homem-hora, mostrando um mês específico selecionado. As letras de A até G ilustram os funcionários da empresa.

- Problema 3

No gráfico de custos de projeto (Figura 19), há dois tipos de anos no gráfico: os que possuem orçamento suficiente (representados pela cor azul) e os que não possuem (representados na cor vermelha).

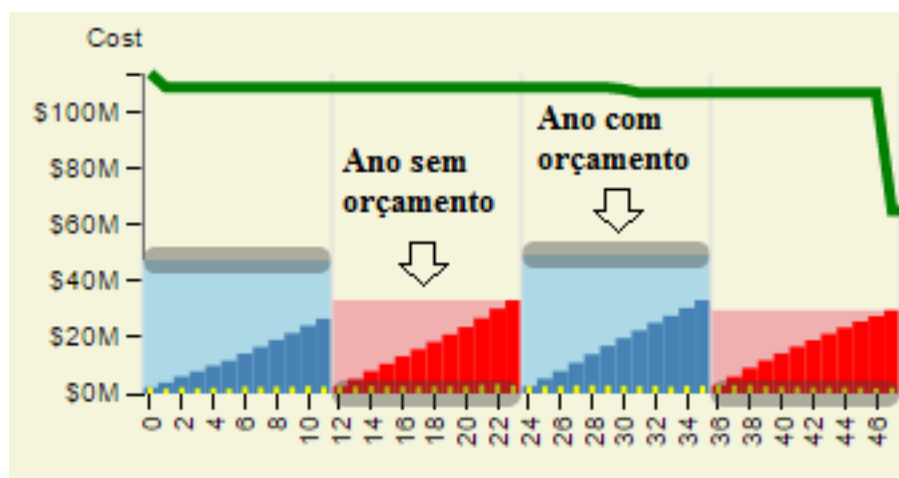


Figura 19. Detalhe do gráfico de custo de projetos, mostrando anos sem orçamento (representados na cor vermelha) e anos com orçamento (representados na cor azul).

Ao posicionar o cursor sobre um determinado ano (a fim de verificar mais informações sobre ele), o sistema altera a cor deste ano, visando destacar para o usuário qual o ano observado. Ao posicionar o cursor sobre um mês que não possui orçamento, sua cor é alterada para uma tonalidade mais escura de vermelho ou bordô (Figura 20 A). Entretanto, ao posicionar o cursor sobre um mês que possui orçamento, sua cor não é alterada para outra tonalidade de azul, mas sim para rosa (Figura 20 B).

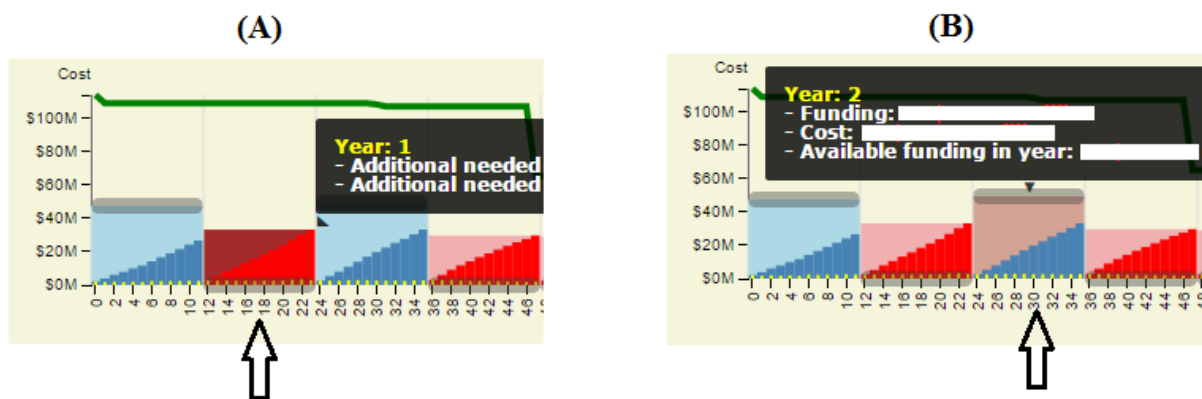


Figura 20. Em (A), um ano que não possui orçamento está sob o cursor, e para destaca-lo, sua cor é alterada para bordô. Já em (B), quando o ano está sob o cursor sua cor é alterada para rosa (visando seu destaque), ao invés de uma tonalidade mais escura de azul.

Desta forma, podemos classificar este problema através de duas heurísticas: “*consistência*”, por não haver consistência no modo como é realizado o destaque do ano selecionado; e “*propriedades visuais*”, uma vez que a cor vermelha foi utilizada para mapear os anos em que não há orçamento, atribuindo um significado a esta cor, e utilizá-la nos anos com orçamento pode confundir o usuário.

