

Data visualization on focus: exploring communicability of dashboards generated from BI tools

Felipe Nunes
School of Technology - PUCRS
felipe.nunes@edu.pucrs.br

Allan Barcelos
School of Technology - PUCRS
allan.silva@edu.pucrs.br

Afonso Sales
School of Technology - PUCRS
afonso.sales@pucrs.br

Claiton Correa
School of Technology - PUCRS
claiton.correa@edu.pucrs.br

Daniel Reyes
School of Technology - PUCRS
daniel.reyes@edu.pucrs.br

Milene Selbach Silveira
School of Technology - PUCRS
milene.silveira@pucrs.br

Alessandra Jandrey
School of Technology - PUCRS
alessandra.jandrey@edu.pucrs.br

Matheus Bernardes
School of Technology - PUCRS
matheus.bernardes@edu.pucrs.br

Abstract

Technological evolution has led to the development of an increasingly connected society, in which the volume and variety of data generated grow constantly. In this context, data visualization becomes a challenge, since it has the potential to facilitate users' understanding of the analyzed data. Nowadays, there are several tools to support the construction of visualizations, each one offering resources for the construction of dashboards from a set of data. Considering this scenario and based on the application of semiotic inspection and communicability assessment methods, this study presents an analysis of three visualization tools available on the market (Tableau, Power BI and Zoho Analytics), in order to understand the interaction of users with the developed visualizations and to identify possible existing communicability problems. We used the 2010 Brazilian Census data to build dashboards in these three tools as a method of validating our study. The results show a greater number of communication disruptions in the interaction with Tableau and Power BI in relation to Zoho Analytics, indicating that Zoho Analytics allows the user a greater understanding of the result of the actions taken.

CCS Concepts: • Human-centered computing → Visualization systems and tools.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.

IHC '20, October 26–30, 2020, Diamantina, Brazil

© 2020 Association for Computing Machinery.

ACM ISBN 978-1-4503-8172-7/20/10...\$15.00

<https://doi.org/10.1145/3424953.3426544>

Keywords: Interação Humano-Computador, Inspeção semiótica, Avaliação de comunicabilidade

ACM Reference Format:

Felipe Nunes, Claiton Correa, Alessandra Jandrey, Allan Barcelos, Daniel Reyes, Matheus Bernardes, Afonso Sales, and Milene Selbach Silveira. 2020. Data visualization on focus: exploring communicability of dashboards generated from BI tools. In *XIX Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC '20)*, October 26–30, 2020, Diamantina, Brazil. ACM, New York, NY, USA, 6 pages. <https://doi.org/10.1145/3424953.3426544>

1 Introdução

O avanço tecnológico e a facilidade de acesso à novas tecnologias permitem cada vez mais a conexão entre as pessoas, o que resulta em um crescimento expressivo de dados de diversas fontes e na necessidade de soluções que permitam extrair informações relevantes destes. A visualização dessas informações representa uma tarefa primordial em diferentes âmbitos, sejam eles acadêmicos ou empresariais e realizar tal tarefa de forma eficiente é ainda um desafio [4, 7]. Uma visualização adequada impacta positivamente o usuário final e contribui nos processos de extração de informações e tomada de decisões [8, 9].

Dashboards são painéis de visualização, criados a partir de um conjunto de dados, que visam fornecer aos usuários indicadores que os auxiliem na análise e extração de conhecimento. Para este auxílio, é importante que as ferramentas de visualização permitam o desenvolvimento de *dashboards* que possibilitem a compreensão da informação e dos recursos disponíveis e que estes sigam a premissa mais básica de uma visualização efetiva e eficiente: a de que as informações sejam exibidas do jeito mais simples possível [2].

Simplicidade, facilidade de uso, satisfação do usuário, acessibilidade e comunicabilidade são alguns dos fatores relacionados à qualidade de uso de sistemas interativos. Neste

trabalho, o foco está na análise da comunicabilidade de *dashboards* desenvolvidos com três ferramentas comerciais, sendo elas *Tableau*¹, *Power BI*² e *Zoho Analytics*³. A comunicabilidade diz respeito à capacidade da interface de comunicar e tornar o usuário capaz de entender o resultado de suas ações tomadas durante a interação com o sistema [5]. Assim, os métodos de inspeção semiótica e de avaliação de comunicabilidade foram aplicados a fim de compreender a interação dos usuários com as visualizações desenvolvidas, tendo como base de dados o Censo Brasileiro de 2010, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)⁴.

