

Raissa dos Santos Barcellos

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E INTERPRETABILIDADE DE
VISUALIZAÇÕES DE DADOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: ENGENHARIA DE SISTEMAS E INFORMAÇÃO.

Orientador: Prof. Dr. José Viterbo Filho
Coorientadora: Prof. Dr. Flávia Bernardini

Niterói
2017

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

B242 Barcellos, Raissa dos Santos
Avaliação da qualidade e interpretabilidade de visualizações de dados / Raissa dos Santos Barcellos. – Niterói, RJ : [s.n.], 2017.
87 f.

Dissertação (Mestrado em Computação) - Universidade Federal Fluminense, 2017.

Orientadores: José Viterbo Filho, Flávia Bernardini.

1. Visualização de dados. 2. Interpretação de dados. 3. Interação homem-máquina. I. Título.

CDD 006.69

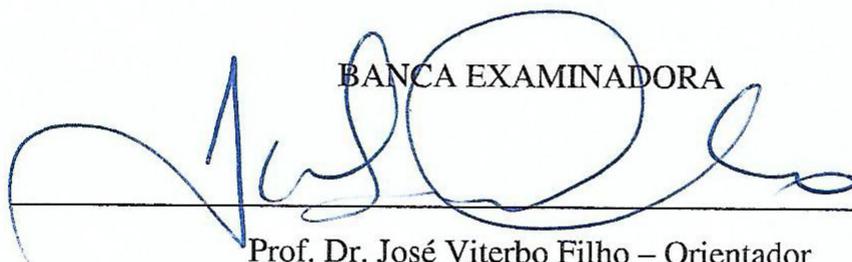
RAISSA DOS SANTOS BARCELLOS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E INTERPRETABILIDADE DE
VISUALIZAÇÕES DE DADOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: ENGENHARIA DE SISTEMAS E INFORMAÇÃO.

Aprovada em agosto de 2017.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Viterbo Filho – Orientador



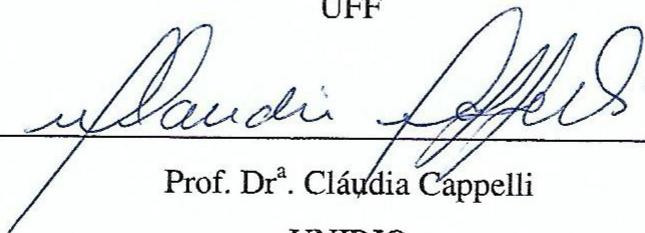
Prof. Dr.ª Flávia Bernardini – Coorientadora

UFF



Prof. Dr.ª Daniela Trevisan

UFF



Prof. Dr.ª Cláudia Cappelli

UNIRIO

Niterói

2017

"In the face of doubt, openness prevails." (Holder, 2009)

RESUMO

Ferramentas para exploração, análise e descoberta de novos conhecimentos são a chave para permitir que uma grande quantidade de dados faça mais sentido para os cidadãos. Porém, os dados não são compreendidos de maneira eficiente quando são utilizadas apenas representações visuais comuns, como tabelas e listas. Grandes conjuntos de dados são melhores assimilados quando contamos com visualizações mais elaboradas, que permitam encontrar padrões e reconhecer correlações entre variáveis. Construir e utilizar visualizações de dados que sejam claras, precisas, eficientes e coerentes pode ser uma solução muito poderosa para identificar tendências e destacar outliers, por exemplo. Porém, desorientação e má interpretação diante dos leitores é um problema recorrente quando utilizamos visualização. Cada vez mais, percebe-se a necessidade de prover ao cidadão visualizações de dados melhor interpretáveis, que passem informações mais claramente ao usuário. Neste trabalho, são apresentadas propostas de duas avaliações – a avaliação da qualidade da apresentação de visualizações e a avaliação da interpretabilidade de visualizações. Para facilitar o entendimento e uso desses instrumentos, propõe-se também um processo que define os passos que devem ser executados para a realização de cada uma das duas atividades de avaliação. A finalidade deste processo é permitir que seus utilizadores criem melhores visualizações, tornando os dados, nelas representados, compreensíveis, reconhecíveis, e interpretáveis aos usuários, de maneira eficiente e acurada. Experimentos com usuários de diversos perfis foram realizados com o intuito de validar as avaliações propostas. Em posse dos resultados dos experimentos, concluiu-se que é possível utilizar as duas avaliações para mensurar tanto a qualidade da apresentação de visualizações, quanto a interpretabilidade das mesmas. Logo, melhorar a geração de visualização de dados como um todo, utilizando as avaliações propostas neste trabalho é uma aspiração factível.

Palavras-chave: Visualização de dados, Transparência pública, Interpretabilidade.

ABSTRACT

Tools for exploration, analysis and discovery of new knowledges are the key to enabling a large amount of data to make more sense to citizens. However, data is not understood efficiently when only common visual representations, such as tables and lists, are used. Large datasets are best assimilated when we have more elaborate visualizations that allow us to find patterns and recognize correlations between variables. Building and using data visualizations that are clear, accurate, efficient and consistent can be a very powerful solution for identifying trends and highlighting outliers, for example. However, disorientation and misinterpretation of readers is a recurring problem when we use visualization. Increasingly, we realize the need to provide citizens with better interpretable data visualizations, which show information more clearly to the user. In this paper, we propose two novel evaluations of visualizations – the presentation quality assessment and the interpretability assessment. To facilitate the understanding and use of these instruments, we proposed also a process that defines the steps that must be taken to carry out each of the two evaluation activities. The purpose of this process is to enable its users to create better views, making the data understandable, recognizable, and interpretable to readers in an effective and accurate manner. We carried out experiments with users from diverse backgrounds to validate the proposed approaches. Based on the results of the experiments, we could conclude that it is possible to use the two evaluation methods to measure both the presentation quality the interpretability of visualizations. Therefore, using the evaluation methods proposed in this work to improve the creation of data visualizations as a whole, is a feasible aspiration.

Keywords: Data visualization, Public transparency, Interpretability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. SIG de Transparência. Fonte: Aló, 2009.....	18
Figura 2. Degraus de Transparência. Fonte: Aló, 2009.....	18
Figura 3. Exemplo de má visualização – “Benefício da Prestação Continuada para os estados brasileiros”.....	22
Figura 4. Exemplo de má visualização – “Valores de transferências voluntárias da União divididos por estados brasileiros”.....	23
Figura 5. Base perceptual e cognitiva da visualização de dados Fonte: Lee, 1998 adaptada para o português.....	25
Figura 6. Fluxo de Dados no Modelo de Interação Humano-Dados (IHD).....	25
Figura 7. Ilustração do processo.....	39
Figura 8. Visualização 1 – Gráfico de linhas correspondente à quantidade de acidentes de trânsito com vítima com relação aos meses do ano.....	42
Figura 9. Visualização 2 – Gráfico de dispersão correspondente à relação entre População e Taxa de analfabetismo para alguns municípios de Minas Gerais.....	42
Figura 10. Visualização 3 – Gráfico de colunas correspondente a alguns municípios do estado de Minas Gerais com sua respectiva quantidade de crianças nascidas vivas em determinado mês.....	43
Figura 11. Visualização aprimorada - Gráfico de linhas correspondente à quantidade de acidentes de trânsito com vítima.....	46
Figura 12. Visualização aprimorada - Gráfico de dispersão correspondente à relação entre População e Taxa de analfabetismo para alguns municípios de Minas Gerais.....	46
Figura 13. Visualização aprimorada - Gráfico de barras correspondente a alguns municípios do estado de Minas Gerais com sua respectiva quantidade de crianças nascidas vivas em determinado mês.....	47
Figura 14. Comparação entre as visualizações – Acurácia.....	49
Figura 15. Comparação entre as visualizações – Tempo por resposta.....	50
Figura 16. Comparação entre as visualizações – Dificuldade.....	51
Figura 17. Comparação entre as visualizações – Segurança.....	52
Figura 18. Diferença do fator rapidez entre as versões.....	55
Figura 19. Diferença do fator acurácia entre as versões.....	56
Figura 20. Diferença do fator dificuldade entre as versões.....	56
Figura 21. Diferença do fator segurança entre as versões.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de características da transparência e suas definições.....	17
Tabela 2. Tabela de fatores utilizados para análise estatística.....	36
Tabela 3. Heurística utilizada, problemas encontrados e solução aplicada para o gráfico de linhas.....	43
Tabela 4. Heurísticas utilizadas, problemas encontrados e soluções aplicadas para o gráfico de dispersão.....	44
Tabela 5. Heurísticas utilizadas, problemas encontrados e soluções aplicadas para o gráfico de colunas.....	44
Tabela 6 – Média de acurácia (%)......	49
Tabela 7. Média de tempo de resposta (min).....	50
Tabela 8. Média de dificuldade (1 -5).....	51
Tabela 9. Média de segurança (1 -5).....	52
Tabela 10. Interpretabilidade do gráfico de linhas (1 -5).....	53
Tabela 11. Interpretabilidade do gráfico de dispersão (1 -5).....	53
Tabela 12. Interpretabilidade do gráfico de colunas/barras (1 -5).....	53
Tabela 13. Teste de U de Mann-Whitney (Tempo de resposta).....	54
Tabela 14. Teste de U de Mann-Whitney (Acurácia).....	54
Tabela 15. Teste de U de Mann-Whitney (Dificuldade).....	54
Tabela 16. Teste de U de Mann-Whitney (Segurança).....	54

SUMÁRIO

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos.....	15
1.2 Metodologia	15
1.3 Contribuições obtidas e Delimitação da Pesquisa	16
1.4 Organização do trabalho	16
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Transparência pública.....	18
2.2 Visualização de dados em forma gráfica	23
2.3 Qualidade da apresentação de visualizações em forma gráfica.....	24
2.4 Interpretabilidade de dados.....	26
2.5 Abordagens para avaliação de visualizações.....	29
2.5.1 “Questionnaires for Evaluation in Information Visualization” (Forsell;Cooper,2012).....	30
2.5.2 “EvalBench: A Software Library for Visualization Evaluation” (Aigner; Hoffman; Rind, 2013).....	30
2.5.3 “Heuristics for Information Visualization Evaluation” (Zuk et al,2006)	31
CAPÍTULO 3 –AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO	33
3.1 Discussão preliminar	33
3.2 Questionário de avaliação da qualidade da apresentação	34
CAPÍTULO 4 –AVALIAÇÃO DA INTERPRETABILIDADE	37
4.1 Discussão preliminar	37
4.2 Questionário de caracterização do usuário	38
4.3 Questionário de avaliação da interpretabilidade.....	38
4.4 Conclusões sobre a avaliação e estatísticas	39
CAPÍTULO 5 – UM PROCESSO PARA CRIAÇÃO DE VISUALIZAÇÕES DE DADOS	40
5.1 Discussão preliminar	40

5.2 Descrição do processo	40
5.2.1 Criação da visualização original	40
5.2.2 Aplicação do questionário de avaliação da qualidade da apresentação.....	42
5.2.3 Geração da visualização aprimorada	42
5.2.4 Criação do questionário de caracterização do usuário.....	42
5.2.5 Criação do questionário de avaliação da interpretabilidade	42
5.2.6 Aplicação do Questionário de Caracterização do Usuário	43
5.2.7 Aplicação do Questionário de Avaliação da Interpretabilidade	43
5.2.8 Conclusões sobre a avaliação e estatísticas	43
CAPÍTULO 6 – EXPERIMENTO COM OS USUÁRIOS	44
6.1 Trabalho aceito no 18th Annual International Conference on Digital Government Research (dg.o 2017)	44
6.2 Passos do segundo experimento realizado.....	44
6.2.2 Criação da visualização original	44
6.2.3 Aplicação da avaliação da qualidade da apresentação.....	47
6.2.4 Geração da visualização aprimorada	48
6.2.5 Criação dos questionários de caracterização e da avaliação da interpretabilidade	50
6.2.6 Aplicação do questionário de caracterização.....	50
6.2.7 Aplicação da avaliação da interpretabilidade	51
6.2.8 Resultados e conclusões sobre o experimento REALIZADO.....	51
6.2.8.1 Análise das diferenças entre as versões das visualizações	51
6.2.8.2 Análise Estatística das diferenças	56
6.2.8.3 Análise do comportamento dos fatores mediante AS versões.....	57
6.2.8.4 Análise das diferenças entre os gêneros	60
6.2.8.5 Considerações finais sobre o experimento	61
CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	62
REFERÊNCIAS	65

ANEXO A	67
ANEXO B	69
ANEXO C	80
ANEXO D	82

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

O movimento de dados abertos é uma força emergente relativamente nova, expressiva e relevante. A ideia principal é que os dados públicos devem estar disponíveis em formato eletrônico e acessíveis por meio da Internet. Esse movimento visa disponibilizar dados locais, regionais e nacionais de maneira que a população possa manipulá-los diretamente, utilizando ferramentas de software para fins de tabulação, visualização, mapeamento, entre outros. Tais dados podem ser coletados de maneira direta, por meio da contagem e da recolha periódica de informações relativas à população (censo) ou de maneira indireta, por meio de estatísticas geradas por atividades secundárias (estatísticas sobre saúde, criminalidade, entre outros) (Gurstein, 2011).

O movimento de dados abertos é o primeiro passo para levar à transparência pública (Aló, 2009). A rogativa para uma maior abertura e transparência tem sido percebida pelos governos de todo mundo. Atualmente, há diversas reuniões governamentais, debates, campanhas e processos judiciais para trazer uma maior responsabilidade aos governos diante dos cidadãos. No contexto brasileiro, em 2011 foi sancionada a lei de acesso à informação – lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011 –, que define que, dentre outros tantos aspectos, as informações devem ser disponibilizadas de maneira primária, íntegra, autêntica e atualizada em todos os órgãos públicos, empresas de economia mista, dentre outros, na União, Estados, Distrito Federal e Municípios. No entanto, ainda há um longo caminho para que os dados considerados públicos estejam disponibilizados para a população. Ainda, dentre algumas exigências está um maior acesso às grandes bases de dados mantidas pelas próprias autoridades administrativas (Belkinds; Misha; Swanson, 2014).

Por outro lado, o Brasil subiu quatro posições no Open Data Barometer 2015, ocupando a primeira posição na América do Sul e alcançando o 17º lugar no índice que mensura a influência das iniciativas de dados abertos no mundo. Na América do Sul, ainda neste índice o Brasil vem seguido do Uruguai (19º), Colômbia (28º) e Chile (30º). Segundo o secretário de Tecnologia da Informação do governo federal, Cristiano Heckert (Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2016): “O Ministério do Planejamento tem feito muitos esforços para promover a abertura e uso de dados junto aos órgãos que compõem toda a Administração Pública Federal. Saber que o Brasil tem se destacado em rankings internacionais na área de dados abertos traz uma injeção de ânimo para nós que estamos trabalhando por um governo com foco no cidadão, mais transparente e 100% digital”.

Um dos principais pilares para um maior envolvimento do cidadão nos processos decisórios está no acesso a dados públicos, que devem ser disponibilizados de forma completa

(Gurstein, 2011). No entanto, a crescente geração e coleta de dados criou um ecossistema complexo, colaborativo, mas também bastante agressivo, em torno de empresas e indivíduos envolvidos na utilização de dados públicos (Mortier, 2014). Ainda, como a disponibilização de dados é apenas uma condição mínima necessária para que se possa atingir a transparência, é importante que o cidadão tenha à disposição ferramentas que facilitem o acesso e a interpretação desses dados. Observando apenas os dados brutos, não se consegue perceber relações de causa e efeito entre os dados, nem relações entre grandezas distintas. Ações como reconhecer padrões, estabelecer correlações, diretas ou indiretas e estabelecer inferências sobre os dados são tarefas que o olho humano dificilmente se mostra eficiente. Algoritmos de recuperação e manipulação de dados podem auxiliar a sanar essa dificuldade.

Visualizações de dados é uma das vertentes, e um tema bem estudado na área de Interação Humano-Dados (IHD). O potencial de visualização de dados, para revelar aspectos associados ao processamento de dados (dados, algoritmos, inferências), pode apresentar desafios. Uma possível solução é envolver os desenvolvedores na tentativa de transformar esses conceitos abstratos (dados, algoritmos, inferências) legíveis aos usuários (Mortier, 2014). Ainda, a visualização de dados permite que a informação seja mais compreensível (Lee; Vickers, 1998) (Lee; Butavicius; Reilly, 2003) o que vai ao encontro de uma das características da transparência. Isso pois os dados dificilmente são compreendidos de maneira eficiente quando são utilizadas apenas representações visuais comuns, como tabelas e listas. Grandes conjuntos de dados são melhores assimilados quando são utilizadas ferramentas sofisticadas de visualização para encontrar padrões neles, e reconhecer correlações entre grandezas. Os sites podem disponibilizar aos usuários imagens cuidadosamente selecionadas para transmitir tais padrões, ou podem permitir ao usuário que escolha exatamente quais dados exibir e como. A visualização de dados é um campo ativo de pesquisa, muito prática, e tornou-se uma área vital de ensino e desenvolvimento (Robinson, 2009) (Prakash, 2016).

Existe uma elevada quantidade de técnicas de visualização que podem ser utilizadas em visualizações de dados. Na Literatura, Edward Tufte detalhou vários exemplos de técnicas de visualizações de dados que vêm sido usadas por muitos anos (Tufte, 1983) (Tufte, 1991). Algumas técnicas conhecidas de visualização apresentadas por Tufte foram: geométricas, baseadas em ícones, orientadas por pixel, hierárquicas, baseadas em grafos e híbridas. Essas técnicas complementam visualizações comuns, e podem ser combinadas a princípios básicos de visualização, para implementar uma visualização específica e mais rebuscada, de acordo com o contexto dos dados (Keim, 2002).

Cada vez mais, percebemos a necessidade de prover ao cidadão visualizações de dados mais facilmente interpretáveis, ou seja, que passem a ele informações mais claras, de forma que ele consiga internalizar todo o conhecimento sugerido a partir daquela representação visual (Lee; Vickers, 1998). No entanto, desconhecemos trabalhos que indiquem qual visualização é mais adequada para um tipo de problema e para um perfil de usuário. Assim, há uma lacuna, no cenário atual, no que tange à criação de um conjunto sequencial e particular de ações para analisar as visualizações de dados nesse sentido. Na literatura são apresentadas algumas avaliações de usabilidade para analisar as interfaces gráficas de ferramentas e plataformas que utilizam visualização de informação (Forsell; Cooper, 2012) (Aigner; Hoffman; Rind, 2013) (Zuk et al, 2006).

Usabilidade é um termo utilizado para explicar a facilidade com que as pessoas podem empregar uma ferramenta, a fim de atuar em uma tarefa específica (Nielsen, 1994). Porém, somente a usabilidade não é capaz de indicar se a visualização se tornou mais eficiente para o usuário compreender a informação associada (Bibal; Frénay, 2016). Para o problema abordado, é importante avaliar a interpretabilidade, isto é, em que nível a compreensão do usuário sobre o tópico evoluiu com as visualizações de dados mais elaboradas que listas e tabelas. Deve-se notar que esses dois conceitos, interpretabilidade e usabilidade estão fortemente ligados, mas não sinônimos. Uma visualização pode ser considerada boa em termos de usabilidade, embora não seja interpretável, porém para ser interpretável, a visualização deve possuir boa usabilidade (Bibal; Frénay, 2016). Além de fatores como eficiência e eficácia, uma visualização interpretável deve ser também compreensível e justificável (elementos que não medimos em uma avaliação de usabilidade), ou seja, a visualização deve estar compatível com a percepção e cognição do usuário. (Bibal; Frénay, 2016).

Nesse cenário, a interpretabilidade é fundamental, que pode ser entendida como a qualidade de uma visualização em permitir que o usuário reconheça e entenda os dados nela representados (Bibal; Frénay, 2016). Logo, é importante ter instrumentos de avaliação capazes de analisar a qualidade (boa capacidade da visualização em si e não dos dados utilizados) e a interpretabilidade de visualizações, tendo em vista que não existem instrumentos capazes de realizar tais tarefas com a finalidade de prover ao usuário uma visualização mais eficiente e melhor interpretável, onde o mesmo consiga adotar ou incorporar inconscientemente o contexto dos dados observando apenas sua representação gráfica.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar tanto a qualidade da apresentação quanto a interpretabilidade de visualizações em forma gráfica. Nesse escopo, os objetivos específicos são:

1. Identificar a capacidade de interpretação de dados por meio de visualizações de dados em forma gráfica, por parte do cidadão;
2. Aprofundar os conceitos de Transparência Pública, Visualização de dados e Interpretabilidade;
3. Apresentar um instrumento de avaliação para analisar a qualidade de apresentação de visualizações, composto por um conjunto de heurísticas;
4. Apresentar um instrumento de avaliação para mensurar a interpretabilidade de visualizações de dados;
5. Apresentar um processo que descreve como os instrumentos devem ser utilizados;
6. Avaliar os instrumentos de avaliação.

1.2 METODOLOGIA

A pesquisa realizada neste trabalho pode ser classificada como exploratória. Isso porque foi necessário obter maior familiaridade com o problema proposto, com vistas a torná-lo mais explícito. Especificamente, como esse trabalho visa disponibilizar um processo, ainda inexistente na literatura, capaz de avaliar a interpretabilidade de visualizações gráficas, dentro desse escopo é necessário identificar a capacidade de interpretação de dados por meio de visualizações por parte do cidadão. Quanto à abordagem de pesquisa, este trabalho realizou uma pesquisa qualitativa. Essa opção se justifica porque essa abordagem está mais relacionada ao levantamento de dados sobre um grupo, preocupando-se em compreender e interpretar determinados comportamentos e entendimentos. Na aplicação do processo proposto, há a necessidade de entender a percepção do cidadão quanto às visualizações, compreender suas percepções e analisá-las.

Enquanto procedimento, esse trabalho foi realizado por meio de observação direta extensiva, porque permite a coleta de dados mediante uma série de perguntas que devem ser respondidas sem a presença do pesquisador. Esse procedimento pode ser realizado a partir de formulários e questionários. Nesse caso, foi utilizado o questionário para coleta de dados. O questionário permite levantar informações diversas como opiniões, crenças e percepções; economiza tempo, viagens, atinge maior número de pessoas simultaneamente e obtém respostas mais rápidas e exatas (Banissi, 2014). Como fonte de informação, uma pesquisa

bibliográfica foi realizada na fase inicial deste trabalho, a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas. Verificamos a existência de conceitos comuns de termos como transparência pública e interpretabilidade a fim de recolher informações ou conhecimentos prévios.

1.3 CONTRIBUIÇÕES OBTIDAS E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A principal contribuição deste trabalho está em disponibilizar instrumentos de avaliação (i) da qualidade e (ii) da interpretabilidade de visualizações de dados construída. Para contextualizar e construir tais ferramentas, foi necessário estudar aspectos relacionados a transparência pública, dados abertos, visualização de dados e IHD. Assim, o Capítulo 2 deste trabalho apresenta o referencial teórico do ponto de vista de construção de visualizações de dados para o cidadão, o que também é uma contribuição deste trabalho. O conceito de interpretabilidade também é apresentado, com base em outras definições encontradas na literatura. Inicialmente, foram realizados alguns experimentos para iniciar a exploração da compreensão do problema de interpretabilidade das visualizações de dados mais complexas que listas e tabelas. Esses resultados iniciais foram publicados no 18th Annual International Conference on Digital Government Research, realizado em junho de 2017 (Barcellos, 2017). A partir desses resultados que foi possível construir os instrumentos apresentados nesta dissertação.