- Problema 4

No gráfico com a linha do tempo dos projetos, são dispostos vários projetos (agrupados ou não), durante os anos disponíveis (Figura 21). Uma funcionalidade que contribui com o objetivo do sistema (tomada de decisões) é a possibilidade de alterar a data em que o projeto será realizado, de acordo com os orçamentos disponíveis. Entretanto, não há indicação nenhuma para o usuário de que ele pode mover (arrastar) os projetos na linha do tempo (heurística “*ações visíveis*”).

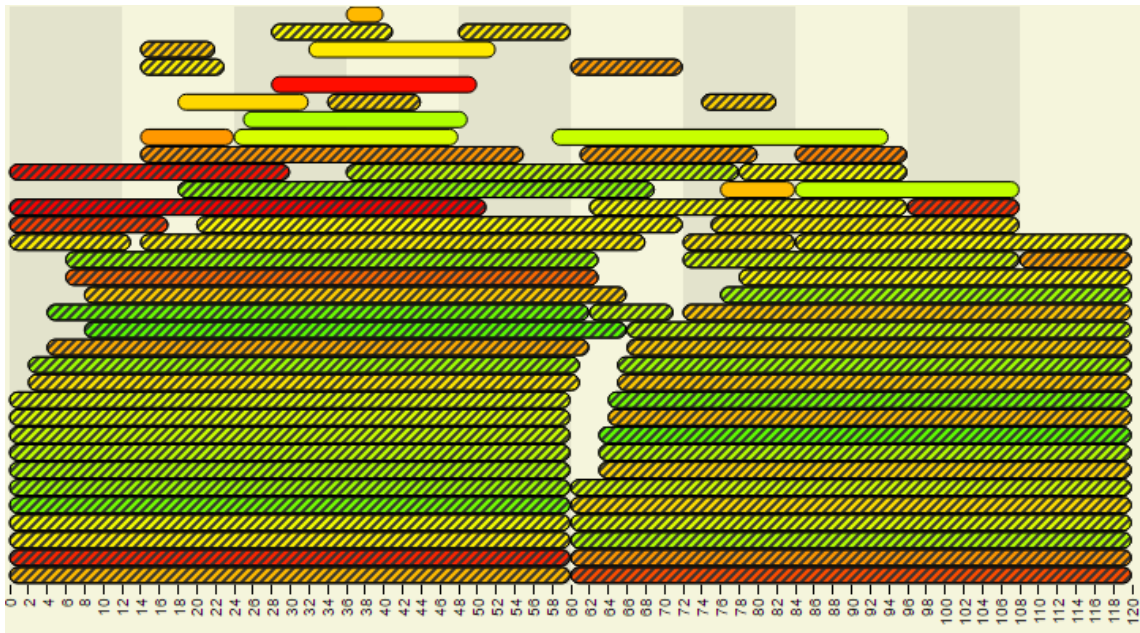


Figura 21. Gráfico de linha do tempo de projetos.

O restante dos problemas segue a lógica destes exemplos. Para um deles, foram verificadas as melhores heurísticas que classificavam o problema de acordo com os conceitos que ele desrespeita. Apesar de nem todas as heurísticas terem sido utilizadas, as demais foram suficientes para classificar todos os problemas apresentados.

4.2.3. Reflexão sobre as heurísticas propostas

Durante a realização da classificação dos problemas segundo as heurísticas propostas, foram identificados alguns pontos negativos em certas heurísticas, relacionados com dificuldade de interpretação tanto do nome da heurística, como sua descrição:

Heurística “consistência”: além do conceito original da heurística, que é relacionado com consistência no comportamento dos elementos da interface, seu nome pode sugerir também a consistência entre elementos distintos, como por exemplo, os mesmos dados usados em diferentes gráficos. Mudanças na descrição da heurística foram requisitadas, visando deixar mais claro os conceitos incorporados na heurística.

Heurística “caracterização de dados”: o termo “caracterização” não representou os conceitos abordados por esta heurística, que é dedicada à

classificação de problemas que atrapalhem na obtenção de dados por parte do usuário. Desta forma, foi sugerido mudança de nome da heurística, para por exemplo, “derivação de informação” ou “obtenção de dados”.

Heurística “flexibilidade e eficiência”: na descrição da heurística, são apresentados termos como aceleradores e customização. Entretanto, o significado destes termos pode não ser claros para todos os avaliadores que utilizarão esta heurística, sendo necessário alterá-los ou explicá-los mais detalhadamente.

Heurística “propriedades visuais”: esta heurística está relacionada com o conceito de efetividade, ou seja, a preocupação em evitar erros de interpretação. Entretanto, este conceito não está claro na descrição da heurística. Outro ponto é que esta heurística também pode ser usada para classificar certos problemas de acessibilidade (por exemplo, o uso de certas cores pode dificultar o entendimento da visualização por pessoas daltônicas), porém isso também não está claro na descrição.