O restante do trabalho está organizado da seguinte maneira: a Seção 2 apresenta alguns conceitos relacionados ao desenvolvimento deste estudo; a Seção 3 aborda a metodologia adotada, apresentando a ferramenta e cenários de testes considerados; a Seção 4 relata os resultados obtidos após a aplicação dos métodos adotados; a Seção 5 discute e compara os resultados obtidos; por fim, a Seção 6 traz as considerações finais do estudo.

2 Referencial Teórico

A interface representa um componente importante de um sistema interativo, uma vez que é através dela que o usuário interage com o sistema para realizar suas tarefas e alcançar um determinado objetivo [1].

Analogamente ao uso de um sistema interativo, ao interagir com uma visualização, o usuário busca compreender visualmente algum problema ou situação, a partir de um conjunto de dados analisado. O aumento de bases de dados disponíveis para análise fez com que a importância de entendê-los a partir de técnicas de visualização também aumentasse [3].

Entretanto, grandes volumes de dados ainda são um desafio para a construção de visualizações [10]. De fato, trabalhos recentes buscam entender, incrementar e avaliar a qualidade e efetividade de técnicas de visualização de dados ao transmitir informações; entre eles é possível citar os trabalhos de Börner et al. [3], Behrisch et al. [2] e Qin et al. [11].

Börner et al. [3] abordam a necessidade de um vocabulário comum para construção de visualizações de dados. O trabalho apresenta um *framework* que define uma topologia hierárquica dos principais conceitos e passos para a construção de visualizações a fim de extrair conhecimento dos dados.

Behrisch et al. [2] relatam e categorizam diversos entendimentos da comunidade de visualização de dados acerca da avaliação de qualidade de visualizações. Assim, a contribuição do trabalho está na formalização e apresentação das métricas de qualidade existentes para visualizações.

Considerando o desafio que o grande volume de dados impõe aos desenvolvedores de visualizações, Qin et al. [11] conduziram uma pesquisa a fim de identificar técnicas e recomendações que tornam as visualizações mais eficientes e efetivas ao transmitirem informações.

3 Metodologia

O objetivo deste trabalho é identificar, a partir da aplicação do Método de Inspeção Semiótica (MIS) e do Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC), possíveis problemas de comunicabilidade existentes nas três ferramentas de *Business Intelligence* (BI) selecionadas para este estudo. Para alcançar este objetivo, foi desenvolvida, exclusivamente para este estudo, uma ferramenta⁵ que integra *dashboards* elaborados com o *Tableau*, o *Power BI* e o *Zoho Analytics*, fazendo uso dos recursos oferecidos por estes para construção e publicação de visualizações. A Figura 1 apresenta a tela inicial da ferramenta. Os *dashboards* desenvolvidos e integrados permitem a análise dos dados do Censo de 2010 referentes à evolução da população disponibilizados pelo IBGE. O código-fonte da aplicação está disponível para *download*⁶.

Para uma melhor apresentação da análise desenvolvida, esta Seção está organizada da seguinte forma: as Subseções 3.1 e 3.2 apresentam os métodos adotados, tarefas e perfil dos usuários participantes da avaliação.

3.1 Métodos de Avaliação

A Engenharia Semiótica possui dois métodos para avaliação da comunicabilidade de uma aplicação: o Método de Inspeção Semiótica (MIS), que visa avaliar as metamensagens do *designer* ao desenvolver o sistema e o Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC), que visa avaliar a recepção da mensagem pelos usuários [5].

A inspeção semiótica avalia a comunicabilidade de uma solução por meio de inspeção realizada por um especialista que percorre a interface e identifica potenciais problemas de comunicação que poderiam surgir na interação usuário-sistema [6].