Ambos os instrumentos foram avaliados no domínio de transparência pública e estão limitadas às visualizações em forma gráfica. Nos experimentos aqui relatados, foi considerado somente um perfil de usuário – estudantes de ensino médio de 15 a 18 anos. Foram selecionados usuários do gênero masculino e feminino em números iguais. Para atingir o primeiro objetivo específico citado na Seção 1.2 – “Identificar a capacidade de interpretação de dados por meio de visualizações de dados em forma gráfica, por parte do cidadão” – é necessário que a avaliação seja expandida (i) para outros perfis de usuários; e (ii) considerando outros tipos de visualização mais elaborados.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Além desta introdução, a dissertação está organizada em mais 6 Capítulos. No Capítulo 2 iremos apresentar conceitos importantes para o entendimento deste estudo, como Transparência pública, Visualização de dados e Interpretabilidade de dados. No Capítulo 3 discutiremos uma proposta de avaliação da qualidade da apresentação em visualizações de dados no domínio de transparência pública. No capítulo 4 discutiremos uma proposta de avaliação da interpretabilidade em visualizações de dados no domínio de transparência

pública. No Capítulo 5 discutiremos um processo que define os passos que devem ser executados para cada uma das duas atividades de avaliação. No Capítulo 6 será apresentada uma validação das avaliações anteriormente discutidas, a fim de validar as mesmas através de algum instrumento de coleta de informação. No Capítulo 7 serão expostas as considerações finais sobre o trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

Antes de introduzir e descrever o método de avaliação da interpretabilidade e apresentar o experimento realizado, juntamente às conclusões obtidas, é preciso entender como tudo isso está relacionado a conceitos como Transparência Pública, Visualização de dados, Qualidade na Apresentação de Visualizações e Interpretabilidade de dados. Neste capítulo apresentamos uma explicação sobre todos esses conceitos mencionados, além de apontar alguns trabalhos que serviram como base para a elaboração do método proposto.

2.1 TRANSPARÊNCIA PÚBLICA

Conforme mencionado anteriormente, a rogativa para uma maior abertura e transparência de dados tem sido percebida pelos governos de todo mundo. Hoje em dia, existem vários portais de dados abertos, proporcionando acesso a grandes volumes de dados, em números que crescem rapidamente em todo o mundo. Essa é uma consequência da grande quantidade de informações públicas continuamente geradas, que podem se referir às finanças, à saúde, ao desenvolvimento humano, dentre outros. Essa abertura se deve à crescente adesão aos conceitos de transparência pública. Com isso, torna-se essencial entendermos a definição de transparência, para que tal termo possa ser completamente compreendido mediante ao cenário que vivemos atualmente.

As múltiplas interpretações subjetivas do termo "transparência" e conceitos relacionados, como "*accountability*" (responsabilidade com ética) e "interpretabilidade", compõem um problema no cenário promissor das iniciativas em transparência pública no qual estamos vivendo. Muitos autores têm teorizado sobre as propriedades conceituais da transparência. Porém, a comoção acadêmica sobre a transparência vem tentando sustentar algum entendimento coletivo sobre o conceito, por exemplo, o que constitui a transparência, o que funciona e não funciona e como agir para identificá-la e avaliá-la.

Para Davis (1998), a transparência pode ser interpretada como "levantar o véu do sigilo". Já para Den Boer (1998), transparência é "a capacidade de olhar claramente através das janelas de uma instituição". Birkinshaw (2006) salienta que "transparência é a conduta dos assuntos públicos ao ar livre ou submetida ao escrutínio público". Black (1997) afirma o que a transparência não é: "Transparência é contrastada com medidas políticas opacas, onde é difícil descobrir quem toma as decisões, o que elas são, quem ganha e quem perde".

(Aló, 2009) identificou, após um extenso levantamento bibliográfico, que o termo transparência possui algumas definições que se encontram em domínios distintos ou até no mesmo domínio. Por exemplo, na área da comunicação, a expressão é definida como a

abertura dos canais de comunicação de uma organização (pública ou privada) para sua audiência (população, empregados e outros interessados), sem coerção de informações. Já, segundo a Organização de Cooperação para o Desenvolvimento Econômico, a transparência fortalece a relação entre governo e cidadão. Essa relação se torna viável por meio de informação completa, objetiva, confiável, relevante e de fácil acesso. Holzner (2006) declara que a transparência é “o valor social aberto e/ou individual de acesso às informações detidas e divulgadas por centros de autoridade” e “a ideia de uma sociedade aberta é de uma democracia com cidadãos alertas, engajados e capazes de entender e usar as informações acessíveis para eles”. Por meio do levantamento bibliográfico de (Aló, 2009), foram observadas algumas expressões que auxiliam na identificação da definição de transparência, como:

- Informação completa: Todas as informações devem estar disponíveis sem qualquer restrição, coerção e impedimento;
- Informação objetiva: A informação deve ser prática e direta, respondendo diretamente às perguntas realizadas;
- Informação confiável: A informação é correta, fidedigna.
- Informação de qualidade: A informação é consistente, plausível, coerente, íntegra.
- Acesso fácil à informação: A ferramenta utilizada para acessar a informação deve ter tempo de resposta e funcionalidade apropriadas.
- Compreensão da informação: Não há hesitação em compreender a informação de forma eficiente.
- Canais abertos de comunicação: O acesso à informação necessita ser livre e fácil.

A partir dessas definições, (Aló, 2009) buscou referências na Literatura com o intuito de poder estruturar formalmente uma organização para as características citadas acima e propor uma definição que possibilitasse satisfazer as condições atuais para o termo. Com isso, foram criados cinco principais grupos de características e se percebeu uma dependência entre eles. Os grupos são: acessibilidade, usabilidade, informativo, entendimento e auditabilidade. Dentro destes grupos, outros conceitos são definidos e estruturados através de relacionamentos, ou seja, alguns grupos de características têm como pré-requisito outro grupo, dando origem a uma tabela de definições (Tabela 1) e a um SIG (*Softgoal Interdependency Graph*), apresentado na Figura 1.

Tabela 1 - Tabela de características da transparência e suas definições

CARACTERÍSTICAS	DEFINIÇÕES
Acessibilidade	Capacidade de obtenção.
Acurácia	Capacidade de execução isenta de erros sistemáticos.
Adaptabilidade	Capacidade de mudar de acordo com as circunstâncias e necessidades.
Amigabilidade	Capacidade de uso sem esforço.
Atualidade	Capacidade de estar no estado atual.
Auditabilidade	Capacidade de exame analítico.
Clareza	Capacidade de nitidez e compreensão.
Comparabilidade	Capacidade de ser comparado.
Completeza	Capacidade de não faltar nada do que pode ou deve ter.
Compositividade	Capacidade de construir ou formar a partir de diferentes partes.
Concisão	Capacidade de ser resumido.
Consistência	Capacidade de resultado aproximado de várias medições de um mesmo item.
Controlabilidade	Capacidade de ter domínio.
Corretude	Capacidade de ser isento de erros.
Dependência	Capacidade de identificar a relação entre as partes de um todo.
Desempenho	Capacidade de operar adequadamente.
Disponibilidade	Capacidade de ser utilizado no momento em que se fizer necessário.
Divisibilidade	Capacidade de ser particionado.
Divulgação	Capacidade de ser apresentado.
Entendimento	Capacidade de alcançar o significado e o sentido.
Explicável	Capacidade de informar a razão de algo.
Extensibilidade	Capacidade de utilização em mais de um caso.
Informativo	Capacidade de prover informações de qualidade.
Integridade	Capacidade de ser correto e imparcial.
Intuitividade	Capacidade de ser utilizado sem aprendizado prévio.
Operabilidade	Capacidade de estar operacional.
Portabilidade	Capacidade de ser usado em diferentes ambientes.
Rastreabilidade	Capacidade de seguir o desenvolvimento de um processo ou a construção de uma informação, suas mudanças e justificativas.
Simplicidade	Capacidade de não apresentar dificuldades e obstáculos.
Uniformidade	Capacidade de manter única a forma.
Usabilidade	Capacidade de uso
Validade	Capacidade de ser testado por experimento ou observação para identificar se o que está sendo feito é correto.
Verificabilidade	Capacidade de identificar se o que está sendo feito é o que deve ser feito.

Fonte: (Aló, 2009)

Essas características são importantes para se ter uma ideia geral sobre os itens que compõem o conceito de transparência. (Aló, 2009) apresentou então um grafo, denominado *Softgoal Interdependency Graph* (SIG), que define as interdependências das características apresentadas. O SIG definido apresenta portanto a interdependência sem explicitar o que deve ou não ser implementado, apesar de as características serem metas gerais a serem atingidas (*softgoal*). Na Figura 1 é apresentado o SIG da transparência, definido por (Aló, 2009). É importante observar que as características foram associadas a cinco características mais gerais, que são acessibilidade (*accessability*), usabilidade (*usability*), capacidade de ser informativo (*informativeness*), entendimento (*understandability*) e auditabilidade (*auditability*), e que todas essas auxiliam (*help*) a transparência. A partir dessas cinco

características mais gerais, Aló (2009) também definiu construiu o chamado "Degraus de Transparência", representado na Figura 2. Assim sendo, os degraus para atingir a transparência são Acessibilidade, Usabilidade, Informativo, Entendimento e Auditabilidade, na mesma ordem de leitura do SIG da transparência da esquerda para a direita.

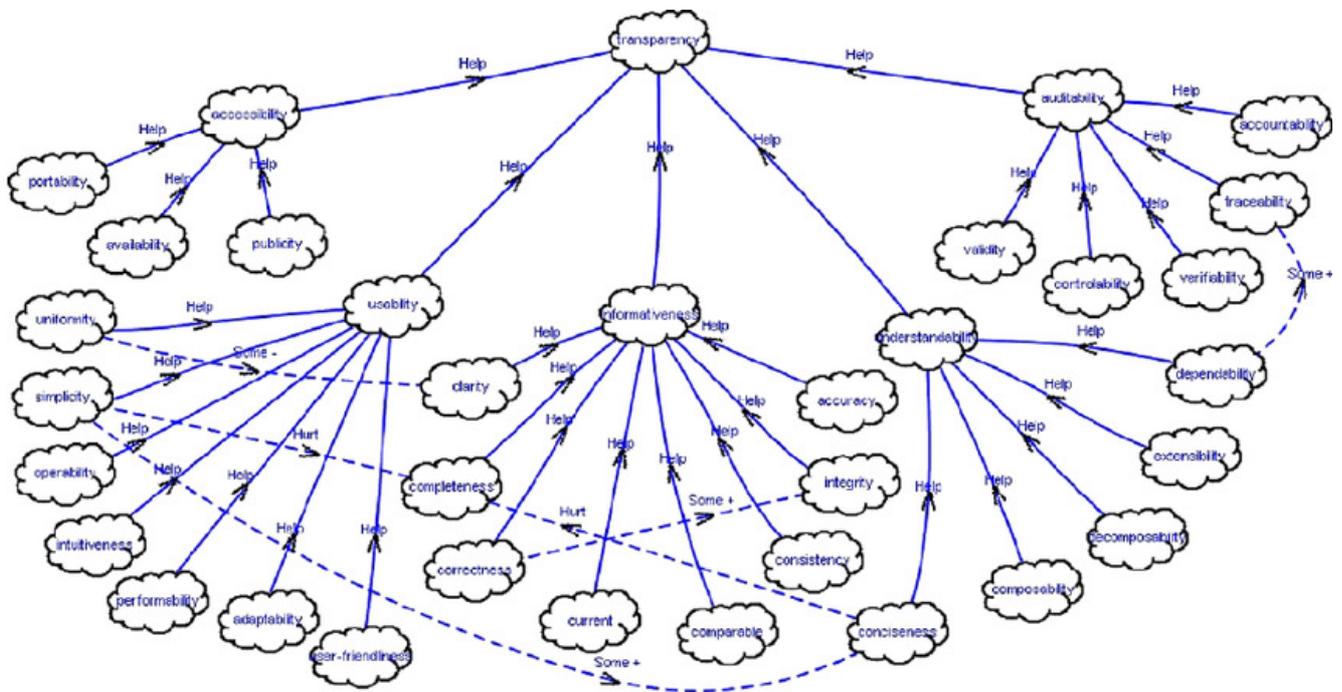


Figura 1. SIG de Transparência. Fonte: Aló, 2009

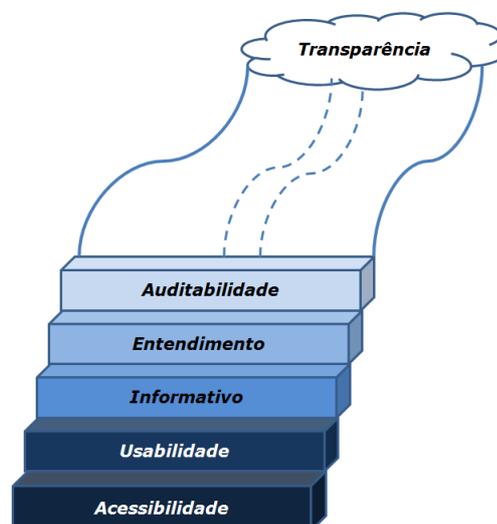


Figura 2. Degraus de Transparência. Fonte: Aló, 2009

Podemos explicar os graus (ou degraus da Figura 2) da seguinte maneira:

- Grau 1 (Acessibilidade): A capacidade de acesso à informação é essencial à transparência;
- Grau 2 (Usabilidade): As facilidades de uso são essenciais à realização da transparência;
- Grau 3 (Informativo): A qualidade da informação é essencial à realização da transparência;
- Grau 4 (Entendimento): A capacidade de alcançar o significado e o sentido é essencial à realização da transparência; e
- Grau 5 (Auditabilidade): A capacidade do exame analítico é essencial à realização da transparência.

Logo, para uma boa capacidade de transparência, a informação deve ser acessível, usável, informativa, entendível e auditável. Com a apresentação de todas estas características, (Aló, 2009) define um conceito completo de transparência em um contexto geral, e mais especificamente no contexto social. As definições até aqui apresentadas são fundamentais para contextualizar este trabalho, e para compreensão de sua contribuição na área de pesquisa. É importante considerarmos que, quando o governo é visto como uma organização, ele necessita dar transparência aos cidadãos, o que pode auxiliar em maior estabilidade política, e ainda limitar a corrupção. A lei da Transparência (Lei Complementar 131/2009) alterou a redação da Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) no que se refere à transparência da gestão fiscal. O texto determina que sejam disponíveis, em tempo real, informações pormenorizadas sobre a execução orçamentária e financeira da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Já a lei de acesso à informação (Lei n. 12.527, de 18 de novembro de 2011) “dispõe sobre os procedimentos a serem observados pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios para garantir o acesso às informações”, e estabelece que os cidadãos têm direitos de obter, dentre outros itens, “informação sobre atividades exercidas pelos órgãos e entidades, inclusive as relativas à sua política, organização e serviços”; e “informação pertinente à administração do patrimônio público, utilização de recursos públicos, licitação, contratos administrativos; e informação relativa a) à implementação, acompanhamento e resultados dos programas, projetos e ações dos órgãos e entidades públicas, bem como metas e indicadores propostos; e b) ao resultado de inspeções, auditorias, prestações e tomadas de contas realizadas pelos órgãos de controle interno e externo, incluindo prestações de contas relativas a exercícios anteriores”. Define ainda, que há o direito de se obter “informação de maneira primária, íntegra, autêntica e atualizada”. No entanto, ainda há um trabalho longo de conscientização dos mais diversos órgãos que é necessário que tais informações devam ser

processáveis por computadores, a princípio em formatos de tabelas, até em níveis da Web Semântica, como triplas RDF.

É importante observar que há portais de dados abertos em diversos órgãos no contexto nacional, para atender ambas as leis mencionadas. A maioria deles disponibiliza seus dados em formato tabular, como por exemplo, no formato CSV (*Comma-Separated Values*). No entanto, para permitir a transparência considerando as características definidas por (Aló, 2009), apresentadas anteriormente, é necessário que existam ferramentas para auxiliar o público na interpretação dos dados disponibilizados. Assim, deve ser explicada claramente a natureza dos dados, a intenção de liberá-los e, principalmente, como eles devem ser interpretados (Krishnamurthy; Awazu, 2016). Neste contexto, com o intuito de tornar a informação mais compreensível pelos cidadãos, técnicas de visualização de dados podem ser utilizadas. Alguns conceitos importantes para este trabalho são apresentados a seguir.

2.2 VISUALIZAÇÃO DE DADOS EM FORMA GRÁFICA

A utilização de representações de dados visuais comuns, como tabela e listas, não se apresenta como a melhor maneira de tornar os dados mais compreensíveis. Ferramentas de visualização mais sofisticadas permitem que conjuntos de dados sejam melhor compreendidos. Neste trabalho, consideramos apenas visualizações de dados em forma gráfica. De acordo com (Chen; Härdle; Unwin, 2007), gráficos em geral oferecem uma excelente abordagem na exploração de dados, tornando-se essenciais na apresentação dos mesmos. Muita importância foi dada aos gráficos como uma boa forma de apresentação, especialmente nos consagrados livros de Edward Tufte. Visualizações são utilizadas em diversos campos e se poderia esperar um progresso maior em teoria do que é apresentado hoje na Literatura. Avanços na área da Computação têm favorecido visualizações exploratórias, ou seja, visualizações desenhadas para apoiar a exploração de dados. Não apenas a qualidade da representação gráfica melhorou, mas também a quantidade. Ao longo do tempo, tornou-se trivial desenhar muitas exibições diferentes dos mesmos dados para procurar informações.

É importante observar que visualização de dados expressa a ideia de envolver bem mais do que apenas representar dados em uma forma gráfica. A informação por trás dos dados também deve ser reconhecida por meio de uma boa exibição. A visualização deve apoiar os leitores em ver a estrutura dos dados (Chen; Härdle; Unwin, 2007). O termo visualização de dados está relacionado à área de Visualização da Informação. Além de tornar mais fácil a produção de gráficos, os avanços em *software* e *hardware* também contribuíram para elevar os padrões esperados (Chen; Härdle; Unwin, 2007).

Há diversas técnicas bem conhecidas para visualizar diferentes conjuntos de dados, tais como gráficos x-y, gráficos de linhas e histogramas. Essas estratégias são úteis para a exploração de dados, mas são limitadas a pequenos conjuntos de dados e de baixa dimensão. Ao longo do tempo, uma gama de novas técnicas de visualização de informação foi desenvolvida, de acordo com o aparecimento de novos tipos de dados. Basicamente, os tipos de dados podem ser (Keim, 2001): unidimensionais (como dados temporais), bidimensionais (como mapas geográficos), multidimensionais (como base de dados relacionais que, muitas vezes, têm dezenas ou centenas de colunas/atributos), texto e hipertexto (como artigos de notícias e documentos da Web), hierarquias e grafos (como chamadas telefônicas e documentos da Web). Ainda, algumas técnicas de visualização utilizadas podem estar relacionadas às seguintes características (Keim, 2001): 2D / 3D (como gráficos de barras e gráficos x-y), geométricas (como paisagens e coordenadas paralelas), baseada em ícones (como ícones de agulha e ícones de estrela), exibições de pixels (como a técnicas de segmento recursivo e esquemas de grafos), exibições empilhadas (como treemaps ou empilhamento dimensional).

Por outro lado, as visualizações de dados em forma gráfica podem ser muito poderosas em revelar tendências, destacar *outliers*, mostrar *clusters* e expor lacunas nos dados, que não poderiam ser facilmente observadas nas visualizações de dados em forma de tabelas. Elas também podem fornecer uma sensação mais rica do que está acontecendo nos dados e sugerir possíveis direções para um estudo mais aprofundado. Obviamente, as visualizações de dados têm suas limitações em termos de lidar com grandes conjuntos de dados, como oclusão de dados, desorientação e má interpretação diante dos leitores (Shneiderman, 2002).

2.3 QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO DE VISUALIZAÇÕES EM FORMA GRÁFICA

Ao navegar na web e/ou pesquisar sobre um assunto na Literatura, encontramos uma gama de más visualizações – ambíguas, confusas e não utilizáveis. Durante nossa vida escolar, somos incentivados continuamente a aprender sobre as diferentes linguagens, juntando palavras em frases e histórias, e a linguagem matemática, aprendendo a entender números. Porém, não há um emparelhamento no ensino com ambas as matérias, ou seja, dificilmente somos ensinados a contar histórias com números. Com isso, torna-se um desafio para muitas pessoas entender naturalmente visualizações de dados (Knaflic, 2015).

A tecnologia nos permite reunir grandes quantidades de dados, e há a necessidade de obter sentido em todos esses dados. Os avanços tecnológicos, além de disponibilizar cada

vez mais um extenso conjunto de dados, também criaram ferramentas capazes de trabalhá-lo. O processo de criação de gráficos foi historicamente destinado aos cientistas ou outras profissões altamente técnicas. Hoje em dia, qualquer cidadão pode colocar alguns dados em alguma ferramenta própria e gerar gráficos. Sem uma direção correta a seguir e instrução adequada, as melhores intenções podem nos levar a direções ruins: cores sem sentido, objetos muito pequenos ou muito grandes, etc. (Casner, 1991).

Uma visualização em forma de gráfico tem como objetivo revelar informações ocultas em um conjunto de dados. Porém, sem o conhecimento de boas práticas, como evidenciadas por (Tuft, 1991) e (Bertin, 1983), torna-se difícil explorar toda a capacidade do conjunto de dados, e destacar informações importantes que podem estar invisíveis ao olho humano. Um bom gráfico é definido como uma apresentação bem desenhada de dados interessantes (os dados devem ser relevantes e verdadeiros), as ideias devem ser comunicadas com clareza, precisão e eficiência, provendo ao expectador a melhor interpretação em menor tempo possível. Uma visualização de dados deve ser clara e informativa, ou seja, o leitor deve ser capaz de entender os dados, e deve transmitir informações de maneira eficiente (Tuft, 1991), podemos observar alguns casos a seguir. Na Figura 3 não há como identificar exatamente os valores dos benefícios pertencentes a cada estado. Não conseguimos determinar a diferença entre os valores correspondentes ao Rio Grande do Norte, Santa Catarina Minas Gerais, por exemplo. Provavelmente, o gráfico de pizza não seria o indicado para o contexto de dados utilizado.

