



Proposta de novo conjunto de heurísticas para Visualização de Informação com base na experiência de profissionais da área

Otávio Passarelli Praça, Celmar Guimarães da Silva

Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas
Limeira, São Paulo, Brasil

otaviopassarelli@outlook.com, celmar@ft.unicamp.br

Resumo—As heurísticas de Visualização de Informação podem ser entendidas como diretrizes a serem seguidas para a correta construção da interface gráfica de um determinado sistema. Hoje, dispomos de um grande número de heurísticas na literatura, cada qual com sua peculiaridade e contexto de desenvolvimento. Contudo, um grande número de heurísticas pode exigir um grande esforço cognitivo de quem as utiliza e isso frequentemente resulta em equívocos. Por isso, visando refinar a quantidade de heurísticas disponíveis e diminuir o esforço cognitivo para seu uso, este trabalho propõe a criação de um novo conjunto de heurísticas de InfoVis com base no conhecimento de profissionais da área, utilizando a técnica de agrupamento Card Sorting, de modo que os profissionais possam agrupar heurísticas que possuam alguma similaridade entre si de acordo com critérios que julgarem adequados.

Palavras-chave—Visualização de Informação, Interação Humano-computador, Avaliação Heurística, Card Sorting

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, devido ao crescente avanço da tecnologia, somos bombardeados por uma enorme quantidade de informação pelos mais variados meios de comunicação, como mídias sociais, aplicativos, sites, entre outros. Mazza [6] discorre sobre como estamos expostos ao que ele chama de “poluição da informação”, ou seja, uma exposição excessiva a grandes quantidades de dados em um curto período de tempo, que leva a dificuldades de depreender informação a partir desses dados. Visando superar essas dificuldades, a área de Visualização de Informação (InfoVis) procura estudar formas apropriadas de prover gráficos interativos capazes de auxiliar as pessoas a melhor compreenderem conjuntos de dados e de apoiar o uso e aquisição de conhecimento [18].

A exemplo disso, temos a Figura 1, gerada na ferramenta online Gapminder¹, através da qual é possível visualizar um gráfico de bolhas que indica: (1) mortalidade infantil - eixo y; (2) renda - eixo X; (3) continentes – cor; (4) tamanho da população mundial (diâmetro do círculo) até o ano 2019. Também é possível filtrar um ou mais países a serem representados no gráfico (5). A Figura 1 deixa evidente o quanto uma ferramenta capaz de manipular dados e transformá-los em representações visuais pode melhorar significativamente o entendimento das informações contidas em um conjunto de dados.

InfoVis adota métodos da área de Interação Humano-Computador (IHC) para avaliar suas técnicas e sistemas [6]. Destes, destaca-se o método de avaliação heurística, criado por Nielsen e Molich [10]. É um método clássico de IHC para avaliação de usabilidade, é de baixo custo e rápido para encontrar problemas em interfaces interativas. Entretanto, apesar de ser um importante método dentro da InfoVis, não é capaz de cobrir problemas que pertencem mais especificamente à área de InfoVis.

Trabalhos recentes na literatura têm gerado listas de heurísticas específicas para InfoVis, mas carecem de serem agrupadas para facilitar seu uso. Nesse sentido, o trabalho de Oliveira [11] procurou agrupá-las, porém o processo de agrupamento proposto não considerou a experiência de profissionais da área de InfoVis, o que pode ter gerado um agrupamento enviesado. Outros trabalhos consecutivos [1, 2, 3] complementaram o trabalho de Oliveira [11]. Destes, o último agrupamento obtido por Girardi [5], embora com mais heurísticas dentro de cada agrupamento, permaneceu com os mesmos nomes de grupos de heurísticas propostos por Oliveira.

Por isso, este trabalho propôs a realização de experimentos complementares com usuários, a fim de prover argumentos para um agrupamento menos enviesado, e consequente geração de um conjunto de heurísticas em um nível mais abstrato.



Figura 1. Gráfico de mortalidade infantil por renda para a população mundial.

¹ <https://www.gapminder.org/tools/> (Acessado em 15/10/2020).