Antes de realizar a inspeção semiótica, o avaliador deve definir o objetivo e escopo da inspeção, para quem o sistema se destina e quais ações irá avaliar. A inspeção semiótica é realizada em cinco passos: inspeção dos signos metalinguísticos, inspeção dos signos estáticos, inspeção dos signos dinâmicos, comparação das inspeções anteriores e apreciação da comunicabilidade.

O método de avaliação de comunicabilidade, por sua vez, visa apreciar a qualidade de comunicação da interface na relação usuário-sistema [5]. Neste método, um conjunto de usuários é convidado a realizar um conjunto de tarefas utilizando o sistema em um ambiente controlado, como um

¹www.tableau.com

²<https://powerbi.microsoft.com/pt-br/>

³www.zoho.com

⁴www.ibge.gov.br

⁵Disponível em: <https://negotium-instrumenta-ingenii.herokuapp.com/>

⁶https://bit.ly/repositorio_visualizacao

laboratório [1]. Os avaliadores analisam os registros da interação do usuário com o sistema a fim de compreender caminhos de interpretação dos usuários, intenções de comunicação e principalmente, rupturas de comunicação que ocorram durante a interação [6].

3.2 Aplicação dos Métodos

A aplicação dos métodos de avaliação ocorreu de forma cronológica. Inicialmente executou-se o método de inspeção semiótica e posteriormente o método de avaliação de comunicabilidade.

Inspeção Semiótica

A inspeção desde trabalho foi conduzida por um avaliador considerando o cenário descrito abaixo.

“Maria é uma estudante interessada em analisar dados sobre a população brasileira. Ela deseja identificar alguns aspectos sobre a evolução da população, contudo, os dados disponibilizados pelo IBGE estão em formato de planilhas e ela precisa do apoio de uma ferramenta para visualização destes dados. Maria então procura um aplicativo no qual ela possa analisar visualmente os dados do Censo do IBGE. Seus colegas então indicam a ferramenta deste trabalho, pois ela agrega visualizações desenvolvidas com três das principais ferramentas de *Business Intelligence* do mercado. Maria resolve conhecer o aplicativo, sendo que um de seus interesses é poder salvar o resultado dos gráficos gerados na ferramenta para utilizar em seus trabalhos acadêmicos; é essencial que a ferramenta forneça este recurso.”

Avaliação de Comunicabilidade

Devido à pandemia do novo coronavírus, a avaliação de comunicabilidade foi realizada de forma remota com auxílio dos aplicativos *Google Meet*⁷ e *Zoom*⁸ que permitem a gravação da tela do usuário.

Para avaliação de comunicabilidade, foram escolhidos cinco participantes. Destes, quatro indicaram baixa familiaridade com ferramentas de visualização de dados e um declarou ter familiaridade média. A escolha dos participantes se deu por conveniência, sendo todos do sexo feminino.

A avaliação de comunicabilidade foi realizada em cinco passos: preparação para o teste, aplicação do teste, etiquetagem, interpretação e consolidação do resultado. Antes de participar do estudo, cada participante teve acesso e aceitou o termo de consentimento que regu a aplicação das avaliações.

As tarefas definidas para execução envolvem a análise da evolução da população brasileira e a identificação dos domicílios coletivos com e sem moradores nos estados do sul do país. Para verificar se as tarefas estavam claras e de fácil compreensão, um dos avaliadores que não participou

da criação das tarefas realizou um teste piloto. A seguir, são descritos os cenários criados para apresentar as tarefas aos usuários.

- **Cenário 1** : Sua primeira tarefa está relacionada com os dados coletados nos estados que compõem a região sul (RS, SC, PR). Foi solicitado que você identifique o número de domicílios coletivos com e sem morador nestes estados. As informações encontradas precisam ser exportadas em planilha para posterior envio aos coordenadores do projeto.
- **Cenário 2**: Nesta tarefa você irá ajudar na criação de uma apresentação com os dados da evolução da população brasileira nas últimas décadas. Foi solicitado que você gere uma imagem para colocar na apresentação que contenha o tamanho da população de cada estado, desde o início do ano 1950 até os dias mais recentes possíveis. Procure gerar as imagens pelas ferramentas de visualização, podendo utilizar a captura de tela caso não seja possível.
- **Cenário 3**: Por fim, foi solicitado que você identifique uma informação que falta no relatório de êxodo rural. Já sabe-se o número total de pessoas que moram no campo, porém é necessário destacar qual o número de homens e mulheres que moram no campo e estão na faixa de 30 a 34 anos. Nesta tarefa basta capturar o número para enviar ao seu supervisor.