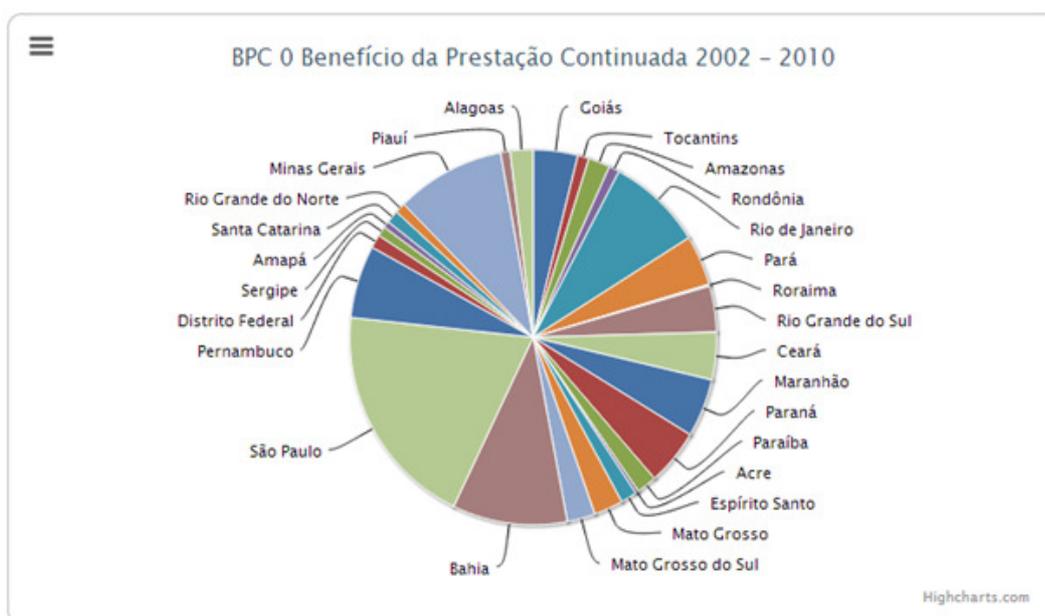


Figura 3. Exemplo de má visualização – “Benefício da Prestação Continuada para os estados brasileiros”.

Fonte: <http://vispublica.gov.br>

Já na Figura 4, há muita quantidade de informação e os valores de transferências apresentados para cada estado estão incompreensíveis. Não conseguimos afirmar, por exemplo, o valor de transferência voluntária da União para o Rio de Janeiro em 2007, ou para Rondônia em 2009.

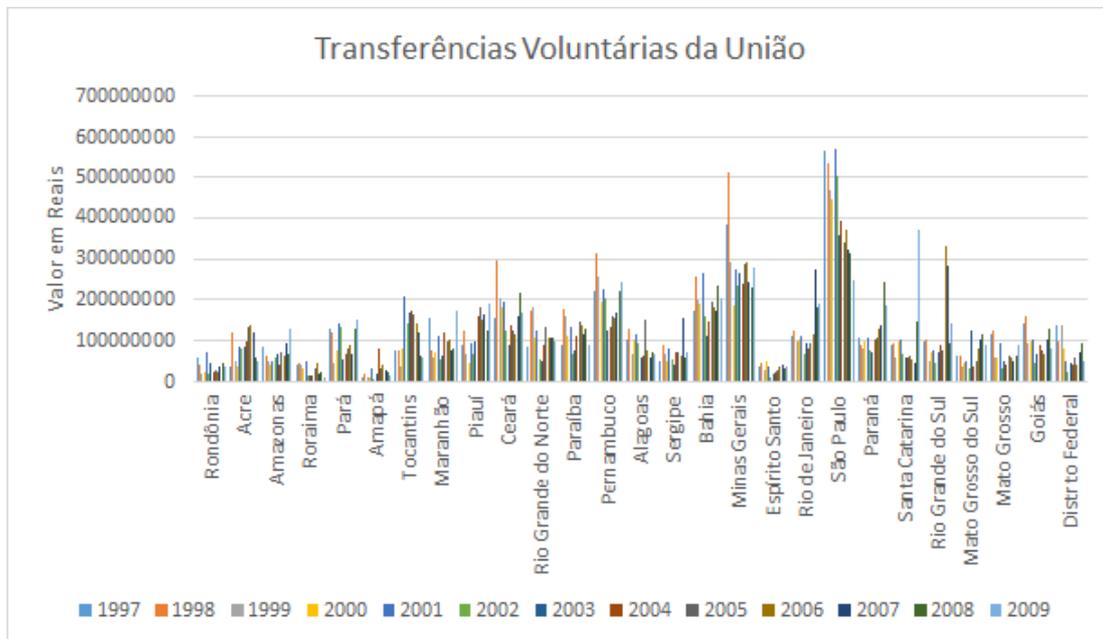


Figura 4. Exemplo de má visualização – “Valores de transferências voluntárias da União divididos por estados brasileiros”.

Fonte: <http://vispublica.gov.br>

2.4 INTERPRETABILIDADE DE DADOS

Geralmente, as técnicas de visualização de dados têm como objetivo apresentar dados a um ser humano para comunicar, de forma acurada, a informação, necessitando de um mínimo de esforço para a sua compreensão. Segundo Lee (1998): "As representações gráficas empregadas na visualização de dados devem ser limitadas pela compreensão do sistema visual humano". Qualquer informação que seja representada por uma visualização está sujeita às preferências e idiosincrasias no processo de percepção. Unicamente por meio deste processo que podem ser construídas técnicas de visualização que não deturpem a informação que se pretende transmitir (Lee; Vickers, 1998).

Muitas técnicas de visualização realizam certa manipulação em um conjunto de dados antes que uma tentativa de sua representação gráfica seja feita. Conforme pode ser visualizado, na Figura 5, em um esquema de troca de informações, se uma técnica de visualização de dados não utiliza alguma modelagem cognitiva, então o sistema cognitivo humano executará a tarefa de reorganizar a própria informação exposta. Ao proporcionar a

compatibilidade entre a representação no sistema artificial e a cognição humana, e entre a visualização no sistema artificial e a percepção humana, as maneiras eficazes de disseminar a informação entre os dois sistemas podem ser firmadas (Lee; Vickers, 1998). Se uma representação no sistema artificial está ligada a uma boa visualização, e esta visualização é totalmente compatível com a percepção humana, então o sistema cognitivo captará exatamente o propósito da representação.

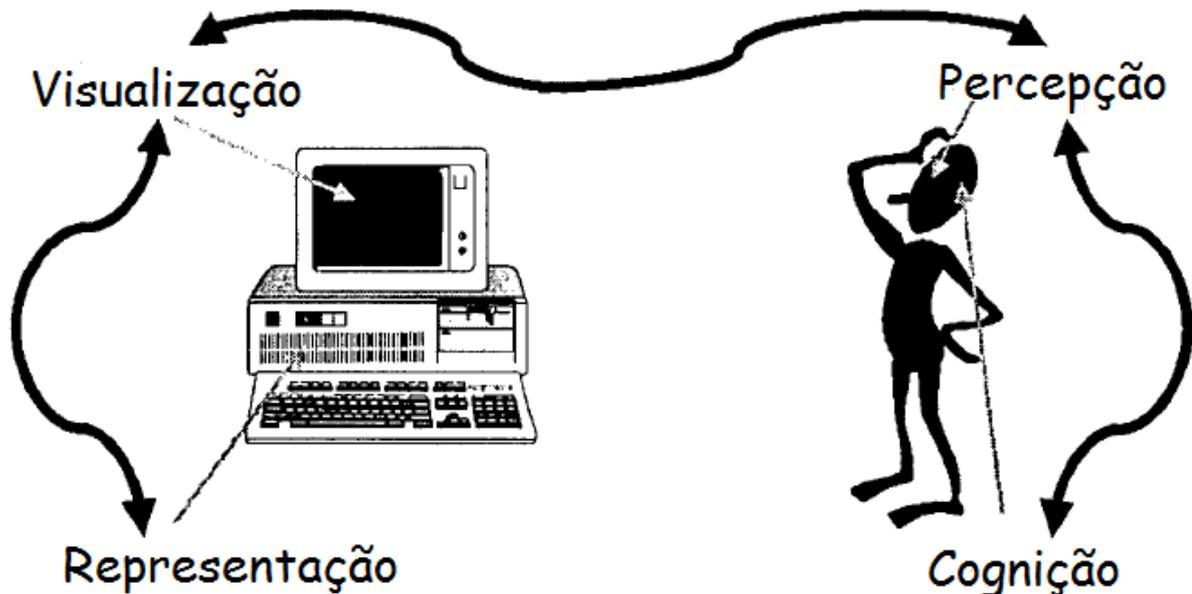


Figura 5. Base perceptual e cognitiva da visualização de dados Fonte: Lee, 1998 adaptada para o português.

Há também a questão de como as pessoas devem interagir com os dados. Neste contexto entra um conceito relativamente recente nomeado por Interação Humano-Dados (IHD), apresentado por Mortier et al. (em *Human-Data Interaction: The Human Face of the Data-Driven Society*), propondo colocar o ser humano no centro do fluxo de dados e proporcionar mecanismos para que os cidadãos interajam com estes dados de maneira explícita (Mortier, 2014). Por consequência, os humanos podem interpretá-los corretamente. Na Figura 6 é apresentada uma representação do fluxo de dados no modelo de Interação Humano-Dados. Nossos dados pessoais alimentam algoritmos de análise de dados. Inferências de saída conduzem ações cujos efeitos podem ou não ser visíveis para nós, e que podem incluir mudanças em nosso comportamento e a outros dados gerados sobre e por nós posteriormente.

Gerar uma visualização correta e com uma boa capacidade de interpretação a partir de dados brutos, obtendo conclusões acuradas, depende, em grande parte dos casos, dos métodos utilizados e da própria qualidade dos dados usados. Os dados brutos podem conter muitos problemas, como: ruído, erro na coleta dos dados, valores abertos, valores em falta, baixa precisão, erros de cobertura e valores duplicados (salvo os problemas de qualidade que podem aparecer no pré-processamento dos dados como: limpeza dos dados, migração e análise dos dados, redução dos dados, arredondamentos, agregação e combinação). Ou seja, há muito trabalho a ser realizado antes da geração de uma boa visualização. Visualizações intuitivas devem ser construídas para orientar a análise e comunicar resultados analíticos através de exibições significativas e representações claras (Keim, 2001).

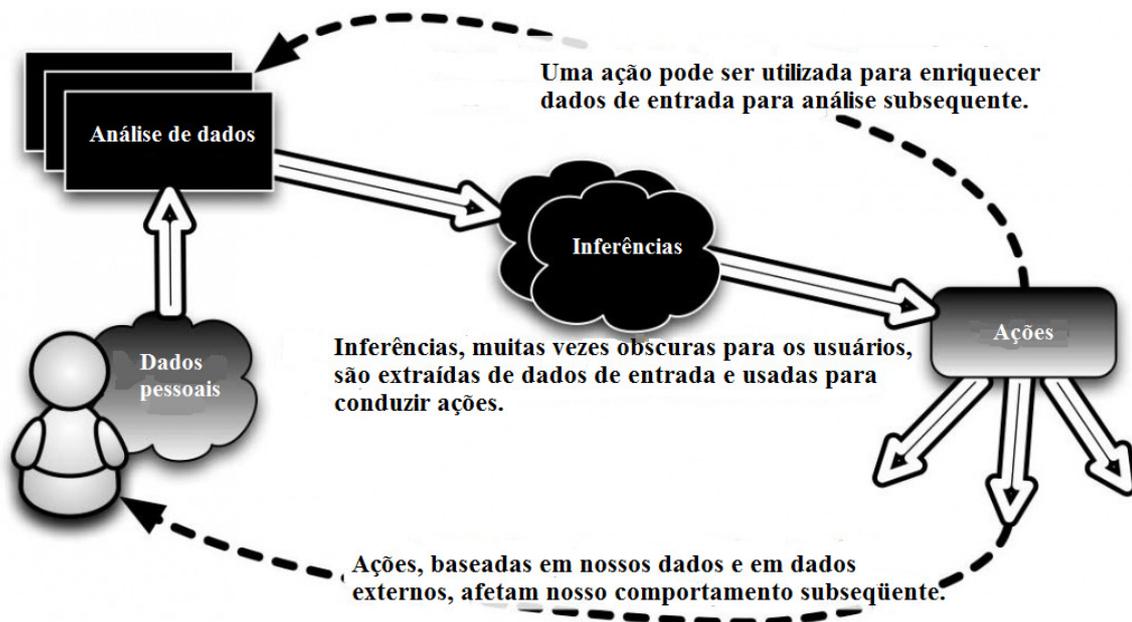


Figura 6. Fluxo de Dados no Modelo de Interação Humano-Dados (IHD).

Fonte: Mortier, 2014 (adaptada para o português).

Neste contexto, a interpretabilidade é um dos maiores desafios na visualização de dados (Keim, 2001). O dicionário Oxford define que o termo interpretabilidade vem do verbo "interpretar", que é definido como "explicar o significado de (informação ou ações)" e "compreender (uma ação ou um modo de comportamento) como tendo um significado particular". Na Literatura de visualização de dados, existem definições mais específicas sobre este termo. Em (Bateman et al, 2010) os autores definem interpretabilidade como precisão e velocidade de resposta a perguntas baseadas em gráficos. Em (Kim et al, 2015), os autores

definem a boa interpretabilidade como um meio de identificar corretamente relacionamentos de dados a dados (por exemplo, os pontos de dados pertencentes ao mesmo *cluster* compartilham características semelhantes). Na Literatura de análise de dados, como em (Keim et al., 2006), interpretabilidade é definida como a capacidade de reconhecer e entender os dados. Em (Rabelo et al, 2008) este termo foi definido com o objetivo de verificar a facilidade (ou dificuldade) para interpretar a informação apresentada.

Observamos que na Literatura não há um consenso sobre a definição de interpretabilidade. Segundo (Rüping, 2006), o termo pode ser associado a três subproblemas: acurácia, compreensão e eficiência. Porém, do ponto de vista de visualização, a compreensão é o subproblema central, pois uma visualização interpretável é uma representação visual que pode ser compreendida. A acurácia também se mostra como um subproblema importante, pois se pode facilmente criar uma visualização trivial sem qualquer conexão com os dados. Já a eficiência diz respeito ao tempo disponível para o leitor entender a visualização, pois qualquer visualização pode ser entendida dada uma quantidade infinita de tempo.

É importante discutir a diferença entre os termos entendimento, compreensão e interpretabilidade; enquanto o primeiro termo é definido pela capacidade de alcançar o significado e o sentido à informação (Aló, 2009), o segundo termo é definido pela não hesitação em compreender a informação de forma eficiente (Rüping, 2006). Já o termo interpretabilidade une mais que apenas a capacidade de entendimento e compreensão, mas também a acurácia (exatidão) e a eficiência (agilidade) em interpretar a informação (Rüping, 2006). Assim, ao analisarmos os conceitos existentes na Literatura, concluímos que a possibilidade de especialistas e cidadãos compreender, reconhecer e interpretar dados, de maneira eficiente e acurada, estrutura o conceito de interpretabilidade para este trabalho.

2.5 ABORDAGENS PARA AVALIAÇÃO DE VISUALIZAÇÕES

Na Literatura são apresentadas algumas abordagens para avaliação de usabilidade para analisar as interfaces gráficas de ferramentas e plataformas que utilizam visualização de dados. Porém, além de não apresentar uma avaliação da visualização em si, o foco, geralmente, é sobre a usabilidade dessas ferramentas e plataformas. Não há o envolvimento do conceito de interpretabilidade quando se discute as avaliações. A seguir, apresentamos três trabalhos que contribuíram em pontos distintos para o desenvolvimento desta dissertação.

2.5.1 “QUESTIONNAIRES FOR EVALUATION IN INFORMATION VISUALIZATION” (FORSELL; COOPER, 2012)

(Forsell; Cooper, 2012) salienta a importância, como instrumento adicional, da disponibilidade de questionários padronizados especialmente construídos para medir a percepção dos usuários sobre a usabilidade em visualização da informação. A utilização de questionários aumenta a base de evidências para a comunidade conduzir a produção de métodos de visualização de alta qualidade, impulsionar o uso pelos usuários e orientar tarefas de pesquisa.

Os autores adotaram os questionários, pois permitem coletar as percepções de usabilidade dos usuários. O questionário suporta objetividade, comparações e verificações. A quantificação de respostas fornece um relatório de resultados que não é possível com declarações pessoais qualitativas. A quantificação também proporciona a análise estatística dos resultados, além de permitir a replicação, boa comunicação e generalização.

Os autores do trabalho apresentam vários questionários existentes já padronizados para medição de usabilidade. Alguns exemplos são: *The System Usability Scale (SUS)*, *Questionnaire for User Interface Satisfaction (QUIS)*, *Software Usability Measurement Inventory (SUMI)*, *NASA Task Load index (NASA TLX)*, *The After-Scenario Questionnaire (ASQ)*, *Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ)* e o *The Computer System Usability Questionnaire (CSUQ)*. Estes questionários são utilizados não apenas para medição de satisfação, mas também para questionar atributos de usabilidade, apesar de se distinguirem na cobertura de quais e quantos atributos eles incluem.

A grande posição abraçada por este trabalho é fomentar a discussão, mostrando que, a disponibilidade de questionários padronizados, seria uma grande contribuição para a compilação de instrumentos utilizados na avaliação de visualização de informação. Os autores visam inspirar e encorajar com pesquisadores a se envolverem nesta abordagem proposta.

Esse trabalho se relaciona com esta dissertação, pois faz uma apresentação de diversos questionários que ajudaram na construção dos questionários utilizados para o desenvolvimento desta dissertação. No entanto, a grande limitação dessa pesquisa é que ainda falta um modelo específico para avaliar a interpretabilidade das visualizações, o que consiste em uma das contribuições do nosso trabalho.

2.5.2 “EVALBENCH: A SOFTWARE LIBRARY FOR VISUALIZATION EVALUATION” (AIGNER; HOFFMAN; RIND, 2013)

Em pesquisas na área de visualização, é constantemente relatada a necessidade de fornecer evidência empírica sobre a eficiência, eficácia, usabilidade e utilidade de artefatos de

avaliação, utilizando métodos de avaliação para tal finalidade. Porém, ainda é um problema administrar tais avaliações, pois é fundamental projetá-las e conduzir os usuários no desenvolvimento de recursos para avaliação de softwares de avaliação. (Aigner; Hoffman; Rind, 2013) descreve uma arquitetura conceitual e mostra sua aplicação em alguns estudos de casos. Nesse cenário, é apresentado o EvalBench, uma biblioteca para avaliação de visualização capaz de reduzir o esforço de desenvolvimento dos métodos de avaliação e auxilia a realização de estudos dos usuários. Esta coleção de subprogramas utilizados no desenvolvimento de software pode ser utilizada e integrada com protótipos de visualização de terceiros. O EvalBench comporta métodos de avaliação qualitativos e quantitativos.

O EvalBench foi concebido diante de experiências obtidas através da realização de avaliações de protótipos de pesquisa e foi impulsionado pelas imposições práticas impostas de métodos de avaliações distintos. Inicialmente, a biblioteca foi implementada para uso interno e, logo depois, sofreu melhorias para o suporte de diferentes cenários de avaliação. Como o EvalBench possui código aberto, pesquisadores podem utilizá-lo na contribuição de pesquisas em visualização e no próprio desenvolvimento do EvalBench.

As principais contribuições desse trabalho são: o desenvolvimento de uma biblioteca fácil, flexível e reutilizável; a arquitetura conceitual independe de linguagens de programação específicas; o EvalBench abrange vários cenários de avaliação. Porém, a arquitetura só abrange a avaliação de usabilidade, não englobando o conceito de interpretabilidade. Assim, esse trabalho se relaciona com esta dissertação, pois permite garantir condições iguais a todas as pessoas participantes da avaliação, garantindo instruções que não distinguem fatores físicos e sociais. Tal elemento foi de extrema importância durante o desenvolvimento do método de avaliação apresentados no nosso trabalho.

2.5.3 “HEURISTICS FOR INFORMATION VISUALIZATION EVALUATION” (ZUK ET AL,2006)

A avaliação heurística é um método de avaliação bem conhecido na área de Interação Humano-Computador (IHC), porém não é bem utilizado na área de visualização da informação na mesma medida. Apesar de alguns conjuntos de heurísticas tenham sido utilizados ou propostos para visualização da informação, ainda não está definido um grupo de heurísticas para encontrar problemas gerais. Os autores desse trabalho propuseram uma meta-análise, concentrando-se em questões relacionadas à seleção e organização das heurísticas e ao processo. Foram utilizados três conjuntos de heurísticas, publicadas anteriormente na Literatura. Questões correspondentes à interpretação, conflito e redundância são descritas,

assim como o fornecimento de uma discussão sobre categorização e generalização das heurísticas utilizadas. Uma categorização proposta foi classificar as heurísticas de acordo com sua aplicabilidade à percepção, usabilidade e processo de descoberta.

(Zuk et al,2006) apresenta um estudo de caso para estudar a compreensibilidade e aplicabilidade de um conjunto de heurísticas e explorar uma metodologia para avaliação de visualização de dados. A metodologia conta com a participação de especialistas como avaliadores da visualização. Com isso, foi realizada uma avaliação heurística para analisar uma visualização de dados que mede o impacto dos besouros de pinheiros das montanhas nas florestas. A meta-análise realizada forneceu *insights* que comprovam que o processo de avaliação e os resultados possuem uma alta dependência das heurísticas e dos perfis de avaliadores escolhidos. A abordagem de utilizar estes três conjuntos distintos de heurísticas (percepção, usabilidade e descoberta) forneceu resultados úteis e difundiu algumas características.

A maioria dos problemas encontrados no estudo de caso cruzaram fronteiras teóricas e de conhecimento, determinando o grande benefício que o processo de avaliação traria aos especialistas de visualização, usabilidade e área de domínio. Esse trabalho se relaciona à dissertação por utilizar especialistas como avaliadores, para realizar uma avaliação em visualização da informação. No entanto, esse trabalho não considera a interpretabilidade entre o grupo de heurísticas. Tal fator ajudou na concepção da ideia de abranger também a avaliação da apresentação da visualização.

CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO

Neste capítulo, apresentamos uma proposta para avaliação da qualidade da apresentação de visualizações de dados em forma gráfica. Começamos explicitando como ocorreu a concepção da avaliação e, logo após, daremos uma visão detalhada sobre a mesma.

3.1 DISCUSSÃO PRELIMINAR

Conforme mencionado anteriormente, para termos uma boa visualização em forma gráfica, as ideias devem ser comunicadas com clareza, precisão e eficiência, provendo ao expectador a melhor interpretação em menor tempo possível. Em outras palavras, deve possuir uma boa qualidade na apresentação de seus dados. À vista disso, procuramos trabalhos que utilizassem heurísticas para exploração de alguma metodologia para avaliação da qualidade das visualizações em forma gráfica. Porém, as avaliações existentes na literatura são utilizadas apenas para avaliar a interação do usuário com ferramentas e plataformas que contém visualizações de dados, e não as próprias visualizações. Tendo em vista este fato, o trabalho realizado por (Zuk, 2006) foi encontrado, utilizando a Avaliação Heurística de Nielsen de usabilidade. A utilização de especialistas para encontrar problemas gerais nas visualizações (foram empregados três conjuntos distintos de heurísticas - percepção, usabilidade e descoberta), ajudou na concepção de abranger a avaliação da apresentação da visualização. Seguindo a ideia de Nielsen de apresentar heurísticas para avaliar usabilidade de algum site, procuramos referências na literatura que abordassem melhores práticas para geração de visualizações. Os trabalhos de (Broom, 2017), (Knafllic, 2015), (Lidwell, 2010), (Mulrow, 2002), (Tufte, 1983), (Tufte, 1991), (Ware, 2012), (Yau, 2013) foram extremamente úteis e nos auxiliaram na criação de um grupo de heurísticas. Essas heurísticas têm como principal objetivo melhorar a qualidade da apresentação de visualizações de dados e, conseqüentemente, a interpretação das visualizações pelos usuários. Tendo em posse o grupo de heurísticas criado e as visualizações que se pretendem avaliar diante da qualidade da apresentação, a avaliação proposta neste trabalho consiste na aplicação de um questionário de avaliação da qualidade da visualização em forma gráfica. Para aplicação das heurísticas, como observamos no trabalho de Nielsen e Zuk (2006), a melhor opção é a utilização de um grupo de especialistas, ou grupo de foco, para que uma avaliação completa da visualização original seja realizada.