Heurística “organização espacial e perspectiva”: além dos conceitos de oclusão de dados e organização lógica, esta heurística também está relacionada com o bom uso do espaço disponível em tela para a visualização (como é possível verificar nas heurísticas pertencentes ao grupo, na Seção 4.1), porém isto não está especificado na descrição.

Heurística “poluição visual e densidade dos dados”: o nome da heurística não é diretamente associado ao seu conteúdo, ou seja, à necessidade de mostrar apenas dados relevantes para o usuário. Assim, foi sugerida mudança do nome da heurística, para por exemplo, “relevância”.

5. Conclusão

Este trabalho cumpriu com o objetivo inicial, de testar a hipótese que era possível criar um conjunto reduzido de heurísticas, englobando diversos conceitos de InfoVis, e que fosse passível de aplicação na técnica de Avaliação Heurística. Para tanto, estudou-se inicialmente como eram criados outros conjuntos de heurísticas para áreas diversas, em busca de um método apropriado para criar heurísticas para InfoVis. Verificou-se que havia uma grande variação de métodos, que foram classificados conforme os recursos utilizados, como recursos humanos ou informações extraídas da literatura. Devido aos poucos recursos humanos disponíveis na elaboração deste trabalho, optou-se por definir um método próprio, com foco nas informações extraídas de outros trabalhos encontrados na literatura.

O método desenvolvido para criação de heurísticas permitiu escolher, com base na literatura consultada de InfoVis, 62 heurísticas, recomendações, critério e conceitos, visando agrupá-las em 15 grupos. Esses grupos foram nomeados, de forma que se transformaram em um conjunto de 15 heurísticas. Esse conjunto foi utilizado para avaliação de um sistema específico baseado em InfoVis, o que possibilitou verificar que ele permitiu classificar diversos problemas presentes nesse sistema. As opiniões dos avaliadores sobre as heurísticas revelaram pontos que futuramente devem ser melhorados no conjunto, como nome e descrição das heurísticas, visando tornar mais claros os conceitos incorporados em cada uma.

Algumas limitações deste trabalho são: os graus de similaridade foram feitos com base no conhecimento de visualização do autor deste trabalho, podendo apresentar tendências; no método de agrupamento de heurística, foram utilizados somente os trabalhos publicados que apresentavam heurísticas e recomendações de InfoVis ou usabilidade, não envolvendo nesta etapa outros conceitos extraídos diretamente de livros clássicos de visualização; por fim, a obtenção de bons resultados utilizando o conjunto proposto pode depender do conhecimento do avaliador sobre os conceitos de visualização.

Trabalhos futuros que deem continuidade à pesquisa devem visar o refinamento do conjunto, através da incorporação de mais conceitos de InfoVis no conjunto proposto, e da realização de outras avaliações, como por exemplo, avaliação da cobertura do conjunto, avaliação da facilidade de aprendizagem das heurísticas e aplicação de outros métodos de inspeção de usabilidade para comparação dos resultados obtidos. Outra avaliação que pode ser realizada é a de falsos positivos, em que as heurísticas sejam usadas para classificar um sistema sem problemas.

Referências

- Afacan, Y. and Erbug, C. (2009) 'An interdisciplinary heuristic evaluation method for universal building design', *Applied Ergonomics*. Elsevier Ltd, 40(4), pp. 731–744. doi: 10.1016/j.apergo.2008.07.002.
- Alves, J. M., Wangenheim, C. G. Von, Savaris, A. and Wangenheim, A. Von (2014) 'Identifying and Evaluating Usability Heuristics Applicable to Clinical Laboratory Systems', *2014 IEEE 27th International Symposium on Computer-Based Medical Systems*, pp. 529–530. doi: 10.1109/CBMS.2014.123.
- Amar, R. and Stasko, J. (2004) 'A Knowledge Task-Based Framework for Design and Evaluation of Information Visualizations', in *INFOVIS '04 Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization*. IEEE, pp. 143–150. doi: 10.1109/INFOVIS.2004.10.
- Arhippainen, L. (2013) 'A Tutorial of Ten User Experience Heuristics', *Proceedings of International Conference on Making Sense of Converging Media*, pp. 336–337. doi: 10.1145/2523429.2523491.
- Clarkson, E. and Arkin, R. C. (2007) 'Applying heuristic evaluation to human-robot interaction systems', *Proceedings of the Twentieth International Florida Artificial Intelligence Research Society (FLAIRS) Conference*, pp. 44–49. Available at: <http://www.aaai.org/Papers/FLAIRS/2007/Flairs07-010.pdf>.
- Data-Driven Documents Gallery* (no date). Available at: <https://github.com/d3/d3/wiki/Gallery> (Accessed: 23 December 2016).
- Forsell, C. and Johansson, J. (2010) 'An heuristic set for evaluation in information visualization', in *Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces - AVI '10*. New York, New York, USA: ACM Press, p. 199. doi: 10.1145/1842993.1843029.
- Franklin, F., Breyer, F. and Kelner, J. (2014) 'Usability Heuristics for Collaborative Augmented Reality Remote Systems', *2014 XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality*, pp. 53–62. doi: 10.1109/SVR.2014.31.
- Freitas, C. M. D. S., Luzzardi, P. R. G., Cava, R. A., Winckler, M. A. A., Pimenta, M. S. and Nedel, L. P. (2002) 'Evaluating Usability of Information Visualization Techniques', *Proceedings of 5th Symposium on Human Factors in Computer Systems*, pp. 40–51. Available at: <http://www.irit.fr/recherches/IHCS/winckler/projects/spider/publications/IHC2002-FreitasEtAl.pdf>.
- Geerts, D. and De Grooff, D. (2009) 'Supporting the social uses of television', in *CHI '09 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 595–604. doi: 10.1145/1518701.1518793.
- Inostroza, R., Rusu, C., Roncagliolo, S., Jimenez, C. and Rusu, V. (2012a) 'Usability Heuristics for Touchscreen-based Mobile Devices', in *2012 Ninth International*