Este trabalho está organizado como segue. Na Seção 2, estão descritos os referenciais teóricos utilizados como base e evidenciando principais características e aspectos de InfoVis levados em consideração no estudo. Na Seção 3, são elucidados os métodos utilizados para realização dos experimentos de agrupamento de heurísticas com Card Sorting. Por fim, nas Seções 4 e 5, são apresentados, respectivamente, resultados e observações finais da pesquisa. Adicionalmente, uma versão completa desse trabalho pode ser encontrada em material complementar³.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção abordará dois temas de relevância no contexto deste trabalho: o método de Avaliação Heurística, tal como proposto para a área de IHC; e o método de Card Sorting, usado nos experimentos propostos neste artigo.

2.1 Avaliação Heurística

A Avaliação Heurística é uma técnica de IHC cujo objetivo é realizar inspeções de usabilidade baseadas no julgamento pessoal de um grupo de avaliadores e em uma lista de heurísticas de usabilidade, que serão abordadas mais profundamente no decorrer da seção.

Nielsen [9] defende que a maioria dos métodos de avaliação de usabilidade deverá ter um efeito significativo no resultado final da interface apenas se eles forem aplicados durante todo o ciclo de vida de um projeto de desenvolvimento de software, o que ainda não é uma realidade, dado que esses métodos são caros, difíceis de serem aplicados e demandam muito tempo. Nesse contexto, Nielsen propõe a denominada “engenharia econômica de usabilidade” (Nielsen, 1989; Nielsen, 1993 apud [12]), que consiste em métodos baratos, rápidos e de fácil aplicação, que é o caso da avaliação heurística.

A avaliação heurística necessita de um pequeno conjunto de avaliadores inspecionando a interface e julgando suas características, tomando como base princípios e aspectos de usabilidades reconhecidos, denominados *heurísticas*. Recomenda-se que se utilize de três a cinco avaliadores, uma vez que pessoas diferentes possuem diferentes percepções dos mesmos problemas e, portanto, melhora-se significativamente os resultados da avaliação [9].

Durante uma sessão de avaliação heurística, o avaliador percorre a interface do software algumas vezes, inspecionando as diferentes funcionalidades, diálogos e funções do sistema, de modo a atrelar claramente eventuais problemas de usabilidade identificados às heurísticas violadas. A seguir, são exibidas as heurísticas propostas e revisadas por Nielsen [9] e traduzidas por Rocha e Baranauskas [12]:

1) Visibilidade do status do sistema: sistema precisa manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, fornecendo um feedback adequado dentro de um tempo razoável; **2) Compatibilidade do sistema com o mundo real:** Sistema precisa falar a linguagem do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares ao usuário, ao invés de termos orientados ao sistema. Seguir convenções do mundo real, fazendo com que a informação apareça numa ordem natural e lógica; **3) Controle do usuário e liberdade:** Usuários frequentemente escolhem por engano funções do sistema e precisam ter claras saídas de emergência para sair do estado indesejado sem ter que percorrer um extenso diálogo. Prover funções undo e redo; **4) Consistência e padrões:** Usuários não precisam adivinhar que diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa. Seguir convenções de plataforma computacional; **5) Prevenção de erros:** Melhor que uma boa mensagem de erro é um design cuidadoso o qual previne o erro antes

dele acontecer; **6) Reconhecimento ao invés de lembrança:** Tornar objetos, ações e opções visíveis. O usuário não deve ter que lembrar informação de uma para outra parte do diálogo. Instruções para uso do sistema devem estar visíveis e facilmente recuperáveis quando necessário; **7) Flexibilidade e eficiência de uso:** Usuários novatos se tornam peritos com o uso. Prover aceleradores de formar a aumentar a velocidade da interação. Permitir a usuários experientes "cortar caminho" em ações frequentes; **8) Estética e design minimalista:** Diálogos não devem conter informação irrelevante ou raramente necessária. Qualquer unidade de informação extra no diálogo irá competir com unidades relevantes de informação e diminuir sua visibilidade relativa; **9) Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e corrigir erros:** Mensagens de erro devem ser expressas em linguagem clara (sem códigos) indicando precisamente o problema e construtivamente sugerindo uma solução; **10) Help e documentação:** Embora seja melhor um sistema que possa ser usado sem documentação, é necessário prover help e documentação. Essas informações devem ser fáceis de encontrar, focalizadas na tarefa do usuário e não muito extensas.