3.2 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO

As questões do questionário devem ser respondidas preferencialmente por um grupo de foco. O grupo de foco é formado por um conjunto de especialistas visando descobrir possíveis ideias ou soluções para a avaliação como um todo. As conclusões registradas através do grupo de foco proveem saídas valiosas para o *design* final das visualizações.

Para definição da quantidade de especialistas a ser utilizada, Banissi (2014) recomenda monitorar a reunião do grupo de foco e adicionar mais especialistas até o grupo não oferecer ou não encontrar novas informações. Para a área de visualização de dados, um conjunto de avaliadores contendo especialistas em técnicas de visualização e no domínio dos dados é necessário.

Em (Tukey, 1997), o autor afirma que “o melhor valor de uma imagem é quando ela nos força a notar o que nunca esperamos ver”. Ao utilizar propriedades como cores, formas, movimento e posição, podemos auxiliar os usuários a encontrar o que eles não imaginavam ver, aumentando a eficiência do gráfico. Vários elementos a serem observados foram retirados da literatura, esses trabalhos nos ajudaram na concepção de um grupo de heurísticas. Um questionário contendo as heurísticas a serem observadas deve ser utilizado para avaliação da apresentação da visualização em forma gráfica. Nossa proposta é que o especialista deve avaliar as seguintes heurísticas, de maneira unificada:

1. Verificar se a visualização em forma gráfica mantém o contexto quando impressa sem cores (Barcellos et al, 2017).

Algumas visualizações não mantêm o contexto quando gerada ou impressa sem cores. Por exemplo, em mapas geográficos onde as cores variam com maior ou menor intensidade para comunidades com maiores ou menores valores para algum atributo. Sem cores, não há como perceber as diferenças entre as quantidades representadas.

2. Verificar se há pouca quantidade de informações, confusão ou ruído (Mulrow, 2002).

Evitar recursos que distraiam o leitor (*chartjunk*). *Chartjunk* é o que acontece quando o *design* de dados se concentra muito no aspecto do projeto. É necessário evitar que alguma coisa (quantidade de informações, confusão ou ruído), venha a tornar mais difícil interpretar os dados. Distrair padrões nos dados, incluir grades e contornos desnecessários são elementos do *chartjunk*.

3. Verificar a direção de leitura do seu público (Knaflic, 2015).

Imagine composições que exijam discriminação entre linhas distintas, ou decisões baseadas na posição relativa de elementos. Estudos apontam que há uma maior facilidade em

discriminar objetos lineares quando suas orientações diferem em mais de 30 graus. Tratando-se de orientação do texto na visualização, a leitura do texto virado em 45 graus é mais lenta do que normalmente orientado em 90 graus. Portanto, é melhor evitar elementos diagonais na página.

4. Verificar itens relacionados próximos uns dos outros (Broom, 2017).

Elementos com características semelhantes tendem a ser agrupados (cor, forma, orientação). O princípio da similaridade afirma que objetos que compartilham características visuais, como forma, tamanho, cor, textura, valor ou orientação, serão vistos como pertencentes a um só grupo, e, portanto devem estar relacionados.

5. Verificar questões de espaço e tempo - eixos x e y (Tuftte, 1983), (Tuftte, 1991).

Eixos não rotulados, unidades incorretas, variáveis não identificáveis, variáveis incorretas, eixos com diferentes formatos e variáveis mal descritas prejudicam a experiência do leitor. A ideia básica é adicionar dimensões espaciais ao *design* dos gráficos, de modo que os dados estejam movendo-se sobre o espaço, bem como ao longo do tempo.

6. Paletas e ícones não visíveis a daltônicos (Ware, 2012) (Knaflic, 2015).

Cerca de 8% dos homens são daltônicos. Frequentemente, daltônicos possuem a dificuldade de diferenciar tons de vermelho, verde e azul, quando utilizados em conjunto. Portanto essas combinações devem ser evitadas. Considere o uso do negrito, com variações entre saturação e brilho, para facilidade dos daltônicos.

7. Tamanho dos objetos prejudica a leitura (Knaflic, 2015).

O tamanho dos objetos importa, pois o tamanho relativo indica importância relativa. Se os objetos possuem um grau semelhante de importância, os tamanhos deverão ser semelhantes. Então, se houver um objeto realmente importante, há de se aumentar o tamanho, e torná-lo grande.

8. As cores dos objetos prejudicam a leitura (Knaflic, 2015) (Lidwell, 2010) (Mulrow, 2002).

A utilização de cores extravagantes é apenas um dos elementos do *chartjunk*, logo deve ser evitada. Quando se trata do uso da cor, existem várias lições específicas a serem conhecidas: usá-la com moderação (evitar o muito colorido), usá-la consistentemente (não confunda o leitor mudando o uso da cor), e escolha uma cor (ou cores) que ajudem a reforçar a emoção que você deseja despertar de seu público.

9. Espaço em branco que prejudique a leitura (Tuftte, 2006) (Knaflic, 2015).

Quatro aspectos devem ser considerados:

- As margens devem estar livres de texto e imagens;

- Imagens não podem ser esticadas para ocupar espaço disponível. Dê preferência ao redimensionamento da imagem para adaptar ao conteúdo;
- Não adicione informações (imagem e texto) irrelevantes apenas por obter espaço extra;
- Utilizar espaço em branco apenas para trazer uma organização visual à visualização, como por exemplo, adicionar distância entre duas barras num gráfico de barras.

10. Não alinhamento do estilo de comunicação à audiência (Knafllic, 2015) (Yau, 2013).

É necessário observar a audiência e perguntar às seguintes questões:

- Há pontos necessários que não foram lembrados?
- Há ações recomendadas que não foram implementadas?
- Há algum nível de detalhe necessário que não foi aprofundado?
- Há premissas culturais que podem afetar a interpretação dos resultados e não foram respeitadas?

11. Perspectiva 3D (Knafllic, 2015).

Não utilize 3D, pois desvia a percepção de números e tamanho dos elementos.

Relato dos problemas encontrados: O grupo de foco examina a visualização conforme as heurísticas e relata os problemas encontrados classificando-os pelas escalas a seguir, cada especialista define o tipo de problema de acordo com a sua percepção:

1. **Problema cosmético:** não é necessário consertar se não houver tempo.
2. **Problema menor:** consertar se o problema for de menor prioridade.
3. **Problema maior:** importante consertar o problema, prioridade alta.
4. **Catástrofe:** consertar imediatamente.

Cada problema dependerá de apenas um fator, denominado Impacto, que indica se o leitor consegue se recuperar facilmente do problema quando acontece.

As escalas apresentadas são as mesmas utilizadas por (Nielsen, 1990) na Avaliação Heurística de Usabilidade. O artefato gerado, após o término da avaliação, é um documento de unificação ou diagnóstico, pois, durante a avaliação, todos os problemas encontrados pelos especialistas, devem ser reportados e unificados em um único documento.

CAPÍTULO 4 – AVALIAÇÃO DA INTERPRETABILIDADE

Neste capítulo, apresentamos a proposta de avaliação da interpretabilidade de visualizações de dados em forma gráfica. Começamos explicitando como ocorreu a concepção da avaliação, e logo após, daremos uma visão detalhada sobre a mesma.

4.1 DISCUSSÃO PRELIMINAR

Visualizações são criadas com o principal propósito de tornar os dados nelas representados compreensíveis, reconhecíveis, e interpretáveis, de maneira eficiente e acurada. Ou seja, uma visualização deve ter boa interpretabilidade. Mas como saber se uma visualização possui esta característica? Não existe na literatura um instrumento capaz de avaliar a interpretabilidade de visualizações. A avaliação de visualizações é também uma área de pesquisa, na qual pesquisadores estão engajados no desafio de desenvolver técnicas para atender as necessidades da visualização da informação, oferecendo uma abordagem científica para pesquisa e desenvolvimento na área. Os resultados de avaliações podem prover uma base para aperfeiçoar técnicas de visualização, e torná-las cada vez mais úteis à percepção do público.

O propósito geral da avaliação é processar informação e receber um *feedback* adequado (Banissi, 2014). Avaliações de usabilidade e comunicabilidade já são utilizadas frequentemente (Forsell, 2012) (Zuk, 2006), porém essas avaliações são utilizadas para avaliar a interação do usuário com ferramentas e plataformas que contém visualizações de dados, e não a visualização em si.

Mas como poderíamos medir a interpretabilidade das visualizações? Mesmo adotando a avaliação por especialistas ainda não conseguiríamos mensurar a interpretabilidade dos gráficos. Como citado no Capítulo 2, fatores como rapidez, acurácia, dificuldade e segurança, ainda deveriam ser observados. (Forsell, 2012) nos influenciou em utilizar questionários como um instrumento de avaliação, para capturar dados sobre os fatores mencionados e estimar a percepção dos usuários. Questionários são amplamente utilizados na coleta de informação sobre conhecimento, crenças, atitudes e comportamento das pessoas, sendo oficialmente um veículo humano de comunicação (Banissi, 2014). Escolhemos utilizar questionários para condução da avaliação da interpretabilidade.

A ideia de garantir condições iguais a todos os participantes da avaliação, garantindo que não haja distinção sobre fatores físicos e sociais, sempre esteve fixa durante toda a concepção da avaliação. Nessa situação, o trabalho de (Aigner, 2013) nos influenciou no

sentido de assegurar igualdade na aplicação do questionário, certificando que houvesse um equilíbrio em função de gênero, opção sexual, por exemplo.

A avaliação da interpretabilidade foi, originalmente, construída para que quem o use, especialista em visualização ou não, pudesse aplicá-lo como um todo, sem restrições. O intuito principal é fazer com que tenhamos uma base para que possamos avaliar a interpretabilidade de visualizações, ou seja, o quanto o usuário consegue compreender, reconhecer e interpretar dados, de maneira eficiente e acurada (maior rapidez, maior acurácia, menor dificuldade e maior segurança nas respostas às questões relacionadas às visualizações). É importante ressaltar que, para participantes que possuem idade inferior a 18 anos, os responsáveis devem assinar um termo de consentimento para a participação do menor, um modelo para o termo de consentimento é exibido no Anexo C.

4.2 QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO USUÁRIO

Um questionário de caracterização do usuário deve ser criado pelo grupo de foco, a fim de conhecer o perfil dos participantes da avaliação. Requer informações pessoais como: sexo, idade, grau de escolaridade, área de estudo e entendimento sobre o tema. A caracterização também permite realizar análises estatísticas sobre um determinado aspecto pertencente ao público participante da avaliação.

4.3 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA INTERPRETABILIDADE

O grupo de foco é responsável pela criação deste questionário, no qual o principal objetivo é avaliar se o leitor possui um olhar exato sobre o que propõe a visualização. Alguns princípios devem ser respeitados no desenvolvimento do questionário como:

- Utilização de controle de marcação de tempo nas questões para promover métricas de tempo de resposta (rapidez) das questões.
- As questões devem ser apropriadas, inteligíveis, não ambíguas, imparciais, capazes de lidar com todas as respostas possíveis e éticas.
- As questões podem possuir formatos abertos ou fechados, ou seja, poderá haver diversos tipos de questões, por exemplo, os participantes podem formular suas próprias respostas ou escolher entre uma série de opções.
- Marcadores questionando o grau de segurança e o grau de dificuldade ao responder cada questão, deverão estar presentes.
- Inserir uma caixa de texto livre ao final do questionário para observação/crítica que o leitor julgue necessária.
- É importante prover um texto de introdução para situar o leitor do problema e informá-lo sobre a pesquisa em desenvolvimento.
- O questionário deve ser aplicado pessoalmente, uma vantagem é a permissão do esclarecimento de dúvidas.

- O questionário deve considerar diferenças de idade, gênero e experiência.

O questionário de avaliação da interpretabilidade deve ser respondido pelos participantes da avaliação. Um relógio deve ser fornecido para marcação de tempo (rapidez nas respostas) e qualquer dúvida, que não interfira em alguma resposta do questionário, deve ser sanada imediatamente.

4.4 CONCLUSÕES SOBRE A AVALIAÇÃO E ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos com o grupo de foco permite a condução de uma análise estatística, que possui como principais objetivos verificar a precisão com que os participantes

NOME	DESCRIÇÃO	SUJETIVO/OBJETIVO
Rapidez	O tempo que o leitor completa cada questão do questionário.	Fator objetivo – podemos medir quantitativamente, de forma objetiva.
Acurácia	O número de questões que o leitor respondeu corretamente.	Fator objetivo – podemos medir quantitativamente, de forma objetiva.
Dificuldade	O grau de esforço e trabalho do leitor ao responder a questão.	Fator subjetivo – só podemos medir de forma subjetiva, cada leitor tem uma percepção distinta.
Segurança	O grau de autoconfiança do leitor ao responder a questão.	Fator subjetivo – só podemos medir de forma subjetiva, cada leitor tem uma percepção distinta.

conseguem processar e entender corretamente a informação de uma visualização, com a menor dificuldade e maior segurança possível. A interpretabilidade é portanto definida a partir dos fatores apresentados na Tabela 2, ou seja, Rapidez, Acurácia, Dificuldade e Segurança.

Tabela 2. Tabela de fatores utilizados para análise estatística

A partir da análise estatística, conseguimos computar *insights* em questões de diferenças de idade, gênero, experiência, grau de escolaridade, área de estudo, entre outros. Em posse das conclusões, é possível identificar quais visualizações possuem maior/menor interpretabilidade. Quanto maior a rapidez, maior a acurácia, menor a dificuldade e maior a segurança em responder as questões relativas às visualizações, maior a interpretabilidade.

Ao final dessa tarefa, o documento de conclusões e análises estatísticas deve ser elaborado. Esse é um relatório final, produzido pelo grupo de foco, que homologa todas as conclusões obtidas após as tarefas de análise.

CAPÍTULO 5 – UM PROCESSO PARA CRIAÇÃO DE VISUALIZAÇÕES DE DADOS

Neste Capítulo, apresentamos um processo capaz de promover melhorias na geração de visualizações de dados em forma gráfica. Este processo visa proporcionar tanto avanços práticos na construção da visualização – utilizando a avaliação da qualidade da apresentação, quanto um viés para medição da interpretabilidade da visualização – utilizando a avaliação da interpretabilidade.

5.1 DISCUSSÃO PRELIMINAR

Levando em consideração os dois instrumentos de avaliação propostos anteriormente, foi criado um processo utilizando BPMN (*Business Process Modeling Notation*) (Recker et al, 2006) que visa uni-los. O objetivo é explicitar uma sequência de operações capaz de promover um aperfeiçoamento na geração de visualizações, tornando-as melhor apresentáveis e interpretáveis. Um manual prático para a utilização do processo é exibido no Anexo D. Na Figura 7, apresentamos o processo construído em BPMN e, a seguir, descrevemos cada passo e apontamos atores responsáveis e artefatos gerados para cada tarefa.

5.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

5.2.1 CRIAÇÃO DA VISUALIZAÇÃO ORIGINAL

Nos dias de hoje, qualquer cidadão, especialista em visualização de informação ou não, pode colocar dados em alguma ferramenta e gerar visualizações, com o intuito de publicá-las em alguma fonte de informação. Esta tarefa do processo é realizada por desenvolvedores, especialistas ou não em visualização de dados, e é a tarefa inicial do processo. Os desenvolvedores contatam o(s) especialista(s) para realizarem as duas avaliações, com o intuito de conseguir apontar, por exemplo, qual visualização, entre um grupo de visualizações, possui melhor qualidade na apresentação e melhor interpretabilidade.

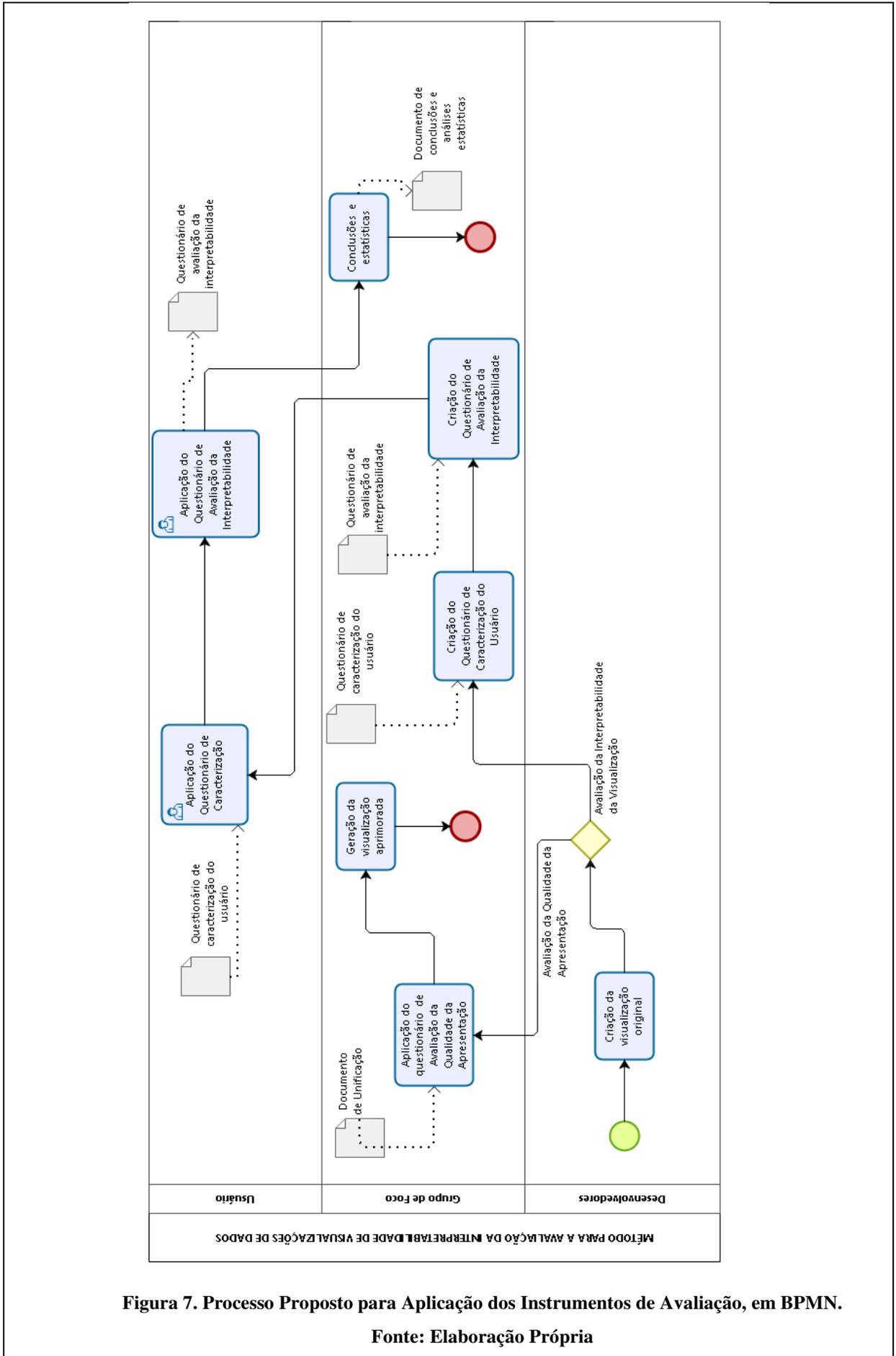


Figura 7. Processo Proposto para Aplicação dos Instrumentos de Avaliação, em BPMN.

Fonte: Elaboração Própria

5.2.2 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO

Como explicitamos no Capítulo 3, um grupo de foco se reúne para preencher o questionário de avaliação da qualidade da apresentação. Na reunião dos especialistas, cada participante acrescentará seus pontos de vista, relatando e detalhando os problemas encontrados. Ao final da tarefa, o grupo de foco preenche o documento de unificação (diagnóstico), com a homologação das alterações sugeridas.

5.2.3 GERAÇÃO DA VISUALIZAÇÃO APRIMORADA

Em posse do documento de unificação (diagnóstico), o grupo de foco está livre em enviá-lo ao desenvolvedor solicitante ou redesenhar a visualização com as alterações sugeridas. No nosso processo, o grupo de foco que se encarrega desta tarefa. A visualização aprimorada corresponde à visualização original, modificada pelo grupo de foco após a avaliação da qualidade da apresentação, ou seja, é a visualização que já contém as sugestões de modificação contidas no documento de unificação.

5.2.4 CRIAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO USUÁRIO

O grupo de foco é encarregado de criar o questionário de caracterização do usuário. Os dados provenientes deste questionário podem sugerir diversas inferências na tarefa de conclusões sobre a avaliação e análises estatísticas, logo o questionário deve ser criado e moldado tendo em vista as necessidades de informações distintas sobre os usuários.

5.2.5 CRIAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA INTERPRETABILIDADE

O grupo de foco também é responsável pela criação do questionário da avaliação da interpretabilidade, levando em consideração todos os princípios citados no Capítulo 4. Ao estruturar o questionário, deve se levar em conta a existência da visualização em forma gráfica que se pretende avaliar, assim como perguntas relativas às informações existentes no gráfico. Especificamente, podemos organizar o questionário de forma que o leitor consiga entender o porquê da avaliação estar sendo realizada e também consiga assimilar as questões propostas, de maneira correta. É importante salientar que todo o grupo de foco deve estar familiarizado com a visualização e com os objetivos dos desenvolvedores, para que o questionário apresente questões relevantes.

5.2.6 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO USUÁRIO

O questionário de caracterização deve ser respondido pelos participantes da avaliação. Deve ser sempre reforçado aos participantes que os mesmos não necessitam responder alguma pergunta que os incomode ou que não julguem necessário ser respondida. O conforto dos participantes durante a aplicação deste questionário deve ser sempre priorizado.

5.2.7 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA INTERPRETABILIDADE

O questionário de avaliação da interpretabilidade deve ser respondido pelos participantes da avaliação. Como já citado, é de extrema importância a presença de um relógio para marcação de tempo e qualquer dúvida, que não comprometa a eficiência da avaliação, deve ser prontamente sanada.

5.2.8 CONCLUSÕES SOBRE A AVALIAÇÃO E ESTATÍSTICAS

Com o resultado da aplicação do questionário de avaliação da interpretabilidade em mãos, a tarefa de conclusões sobre a avaliação e análises estatísticas pode ser realizada pelo grupo de foco, conforme explicitado no Capítulo 4. Os dados sobre acurácia, rapidez, dificuldade e segurança, provenientes da aplicação do questionário, são os pilares para que se possa concluir se a visualização possui uma boa interpretabilidade ou não.

CAPÍTULO 6 – EXPERIMENTO COM OS USUÁRIOS

Neste capítulo apresentamos como foi realizado o experimento com os usuários, apresentando os gráficos originais utilizados, a aplicação das heurísticas, problemas encontrados, geração dos gráficos aprimorados, aplicação dos questionários e as análises estatísticas. O objetivo dos experimentos foi (i) identificar a eficácia dos instrumentos de avaliação propostos e (ii) identificar a interpretabilidade de três visualizações bastante utilizadas na estatística. Como são visualizações pouco complexas, bastante conhecidas na estatística e amplamente utilizadas nos meios de comunicação, foi considerado um grupo de estudantes de ensino médio para a avaliação da interpretabilidade. Os seguintes fatores foram utilizados para avaliar a interpretabilidade de cada visualização: acurácia, rapidez (tempo), dificuldade e segurança, pois são esses elementos que formam o conceito de interpretabilidade, conforme descrito na Seção XXX. Foi analisado como foi o comportamento dos usuários considerando as diferentes versões de visualização – originais e aprimoradas.