Conference on Information Technology - New Generations. IEEE, pp. 662–667. doi: 10.1109/ITNG.2012.134.

Inostroza, R., Rusu, C., Roncagliolo, S., Jimenez, C. and Rusu, V. (2012b) 'Usability Heuristics Validation through Empirical Evidences: A Touchscreen-Based Mobile Devices Proposal', *2012 31st International Conference of the Chilean Computer Science Society*, (1), pp. 60–68. doi: 10.1109/SCCC.2012.15.

Inostroza, R., Rusu, C., Roncagliolo, S. and Rusu, V. (2013) 'Usability heuristics for touchscreen-based mobile devices: update', in *Proceedings of the 2013 Chilean Conference on Human - Computer Interaction - ChileCHI '13*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 24–29. doi: 10.1145/2535597.2535602.

Inostroza, R., Rusu, C., Roncagliolo, S., Rusu, V. and Collazos, C. A. (2016) 'Developing SMASH: A set of SMARtphone's uSability Heuristics', *Computer Standards & Interfaces*. Elsevier B.V., 43, pp. 40–52. doi: 10.1016/j.csi.2015.08.007.

Jaferian, P., Hawkey, K., Sotirakopoulos, A., Velez-Rojas, M. and Beznosov, K. (2011) 'Heuristics for evaluating IT security management tools', *SOUPS '11: Proceedings of the Seventh Symposium on Usable Privacy and Security*, pp. 1–20. doi: <http://doi.acm.org/10.1145/2078827.2078837>.

Jooste, C., van Biljon, J. and Mentz, J. (2013) 'Usability evaluation guidelines for business intelligence applications', *Proceedings of the South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists Conference on - SAICSIT '13*, pp. 331–340. doi: 10.1145/2513456.2513478.

Kientz, J. A., Choe, E. K., Birch, B., Maharaj, R., Fonville, A., Glasson, C. and Mundt, J. (2010) 'Heuristic evaluation of persuasive health technologies', in *Proceedings of the ACM international conference on Health informatics - IHI '10*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 555–564. doi: 10.1145/1882992.1883084.

Luzzardi, P. R. G. (2003) 'Critérios de Avaliação de Técnicas de Visualização de Informações hierárquicas', *Porto Alegre: PPGC da UFRGS*. Available at: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Crítérios+de+Avaliação+de+Técnicas+de+Visualização+de+Informações+Hierárquicas#0>.

MacFarlane, S. and Pasiali, A. (2005) 'Adapting the Heuristic Evaluation Method for Use with Children', *Workshop on Child Computer Interaction: Methodological Research at Interact 2005*. Available at: http://chici.uclan.ac.uk/references/adapting_the_heuristic_evaluation.pdf.

Machado Neto, O. and Pimentel, M. D. G. (2013) 'Heuristics for the assessment of interfaces of mobile devices', in *Proceedings of the 19th Brazilian symposium on Multimedia and the web - WebMedia '13*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 93–96. doi: 10.1145/2526188.2526237.

Malinen, S. and Ojala, J. (2011) 'Applying the heuristic evaluation method in the evaluation of social aspects of an exercise community', in *Proceedings of the 2011 Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces - DPPI '11*. New York, New York, USA: ACM Press. doi: 10.1145/2347504.2347521.