4 Resultados

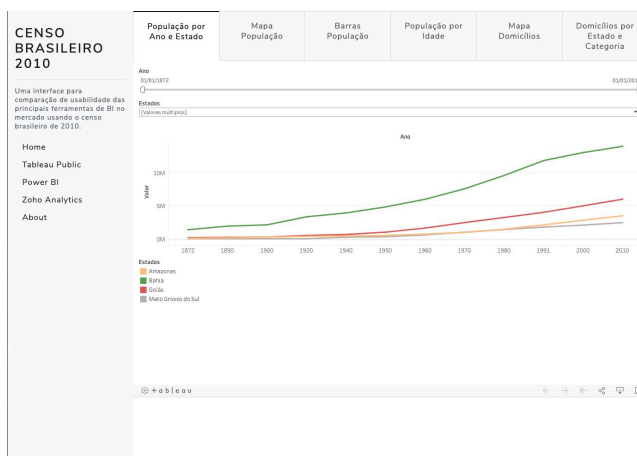


Figura 1. Tela inicial da ferramenta desenvolvida

Esta seção apresenta os resultados obtidos na avaliação da ferramenta criada.

4.1 Inspeção semiótica

A ferramenta desenvolvida para a realização deste estudo não exige cadastro para utilização. Ao abri-la, o usuário tem acesso aos recursos apresentados na Figura 1. É possível verificar que os *dashboards* desenvolvidos nas três ferramentas

⁷<https://meet.google.com/>

⁸<https://zoom.us/>

de BI selecionadas podem ser escolhidos no menu vertical à esquerda da tela. Contudo, a tela inicial não permite que o usuário identifique a qual das ferramentas de BI a visualização à direita da tela pertence, uma vez que, aparentemente, nenhuma delas está selecionada. Ao interagir com o menu vertical, a ferramenta apresenta uma cor diferente para o *dashboard* selecionado. Isso só ocorre após o usuário tomar a iniciativa de interagir com a ferramenta.

A ferramenta fornece abas superiores que dividem a apresentação dos dados do IBGE por categoria. As abas disponíveis são: “População por Ano e Estado”, “Mapa População”, “Barras População”, “População por Idade”, “Mapa Domicílios” e “Domicílios por Estado e Categoria”. Estas abas podem ser vistas na Figura 1. Neste ponto, não fica claro em um primeiro instante o tipo de informação apresentada em cada categoria. Não há signos metalinguísticos na tela inicial, o que pode dificultar o entendimento dos recursos disponíveis.

Os elementos analisados até aqui são comuns aos *dashboards* criados nas três ferramentas de BI. A partir do momento em que o usuário escolhe o *dashboard* e a aba correta para o cenário criado, ele tem contato com elementos nativos oferecidos pelas ferramentas de BI utilizadas, ou seja, elementos que não são passíveis de alteração pelo desenvolvedor.

A Figura 2 apresenta os signos encontrados na aba “Domicílios por Estado e Categoria” do *dashboard* da ferramenta *Tableau*. Na imagem, é possível observar que a opção para selecionar todos os domicílios (signo dinâmico) para a análise está em inglês, o que pode causar confusão no usuário, uma vez que o restante da interface está em português. A mesma situação ocorre para outro signo dinâmico para seleção dos estados.

Outra questão importante refere-se aos signos estáticos no canto inferior direito da Figura 2. Não há qualquer dica para o usuário sobre o que aquelas opções representam ou fazem. O usuário descobre o resultado da ação mediante interação, que pode gerar erro ou falta de compreensão na primeira tentativa.