6.1 TRABALHO ACEITO NO 18TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL GOVERNMENT RESEARCH (DG.O 2017)

O trabalho aceito no dg.o 2017 (Barcellos et al, 2017) foi um primeiro experimento realizado, que levou à construção dos instrumentos das avaliações. Nesse trabalho, também utilizamos questionários para avaliações com o usuário, porém o intuito era avaliar a interpretabilidade de visualizações univariadas, bivariadas e multivariadas de dados. Este trabalho é o resultado de um primeiro experimento piloto, e após a finalização e publicação do mesmo, percebemos que ainda faltava propor e testar uma avaliação formal para mensurar a interpretabilidade de diferentes visualizações, lacuna que é preenchida com a realização do segundo experimento realizado, detalhado a seguir.

6.2 PASSOS DO SEGUNDO EXPERIMENTO REALIZADO

6.2.2 CRIAÇÃO DA VISUALIZAÇÃO ORIGINAL

Um casal de desenvolvedores web foi contatado, por meio de e-mail, para produzir 3 gráficos a partir de um documento contendo requisitos para cada visualização. Para este experimento, os requisitos descritos no tal documento foram:

Visualização 1 (dados referentes às cidades do estado de MG, ano 2016):

1. Fornecer um gráfico que corresponda à quantidade de acidentes de trânsito com vítima com relação aos meses do ano.

2. O leitor deve ser capaz de observar e entender o comportamento da quantidade de acidentes de trânsito com vítimas entre os meses do ano.

3. O leitor deve ser capaz de observar quais meses detêm a maior e menor quantidade de acidentes de trânsito com vítimas.

Visualização 2 (dados referentes às cidades do estado de MG, ano 2010):

1. Fornecer um gráfico que corresponda à relação entre população total e taxa de analfabetismo (porcentagem).

2. O leitor deve ser capaz de observar e entender correlações entre as duas variáveis utilizadas. Como, por exemplo, correlações negativas e positivas.

Visualização 3 (dados referentes às cidades do estado de MG, ano 2010):

1. Fornecer um gráfico que relaciona cada município do estado de MG com sua respectiva quantidade de crianças nascidas vivas para um determinado mês.

2. O leitor deve ser capaz de observar e entender quais municípios detêm a maior e menor quantidade de crianças nascidas vivas em um determinado mês.

3. O leitor deve ser capaz de comparar a quantidade de crianças nascidas vivas entre os municípios.

O casal se reuniu e, em conjunto, gerou as três visualizações exibidas nas Figuras 8, 9 e 10, referentes respectivamente às Visualizações 1, 2 e 3.

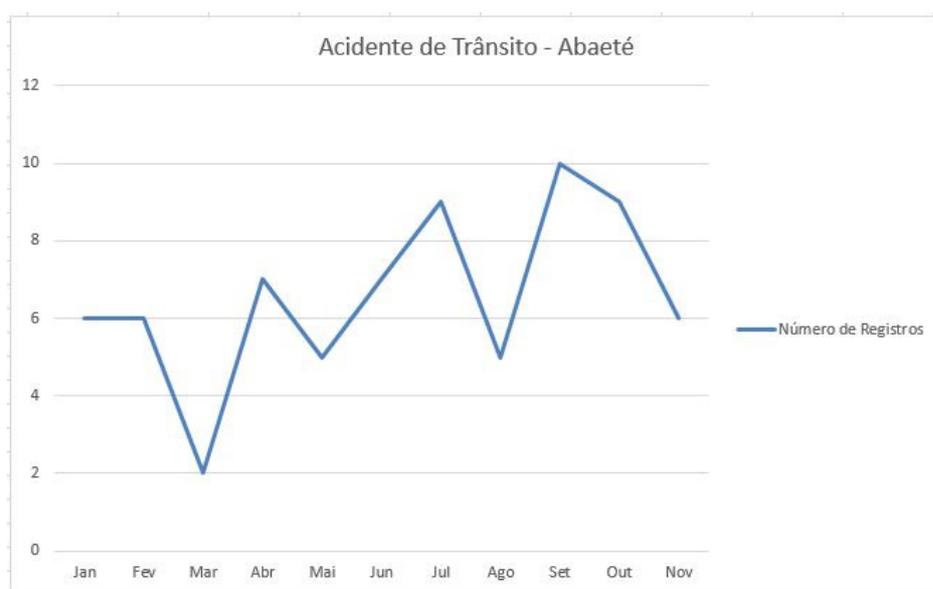


Figura 8. Visualização 1 – Gráfico de linhas correspondente à quantidade de acidentes de trânsito com vítima com relação aos meses do ano.

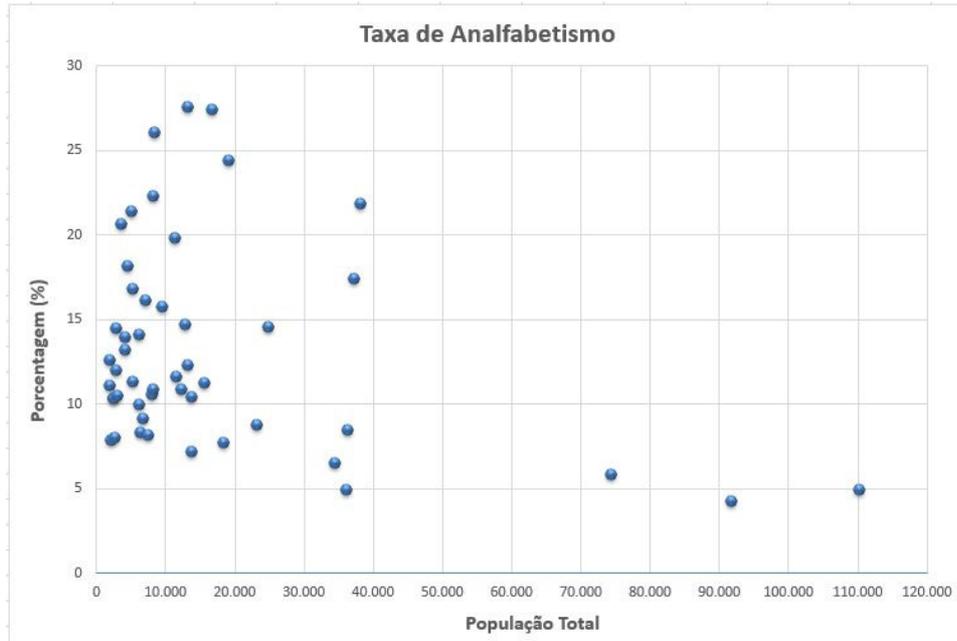


Figura 9. Visualização 2 – Gráfico de dispersão correspondente à relação entre População e Taxa de analfabetismo para alguns municípios de Minas Gerais.

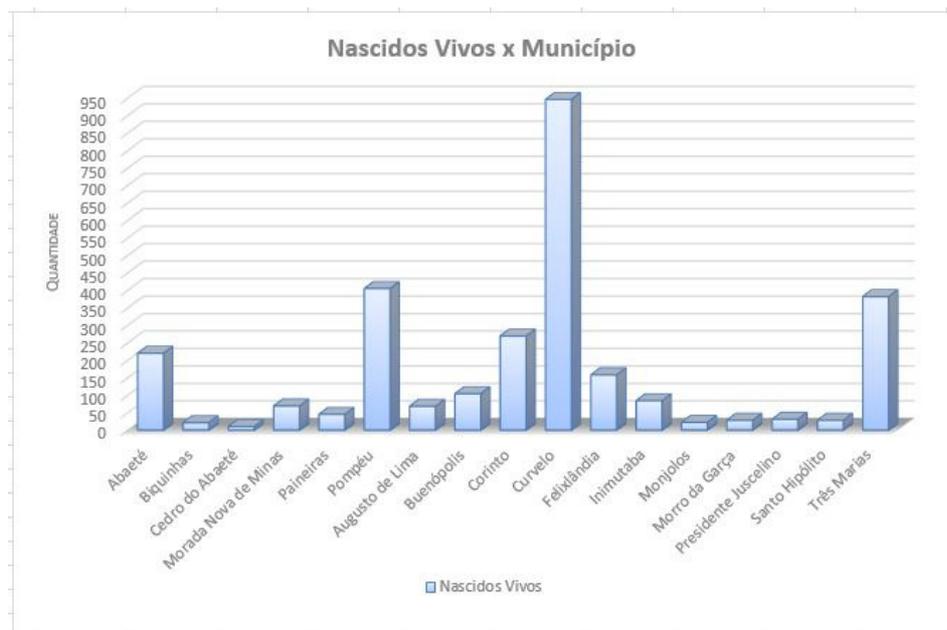


Figura 10. Visualização 3 – Gráfico de colunas correspondente a alguns municípios do estado de Minas Gerais com sua respectiva quantidade de crianças nascidas vivas em determinado mês.

6.2.3 APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO

Um grupo de foco formado por 2 professores e 1 aluna de mestrado, contendo especialistas em visualização e transparência de dados, se encarregou de realizar a avaliação da apresentação através do questionário de avaliação da apresentação, contendo as heurísticas propostas no Capítulo 3, exibido no Anexo A. Um documento foi construído, unificando os resultados da avaliação. Os problemas encontrados para cada visualização e a solução para cada problema são apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5. É importante observar que, para a Visualização 1, somente um problema foi encontrado; na Visualização 2, três problemas foram encontrados; e na Visualização 3, seis problemas foram encontrados.

Tabela 3. Heurística utilizada, problemas encontrados e solução aplicada para o gráfico de linhas.

HEURÍSTICA	PROBLEMA(S) ENCONTRADO(S)	SOLUÇÃO
5. Questões de tempo e espaço (eixos x e y ou novas perspectivas) não estão sendo respeitadas	Eixos não rotulados Prioridade: problema cosmético Impacto: O leitor consegue se recuperar facilmente.	Rotulação dos eixos x e y

Tabela 4. Heurísticas utilizadas, problemas encontrados e soluções aplicadas para o gráfico de dispersão.

HEURÍSTICA	PROBLEMA(S) ENCONTRADO(S)	SOLUÇÃO
2. Há muita quantidade de informações, confusão ou ruído.	Possui chartjunk (dificuldade de interpretar os dados), pois o tamanho dos objetos distrai padrões nos dados. Prioridade: problema cosmético Impacto: o leitor consegue se recuperar	Diminuição do tamanho dos objetos.
7. Tamanho dos objetos prejudica a leitura	Tamanho dos objetos distrai padrões nos dados. Prioridade: problema cosmético Impacto: o leitor consegue se recuperar	Diminuição do tamanho dos objetos.
11. Perspectiva 3D	Utiliza 3D. Prioridade: problema maior Impacto: o leitor consegue se recuperar.	Retirada do 3D.

Tabela 5. Heurísticas utilizadas, problemas encontrados e soluções aplicadas para o gráfico de colunas.

HEURÍSTICA	PROBLEMA(S) ENCONTRADO(S)	SOLUÇÃO
2. Há muita quantidade de informações, confusão ou ruído.	Existência excessiva de grades, degradê desnecessário. Prioridade: problema maior Impacto: o leitor consegue se recuperar	Retirada do degradê e mudança na disposição do gráfico (com a nova distribuição das colunas, as grades ficaram mais espaçadas).
3. Direção incorreta de leitura.	Nome dos municípios na diagonal. Prioridade: problema menor Impacto: o leitor consegue se recuperar.	Mudança na disposição do gráfico, os nomes dos municípios foram reorganizados na horizontal, tornando o gráfico de colunas, um gráfico de barras.
4. Itens relacionados não estão próximos uns dos outros.	Colocar colunas em ordem crescente/decrecente. Prioridade: problema maior Impacto: o leitor não consegue se recuperar	As barras foram organizadas em ordem crescente.
5. Questões de tempo e espaço (eixos x e y ou novas perspectivas) não estão sendo respeitadas.	Eixos não rotulados. Prioridade: problema cosmético Impacto: O leitor consegue se recuperar facilmente.	Rotulação dos eixos.
7. Tamanho dos objetos prejudica a leitura.	Tamanhos variados das barras sem uma ordem específica. Sugestão: colocar na horizontal. Prioridade: problema maior Impacto: o leitor não consegue se recuperar	As barras foram organizadas em ordem crescente e na horizontal.
11. Perspectiva 3D.	Utiliza 3D. Prioridade: problema maior Impacto: o leitor consegue se recuperar.	Retirada do 3D.

6.2.4 GERAÇÃO DA VISUALIZAÇÃO APRIMORADA

A partir da aplicação da avaliação da apresentação, o grupo de foco aplicou as soluções sugeridas às visualizações originais. Nas Figuras 11, 12 e 13, são exibidas as visualizações construídas e utilizadas no experimento descrito na Seção 6.2.5.



Figura 11. Visualização aprimorada 1 - Gráfico de linhas correspondente à quantidade de acidentes de trânsito com vítima.

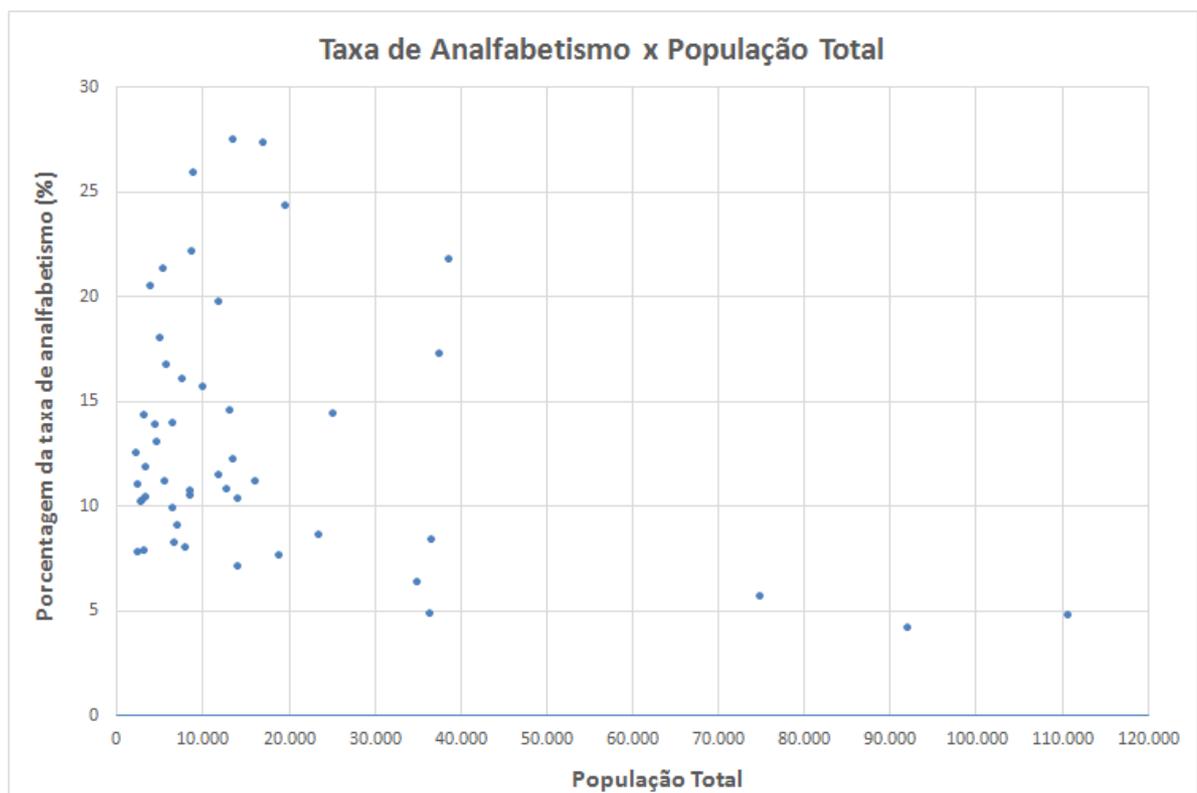




Figura 13. Visualização aprimorada 3 - Gráfico de barras correspondente a alguns municípios do estado de Minas Gerais com sua respectiva quantidade de crianças nascidas vivas em determinado mês.

6.2.5 CRIAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS DE CARACTERIZAÇÃO E DA AVALIAÇÃO DA INTERPRETABILIDADE

Uma parte do grupo de foco, formado por 2 professores e 1 aluna de mestrado, contendo especialistas em visualização e transparência de dados, criou os questionários, exibidos no Anexo B, e a outra parte os validou. Os questionários construídos incluíram todos os princípios explicitados no Capítulo 4.

6.2.6 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO

O Colégio de Aplicação de Macaé – CAP foi escolhido para ser aplicado o questionário de avaliação da interpretabilidade, exibido no Anexo B. Ao todo, participaram 32 estudantes do Ensino Médio, sendo 16 do gênero masculino e 16 do gênero feminino, com idades entre 15 e 18 anos. A maioria dos estudantes conhecia o conceito de transparência pública, porém nunca acessou sites de dados públicos do governo federal nem aplicativos com propostas semelhantes. Durante a aplicação do questionário de caracterização, foi salientado aos estudantes, que os mesmos se sentissem a vontade ao respondê-lo, podendo refutar ou não alguma questão.

6.2.7 APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DA INTERPRETABILIDADE

Tendo em vista os 32 estudantes, separamos a metade para responder o questionário com as visualizações originais (16 estudantes, sendo 8 do gênero masculino e 8 do gênero feminino) e a outra metade para responder o questionário com as visualizações. Houve uma pequena apresentação sobre todo trabalho e um roteiro de aplicação foi seguido, orientando a utilização do relógio para marcação do tempo. A média de tempo total da aplicação do questionário foi de 23 minutos.

6.2.8 RESULTADOS E CONCLUSÕES SOBRE O EXPERIMENTO REALIZADO

6.2.8.1 ANÁLISE DAS DIFERENÇAS ENTRE AS VERSÕES DAS VISUALIZAÇÕES

Foram avaliadas as seguintes características em relação à visualização original e a visualização melhorada: acurácia, ou seja, o percentual de acertos na versão original e na versão aprimorada; o tempo médio de resposta por questão; a dificuldade e segurança em responder cada questão. Para cada um desses aspectos, é exibido um gráfico de barras com o resultado absoluto do aspecto em relação a cada versão de visualização, e uma tabela respectiva com as médias e respectivo desvio padrão.

Em relação à acurácia, podemos observar na Figura 14 e na Tabela 6 que, para o gráfico de linhas, a versão aprimorada possui menor acurácia do que a versão original, no entanto a diferença é pequena. Já no gráfico de dispersão, a versão aprimorada possui a mesma acurácia da versão original. No gráfico de colunas/barras, a versão aprimorada possui acurácia muito maior do que a versão original. Logo, concluímos que, para o fator acurácia, apenas o gráfico de colunas/barras obteve uma melhora significativa na interpretabilidade (20% de diferença). É importante lembrar que, para o gráfico de barras, foi encontrado o maior número de problemas (seis problemas), o que indica que a aplicação das heurísticas foi bastante eficaz, já que os outros dois gráficos somente apresentaram problemas cosméticos.

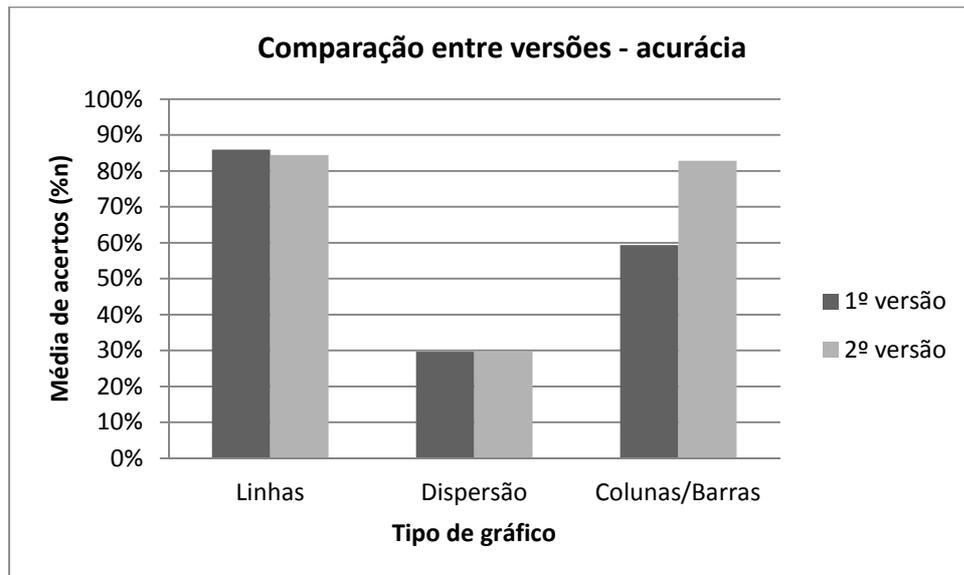


Figura 14. Comparação entre as visualizações – Acurácia.

Tabela 6 – Média e Desvio Padrão – Acurácia (%)

Versão	Média de acurácia (%) (m ± sd)		
	Linhas	Dispersão	Colunas/Barras
Original	86% ± 0,19%	30% ± 0,18%	63% ± 0,28%
Aprimorada	84% ± 0,17%	30% ± 0,18%	83% ± 0,19%

Em relação ao tempo de resposta, podemos observar na Figura 15 e na Tabela 7 que, para todos os gráficos (linhas, dispersão e colunas/barras) a versão aprimorada possui menor tempo de resposta (maior rapidez) do que a versão original. Em posse destes resultados, podemos concluir que a aplicação das heurísticas foi eficiente quanto a diferença entre o tempo de resposta da versão original para a versão aprimorada.