- Mankoff, J., Dey, A., Hsieh, G., Kientz, J., Lederer, S. and Ames, M. (2003) 'Heuristic Evaluation of Ambient Displays', *CHI '03 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 169–176. doi: 10.1145/642611.642642.
- Masip, L., Granollers, T. and Oliva, M. (2011) 'A Heuristic Evaluation Experiment to Validate the New Set of Usability Heuristics', *2011 Eighth International Conference on Information Technology: New Generations*, pp. 429–434. doi: 10.1109/ITNG.2011.82.
- Mazza, R. (2009) *Introduction to Information Visualization*. London: Springer London. doi: 10.1007/978-1-84800-219-7.
- Mohamed, H. and Jaafar, A. (2010) 'Development and potential analysis of Heuristic Evaluation for Educational Computer Game (PHEG)', *Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT), 2010 5th International Conference on*, pp. 222–227. doi: 10.1109/ICCIT.2010.5711061.
- Mohamed Omar, H., Yusof, Y. H. H. M. and Sabri, N. M. (2010) 'Development and potential analysis of Heuristic Evaluation for Courseware', *Engineering Education (ICEED), 2010 2nd International Congress on*, pp. 128–132. doi: 10.1109/ICEED.2010.5940777.
- Molich, R. and Nielsen, J. (1990) 'Improving a human-computer dialogue', *Communications of the ACM*, 33(3), pp. 338–348. doi: 10.1145/77481.77486.
- Munoz, R., Barcelos, T. and Chalegre, V. (2011) 'Defining and Validating Virtual Worlds Usability Heuristics', *2011 30th International Conference of the Chilean Computer Science Society*, pp. 171–178. doi: 10.1109/SCCC.2011.23.
- Muñoz, R. and Chalegre, V. (2012) 'Defining virtual worlds usability heuristics', *Proceedings of the 9th International Conference on Information Technology, ITNG 2012*, pp. 690–695. doi: 10.1109/ITNG.2012.138.
- Nielsen, J. (1994) 'Enhancing the explanatory power of usability heuristics', in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems celebrating interdependence - CHI '94*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 152–158. doi: 10.1145/191666.191729.
- Nielsen, J. and Mack, R. L. (1994) *Usability Inspection Methods*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Nielsen, J. and Molich, R. (1990) 'Heuristic evaluation of user interfaces', in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems Empowering people - CHI '90*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 249–256. doi: 10.1145/97243.97281.
- Paavilainen, J. (2010) 'Critical review on video game evaluation heuristics: Social Games Perspective', *Proceedings of the International Academic Conference on the Future of Game Design and Technology*, pp. 56–65. doi: 10.1145/1920778.1920787.
- Papaloukas, S., Patriarcheas, K. and Xenos, M. (2009) 'Usability assessment heuristics in new genre videogames', *PCI 2009 - 13th Panhellenic Conference on*

Informatics, pp. 202–206. doi: 10.1109/PCI.2009.14.

Park, K., Goh, T. and So, H.-J. (2014) 'Toward accessible mobile application design: developing mobile application accessibility guidelines for people with visual impairment', *Proceedings of HCI Korea*, pp. 31–38. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2729485.2729491>.

Paz, F., Paz, F. A., Pow-Sang, J. A. and Collantes, L. (2014) 'Usability Heuristics for Transactional Web Sites', *2014 11th International Conference on Information Technology: New Generations*, pp. 627–628. doi: 10.1109/ITNG.2014.81.

Pinelle, D., Wong, N., Stach, T. and Gutwin, C. (2009) 'Usability heuristics for networked multiplayer games', in *Proceedings of the ACM 2009 international conference on Supporting group work - GROUP '09*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 169–178. doi: 10.1145/1531674.1531700.

Plaisant, C. (2004) 'The challenge of information visualization evaluation', in *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces - AVI '04*. New York, New York, USA: ACM Press. doi: 10.1145/989863.989880.

Quinones, D., Rusu, C. and Roncagliolo, S. (2014) 'Redefining Usability Heuristics for Transactional Web Applications', *2014 11th International Conference on Information Technology: New Generations*, (1), pp. 260–265. doi: 10.1109/ITNG.2014.46.

Reynaga, G., Chiasson, S. and van Oorschot, P. C. (2015) 'Heuristics for the evaluation of captchas on smartphones', in *Proceedings of the 2015 British HCI Conference on - British HCI '15*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 126–135. doi: 10.1145/2783446.2783583.

Rocha, H. V. and Baranauskas, M. C. C. (2003) *Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador*.

Rusu, C., Roncagliolo, S., Rusu, V. and Collazos, C. (2011) 'A methodology to establish usability heuristics', in *4th International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*. Gosier, Guadeloupe; France, pp. 59–62.