A Figura 3 mostra os signos encontrados na aba “Domicílios por Estado e Categoria” do *dashboard* da ferramenta *Power BI*. Na interface da ferramenta é possível verificar que ela não oferece uma opção para selecionar todos os elementos dos domicílios ou dos estados. Esta característica pode levar o usuário a ficar procurando pela opção, uma vez que esta existe nos demais *dashboards* analisados. Da mesma forma que na ferramenta anterior, o *Power BI* não oferece dicas a partir de signos metalinguísticos dinâmicos sobre os resultados das ações de seus recursos. A ferramenta também não apresenta de forma clara como salvar o resultado obtido nas visualizações.

A Figura 4 mostra os signos encontrados na aba “Domicílios por Estado e Categoria” do *dashboard* da ferramenta *Zoho Analytics*. Da mesma forma que o *Tableau* a opção para selecionar todos os estados ou domicílios está em inglês. A ferramenta oferece signos metalinguísticos dinâmicos para

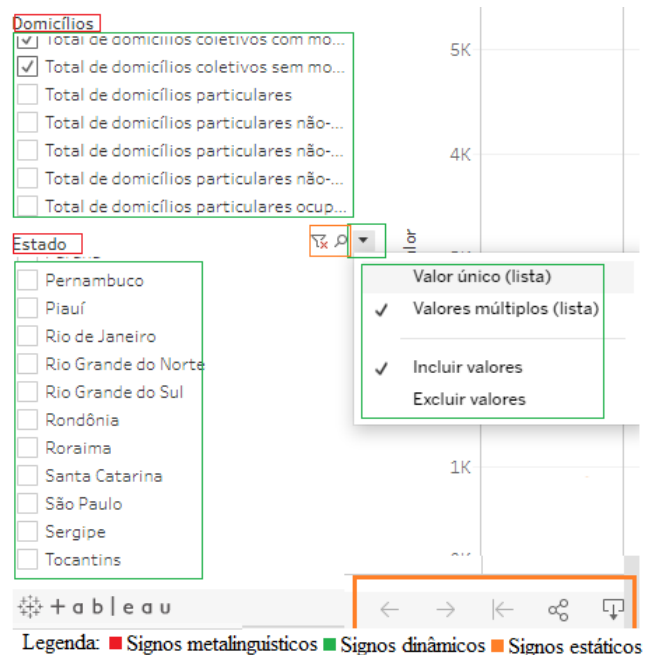


Figura 2. Identificação dos signos do Tableau

explicar ao usuário a função de cada recurso, contudo, estes estão em inglês.

Considerando o cenário proposto e os *dashboards* analisados, as visualizações desenvolvidas com a ferramenta *Zoho Analytics* apresentam recursos de comunicabilidade mais adequados. No geral, os *dashboards* gerados nas ferramentas *Tableau* e *Power BI* apresentam recursos como gerar imagem ou exportar como planilha, que só podem ser identificados por meio de dedução do usuário.

4.2 Avaliação de comunicabilidade

A Tabela 1 mostra o resultado da etiquetagem dos vídeos analisados durante a execução das tarefas no *dashboards* desenvolvidos nas ferramentas *Tableau* e *Power BI*. De acordo com os resultados, a etiqueta com maior ocorrência no *Tableau* é “E agora?”.

Tabela 1. Rupturas de comunicação identificadas

Etiquetas	Tableau	Power BI
E agora?	4	2
Por que não funciona?	2	-
Vai de outro jeito	2	2
Onde estou?	2	4
O que é isso?	1	-
Para mim está bom	1	2
Ué, o que houve?	-	1

A alta frequência da etiqueta “E agora?” ocorre quando o usuário não sabe o que fazer para terminar determinada