É evidente a importância do uso de heurísticas em técnicas de avaliação de representações visuais, embora não haja um conjunto de heurísticas para InfoVis amplamente aceito pela comunidade de pesquisadores da área.

Neste trabalho, partimos do princípio de que é possível usar técnicas de agrupamento (como o Card Sorting) para chegar a um conjunto de heurísticas mais consolidado e eficaz, passível de ser aceito e usado pela comunidade de InfoVis.

2.2 Card Sorting

O Card Sorting pode ser entendido como uma técnica utilizada para reunir e agrupar informações relevantes a respeito de um determinado domínio. A técnica consiste em fornecer, geralmente a profissionais da área de domínio, uma lista de temas e opções, de modo que os possam estruturar as informações da maneira que julguem adequada, baseada em seu conhecimento do domínio, contribuindo para o aumento da usabilidade do que se deseja construir [8].

Alternativamente, o Card Sorting pode ser realizado de maneira online, através de ferramentas próprias para isso, fazendo com que uma sessão presencial não seja necessária, o que torna a pesquisa ainda mais simples e barata. O uso de uma ferramenta online também permite que os usuários não precisem realizar o teste em um tempo específico, podendo pausar e retornar ao teste quando desejarem.

O Card Sorting fornecerá ao pesquisador informações sobre tendências e insumos para mitigar possíveis problemas de usabilidade que, até então, poderiam não ter sido percebidos.

Algumas tendências e vieses que podem ser identificados através da classificação de cartões, de acordo com Spencer e Warfel [15], estão listadas a seguir: 1) Os usuários desejam visualizar a informação do sistema agrupadas por tema, categoria, grupo empresarial, ou tipo de informação? 2) O quão semelhantes são as necessidades dos diferentes tipos de usuários? 3) O quão diferente são suas necessidades? 4) Quantas e quais são as principais categorias potenciais existentes para aquele grupo de usuários? 5) Como deve ser denominada cada categoria formada?

O Card Sorting pode ajudar a responder essas e outras questões que certamente contribuirão para a construção de um sistema de alta usabilidade. Assim, define-se o Card Sorting como um método de design de informação centralizado no usuário, fácil de ser aplicado e que identifica e elucida padrões de expectativas de usuários em relação a um domínio, que se pode chamar de modelos mentais [8].

Durante a preparação do experimento, para que os participantes possam agrupar os cartões de maneira eficiente, é necessário que a granularidade dos temas dos cartões seja

³ Materiais complementares de trabalho disponíveis em: https://drive.google.com/file/d/173vifmj5p_9ehexdMD8rBAERXC9dzjr/vie w?usp=sharing (Acessado em: 11/10/2020).

semelhante, evitando que os participantes encontrem dificuldades em agrupar temas com diferentes níveis de abrangências. Os temas devem ser os mais representativos possível no que tange o contexto do experimento, e devem ser breves o suficiente para que o usuário possa lê-lo rapidamente. Ainda, é necessário que sejam suficientemente detalhados, de modo que o participante possa entender do que se trata cada cartão e seu respectivo contexto.

Após definir o conteúdo, é necessário definir quem serão os participantes do experimento e é importante que sejam os mais representativos possível em relação ao grupo de usuários ao qual pertencem.

Na etapa de execução do experimento, é necessário garantir que o ambiente esteja completamente preparado para a realização do teste, isto é, os cartões devem estar disponíveis e organizados de acordo com o método do Card Sorting definido (aberto ou fechado). Deve-se fornecer instruções iniciais aos participantes, indicando como realizar o experimento; quais as regras empregadas; limitações de tempo (se houver); como agrupar os cartões, entre outras [15]. É interessante que se explicita ao participante o motivo de sua participação no Card Sorting e porque será útil para a pesquisa, deixando claro que ele deve agrupar os cartões da maneira que julgar adequada, tendo total liberdade de agrupar informações da maneira que ele genuinamente gostaria de ver no sistema. Também deve-se deixar claro aos participantes que eles terão total auxílio durante a realização do experimento e podem consultar as instruções iniciais do teste quando desejarem.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Assim como é previsto nesse trabalho, os trabalhos realizados por Oliveira [11] e Girardi [5] visaram a redução do número de heurísticas de InfoVis disponíveis na literatura, a fim de reduzir o esforço cognitivo realizado pelo profissional que as utilize.