Sadowski, C. and Kurniawan, S. (2011) 'Heuristic evaluation of programming language features: two parallel programming case studies', in *Proceedings of the 3rd ACM SIGPLAN workshop on Evaluation and usability of programming languages and tools - PLATEAU '11*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 9–13. doi: 10.1145/2089155.2089160.

Scapin, D. L. and Bastien, J. M. C. (1997) 'Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems', *Behaviour & Information Technology*, 16(4–5), pp. 220–231. doi: 10.1080/014492997119806.

Shneiderman, B. (1996) 'The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations', in *Proceedings 1996 IEEE Symposium on Visual Languages*. IEEE Comput. Soc. Press, pp. 336–343. doi: 10.1109/VL.1996.545307.

Silva, C. G. da, Melo, M. F. de, Paula e Silva, F. de and Meidanis, J. (2014) 'PQR

sort: using PQR trees for binary matrix reorganization', *Journal of the Brazilian Computer Society*, 20:3(1). doi: 10.1186/1678-4804-20-3.

Silva, C. G., Meidanis, J., Moura, A. V., Oliveira, M. R., Medina, B. F. and Lima, G. A. C. (2016) 'A focus + context compact scalable Gantt chart with drag-and-drop capabilities', in *SBSI '2016*, pp. 4–7.

Silva, C. G., Meidanis, J., Moura, A. V., Souza, M. A., Viadanna, P., de Oliveira, M. R., Oliveira, M. R., Jardim, L. H., Costa Lima, G. A. and de Barros, R. S. V. (2017) 'An improved visualization-based approach for project portfolio selection', *Computers in Human Behavior*. doi: 10.1016/j.chb.2016.12.083.

Sivaji, A., Abdullah, A. and Downe, A. G. (2011) 'Usability Testing Methodology: Effectiveness of Heuristic Evaluation in E-Government Website Development', *2011 Fifth Asia Modelling Symposium*, pp. 68–72. doi: 10.1109/AMS.2011.24.

Smith, S. L. and Mosier, J. N. (1986) 'Guidelines for Designing User Interface Software', (ESD-TR-86-278). Available at: http://www.userlab.com/Downloads/Smith_Mosier_guideline_.pdf.

Soomro, S., Ahmad, W. F. W. and Sulaiman, S. (2012) 'A preliminary study on heuristics for mobile games', in *2012 International Conference on Computer & Information Science (ICCIS)*. IEEE, pp. 1030–1035. doi: 10.1109/ICCISci.2012.6297177.

de Souza, C. S., Leitão, C. F., Prates, R. O. and da Silva, E. J. (2006) 'The semiotic inspection method', in *Proceedings of VII Brazilian symposium on Human factors in computing systems - IHC '06*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 148–157. doi: 10.1145/1298023.1298044.

Sweetser, P., Johnson, D., Ozdowska, A. and Wyeth, P. (2012) 'GameFlow heuristics for designing and evaluating real-time strategy games', in *Proceedings of The 8th Australasian Conference on Interactive Entertainment Playing the System - IE '12*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 1–10. doi: 10.1145/2336727.2336728.

Tableau Software (no date) *Tableau Public*. Available at: public.tableau.com (Accessed: 4 January 2016).

Tory, M. and Möller, T. (2005) 'Evaluating visualizations: Do expert reviews work?', *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25(5), pp. 8–11. doi: 10.1109/MCG.2005.102.

Tsui, K. M., Abu-Zahra, K., Casipe, R., M'Sadoques, J. and Drury, J. L. (2010) 'Developing heuristics for assistive robotics', *Human-Robot Interaction (HRI), 2010 5th ACM/IEEE International Conference on*, pp. 193–194. doi: 10.1109/HRI.2010.5453198.

Valiati, E. R. de A. (2008) 'Avaliação de usabilidade de técnicas de visualização de informações multidimensionais', p. 220. Available at: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13699>.

Weiss, A., Wurhofer, D., Bernhaupt, R., Altmaninger, M. and Tscheligi, M. (2010) 'A methodological adaptation for heuristic evaluation of HRI', in *19th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication*. IEEE, pp. 1–6. doi: 10.1109/ROMAN.2010.5598735.

Zuk, T. and Carpendale, S. (2006) 'Theoretical analysis of uncertainty visualizations', *Electronic Imaging 2006*, 6060(March), pp. 1–14. doi: 10.1117/12.643631.

Apêndice A

Processo de Revisão

Questões:

Questão 1: Quais métodos disponíveis atualmente possibilitam a criação de novos conjuntos de heurísticas para domínios específicos? E como eles podem ser classificados?

Questão 2: Quais novos conjuntos foram criados/modificados/adaptados e para quais áreas?