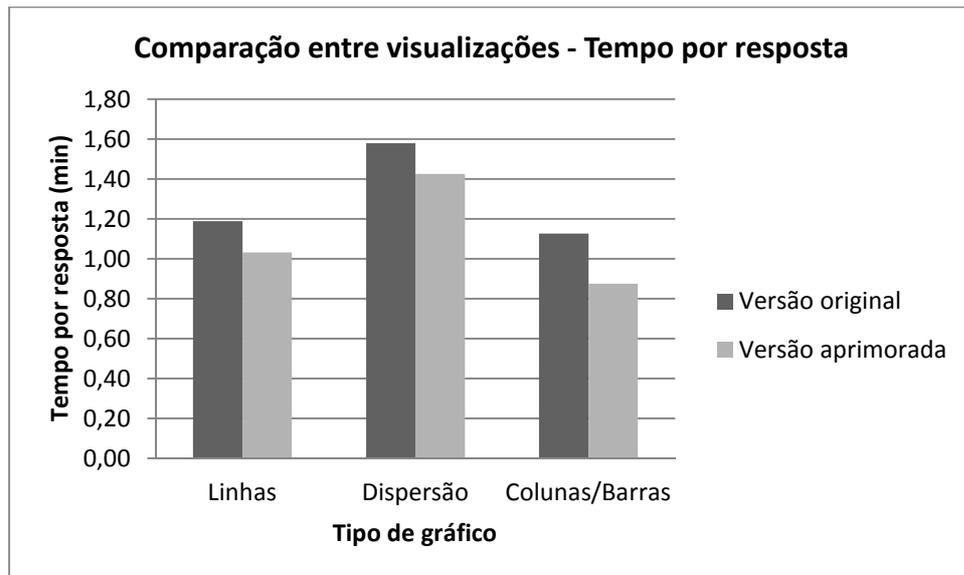


Figura 15. Comparação entre as visualizações – Tempo por resposta

Tabela 7. Média de tempo de resposta (min)

Versão	Média de tempo de resposta (min) (m ± sd)		
	Linhas	Dispersão	Colunas/Barras
Original	1,19 min ± 1,66	1,57 min ± 0,73	1,12 min ± 0,41
Aprimorada	1,03 min ± 1,42	1,42 min ± 0,85	0,87 min ± 0,40

Em relação à dificuldade nas respostas do questionário, podemos observar na Figura 16 e na Tabela 8 que, para o gráfico de linhas, a versão aprimorada oferece menor dificuldade do que a versão original. No gráfico de dispersão, a versão aprimorada possui maior dificuldade do que a versão original. No gráfico de colunas/barras, a versão aprimorada possui maior dificuldade do que a versão original. No entanto, para todos os gráficos, a diferença entre as versões originais e aprimoradas foi pequena. Por outro lado, é interessante observar que o gráfico de dispersão foi o que apresentou maior dificuldade de interpretação.

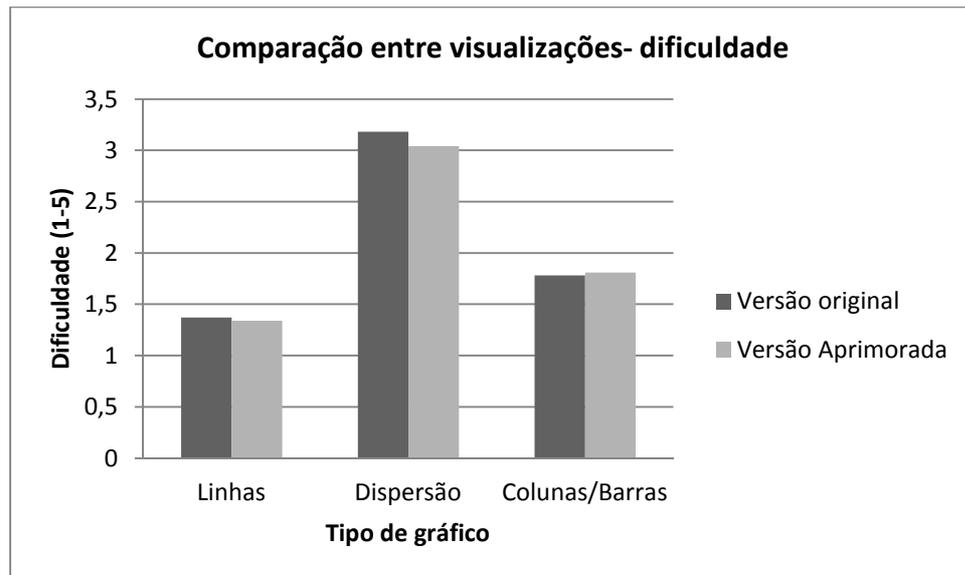


Figura 16. Comparação entre as visualizações – Dificuldade

Tabela 8. Média de dificuldade (1 -5)

Versão	Média de dificuldade (1 -5) (m ± sd)		
	Linhas	Dispersão	Colunas/Barras
Original	1,37 ± 0,59	3,18 ± 0,62	1,78 ± 0,63
Aprimorada	1,34 ± 0,68	3,04 ± 1,10	1,81 ± 0,78

Por fim, em relação à segurança quanto às respostas de cada questão, podemos observar na Figura 17 e na Tabela 9 que, para todos os gráficos (linhas, dispersão e colunas/barras) a versão aprimorada oferece menor segurança do que a versão original. Assim, podemos observar que os usuários ainda se sentem inseguros na utilização de visualizações de dados em forma gráfica, pois a mesma visualização que possui 20% a mais na acurácia, oferece menor segurança na resposta das questões.

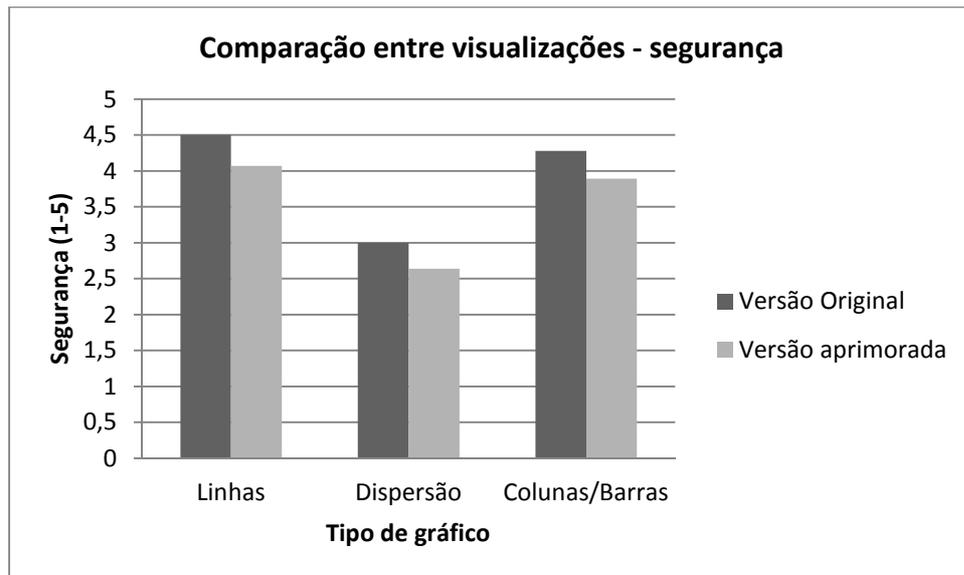


Figura 17. Comparação entre as visualizações – Segurança

Tabela 9. Média de segurança (1 -5)

Versão	Média de segurança (1 -5) (m ± sd)		
	Linhas	Dispersão	Colunas/Barras
Original	4,50 ± 0,70	3,00 ± 0,83	4,20 ± 0,80
Aprimorada	4,07 ± 0,36	2,64 ± 1,15	3,80 ± 1,16

Nas Tabelas 10, 11 e 12 é exibido um resumo das situações em que a versão original e aprimorada oferecem mais, igual ou menos acurácia, rapidez, dificuldade e segurança. Com os resultados adquiridos podemos constatar que, para o gráfico de linhas, a versão aprimorada possui maior rapidez, menor acurácia, menor dificuldade e menor segurança do que a versão original. No gráfico de dispersão, a versão aprimorada possui maior rapidez, mesma acurácia, maior dificuldade e maior segurança do que a versão original. No gráfico de colunas/barras, a versão aprimorada possui maior rapidez, maior acurácia, maior dificuldade e maior segurança do que a versão original. Logo, conclui-se que se levarmos em conta somente os fatores objetivos – tempo de resposta e acurácia, a interpretabilidade das versões aprimoradas é maior que das versões originais. Porém, se levarmos em consideração apenas os fatores subjetivos – dificuldade e segurança, a interpretabilidade das versões aprimoradas é menor que das versões originais.

Tabela 10. Interpretabilidade do gráfico de linhas (1 -5)

Versão	Interpretabilidade – Linhas			
	Acurácia	Rapidez	Dificuldade	Segurança
Original	+	-	+	+
Aprimorada	-	+	-	-

Tabela 11. Interpretabilidade do gráfico de dispersão (1 -5)

Versão	Interpretabilidade – Dispersão			
	Acurácia	Rapidez	Dificuldade	Segurança
Original	=	-	+	+
Aprimorada	=	+	-	-

Tabela 12. Interpretabilidade do gráfico de colunas/barras (1 -5)

Versão	Interpretabilidade – Colunas/Barras			
	Acurácia	Rapidez	Dificuldade	Segurança
Original	-	-	-	-
Aprimorada	+	+	+	+

6.2.8.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS DIFERENÇAS

Para verificar se as diferenças entre as os resultados obtidos da versão original e aprimorada são significativas, utilizamos o Teste U de Mann-Whitney. Esse teste é uma variação do Teste de Wilcoxon, e se aplica na comparação entre duas amostras independentes. A primeira amostra utilizada é relacionada aos resultados obtidos com a aplicação do questionário no grupo de estudantes utilizando a versão original das visualizações. Já a segunda amostra utilizada é relacionada aos resultados obtidos com a aplicação do questionário no grupo de estudantes utilizando a versão aprimorada das visualizações.

Para aplicação de um teste estatístico, duas hipóteses devem ser consideradas: a hipótese nula e a hipótese alternativa. No nosso caso, as duas hipóteses foram as seguintes:

- Hipótese nula: As duas amostras são equivalentes, ou seja, não há diferença significativa entre as duas versões.
- Hipótese alternativa: As duas amostras são distintas, ou seja, há diferença significativa entre as duas versões.

Salientamos que não rejeitar a hipótese nula significa apenas que não se conseguiu, através dos dados disponíveis, demonstrar a sua falsidade, o que difere de provar a sua veracidade. O fato de não se poder aceitar a hipótese nula, mas apenas não a rejeitar, tem a ver com os erros que podem ser cometidos ao rejeitar ou não rejeitar a hipótese. Não se pode dizer que a hipótese nula é verdadeira, mas apenas que não se pode provar que ela é falsa. Para cada combinação – visualização/fator, o teste foi realizado.

Nas Tabelas 13 a 16 são exibidos os resultados dos testes realizados. Podemos concluir que apenas o fator acurácia no gráfico de dispersão e no gráfico de barras/colunas obteve uma diferença estatística significativa entre as duas amostras segundo o Teste U de Mann-Whitney.

Tabela 13. Teste de U de Mann-Whitney (Tempo de resposta)

	Tempo de resposta		
	Mann-Whitney (U)	Rejeitar hipótese nula?	Diferença significativa?
Linhas	122	N	N
Dispersão	117	N	N
Colunas/Barras	105	N	N

Tabela 14. Teste de U de Mann-Whitney (Acurácia)

	Acurácia		
	Mann-Whitney (U)	Rejeitar hipótese nula?	Diferença significativa?
Linhas	92	N	N
Dispersão	71	S	S
Colunas/Barras	34	S	S

Tabela 15. Teste de U de Mann-Whitney (Dificuldade)

	Dificuldade		
	Mann-Whitney (U)	Rejeitar hipótese nula?	Diferença significativa?
Linhas	94	N	N
Dispersão	122	N	N
Colunas/Barras	107	N	N

Tabela 16. Teste de U de Mann-Whitney (Segurança)

	Segurança		
	Mann-Whitney (U)	Rejeitar hipótese nula?	Diferença significativa?
Linhas	114	N	N
Dispersão	111	N	N
Colunas/Barras	102	N	N

6.2.8.3 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DOS FATORES MEDIANTE AS VERSÕES

Os gráficos a seguir representam as diferenças quantitativas, entre os fatores que constituem a interpretabilidade, das diferentes versões.

Como podemos observar na Figura 18, no gráfico de linhas, a versão aprimorada possui um tempo de resposta de cerca de 10 segundos menor que a versão original; no gráfico de dispersão, a versão aprimorada possui um tempo de resposta de cerca de 9 segundos menor que a versão original; e no gráfico de colunas/barras, a versão aprimorada possui um tempo de resposta de cerca de 15 segundos menor que a versão original. Ou seja, as versões aprimoradas possuem menor tempo de resposta em todas as visualizações.

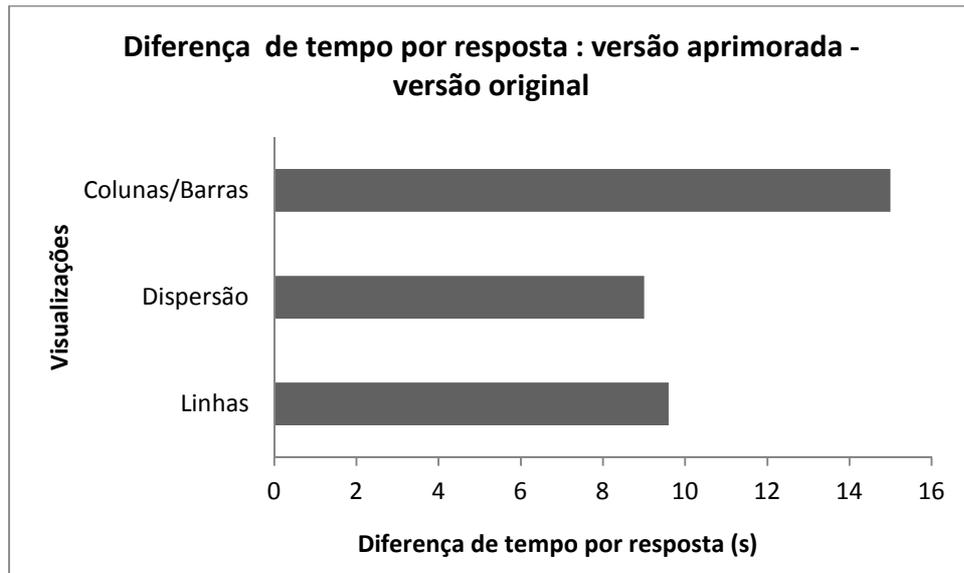


Figura 18. Diferença do fator rapidez entre as versões.

Como podemos observar na Figura 19, no gráfico de linhas, a versão aprimorada possui acurácia de cerca de 2% menor que a versão original e, no gráfico de colunas/barras, a versão aprimorada possui acurácia de cerca de 20% maior que a versão original. Não exibimos a diferença para o gráfico de dispersão, pois a versão aprimorada possui a mesma acurácia que a versão original (0% de diferença). Os participantes relataram extrema dificuldade no gráfico de dispersão, talvez a informação agregada pode não ser a mais adequada para o tipo de gráfico. Como já mencionado, o gráfico de barras/colunas obteve um aumento considerável na acurácia, atestando a eficiência da avaliação da qualidade da apresentação da visualização, com uma diferença significativa comprovada no teste U de Mann-Whitney.

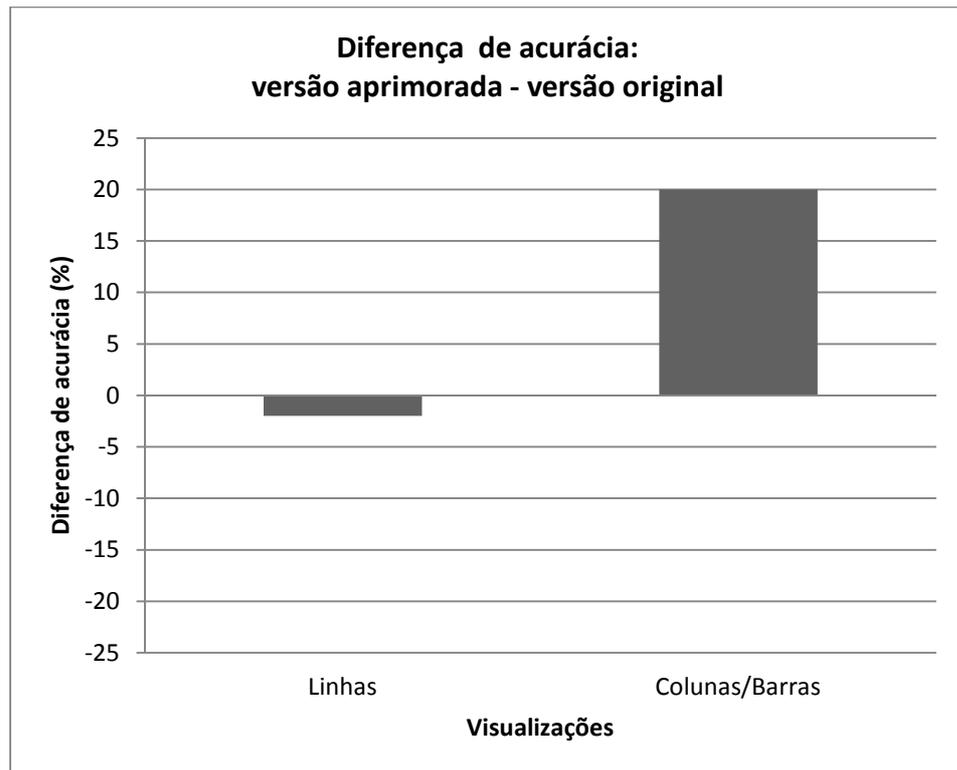


Figura 19. Diferença do fator acurácia entre as versões.

Considerando a Figura 20, no gráfico de linhas, a versão aprimorada possui dificuldade, entre 0 e 0,1 pontos, menor que a versão original; no gráfico de dispersão, a versão aprimorada possui dificuldade, entre 0,1 e 0,2 pontos, menor que a versão original ; já no gráfico de barras/colunas, a versão aprimorada possui dificuldade, entre 0 e 0,1 pontos, maior que a versão original. Ou seja, todas as versões das três visualizações possuem a mesma dificuldade.

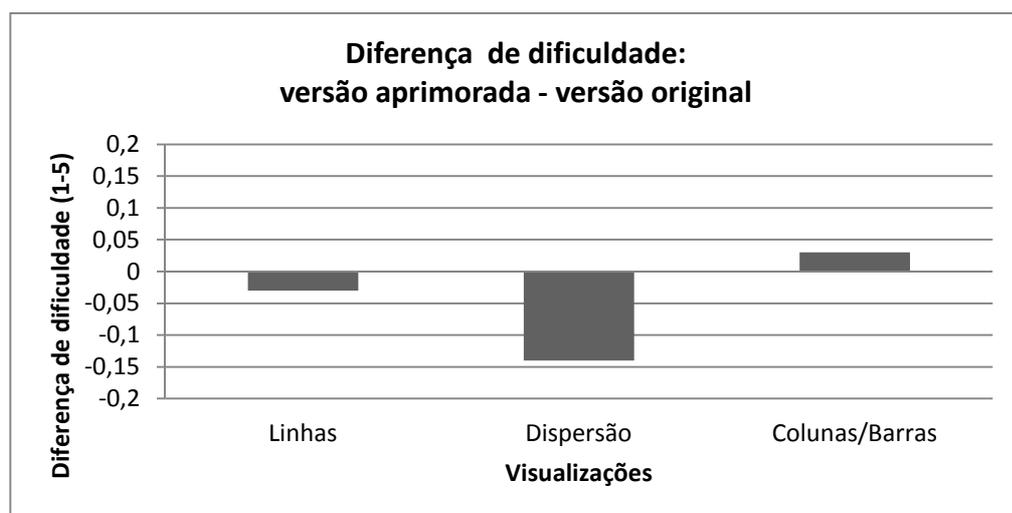


Figura 20. Diferença do fator dificuldade entre as versões.

De acordo com a Figura 21, podemos considerar que, no gráfico de linhas, a versão aprimorada possui segurança, cerca de 0,43 pontos, menor que a versão original; no gráfico de

dispersão, a versão aprimorada possui segurança, cerca de 0,36 pontos, menor que a versão original; já no gráfico de colunas/barras, a versão aprimorada possui segurança, cerca de 0,40 pontos, menor que a versão original. Ou seja, todas as versões aprimoradas das visualizações apontaram menor segurança que as versões originais. Este fato implica na conclusão de que os cidadãos ainda não se sentem seguros na utilização de visualizações de dados em gráficos, pois mesmo obtendo uma melhora significativa na acurácia, como é o caso do gráfico de colunas/barras, ainda há uma falta de segurança notável nas respostas.

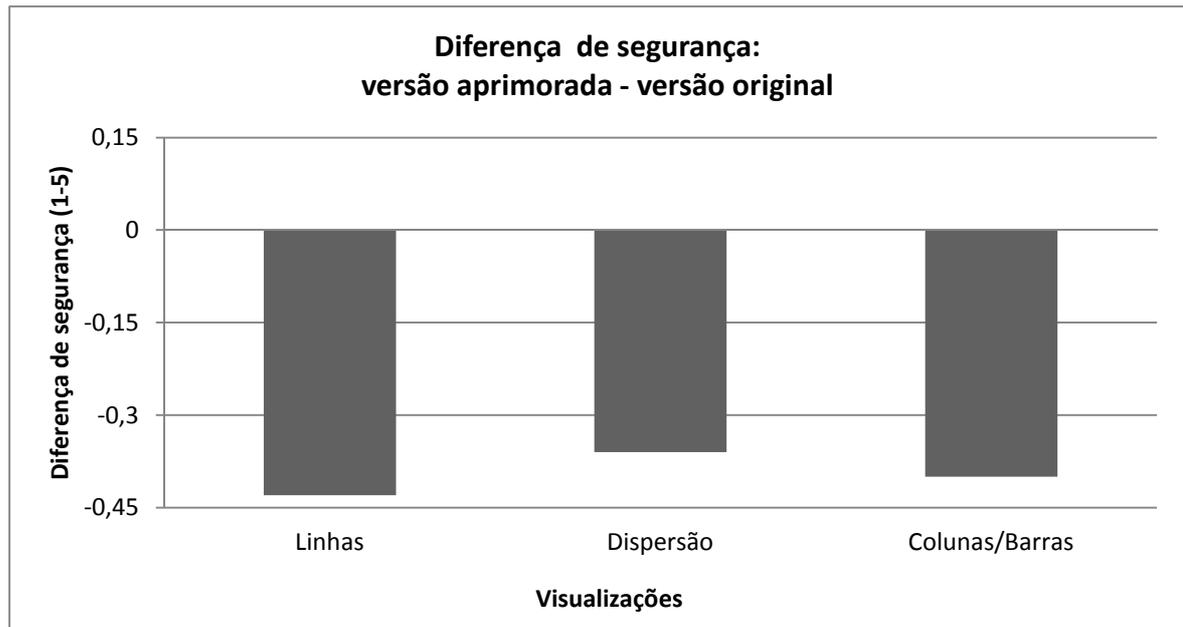


Figura 21. Diferença do fator segurança entre as versões.

6.2.8.4 ANÁLISE DAS DIFERENÇAS ENTRE OS GÊNEROS

Durante muito tempo, o discurso sobre uma superioridade masculina sempre defendeu a racionalidade como uma característica única não pertencente às mulheres. No campo biológico, algumas interpretações são associadas sobre as diferenças entre os cérebros masculino e feminino. Porém, já foi comprovado, que não existe nenhuma prova ou evidência científica que haja alguma diferença entre eles. Temos que assumir que somos todos iguais (De Souza; Fernandes; Conceição, 2017). Tendo em vista este fato, separamos alguns resultados do experimento por gênero, com o intuito de avaliar se há alguma desproporção em termos de interpretabilidade, entre os dois gêneros.

Em termos de acurácia, no gráfico de linhas, os respondentes do gênero masculino obtiveram maior acurácia na versão aprimorada (cerca de 7% de diferença), porém os respondentes do gênero feminino obtiveram maior acurácia na versão original (cerca de 10%

de diferença). Já no gráfico de dispersão, os respondentes do gênero masculino obtiveram maior acurácia na versão original (cerca de 10% de diferença), porém os respondentes do gênero feminino obtiveram maior acurácia na versão aprimorada (cerca de 10% de diferença). No gráfico de colunas/barras, os respondentes do gênero masculino obtiveram maior acurácia na versão aprimorada (cerca de 40% de diferença), porém os respondentes do gênero feminino obtiveram maior acurácia na versão original (cerca de 6% de diferença).