Inicialmente, Oliveira [11] realizou a redução de 62 heurísticas disponíveis na literatura para um conjunto de 15 heurísticas. Para isso, utilizou um método de comparação de similaridade entre heurísticas, no qual cada heurística foi comparada com todas as demais, gerando um grau de similaridade entre elas. As similaridades encontradas entre as heurísticas foram analisadas utilizando uma matriz de similaridade que, posteriormente, foi exibida através de um mapa de calor. Através da comparação de similaridade levantada, Oliveira [11] gerou a seguinte lista de heurísticas: 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 de Sistema e Feedback; Controle do Usuário; Prevenção de Erros; Correção de Erros.

Freitas [3] utilizou como base para a criação de suas heurísticas o livro de Mazza [6], colhendo aspectos relevantes de InfoVis a partir de cada capítulo e usando-os de insumo para criação de cada heurística. Foi realizada uma leitura pormenorizada dos três primeiros capítulos, dado que nesses capítulos Mazza [6] discorre sobre conhecimentos necessários para a correta compreensão de aspectos de InfoVis.

Após a leitura do livro, Freitas [3] gerou um conjunto de 15 heurísticas com título, descrição e trecho do livro de onde foram extraídas. As 15 heurísticas geradas foram: Excelência Gráfica; Integridade Gráfica; Sobrecarga de elementos; Elementos supérfluos; Percepção e precisão; Categorias e cores; Padrões e atenção; Dados importantes e grupos; Mapeamento visual para dados quantitativos; Mapeamento visual para dados ordinais; Mapeamento visual para dados categóricos; Limite para formas; Esforço cognitivo; Matiz e intensidade; Movimentação.

Girardi [5], por sua vez, realizou a leitura da obra de Ward, Grinstein e Keim [16], com base na qual gerou um conjunto de 7

heurísticas. Para isso, foi utilizado o Capítulo 13, nomeado “*Designing Effective Visualizations*”, pois oferece uma série de diretrizes a respeito de mapeamentos visuais que poderiam, com certa facilidade, tornar-se heurísticas de InfoVis.

As heurísticas propostas inicialmente por Girardi [4] e que posteriormente foram comparadas com as demais [3, 11], são [5]: Atenda as expectativas do usuário típico; Use mapeamentos entre escalas compatíveis; Permita customizações de mapeamentos visuais; Direcione o foco do usuário corretamente; Apresente informações suplementares; Use cores de maneira efetiva; Use estética e simplicidade.

Posteriormente, Girardi [5] realizou um refinamento entre as 7 heurísticas propostas em seu trabalho anterior [4], as 15 heurísticas geradas por Oliveira [11] e as 15 heurísticas de Freitas [3]. Durante o refinamento dos grupos de heurísticas, verificou-se que todas as heurísticas geradas anteriormente [3, 4] puderam ser classificadas dentro do grupo de heurísticas de Oliveira [11]; portanto não foi proposto um novo conjunto de heurísticas.

A seguir, encontram-se as 15 heurísticas geradas através de agrupamento por Oliveira [11] e que permaneceram sem alteração em suas descrições curtas no trabalho de Girardi [5]:

1) Multidimensionalidade: permitir visualizar três ou mais dimensões simultaneamente; **2) Caracterização de Dados:** auxiliar no entendimento do conjunto de dados; **3) Manipulação de Dados:** prover ferramentas de manipulação de dados, como filtros e visão de detalhes; **4) Organização Espacial e Perspectiva:** considerar o leiaute geral da representação visual, bem como possibilitar mudança de perspectiva; **5) Propriedades Visuais:** mapear corretamente os dados na visualização, considerando propriedades preatentivas e Princípios de Gestalt; **6) Relações:** permitir a visualização de relações entre os dados; **7) Poluição Visual e Densidade dos Dados:** mostrar apenas informações e elementos relevantes para o usuário; **8) Equivalência com Mundo Real:** utilizar signos familiares para o usuário; **9) Ações Visíveis:** tornar visíveis todas as ações possíveis do usuário; **10) Consistência:** apresentar coerência entre os elementos da interface; **11) Flexibilidade e Eficiência:** prover aceleradores e outros modos de customização; **12) Estado de Sistema e Feedback:** notificar o usuário sobre o estado do sistema, e sempre prover feedback apropriado e em tempo justo; **13) Controle do Usuário:** possibilitar controle total do sistema pelo usuário; **14) Prevenção de Erros:** prevenir que problemas ocorram, eliminando as condições passíveis de erro; **15) Correção de Erros:** informar o usuário sobre erros ocorridos com mensagens claras e apresentar meios de corrigi-los.

A lista das 15 heurísticas geradas por Oliveira [11], através de agrupamento e comparadas com as de Freitas [3] e Girardi [5], elucidando o motivo da não criação de um novo grupo de heurísticas após o refinamento, também pode ser vista em um material complementar⁴ a este relatório.

4 METODOLOGIA

A metodologia do experimento com Card Sorting foi composta pelas seguintes etapas:

1. Estudo do método Card Sorting e trabalhos realizados por Oliveira [11], Freitas [3] e Girardi [4, 5];
2. Contato com profissionais de InfoVis para solicitar a colaboração para realizar o estudo com Card Sorting;
3. Execução do Card Sorting e análise dos resultados obtidos;
4. Elaboração, com base no estudo com Card Sorting, de proposta com novas heurísticas;

A Etapa 1 determina a realização de um estudo sobre o método Card Sorting para criação de grupos com base nas

⁴ Lista completa de heurísticas consolidadas por Girardi, disponível em: https://drive.google.com/file/d/1QE4L8cPsH1oVegL1DdRGFSu_bePcW8L/view?usp=sharing (Acessado em: 11/10/2020.)

experiências de profissionais da área e, posteriormente, a descrição desses grupos. Concluído o estudo, segue-se uma análise de viabilidade e justificativa para seu uso na validação das heurísticas que serão elaboradas na Etapa 4.

A Etapa 2, compreende o endosso do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UNICAMP, para a realização de estudos científicos com seres humanos. Para isso, deve-se enviar à aprovação do CEP o Projeto de Pesquisa deste trabalho, bem como realizar correções que possam ser pontuadas pelo comitê. Após aprovação do CEP, deve-se solicitar a colaboração de profissionais da área de Visualização de Informação para que sejam realizados, de fato, os estudos de agrupamento com o método Card Sorting, descrito na etapa a seguir.

Na Etapa 3, realiza-se a execução do método Card Sorting, solicitando aos profissionais de InfoVis convidados na Etapa 2 a participação no experimento de agrupamento de heurísticas com Card Sorting online, utilizando a ferramenta Proven By Users⁵. Esse experimento consiste, em linhas gerais, em agrupar heurísticas em cartões (*cards*) e nomeá-los de acordo com algum critério de similaridade entre as heurísticas. Por fim, realiza-se uma análise e reflexão dos resultados obtidos.

Na Etapa 4, deve-se elaborar uma proposta contendo o novo agrupamento de heurísticas, obtidas a partir da análise dos resultados originados do experimento com Card Sorting. Para isso, o pesquisador deve criar um novo grupo de heurísticas, no qual cada heurística deva ser capaz de representar de forma satisfatória a consolidação de duas ou mais heurísticas estudadas e comparadas previamente.

5 RESULTADOS

Foram obtidos resultados de experimentos de cinco participantes diferentes, que fizeram agrupamentos de heurísticas via ferramenta Proven By Users. Os resultados do Card Sorting foram extraídos e normalizados para que fosse possível gerar uma matriz de contagem de coocorrência de pares de heurísticas em um mesmo grupo.

Os resultados extraídos foram consolidados de modo que ficasse evidente em qual grupo cada um dos 5 participantes inseriu cada uma das 82 heurísticas. Com a consolidação feita, foi necessário pre-processar os dados para que fosse possível trabalhar com eles de forma adequada. Essa etapa de pré-processamento, de maneira resumida, envolveu as tarefas de: conversão do formato dos caracteres para UTF-8; substituição de caracteres especiais; transformação do formato dos dados; e remoção de caracteres indesejados.