Bases de dados:

ACM Digital Library: <http://dl.acm.org/>

IEEE Xplore Digital Library: <http://ieeexplore.ieee.org/>

Elsevier ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com/>

Palavras-chave ou termos:

Sinônimos de heurística: heuristic, guideline, principle, recommendation, task, criteria.

Verbos: use, apply, modify, adapt, create, make, establish, develop.

Outros substantivos: evaluation, methodology, set, usability, interface, interaction.

Adjetivos: new.

•Busca inicial

Na busca inicial nas bases de dados, foram utilizados os termos referentes a sinônimos de heurísticas, bem como verbos e outros substantivos que identificam artigos focados na criação de novos conjuntos de heurísticas. Na busca inicial já foi aplicado o filtro de ano de publicação, buscando publicações feitas em 2009 até o presente.

(evaluation) AND (methodology OR set OR usability OR interface OR interaction) AND (heuristic OR guideline OR principle OR recommendation) AND (use OR apply OR modify OR adapt OR create OR make OR new)

ACM Digital Library: 57.112

IEEE Xplore Digital Library: 2.317

Elsevier ScienceDirect: 328.539

A quantidade publicações encontradas na primeira busca foi alta, sendo necessário refinar melhor os resultados. Portanto, critérios de exclusão de resultados foram aplicados.

•Primeiro critério de exclusão

O primeiro critério de exclusão adotado foi buscar publicações que obrigatoriamente possuíam a palavra-chave “evaluation”.

ACM:

(evaluation) AND (methodology OR set OR usability OR interface OR interaction) AND (heuristic OR guideline OR principle OR recommendation) AND (use OR apply OR modify OR adapt OR create OR make OR new) AND (Keywords:evaluation)

Resultados: 1.725

IEEE:

(evaluation) AND (methodology OR set OR usability OR interface OR interaction) AND (heuristic OR guideline OR principle OR recommendation) AND (use OR apply OR modify OR adapt OR create OR make OR new) AND "Author Keywords":evaluation

Resultados: 449

ScienceDirect:

(evaluation) AND (methodology OR set OR usability OR interface OR interaction) AND (heuristic OR guideline OR principle OR recommendation)

AND (use OR apply OR modify OR adapt OR create OR make OR new) AND key(evaluation)

Resultados:6.864

•Segundo critério de exclusão

O Segundo critério foi exigir que os sinônimos de heurística aparecessem no título da publicação.

ACM:

(evaluation) AND (methodology OR set OR usability OR interface OR interaction) AND (Title:heuristic OR Title:guideline OR Title:principle OR Title:recommendation) AND (use OR apply OR modify OR adapt OR create OR make OR new) AND (Keywords:evaluation)

Resultados: 100

IEEE:

(evaluation) AND (methodology OR set OR usability OR interface OR interaction) AND (p_Title:heuristic OR p_Title:guideline OR p_Title:principle OR p_Title:recommendation) AND (use OR apply OR modify OR adapt OR create OR make OR new) AND "Author Keywords":evaluation

Resultados: 64

ScienceDirect:

(evaluation) AND (methodology OR set OR usability OR interface OR interaction) AND ttl(heuristic OR guideline OR principle OR recommendation) AND (use OR apply OR modify OR adapt OR create OR make OR new) AND key(evaluation)

Resultados: 187

•Terceiro critério de exclusão

Apesar dos termos *recommendation* e *principle* serem sinônimos de heurísticas, ambos trazem artigos de outros temas para a pesquisa. Portanto, os termos foram retirados.

ACM:

(evaluation) AND (methodology OR set OR usability OR interface OR interaction) AND (Title:heuristic OR Title:guideline) AND (use OR apply OR modify OR adapt OR create OR make OR new) AND (Keywords:evaluation)

Resultados: 57

IEEE:

(evaluation) AND (methodology OR set OR usability OR interface OR interaction) AND (p_Title:heuristic OR p_Title:guideline) AND (use OR apply OR modify OR adapt OR create OR make OR new) AND "Author Keywords":evaluation

Resultados: 47

ScienceDirect:

(evaluation) AND (methodology OR set OR usability OR interface OR interaction) AND ttl(heuristic OR guideline) AND (use OR apply OR modify OR adapt OR create OR make OR new) AND key(evaluation)

Resultados: 116

•Quarto critério de exclusão

Apesar do número de artigos resultantes da pesquisa ainda ser grande, os filtros internos das bases de dados já não auxiliam mais na escolha dos artigos. Para tanto, faz-se necessário um filtro manual, observando primeiramente o título do artigo, e selecionando os mais adequados.

ACM: 31 artigos.

IEEE: 24 artigos.

ScienceDirect: 8 artigos.