Em termos de dificuldade, no gráfico de linhas, os respondentes do gênero masculino obtiveram maior dificuldade na versão original (0,35 pontos de diferença), porém os respondentes do gênero feminino obtiveram maior dificuldade na versão aprimorada (0,28 pontos de diferença).

Em termos de segurança, no gráfico de linhas, os respondentes do gênero masculino obtiveram, cerca de 0,47 pontos, maior segurança na versão aprimorada, porém os respondentes do gênero feminino obtiveram, cerca de 1,31 pontos, maior segurança na versão original.

6.2.8.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O EXPERIMENTO

Em posse dos resultados apresentados, um relatório final (produzido pelo grupo de foco) foi homologado contando com todas as conclusões obtidas após as tarefas de análise estatística, que estão apresentadas nesta seção.

As versões originais e aprimoradas dos gráficos de linhas e dispersão não obtiveram diferenças capazes de rejeitar a hipótese nula no Teste de Wilcoxon, ou seja, não podemos afirmar que houve uma diferença significativa para os fatores acurácia, rapidez, dificuldade e segurança. É importante lembrar que, para o gráfico de linhas, apenas um problema foi identificado e corrigido em relação à visualização aprimorada, ou seja, não houve uma quantidade considerável de mudanças. Já no gráfico de colunas/barras, houve uma diferença significativa entre as versões originais e aprimoradas no fator acurácia, pois seis problemas foram identificados e corrigidos para construção da visualização aprimorada, incluindo uma mudança no tipo de gráfico.

Concluimos que tanto a avaliação da qualidade da apresentação de visualizações quanto a avaliação da interpretabilidade das visualizações – ambas utilizam apenas visualizações em forma gráfica – são capazes de aprimorar a qualidade dos gráficos e de mensurar a interpretabilidade dos mesmos. A avaliação da qualidade da apresentação de visualizações ainda necessita ser testada para outras visualizações e a avaliação da interpretabilidade de visualizações ainda deve ser testada para outros grupos de usuários.

CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho, nós aprofundamos alguns conceitos como: transparência, visualização e interpretabilidade de dados, com o objetivo de evidenciar que há a necessidade de se gerar visualizações intuitivas, através de apresentações relevantes e compreensíveis, para uma melhor análise e comunicação dos dados. A falta de qualidade nas exibições das representações visuais, fornecidas pelas instituições públicas, ocasiona uma menor interpretabilidade destas representações. Os cidadãos, que deveriam obter um olhar exato sobre todo o contexto de dados exposto a partir da representação, ficam desorientados.

Um conceito único de interpretabilidade de dados não pôde ser encontrado na literatura. Observamos uma falta de estruturação de uma definição formal para o termo. Assim, pudemos explicitar os elementos que o forma – acurácia, rapidez, dificuldade e segurança. Ainda, pudemos explorar melhor a expressão e apontar que a viabilidade de qualquer indivíduo para compreender, reconhecer e interpretar dados, de maneira acurada e eficiente, sustenta o conceito de interpretabilidade. Também, não foram encontrados na literatura métodos de avaliação capazes de analisar a qualidade da apresentação da visualização e mensurar seu nível de interpretabilidade. Assim, também foi proposto neste trabalho um processo para melhorias na geração de visualizações de dados. Tal processo explora duas vertentes: o questionário de avaliação da interpretação (que é realizado juntamente aos leitores) e o questionário de avaliação da apresentação (que é realizado por um grupo de foco formado por especialistas). A reunião de heurísticas, já presentes individualmente em outros trabalhos, auxiliou na avaliação da qualidade da apresentação. A aplicação de um questionário, sumarizando todas as heurísticas, permitiu observar questões relevantes nos experimentos realizados com usuários.

Devido às observações apontadas pelos participantes, foram identificadas dificuldades em tipos específicos de visualizações, como por exemplo, no gráfico de dispersão, gerando uma grande dificuldade e uma falta de segurança notável em interpretar o mesmo. Na pesquisa apresentada em (Baker; Corbett; Koedinger, 2001), são examinadas as habilidades dos estudantes do ensino médio em raciocínio sobre três representações gráficas: histogramas, diagramas de dispersão e diagramas de caule e folhas. Os autores concluíram que os diagramas de dispersão são mais conceitualmente desafiadores e o desempenho dos estudantes nas questões de dispersão também é bastante marcante, como no nosso experimento. Os estudantes também obtiveram dificuldades consideráveis com os exercícios de dispersão.

Por meio de análises estatísticas (tarefa inclusa na avaliação), foi possível observar o comportamento dos elementos: rapidez, acurácia, dificuldade e segurança antes e depois da avaliação da qualidade da apresentação. Também foi possível observar diferenças entre gêneros, tendo em vista a interpretação das visualizações originais e aprimoradas.

Um fato singular, ao finalizar este trabalho, foi perceber que mesmo obtendo melhor acurácia na interpretação de uma determinada visualização (fatores objetivos – medidos quantitativamente), os participantes ainda relataram dificuldade e falta de segurança (fatores subjetivos – medidos qualitativamente) no uso das visualizações. Concluímos, portanto, que um maior incentivo em utilizar visualizações de dados deve ser praticado, pois os indivíduos ainda se sentem inseguros na utilização de representações mais elaboradas, mesmo obtendo maior êxito em compreendê-las de forma eficiente e acurada.

A principal contribuição deste trabalho é a disponibilização tanto dos dois instrumentos de avaliação de visualizações de dados em forma gráfica, quanto do processo que as une, oferecendo meios para conseguirmos aprimorar a construção de gráficos, e para realizar a medição da interpretabilidade das visualizações – promovendo ao usuário uma visualização mais eficiente e melhor interpretável. A consolidação do conceito de interpretabilidade também é uma contribuição na área de Visualização de Informação.

As limitações deste trabalho estão nos seguintes fatos: a avaliação da qualidade da apresentação de visualizações ainda necessita ser explorada para outros tipos de visualizações em forma gráfica – como gráfico de pizza e gráfico de bolhas, por exemplo - e a avaliação da interpretabilidade de visualizações ainda deve ser explorada utilizando outros grupos de usuários, preferencialmente com perfis distintos.

Como trabalhos futuros, é necessário fazer uma definição formal do conceito de interpretabilidade, assim como verificar se a aplicação do processo é extensível a terceiros, ou seja, averiguar se qualquer usuário interessado pode utilizá-lo sem problemas e restrições, aumentar o número de heurísticas utilizadas para a avaliação da qualidade da apresentação e discutir o porquê dos cidadãos se sentirem inseguros na utilização de visualização de dados. Consequentemente, as avaliações tenderão a ser cada vez mais desenvolvidas e lapidadas, abrangendo outras vertentes para o aumento tanto da qualidade da apresentação das visualizações quanto da interpretabilidade das visualizações diante aos cidadãos.

REFERÊNCIAS

- Aigner, Wolfgang, Stephan Hoffmann, and Alexander Rind. "EvalBench: a software library for visualization evaluation." *Computer Graphics Forum*. Vol. 32. No. 3pt1. Blackwell Publishing Ltd, 2013.
- Aló, Claudia Cappelli. Uma abordagem para transparência em processos organizacionais utilizando aspectos. Diss. PUC-Rio, 2009.
- Baker, Ryan Shaun, Albert T. Corbett, and Kenneth R. Koedinger. "Toward a model of learning data representations." *Proceedings of the 23rd annual conference of the Cognitive Science Society*. 2001.
- Banissi, Ebad, Francis T. Marchese, and Camilla Forsell, eds. *Information Visualisation: Techniques, Usability and Evaluation*. Cambridge Scholars Publishing, 2014.
- Barcellos, Raissa, et al. "Transparency in practice: using visualization to enhance the interpretability of open data." *Proceedings of the 18th Annual International Conference on Digital Government Research*. ACM, 2017.
- Bateman, Scott, et al. "Useful junk?: the effects of visual embellishment on comprehension and memorability of charts." *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2010.
- Belkindas, Misha V., and Eric V. Swanson. "International support for data openness and transparency." *Statistical Journal of the IAOS* 30.2 (2014): 109-112.
- Bertin, Jacques. "Semiology of graphics: Diagrams, networks, maps (WJ Berg, Trans.)." Madison, WI: The University of Wisconsin Press, Ltd (1983).
- Bibal, Adrien, and Benoît Frénay. "Interpretability of machine learning models and representations: an introduction." *Proc. ESANN*. 2016.
- Birkinshaw, P.J. (2006) 'Freedom of Information and Openness: Fundamental Human Rights', *Administrative Law Review* 58(1): 177–218.
- Black, J. (1997) 'Transparent Policy Measures', *Oxford Dictionary of Economics*. Oxford: OxfordUniversity Press.
- Broom, Kate. 'Gestalt principles of visual perception'. Disponível em: <<http://www.users.totalise.co.uk/~kbroom/Lectures/gestalt.htm>>. Acesso em: 01 abr.

2017.

Casner, Stephen M. "Task-analytic approach to the automated design of graphic presentations." *ACM Transactions on Graphics (ToG)* 10.2 (1991): 111-151.

Crabtree, Andy, and Richard Mortier. "Human data interaction: historical lessons from social studies and CSCW." *ECSCW 2015: Proceedings of the 14th European Conference on Computer Supported Cooperative Work, 19-23 September 2015, Oslo, Norway*. Springer International Publishing, 2015

Chen, Chun-houh, Wolfgang Karl Härdle, and Antony Unwin, eds. *Handbook of data visualization*. Springer Science & Business Media, 2007.

Davis, J. (1998) 'Access to and Transmission of Information: Position of the Media', in Veerle Deckmyn and Ian Thomson (eds) *Openness and Transparency in the European Union*, pp. 121–6. Maastricht: European Institute of Public Administration.

Den Boer, M. (1998) 'Steamy Windows: Transparency and Openness in Justice and Home Affairs', in V. Deckmyn and I. Thomson (eds) *Openness and Transparency in the European Union*, pp. 91–105. Maastricht: European Institute

De Souza, Maria Celeste Reis Fernandes, and F. R. Maria da Conceição. *Relações de gênero, Educação Matemática e discurso: enunciados sobre mulheres, homens e matemática*. Autêntica, 2017.

Forsell, Camilla, and Matthew Cooper. "Questionnaires for evaluation in information visualization." *Proceedings of the 2012 BELIV Workshop: Beyond Time and Errors-Novel Evaluation Methods for Visualization*. ACM, 2012.

Gurstein, Michael B. "Open data: Empowering the empowered or effective data use for everyone?." *First Monday* 16.2 (2011.)

Holder, E. (2009). Memorandum for heads of executive departments and agencies: The Freedom of Information Act. Retrieved from <http://www.usdoj.gov/ag/foia-memo-march2009.pdf>.

HOLZNER B., HOLZNER L. *Transparency in Global Change: The Vanguard of the Open Society*. University of Pittsburgh Press; 1 edition, 2006.

Keim, Daniel A. "Information visualization and visual data mining." *IEEE transactions on Visualization and Computer Graphics* 8.1 (2002): 1-8.

- Keim, Daniel A., et al. "Challenges in visual data analysis." *Information Visualization*, 2006. IV 2006. Tenth International Conference on. IEEE, 2006.
- Keim, Daniel A. "Visual exploration of large data sets." *Communications of the ACM* 44.8 (2001): 38-44.
- Kim, Been, et al. "Scalable and Interpretable Data Representation for High-Dimensional, Complex Data." *AAAI*. 2015.
- Knafllic, Cole Nussbaumer. *Storytelling with data: a data visualization guide for business professionals*. John Wiley & Sons, 2015.
- Krishnamurthy, Rashmi, and Yukika Awazu. "Liberating data for public value: The case of Data. gov." *International Journal of Information Management* 36.4 (2016): 668-672.
- Lee, Michael D., and Douglas Vickers. *Psychological approaches to data visualisation*. ADELAIDE UNIV (AUSTRALIA), 1998.
- Lee, Michael D., Marcus A. Butavicius, and Rachel E. Reilly. "Visualizations of binary data: A comparative evaluation." *International Journal of Human-Computer Studies* 59.5 (2003): 569-602.
- Lidwell, William, Kritina Holden, and Jill Butler. *Universal principles of design, revised and updated: 125 ways to enhance usability, influence perception, increase appeal, make better design decisions, and teach through design*. Rockport Pub, 2010.
- Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. "Brasil sobe quatro posições em ranking internacional de dados abertos". Disponível em <http://www.planejamento.gov.br/assuntos/logistica-e-tecnologia-da-informacao/noticias/brasil-sobe-4-posicoes-em-ranking-internacional-de-dados-abertos>. Acessado em 26/07/2017. 2016.
- Mortier, Richard, et al. "Human-data interaction: the human face of the data-driven society." (2014).
- Mulrow, Edward J. "The visual display of quantitative information." (2002): 400-400.
- Nielsen, Jakob. "Usability inspection methods." *Conference companion on Human factors in computing systems*. ACM, 1994.

- Nielsen, Jakob, and Rolf Molich. "Heuristic evaluation of user interfaces." Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. ACM, 1990.
- Prakash, T. Gnana. "Data Visualization and Communication by Big Data." (2016).
- Rabelo, Emerson, et al. "Information Visualization: Which Is the Most Appropriate Technique to Represent Data Mining Results?." Computational Intelligence for Modelling Control & Automation, 2008 International Conference on. IEEE, 2008.
- Recker, Jan C., et al. "How good is BPMN really? Insights from theory and practice." (2006).
- Robinson, David G., et al. "Government data and the invisible hand." (2009)
- Rüping, Stefan. Learning interpretable models. Diss. 2006.
- Shneiderman, Ben. "Inventing Discovery Tools: Combining Information Visualization with Data Mining 1." Information visualization 1.1 (2002): 5-12.
- Tufte, Edward R. Visual explanations: images and quantities, evidence and narrative. Vol. 36. Cheshire, CT: Graphics Press, 1997.
- Tufte, Edward R. "The visual display of quantitative data." Cheshire, CT: Graphics (1983).
- Tufte, Edward R. "Envisioning information." Optometry & Vision Science 68.4 (1991): 322-324.
- Tukey, John W. "Exploratory data analysis." (1977): 2.
- Ware, Colin. Information visualization: perception for design. Elsevier, 2012.
- Yau, Nathan. Data points: Visualization that means something. John Wiley & Sons, 2013.
- Zuk, Torre, et al. "Heuristics for information visualization evaluation." Proceedings of the 2006 AVI workshop on BEyond time and errors: novel evaluation methods for information visualization. ACM, 2006.

ANEXO A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA APRESENTAÇÃO DE VISUALIZAÇÕES

A seguir é apresentado o questionário utilizado para avaliação da qualidade da visualização construída.



Universidade Federal Fluminense

Instituto de Computação

Avaliação da Qualidade da Apresentação da Visualização

Especialista: _____

Visualização: _____

Problema	Prioridade	Persistência
1. Visualização não mantém o contexto quando impressa sem cores.	<input type="checkbox"/> Problema cosmético <input type="checkbox"/> Problema menor <input type="checkbox"/> Problema maior <input type="checkbox"/> Catástrofe	<input type="checkbox"/> Problema acontece apenas uma vez e desaparece. <input type="checkbox"/> Problema continua causando problemas.
2. Há muita quantidade de informações, confusão ou ruído.	<input type="checkbox"/> Problema cosmético <input type="checkbox"/> Problema menor <input type="checkbox"/> Problema maior <input type="checkbox"/> Catástrofe	<input type="checkbox"/> Problema acontece apenas uma vez e desaparece. <input type="checkbox"/> Problema continua causando problemas.
3. Direção incorreta de leitura para o público.	<input type="checkbox"/> Problema cosmético <input type="checkbox"/> Problema menor <input type="checkbox"/> Problema maior <input type="checkbox"/> Catástrofe	<input type="checkbox"/> Problema acontece apenas uma vez e desaparece. <input type="checkbox"/> Problema continua causando problemas.
4. Itens relacionados não estão próximos uns dos outros.	<input type="checkbox"/> Problema cosmético <input type="checkbox"/> Problema menor <input type="checkbox"/> Problema maior <input type="checkbox"/> Catástrofe	<input type="checkbox"/> Problema acontece apenas uma vez e desaparece. <input type="checkbox"/> Problema continua causando problemas.

5. Questões de espaço e tempo (eixos x e y ou novas perspectivas) não estão sendo respeitadas.	<input type="checkbox"/> Problema cosmético <input type="checkbox"/> Problema menor <input type="checkbox"/> Problema maior <input type="checkbox"/> Catástrofe	<input type="checkbox"/> Problema acontece apenas uma vez e desaparece. <input type="checkbox"/> Problema continua causando problemas.
6. Paletas e ícones visíveis a daltônicos	<input type="checkbox"/> Problema cosmético <input type="checkbox"/> Problema menor <input type="checkbox"/> Problema maior <input type="checkbox"/> Catástrofe	<input type="checkbox"/> Problema acontece apenas uma vez e desaparece. <input type="checkbox"/> Problema continua causando problemas.
7. Tamanho dos objetos prejudica a leitura.	<input type="checkbox"/> Problema cosmético <input type="checkbox"/> Problema menor <input type="checkbox"/> Problema maior <input type="checkbox"/> Catástrofe	<input type="checkbox"/> Problema acontece apenas uma vez e desaparece. <input type="checkbox"/> Problema continua causando problemas.
8. As cores dos objetos prejudicam a leitura.	<input type="checkbox"/> Problema cosmético <input type="checkbox"/> Problema menor <input type="checkbox"/> Problema maior <input type="checkbox"/> Catástrofe	<input type="checkbox"/> Problema acontece apenas uma vez e desaparece. <input type="checkbox"/> Problema continua causando problemas.
9. Espaço em branco que prejudique a leitura.	<input type="checkbox"/> Problema cosmético <input type="checkbox"/> Problema menor <input type="checkbox"/> Problema maior <input type="checkbox"/> Catástrofe	<input type="checkbox"/> Problema acontece apenas uma vez e desaparece. <input type="checkbox"/> Problema continua causando problemas.
10. Não alinhamento do estilo de comunicação à audiência.	<input type="checkbox"/> Problema cosmético <input type="checkbox"/> Problema menor <input type="checkbox"/> Problema maior <input type="checkbox"/> Catástrofe	<input type="checkbox"/> Problema acontece apenas uma vez e desaparece. <input type="checkbox"/> Problema continua causando problemas.
11. Perspectiva 3D.	<input type="checkbox"/> Problema cosmético <input type="checkbox"/> Problema menor <input type="checkbox"/> Problema maior <input type="checkbox"/> Catástrofe	<input type="checkbox"/> Problema acontece apenas uma vez e desaparece. <input type="checkbox"/> Problema continua causando problemas.

Comentários sobre os problemas encontrados.

Cite o número correspondente ao problema e escreva sua observação.

ANEXO B - QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO E QUESTIONÁRIO DE INTERPRETABILIDADE DAS VISUALIZAÇÕES

A seguir é apresentado o questionário utilizado para avaliação da qualidade da visualização construída.



Universidade Federal Fluminense

Instituto de Computação

O movimento de dados abertos é uma força emergente relativamente nova, expressiva e relevante. A ideia principal é que os dados públicos devem estar disponíveis em formato eletrônico e acessíveis através da Internet. Este movimento visa disponibilizar dados locais, regionais e nacionais de maneira que a população possa manipulá-los diretamente. Uma maior transparência pública permite um maior envolvimento do cidadão nas políticas públicas.

A rogativa para uma maior abertura e transparência tem sido percebida pelos governos de todo mundo. Alguns podem desconsiderá-la, porém, atualmente, há diversas reuniões governamentais, debates, campanhas, processos judiciais e leis de liberdade de informação, criadas com o intuito de trazer uma maior responsabilidade aos governos diante dos cidadãos.

O Brasil subiu quatro posições no Open Data Barometer 2015 ocupando a primeira posição na América do Sul e alcançando o 17º lugar no índice que mensura a influência das iniciativas de dados abertos no mundo. Na América do Sul, o Brasil vem seguido do Uruguai (19º), Colômbia (28º) e Chile (30º).

A disponibilização de dados é apenas uma condição mínima necessária para que se possa atingir a transparência. O cidadão tem que ter à disposição técnicas que facilitem a extração de informações mais completas. Observando apenas os dados brutos, não se consegue perceber relações de causa e efeito entre os dados, nem relações entre grandezas distintas.

Visualizações de dados é um ponto de partida para obtenção da transparência, um dos aspectos principais é tornar a informação mais compreensível, para isso, também se utiliza a visualização. Geralmente, os dados não são compreendidos de maneira eficiente quando são utilizadas apenas representações visuais comuns, como tabelas e listas. Grandes conjuntos de dados são melhores assimilados quando utilizamos ferramentas de visualização para encontrar padrões neles e reconhecer correlações entre grandezas.

Cada vez mais, percebe-se a necessidade de prover ao cidadão visualizações de dados melhor interpretáveis, ou seja, que passe uma informação mais clara ao usuário, no qual ele consiga internalizar todo o conhecimento sugerido a partir daquela representação visual. Descobrir qual visualização é mais adequada para um tipo de problema se torna um paradigma.

Logo, é importante avaliar a interpretabilidade de gráficos, tendo em vista que não existe na Literatura um procedimento capaz de realizar esta tarefa com a finalidade de prover ao usuário uma visualização mais eficiente e melhor interpretável. Tendo em vista a importância desta pesquisa, contamos com a ajuda de vocês para responder um questionário para avaliar o quanto cada tipo de visualização é capaz de trazer uma melhor interpretação da informação.

É importante ressaltar que seus dados pessoais não serão divulgados ou publicados em pesquisas sem prévia autorização.

Obrigada!

Seus dados pessoais não serão divulgados ou publicados em pesquisas sem prévia autorização.

Questionário - Caracterização do Participante

1. Nome (não obrigatório):

2. Indique seu sexo

Masculino Feminino Outro Prefiro não informar

3. Indique sua idade

1 - Menos de 20 anos

2 - De 20 a 30 anos

- 3 - De 31 a 40 anos
- 4 - De 41 a 50 anos
- 5 - Mais de 51 anos
- 6 - Prefiro não informar

4. Indique seu ano na escola

- 1 - 1º ano do ensino médio
- 2 - 2º ano do ensino médio
- 3 - 3º ano do ensino médio

5. Seu ensino médio é técnico? Se for, qual a área de estudo?

6. Você já utilizou algum aplicativo de visualização de dados? Por exemplo: Tableau Public.

- 1 - Sim Qual?
- 2 - Não

7. Você já utilizou algum aplicativo de transparência pública? Por exemplo: Dados.gov.

- 1 - Sim Qual?
- 2 - Não

Avaliação de Interpretabilidade de Visualizações de Dados

O objetivo dessa pesquisa é identificar o grau de interpretabilidade de cada tipo de visualização de dados de acordo com diferentes perfis de leitores. Para responder a esse questionário, necessitamos que você suponha que faz parte de uma comunidade que pertence ao estado de Minas Gerais (MG). Suponha ainda que, em uma pesquisa pela internet sobre dados de cidades de MG, você se depara com algumas formas de visualização de dados relacionados a aspectos socioeconômicos dessas cidades. Sua meta é interpretar e fornecer informações sobre estes gráficos, de acordo com suas observações.