Após o pré-processamento, representou-se, em cada célula de uma matriz de heurísticas, a ocorrência simultânea de cada par de heurísticas em um mesmo grupo, considerando todos os grupos formados por cada participante. Para isso, foram desenvolvidas fórmulas para inserir 1 em uma célula caso o par de heurísticas a ela relacionado pertença a um mesmo grupo, ou 0 caso contrário. Dessa forma, foi possível gerar uma matriz de 82 linhas por 82 colunas por participante, com valores 0 ou 1. As 5 matrizes formadas foram somadas, gerando uma única matriz com valores inteiros entre 0 e 5.

Posteriormente essa matriz foi submetida a uma reordenação através da ferramenta *Matrix Reordering Analyzer* [19], de modo que as coocorrências entre heurísticas fossem agrupadas em blocos (*clusters*). Para a reordenação, foi utilizado o método Average Linkage Clustering, com a finalidade de permutar linhas e colunas da matriz, agrupando-as por semelhança e, assim, evidenciando grupos de heurísticas que foram alocadas dentro de um mesmo grupo por vários participantes. Esse é um método clássico para reordenação de

matrizes e também foi utilizado no trabalho de refinamento de heurísticas de Oliveira [11]. Na Figura 2, podemos ver o resultado final da reordenação, com os clusters destacados em verde (os nomes das heurísticas, originalmente nos rótulos das linhas e colunas, foram omitidos por questões de espaço).

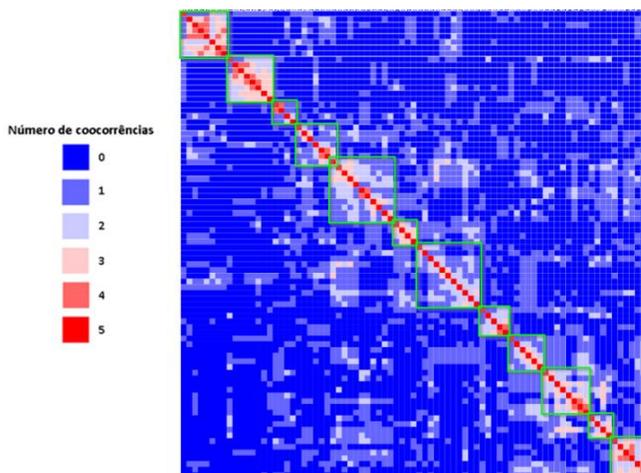


Figura 2. Matriz de coocorrência de heurísticas

Foi realizada uma análise em cada grupo formado e atribuído a eles um nome capaz de descrever, de forma satisfatória, cada heurística que o compõe. O nome atribuído foi inspirado nos nomes usados pelos participantes. Vale ressaltar que adequações precisaram ser feitas, transferindo algumas heurísticas para grupos mais alinhados a elas ou ainda fundindo grupos. Os grupos formados estão descritos a seguir:

Grupo 1 – Ajuda e gerenciamento de erros: Histórico [14]; Ajuda e documentação [9]; Prevenção de erros [9]; Proteção contra erros [13]; Ajudar usuários a reconhecer, diagnosticar e corrigir erros [9]; Orientação e ajuda [2]; Qualidade das mensagens de erros [13]; Correção de erros [13].

Grupo 2 – Interação e transformação de visões: Prover múltiplos níveis de detalhes [17]; Redução do conjunto de dados [2]; Ampliação e Redução, ou ainda aproximação e afastamento [14]; Filtro [14]; Detalhes sob demanda [14]; Navegação e consulta [2]; Visão geral [14]; Extrair [14].

Grupo 3 – Controle das ações e feedback: Explicitar ações do usuário [13]; Visibilidade do status do sistema [9]; Feedback imediato [13]; Permita customizações de mapeamentos visuais [4]; Controle do usuário [13]; Controle do usuário e liberdade [9]; Variáveis presentes na visualização devem ter tamanho adequado [17].