•Quinto critério de exclusão

Dos artigos selecionados, todos tratam de conjuntos de heurísticas ou recomendações, usados para avaliar sistemas de áreas específicas. Entretanto, alguns dos trabalhos não criam, adaptam ou modificam um conjunto de

heurísticas, mas apenas utilizam um conjunto já existente, para comprovar sua eficácia, ou como estudo de caso. Como o objetivo desta revisão é identificar os diversos conjuntos criados para áreas específicas, além do método utilizado para tal fim, os artigos que não tratam disso foram excluídos. Para tanto, foram analisados os resumos (abstract) de cada artigo, além de outras seções quando necessário.

ACM: 17 artigos.

IEEE: 15 artigos.

ScienceDirect: 2 artigos.

Total de artigos: 32 (removendo os duplicados).

Apêndice B

A Tabela 2 apresenta os 32 artigos resultantes do processo de revisão, detalhado no Apêndice A. Para cada artigo, é apresentado a qual grupo ele pertence, em relação aos modos de criação de conjuntos de heurísticas identificados neste trabalho.

Tabela 3. Artigos resultantes da Revisão Sistemática.

Artigo	Criação de Heurísticas	
	Recursos Humanos	Literatura e Documentos
A Heuristic Evaluation Experiment to Validate the New Set of Usability Heuristics (Masip, Granollers and Oliva, 2011)		X
A preliminary study on heuristics for mobile games (Soomro, Ahmad and Sulaiman, 2012)	X	X
A Tutorial of Ten User Experience Heuristics (Arhippainen, 2013)	X	X
An Heuristic Set for Evaluation in Information Visualization (Forsell and Johansson, 2010)		X
An interdisciplinary heuristic evaluation method for universal building design (Afacan and Erbug, 2009)		X
Applying the heuristic evaluation method in the evaluation of social aspects of an exercise community (Malinen and Ojala, 2011)		X
Critical review on video game evaluation heuristics social games perspective (Paavilainen, 2010)	X	X
Defining and Validating Virtual Worlds Usability Heuristics (Munoz, Barcelos and Chalegre, 2011)		X
Defining Virtual Worlds Usability Heuristics (Muñoz and Chalegre, 2012)		X
Developing heuristics for assistive robotics (Tsui <i>et al.</i> , 2010)		X
Developing SMASH A set of SMARTphones usability Heuristics (Inostroza <i>et al.</i> , 2016)		X
Development and potential analysis of Heuristic Evaluation for Educational Computer Game (PHEG) (Mohamed and Jaafar, 2010)	X	X
Development and Potential Analysis of Heuristic for Courseware (Mohamed Omar, Yusof and Sabri, 2010)	X	X
GameFlow heuristics for designing and evaluating real-time strategy games (Sweetser <i>et al.</i> , 2012)	X	
Heuristic evaluation of persuasive health Technologies (Kientz <i>et al.</i> , 2010)	X	X
Heuristic evaluation of programming language features two parallel programming case studies (Sadowski and Kurniawan, 2011)		X
Heuristics for evaluating IT security management tools (Jaferian <i>et al.</i> , 2011)		X

Heuristics for the assessment of interfaces of mobile devices (Machado Neto and Pimentel, 2013)	X	X
Heuristics for the evaluation of captchas on smartphones (Reynaga, Chiasson and van Oorschot, 2015)		X
Identifying and Evaluating Usability Heuristics Applicable to Clinical Laboratory Systems (Alves <i>et al.</i> , 2014)		X
Redefining Usability Heuristics for Transactional Web Applications (Quinones, Rusu and Roncagliolo, 2014)		X
Supporting the social uses of television: sociability heuristics for social tv (Geerts and De Grooff, 2009)	X	
Toward Accessible Mobile Application Design (Park, Goh and So, 2014)		X
Usability Assessment Heuristics in New Genre Videogames (Papaloukas, Patriarcheas and Xenos, 2009)		X
Usability evaluation guidelines for business intelligence applications (Jooste, van Biljon and Mentz, 2013)	X	
Usability Heuristics for Collaborative Augmented Reality Remote Systems (Franklin, Breyer and Kelner, 2014)		X
Usability heuristics for networked multiplayer games (Pinelle <i>et al.</i> , 2009)		X
Usability Heuristics for Touchscreen-based Mobile Devices (Inostroza <i>et al.</i> , 2012a)		X
Usability heuristics for touchscreen-based mobile devices: update (Inostroza <i>et al.</i> , 2013)	X	X
Usability Heuristics for Transactional Web Sites (Paz <i>et al.</i> , 2014)		X
Usability Heuristics Validation through Empirical Evidences A Touchscreen-Based Mobile Devices Proposal (Inostroza <i>et al.</i> , 2012b)		X
Usability Testing Methodology Effectiveness of Heuristic Evaluation in E-Government Website Development (Sivaji, Abdullah and Downe, 2011)		X