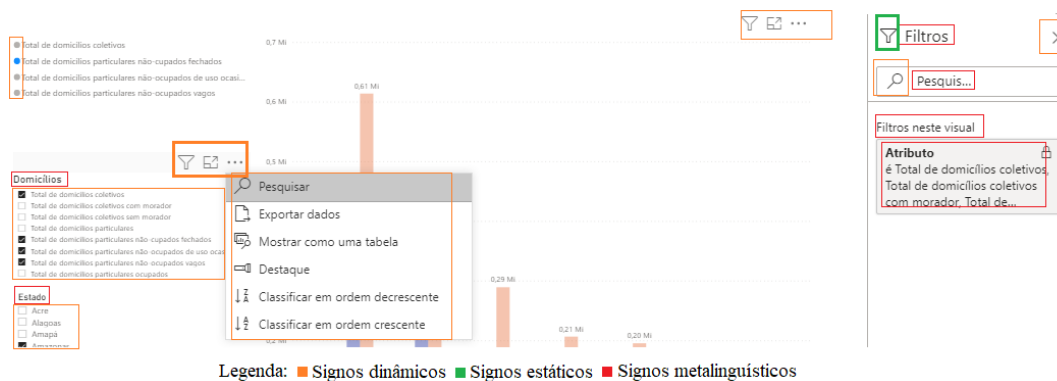


Figura 3. Identificação dos signos do Power BI

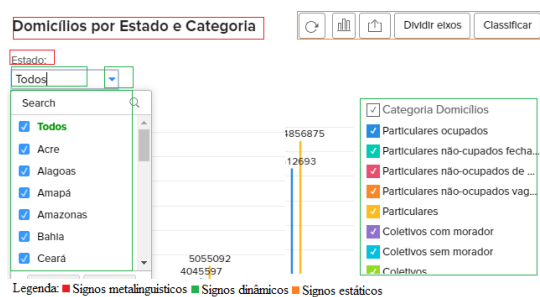


Figura 4. Identificação dos signos do Zoho Analytics

tarefa e procura descobrir qual deve ser o próximo passo. De fato, ao longo da execução das duas primeiras tarefas, os usuários ficaram em dúvida sobre como fazer com o que o resultado visualizado no *dashboard* fosse exportado como planilha ou como imagem. Na Figura 2 é possível ver que a ferramenta oferece dois recursos *compartilhar* e *baixar*; durante a execução, a semelhança entre estas duas ações gerou dúvida nos usuários.

As etiquetas "Vai de outro jeito?", "Por que não funciona?" e "Onde estou?" empataram como segundo grupo de etiquetas com maior ocorrência. A ocorrência de "Vai de outro jeito" mostra que o usuário não consegue percorrer o caminho definido pelo *designer* e acaba seguindo outro caminho na interação. A ocorrência se deve ao fato de que os usuários não conseguiram realizar a etapa final da segunda tarefa, optando por realizar uma captura de tela do *dashboard* como forma de gerar a imagem solicitada. Já "Por que não funciona?" e "Onde estou?" mostram que o usuário não entendeu uma resposta do sistema e que o usuário está procurando identificar como realizar a tarefa, respectivamente.

Em relação à ferramenta *Power BI* as etiquetas "E agora?", "Pra mim está bom" e "Vai de outro jeito" possuem o mesmo número de ocorrência.

No *dashboard* gerado na ferramenta *Power BI*, a etiqueta com maior frequência foi "Onde estou?". Esta etiqueta mostra que o usuário está confuso com o que está sendo apresentado

na tela e não entende o que é possível fazer no momento. A ocorrência destas etiquetas está ligada à tentativa de salvar o resultado gerado.

As demais etiquetas ocorreram pelo mesmo motivo identificado na utilização do *dashboard* da ferramenta *Tableau*. Durante a execução do teste, observou-se que os usuários estavam constantemente tentando entender a interface, a fim de verificar qual a seção do *dashboard* era a correta para realização das tarefas.

Dos *dashboards* analisados, o que apresentou o menor número de rupturas de comunicação fora o desenvolvido na ferramenta *Zoho Analytics*. Houve apenas uma ocorrência da etiqueta "Onde estou?".

5 Discussão

Durante a avaliação, os participantes fizeram comentários sobre os *dashboards* utilizados para realizar as tarefas. De forma unânime a ferramenta *Zoho Analytics* foi reconhecida pelos participantes como a ferramenta cujo *dashboard* possibilitou maior compreensão da resposta do sistema quando um determinado elemento da interface era acionado.