Grupo 4 – Redução do esforço visual cognitivo: Experiência do usuário [13]; Considerar Princípios de Gestalt [17]; Estática e design minimalista [9]; Elementos supérfluos [3]; Transição de estado [2]; Sobrecarga de elementos [3]; Use estética e simplicidade [4]; Integridade gráfica [3]; Legibilidade [13]; Apresente informações suplementares [4]; Reconhecimento ao invés de relembração [9]; Agrupar e distinguir itens por localização [13]; Agrupar e distinguir itens por formato [13]; Significado dos códigos [13]; Concisão [13]; Benefícios preatentivos aumentam com o campo de visão [17]; Esforço cognitivo [3]; Densidade de informação [13]; Remover elementos irrelevantes – tinta [17]; Flexibilidade [13]; Flexibilidade e eficiência de uso [9]; Instigação [13]; Ações mínimas [Scapin e Bastien, 13]; Compatibilidade do sistema com o mundo real [9]; Compatibilidade [13]; Atenda às expectativas do usuário típico [4].

Grupo 5 – Padrões e atenção: Movimentação [3]; Consistência e padrões [9]; Padrões e atenção [3]; Consistência [13].

⁵ Proven By Users é uma ferramenta de Card Sorting online, que permite arrastar cartões de uma determinada lista e agrupá-los de acordo com alguma semelhança. Ainda, permite gerenciar sessões de teste e exportar seus resultados. Disponível em: <https://provenbyusers.com/>

Grupo 6 – Facilidade para obter e derivar informação:

Determinar parâmetros do domínio [1]; Explicação multivariada [1]; Confirme hipóteses [1]; Expor incertezas [1]; Formular causa e efeito [1]; Relacionar [14]; Integrar texto quando for relevante [17]; Codificação de informações [2]; Organização espacial [2]; Concretizar relacionamentos [1].

Grupo 7 – Mapeamento visual: Limitações [2]; Excelência gráfica [3]; Mapeamento visual para dados ordinais [3]; Estimativa de quantidade requer variação de posição ou tamanho [17]; Mapeamento visual para dados quantitativos [3]; Mapeamento visual para dados categóricos [3]; Percepção e precisão [3]; Use mapeamentos entre escalas compatíveis [4].

Grupo 8 – Dimensões e densidade de dados: Complexidade cognitiva [2]; Não usar mais dimensões na representação visual que as existentes no conjunto de dados [17]; Colocar a maior quantidade de dados no menor espaço [17]; Limite para formas [3].

Grupo 9 – Uso apropriado de cores: Considerar pessoas com daltonismo [17]; Contraste local afeta percepção de cor e escala de cinza [17]; Não esperar uma ordem de leitura a partir das cores [17]; Percepção de cor varia com o tamanho do item colorido [17]; Matiz e intensidade [3]; Categoria e cores [3]; Use cores de maneira efetiva [4].

Também foram coletados *feedbacks* dos participantes a respeito de como foram suas experiências durante o experimento com Card Sorting. De forma resumida, os *feedbacks* recebidos foram: 1) garantir que a lista de heurísticas (*cards*) não contenha sequências de heurísticas de nomes similares e/ou mesmos autores, de modo que não se enviesasse o raciocínio do participante durante seu agrupamento; 2) além do nome da heurística, prover uma descrição mais clara e detalhada a ela, para que seja possível compreender seu real significado e categorizar os grupos de forma mais eficaz; 3) foi relatada certa dificuldade de compreensão de algumas heurísticas, devido ao fato de, ou não possuírem uma descrição clara, ou não possuírem descrição formal dada pelo autor.

6 CONCLUSÃO

Quando se iniciou o projeto de pesquisa, constatou-se que havia uma necessidade de refinar e reduzir o número de heurísticas de InfoVis disponíveis na literatura, dado que um grande número de heurísticas exige um grande esforço cognitivo de quem as utiliza e, conseqüentemente, torna seu uso mais suscetível a erros.

Diante desse cenário, a pesquisa teve como objetivo geral utilizar o conhecimento avançado de profissionais da InfoVis como base para gerar um novo conjunto de heurísticas que pudesse representar de forma satisfatória todas as heurísticas que o compõem. Conforme seção de resultados, constatou-se que os grupos de heurísticas foram gerados de acordo com a metodologia proposta e referencial teórico, portanto o objetivo geral foi atendido.