Observação: O objetivo dessa avaliação não está em você ser capaz de adquirir algum conhecimento, mas sim avaliar o quanto cada tipo de visualização é capaz de trazer uma melhor interpretação da informação. Sendo assim, por favor, não volte nas respostas dadas previamente após já ter passado por ela e avança no questionário.

Hora inicial da resolução do questionário: ____

Para responder as Questões 1, 2, 3 e 4, considere a Figura 1 do Anexo, que apresenta um gráfico de linhas correspondente à quantidade de acidentes de trânsito com vítima com relação aos meses do ano.

1 - De acordo com a Figura 1, em qual mês MG possuiu menor quantidade de acidentes de trânsito com vítima?

Hora inicial da resolução da questão 1: ____

R: _____

Hora final da resolução da questão 1: ____

Como você considera o seu grau de dificuldade ao responder esta questão?

0 0 0 0 0
Pouco esforço 1 2 3 4 5 Muito esforço

Como você considera o seu grau de segurança ao responder esta questão?

0 0 0 0 0
Pouca segurança 1 2 3 4 5 Muita segurança

2 - De acordo com a Figura 1, em qual mês MG possuiu maior quantidade de acidentes de trânsito com vítima?

Hora inicial da resolução da questão 2: ____

R: _____

Hora final da resolução da questão 2: ____

Como você considera o seu grau de dificuldade ao responder esta questão?

0 0 0 0 0

Pouco esforço 1 2 3 4 5 Muito esforço

Como você considera o seu grau de segurança ao responder esta questão?

0 0 0 0 0

Pouca segurança 1 2 3 4 5 Muita segurança

3 - De acordo com a Figura 1, quantos acidentes de trânsito com vítima foram registrados no primeiro bimestre?

Hora inicial da resolução da questão 3: ____

- 0
- 8
- 6
- 12
- 4

Hora final da resolução da questão 3: ____

Como você considera o seu grau de dificuldade ao responder esta questão?

0 0 0 0 0

Pouco esforço 1 2 3 4 5 Muito esforço

Como você considera o seu grau de segurança ao responder esta questão?

0 0 0 0 0

Pouca segurança 1 2 3 4 5 Muita segurança

4 - De acordo com a Figura 1, você observa um comportamento estável ou instável do número de acidentes de trânsito com vítimas com relação ao decorrer do tempo?

Hora inicial da resolução da questão 4: ____

R: _____

Hora final da resolução da questão 4: ____

Como você considera o seu grau de dificuldade ao responder esta questão?

0 0 0 0 0						
Pouco esforço	1	2	3	4	5	Muito esforço

Como você considera o seu grau de segurança ao responder esta questão?

0 0 0 0 0						
Pouca segurança	1	2	3	4	5	Muita segurança

Para responder as Questões 5, 6, 7 e 8 considere a Figura 2 do Anexo, que apresenta um gráfico de dispersão correspondente à relação entre População e Taxa de analfabetismo.

Obs.: Correlação negativa acontece quando as variáveis são inversamente proporcionais (quando uma aumenta, a outra abaixa e vice-versa), já a correlação positiva acontece quando as variáveis são diretamente proporcionais (quando uma aumenta, a outra também aumenta e vice-versa). Há também a possibilidade de não haver relação entre as variáveis, ou seja, não há um padrão no que se permite detectar uma relação positiva ou negativa.

5 - De acordo com a Figura 2, você consegue observar relação (positiva/negativa) ou nenhuma relação entre as variáveis População e Taxa de analfabetismo?

Hora inicial da resolução da questão 5: ____

R: _____

Hora final da resolução da questão 5: ____

Como você considera o seu grau de dificuldade ao responder esta questão?

0 0 0 0 0					
Pouco esforço	1	2	3	4	Muito esforço

Como você considera o seu grau de segurança ao responder esta questão?

0 0 0 0 0					
Pouca segurança	1	2	3	4	Muita segurança

6 - Segundo Censo de 2010, o Rio Grande do Sul possui taxa de analfabetismo de 4,24%. De acordo com a amostra exposta na Figura 2, o estado de Minas Gerais parece estar melhor ou pior colocado do que o Rio Grande do Sul, em termos de analfabetismo?

Hora inicial da resolução da questão 6: ____

R: _____

Hora final da resolução da questão 6: ____

Como você considera o seu grau de dificuldade ao responder esta questão?

0 0 0 0 0					
Pouco esforço	1	2	3	4	Muito esforço

Como você considera o seu grau de segurança ao responder esta questão?

0 0 0 0 0					
Pouca segurança	1	2	3	4	Muita segurança

7 - De acordo com a Figura 2, há dados discrepantes na visualização? Quantos? (Valores que estejam anormalmente longe do conjunto de dados)?

Hora inicial da resolução da questão 7: ____

- Não há dados discrepantes.
- Sim, 1 dado discrepante.
- Sim, 4 dados discrepantes.
- Sim, 8 dados discrepantes.
- Sim, 10 dados discrepantes.

Hora final da resolução da questão 7: ____

Como você considera o seu grau de dificuldade ao responder esta questão?

0 0 0 0 0					
Pouco esforço	1	2	3	4	Muito esforço

Como você considera o seu grau de segurança ao responder esta questão?

0 0 0 0 0					
Pouca segurança	1	2	3	4	Muita segurança

8 - De acordo com a Figura 2, se houver dados discrepantes, você consegue observar fatos importantes neles, com relação à população e à porcentagem de analfabetismo?

Hora inicial da resolução da questão 8: ____

R: _____

Hora final da resolução da questão 8: ____

Como você considera o seu grau de dificuldade ao responder esta questão?

0 0 0 0 0					
Pouco esforço	1	2	3	4	Muito esforço

Como você considera o seu grau de segurança ao responder esta questão?

0 0 0 0 0					
Pouca segurança	1	2	3	4	Muita segurança

Para responder as Questões 9, 10, 11 e 12, considere a Figura 3 do Anexo, que apresenta um gráfico de barras correspondente cada município do estado de MG com sua respectiva quantidade de crianças nascidas vivas para um determinado mês.

9 - De acordo com a Figura 3, qual o município de MG que possui maior quantidade de crianças nascidas vivas?

Hora inicial da resolução da questão 9: ____

R: _____

Hora final da resolução da questão 9: ____

Como você considera o seu grau de dificuldade ao responder esta questão?

0 0 0 0 0
Pouco esforço 1 2 3 4 5 Muito esforço

Como você considera o seu grau de segurança ao responder esta questão?

0 0 0 0 0
Pouca segurança 1 2 3 4 5 Muita segurança

10 - De acordo com a Figura 3, quais os nomes dos dois municípios que detém a mesma quantidade de crianças nascidas vivas?

Hora inicial da resolução da questão 10: ____

R: _____

Hora final da resolução da questão 10: ____

Como você considera o seu grau de dificuldade ao responder esta questão?

0 0 0 0 0

Pouco esforço 1 2 3 4 5 Muito esforço

Como você considera o seu grau de segurança ao responder esta questão?

0 0 0 0 0

Pouca segurança 1 2 3 4 5 Muita segurança

11 - De acordo com a Figura 3, qual a discrepância entre o município com maior quantidade de nascidos vivos e o segundo maior?

Hora inicial da resolução da questão 11: ____

- 400
- 250
- 550
- Nenhuma
- 500

Hora final da resolução da questão 11: ____

Como você considera o seu grau de dificuldade ao responder esta questão?

0 0 0 0 0

Pouco esforço 1 2 3 4 5 Muito esforço

Como você considera o seu grau de segurança ao responder esta questão?

0 0 0 0 0

Pouca segurança 1 2 3 4 5 Muita segurança

12 - De acordo com a Figura 3, quais os 3 municípios que, de acordo com a visualização, parecem possuir uma pior assistência à saúde em relação aos demais?

Hora inicial da resolução da questão 12: ____

R: _____

Hora final da resolução da questão 12: ____

Como você considera o seu grau de dificuldade ao responder esta questão?

0 0 0 0 0

Pouco esforço 1 2 3 4 5 Muito esforço

Como você considera o seu grau de segurança ao responder esta questão?

0 0 0 0 0

Pouca segurança 1 2 3 4 5 Muita segurança

Hora final da resolução do questionário: ____

Use este espaço para alguma observação/crítica que julgue necessária:

ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO



Universidade Federal Fluminense

Instituto de Computação

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aos Pais

Prezado Sr. (Sra.), seu filho(a) está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa denominada “Avaliação da Interpretabilidade de Visualização de dados.” Trata-se de um estudo acadêmico cujo principal objetivo é identificar como diferentes perfis de leitores conseguem interpretar um conjunto de visualizações (gráficos) que representam dados divulgados pelo governo. O propósito dessa avaliação não é capacitar o participante a entender gráficos ou oferecer novos conhecimentos, mas sim avaliar o quanto cada tipo de gráfico é capaz de oferecer uma melhor interpretação da informação representada.

Caso Sr. (Sra.) autorize a participação de seu filho(a), ele(a) irá participar da pesquisa recebendo um texto para a leitura e, posteriormente, respondendo um questionário com perguntas a respeito do seu entendimento sobre os gráficos apresentados, criados a partir de dados relacionados a aspectos socioeconômicos do estado de Minas Gerais. Essa tarefa levará cerca de 40 minutos e não interferirá nas atividades escolares de seu filho(a).

A participação de seu filho(a) não é obrigatória e, a qualquer momento, ele(a) poderá desistir da participação. Tal recusa não trará prejuízos em sua relação com a pesquisadora ou com a instituição em que ela estuda. A participação dele(a) não oferece nenhum risco, mas se ele(a) sentir dificuldade com as perguntas ou desinteresse, poderá, se houver interesse, conversar com o pesquisador sobre o assunto.

O Sr. (Sra.) ou seu filho(a) não receberão remuneração pela participação na pesquisa, que tem cunho meramente acadêmico, e as suas respostas não serão divulgadas de forma a possibilitar a identificação do respondente. Além disso, o Sr. (Sra.) está recebendo uma cópia deste termo onde consta o telefone da pesquisadora principal, com quem o Sr. (Sra.) poderá entrar em contato a qualquer momento para tirar qualquer dúvida.

Nome do responsável: _____

Nome do aluno: _____

Declaro que entendi as condições relativas à participação do meu filho(a) e aceito que ele(a) participe da pesquisa.

Macaé, _____ de junho de 2017.

Assinatura

Se necessário, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável pela pesquisa: Raissa dos Santos Barcellos - Mestranda em Ciência da Computação na Universidade Federal Fluminense (UFF) - Telefone: (21)976027855 – e-mail: raissa.barcellos@gmail.com.

ANEXO D – MANUAL DO PRODUTO



Universidade Federal Fluminense

Instituto de Computação

Processo para criação de visualizações de dados

Proposta de processo para criação de melhores visualizações de dados em forma gráfica.

Processo para criação de visualizações de dados

Este manual tem como objetivo principal evidenciar um processo, criado utilizando BPMN (*Business Process Modeling Notation*), que explicita um conjunto de operações capaz de promover um aprimoramento na geração de visualizações de dados em forma gráfica, tornando-as melhor apresentáveis.

Na Figura 1, podemos visualizar o processo proposto, é importante notar que após a tarefa de “Criação da visualização original”, há dois caminhos, cada direção segue para um tipo específico de avaliação – a avaliação da qualidade da apresentação de visualizações e a avaliação da interpretabilidade da visualização.

Durante todo o processo, é mencionada a participação de um grupo de foco. O grupo de foco deverá conter, no mínimo, cinco especialistas, com perfis diversos – membros da comunidade de IHC (Interface humano-computador), pessoas com conhecimentos amplos em IHC e/ou visualização de dados, profissionais de UX e desenvolvedores Web Front-End, por exemplo.

Recomendamos ir monitorando a reunião do grupo de foco e adicionar mais especialistas até o grupo não oferecer ou não encontrar novas informações.

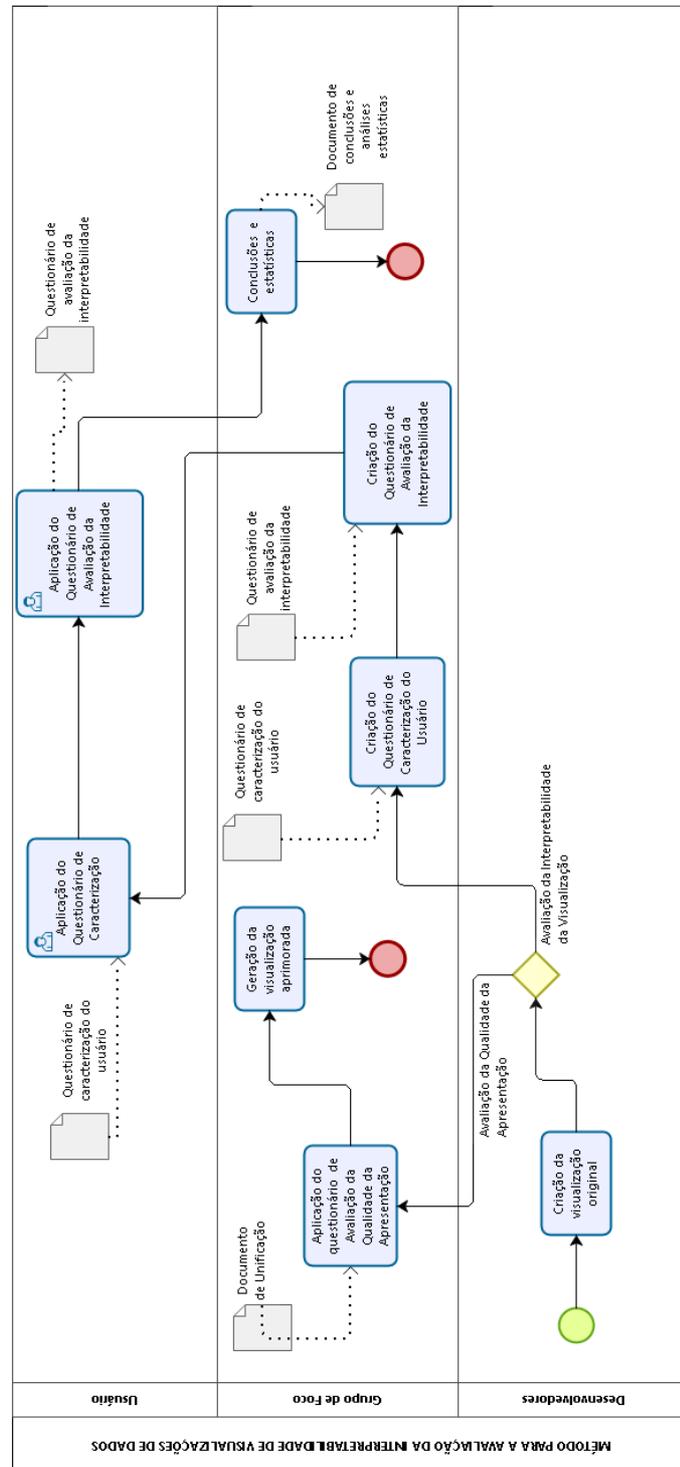


Figura 1. Processo Proposto para Aplicação dos Instrumentos de Avaliação, em BPMN.
Fonte: Elaboração Própria



Avaliação da qualidade da apresentação de visualizações

Um conjunto de heurísticas foi criado com o objetivo de propagar melhores práticas para geração de visualizações, utilizando uma avaliação padrão. Tendo em posse o grupo de heurísticas criado e as visualizações que se pretendem avaliar diante da qualidade da apresentação, a avaliação consiste na aplicação de um questionário de avaliação da qualidade da visualização em forma gráfica. Para aplicação das heurísticas, a melhor opção é a utilização do grupo de foco, para que uma avaliação completa da visualização seja realizada.

como utilizar esta avaliação?

As questões do questionário são respondidas pelo grupo de foco, visando descobrir possíveis ideias ou soluções para a avaliação como um todo. As conclusões registradas através do grupo de foco proveem saídas valiosas para o design final das visualizações. O questionário contendo as heurísticas a serem observadas é utilizado, a ideia principal é que o especialista avalie as seguintes heurísticas, de maneira unificada:

1. Verificar se a visualização em forma gráfica mantém o contexto quando impressa sem cores.

Algumas visualizações não mantêm o contexto quando gerada ou impressa sem cores. Por exemplo, em mapas geográficos onde as cores variam com maior ou menor intensidade para comunidades com maiores ou menores valores para algum atributo. Sem cores, não há como perceber as diferenças entre as quantidades representadas.

2. Verificar se há pouca quantidade de informações, confusão ou ruído.

Evitar recursos que distraiam o leitor (chartjunk). Chartjunk é o que acontece quando o design de dados se concentra muito no aspecto do projeto. É necessário evitar que alguma coisa (quantidade de informações, confusão ou ruído), venha a tornar mais difícil interpretar os dados. Distrair padrões nos dados, incluir grades e contornos desnecessários são elementos do chartjunk.

3. Verificar a direção de leitura do seu público.

Imagine composições que exijam discriminação entre linhas distintas, ou decisões baseadas na posição relativa de elementos. Estudos apontam que há uma maior facilidade em discriminar objetos lineares quando suas orientações diferem em mais de 30 graus. Tratando-se de orientação do texto na visualização, a leitura do texto virado em 45 graus é mais lenta do que normalmente orientado em 90 graus. Portanto, é melhor evitar elementos diagonais na página.

4. Verificar itens relacionados próximos uns dos outros.

Elementos com características semelhantes tendem a ser agrupados (cor, forma, orientação). O princípio da similaridade afirma que objetos que compartilham características visuais, como forma, tamanho, cor, textura, valor ou orientação, serão vistos como pertencentes a um só grupo, e, portanto devem estar relacionados.

5. Verificar eixos, unidades e variáveis.

Eixos não rotulados, unidades incorretas, variáveis não identificáveis, variáveis incorretas, eixos com diferentes formatos e variáveis mal descritas prejudicam a experiência do leitor. A ideia básica é adicionar dimensões espaciais ao design dos gráficos, de modo que os dados estejam movendo-se sobre o espaço, bem como ao longo do tempo.

6. Paletas e ícones não visíveis a daltônicos.

Cerca de 8% dos homens são daltônicos. Frequentemente, daltônicos possuem a dificuldade de diferenciar tons de vermelho, verde e azul, quando utilizados em conjunto. Portanto essas combinações devem ser evitadas. Considere o uso do negrito, com variações entre saturação e brilho, para facilidade dos daltônicos.

7. Tamanho dos objetos prejudica a leitura.

O tamanho dos objetos importa, pois o tamanho relativo indica importância relativa. Se os objetos possuem um grau semelhante de importância, os tamanhos deverão ser semelhantes. Então, se houver um objeto realmente importante, há de se aumentar o tamanho, e torná-lo grande.

8. As cores dos objetos prejudicam a leitura.

A utilização de cores extravagantes é apenas um dos elementos do chartjunk, logo deve ser evitada. Quando se trata do uso da cor, existem várias lições específicas a serem conhecidas: usá-la com moderação (evitar o muito colorido), usá-la consistentemente (não confunda o leitor mudando o uso da cor), e escolha uma cor (ou cores) que ajudem a reforçar a emoção que você deseja despertar de seu público.

9. Espaço em branco que prejudique a leitura.

Quatro aspectos devem ser considerados:

- As margens devem estar livres de texto e imagens;
- Imagens não podem ser esticadas para ocupar espaço disponível. Dê preferência ao redimensionamento da imagem para adaptar ao conteúdo;
- Não adicione informações (imagem e texto) irrelevantes apenas por obter espaço extra;
- Utilizar espaço em branco apenas para trazer uma organização visual à visualização, como por exemplo, adicionar distância entre duas barras num gráfico de barras.

10. Não alinhamento do estilo de comunicação à audiência.

É necessário observar a audiência e perguntar às seguintes questões:

- Há pontos necessários que não foram lembrados?
- Há ações recomendadas que não foram implementadas?
- Há algum nível de detalhe necessário que não foi aprofundado?
- Há premissas culturais que podem afetar a interpretação dos resultados e não foram respeitadas?

11. Perspectiva 3D.

Não utilize 3D, pois desvia a percepção de números e tamanho dos elementos.

Relato dos problemas encontrados: O grupo de foco examina a visualização conforme as heurísticas e relata os problemas encontrados classificando-os pelas escalas a seguir, cada especialista define o tipo de problema de acordo com a sua percepção:

1. Problema cosmético: não é necessário consertar se não houver tempo.
2. Problema menor: consertar se o problema for de menor prioridade.
3. Problema maior: importante consertar o problema, prioridade alta.
4. Catástrofe: consertar imediatamente.

Cada problema depende de apenas um fator, denominado Impacto, que indica se o leitor consegue se recuperar facilmente do problema quando acontece. O artefato gerado, após o término da avaliação, é um documento de unificação ou diagnóstico, pois, durante a avaliação, todos os problemas encontrados pelos especialistas, são reportados e unificados em um único documento. Através das considerações do diagnóstico, uma visualização aprimorada (gerada a partir do aprimoramento da visualização original) é criada.

Avaliação da interpretabilidade de visualizações



Há dois documentos principais na avaliação da interpretabilidade – o questionário de caracterização do usuário e o questionário de avaliação da interpretabilidade. O grupo de foco é responsável pela criação de ambos os documentos. No questionário de caracterização do usuário, é importante atentar que o mesmo deve ser criado e moldado de acordo com as informações que o grupo de foco pretende obter sobre os usuários. Na criação do questionário de avaliação da interpretabilidade, deve se levar em consideração perguntas relativas às informações existentes na visualização. Especificamente, na criação do questionário de avaliação da interpretabilidade, há algumas regras a serem respeitadas, como: utilização de controle de marcação de tempo nas questões para promover métricas de tempo de resposta (rapidez) das questões, as questões devem ser apropriadas, inteligíveis, não ambíguas, imparciais, capazes de lidar com todas as respostas possíveis e éticas, as questões podem possuir formatos abertos ou fechados, marcadores questionando o grau de segurança e o grau de dificuldade ao responder cada questão, devem estar presentes. Podemos organizar o questionário de forma que o leitor consiga entender o porquê da avaliação estar sendo realizada e também consiga assimilar as questões propostas, de maneira correta.

É importante salientar que todo o grupo de foco deve estar familiarizado com a visualização e com os objetivos dos desenvolvedores, para que o questionário apresente questões relevantes.

Como utilizar esta avaliação?

Após a criação dos questionários, os mesmos são respondidos pelos usuários participantes da avaliação. É importante enfatizar que as avaliações devem ser exploradas utilizando grupos com perfis distintos de usuários. É importante sempre reforçar aos participantes que os mesmos não necessitam responder alguma pergunta que os incomode ou que não julguem necessário ser respondida. Também é de extrema importância a presença de um relógio para marcação de tempo e qualquer dúvida, que não comprometa a eficiência da avaliação, deve ser prontamente sanada.

Com o resultado dos dois questionários em mãos, as conclusões sobre a avaliação e análises estatísticas são realizadas pelo grupo de foco. Dados sobre acurácia, rapidez, dificuldade e segurança, provenientes da aplicação do questionário, são a base para que se possa concluir se a visualização possui uma boa interpretabilidade ou não. Quanto maior a acurácia, menor tempo de resposta, menor dificuldade e maior segurança nas respostas às questões sobre a visualização, maior a interpretabilidade da mesma.