Ainda, conforme a metodologia desse trabalho, a hipótese a ser testada era se é possível utilizar uma sessão de Card Sorting online com diferentes pessoas, de diferentes lugares, para gerar insumos para a criação de um novo grupo de heurísticas. Dessa forma, a hipótese se confirma, uma vez que todos os métodos propostos para realização do Card Sorting foram realizados com sucesso e foi possível obter resultados positivos a partir deles.

Conclui-se que este trabalho contribuiu nesse sentido, propondo novo conjunto de heurísticas inspirado nos agrupamentos de profissionais de InfoVis. Trabalhos futuros incluem propor uma descrição a cada grupo e validar o conjunto proposto utilizando-o para avaliar sistemas de InfoVis, bem como expandir a pesquisa para envolver pesquisadores internacionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos pesquisadores voluntários e anônimos que cederam parte de seu valioso tempo para participar do experimento de Card Sorting descrito neste artigo.

REFERÊNCIAS

- [1] Amar, R.; 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.
- [2] Freitas, C. M. D. S.; Luzzardi, P. R. G.; Cava, R. A.; Winckler, M. A. A.; Pimenta, M. S.; Nedel, L. P. (2002). "Evaluating Usability of Information Visualization Techniques", *Proceedings of 5th Symposium on Human Factors in Computer Systems*, pp. 40–51.
- [3] Freitas, V. A. S. (2017), "Refinamento de Avaliação Heurística Para Visualização de Informação (InfoVis)", Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas.
- [4] Girardi, G. L. (2018), "Refinamento de Avaliação Heurística Para Visualização de Informação (InfoVis)", Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas.
- [5] Girardi, G. L. (2018), "Novo conjunto de heurísticas para Visualização da Informação", Relatório Final de Iniciação Científica. Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas.
- [6] Mazza, R. *Introduction to Information Visualization*. Springer, 2009.
- [7] Nielsen, J. (1994) "How to Conduct a Heuristic Evaluation", Nielsen Norman Group (NN/g). Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/>. Acesso em: 03/08/2020.
- [8] Nielsen, J. (2004) "Card Sorting: How Many Users to Test", Nielsen Norman Group (NN/g). Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/card-sorting-how-many-users-to-test/>. Acesso em: 03/05/2020.
- [9] Nielsen, J.; Mack, R. L. (1994) *Usability Inspection Methods*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- [10] Nielsen, J.; Molich, R. (1990) Teaching user interface design based on usability engineering. *ACM SIGCHI Bulletin*. doi.org/10.1145/67880.67885
- [11] Oliveira, M. R. de. (2017) "Adaptação da Avaliação Heurística para uso em Visualização de Informação". Dissertação de Mestrado. Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas.
- [12] Rocha, H. V.; Baranauskas M. C. C. (2003). Design e avaliação de interfaces humano-computador. Campinas, SP: NIED/UNICAMP.
- [13] Scapin, D. L.; 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.
- [14] 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.
- [15] Spencer, D.; Warfel, T. (2004) "Card Sorting: A Definitive Guide", Boxes and Arrows. Disponível em: <http://boxesandarrows.com/card-sorting-a-definitive-guide/>. Acesso em: 03/05/2020.
- [16] Ward, M.; Grinstein, G.; Keim, D. *Interactive Data Visualization – Foundations, Techniques, and Applications*. A K Peters, 2010.
- [17] Zuk, T.; Carpendale, S. (2006) "Theoretical analysis of uncertainty visualizations", *Electronic Imaging 2006*, 6060(March), pp. 1–14. doi: 10.1117/12.643631.
- [18] Silva, C. G. (2014). "Visualização de Informação: introdução e influências de IHC." In: *Livro dos Tutoriais do XIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC 2014)*, p. 79-108.
- [19] Silva, C. G., Melo, M. F., Silva, F. P., Meidanis, J. PQR Sort - Using PQR trees for binary matrix for binary matrix reorganization. *Journal of the Brazilian Computer Society*. 20. 3. 10.1186/1678-4804-20-3.