A ferramenta *Tableau* teve maior número de rupturas, uma vez que os participantes relataram ter dificuldade de entender a resposta da ferramenta para as ações executadas. Este fato pode ser observado pela maior ocorrência das etiquetas de "E agora?" e "Vai de outro jeito". Um dos participantes apontou: "Fiquei em dúvida se consegui baixar ao arquivo, pois a ferramenta não dá aviso algum do resultado da minha ação".

Este resultado da ferramenta *Tableau* pode ser explicado ao se comparar os resultados da aplicação dos dois métodos. Na inspeção semiótica, constatou-se que as opções para baixar e compartilhar o resultado visualizado não possuem uma explicação do resultado obtido depois do acionamento do recurso. E, durante a avaliação com os usuários, esta característica gerou muitas dúvidas nos participantes, pois eles não foram capazes de identificar o que cada uma fazia.

Uma característica comum identificada na inspeção semiótica entre os *dashboards* gerados nas ferramentas *Tableau* e *Zoho Analytics*, é o fato de que em ambos, a opção para selecionar todas as opções de um conjunto de *checkboxes* é apresentada em inglês. Contudo, durante a execução das tarefas, os usuários demonstraram poucas dificuldades com esta característica. Uma possível explicação é o fato de que a cultura brasileira incorpora muitos termos estrangeiros ao seu dia a dia.

De forma geral, os participantes consideraram a ferramenta *Power BI* mais compreensível que a *Tableau*. Durante a execução da avaliação, os participantes tiveram dificuldade em achar a opção “Tudo” para selecionar todos os estados na Tarefa 2. Um dos participantes comentou: “a fonte é muito pequena. Eu não consigo enxergar o que está escrito.”.

Os resultados observados nos testes possibilitaram a identificação de alguns recursos que possibilitariam melhorias na comunicabilidade dos *dashboards*. Recursos como *tooltips* nos signos estáticos, uso de termos mais próximos do vocabulário do usuário, tanto na descrição dos recursos, quanto na classificação das abas da ferramenta e de palavras no mesmo idioma na interface, possibilitariam que os usuários compreendessem melhor a ferramenta.

Ao relacionar as observações realizadas na avaliação de comunicabilidade com os resultados reportados nos estudos apresentados na Seção 2, é possível identificar outro recurso que poderia aumentar a comunicabilidade da ferramenta. Börner et al. [3] perceberam que as pessoas possuem, em geral, algumas limitações em relação à interpretação de visualizações. Assim, acredita-se que oferecer ao usuário uma aba ou seção da aplicação na qual sejam apresentados a ele dicas de como interpretar as visualizações utilizadas também poderia aumentar a comunicabilidade da ferramenta criada.

6 Considerações finais

O aumento no volume e variedade de dados gerados nos últimos anos impôs desafios à área de visualizações de dados. A fim de proporcionar a análise e extração de conhecimento de grandes volumes de dados, técnicas e ferramentas de visualizações de dados foram desenvolvidas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a comunicabilidade de *dashboards* desenvolvidos com três ferramentas de visualização de dados disponíveis no mercado. Constatou-se, durante a avaliação, que as visualizações analisadas possuem rupturas de comunicação que podem levar o usuário a ter dificuldade na interação com elas. Essas rupturas podem representar também um problema para a compreensão dos dados analisados.

Neste contexto, a observação dos resultados obtidos neste trabalho, por desenvolvedores de visualizações, podem levá-los à construção de *dashboards* com maior qualidade em relação à comunicabilidade, independentemente da ferramenta de apoio utilizada.

Destaca-se, porém, que como as técnicas de visualização de dados são muitas (tabelas e gráficos de linha e coluna são alguns exemplos), o trabalho não cobriu todas as possibilidades de visualizações que um *dashboard* pode oferecer. Além disto, os avaliadores não serem especialistas em Engenharia Semiótica pode também ter afetado a profundidade de análise efetuada. Assim sendo, como trabalho futuro, pretende-se ampliar a análise da comunicabilidade das ferramentas analisadas tanto por adição de outras técnicas de visualização, diferentes das empregadas neste trabalho, quanto por aprofundamento da análise por especialistas.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e em cooperação com a HP Brasil Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos LTDA. e com recursos provenientes da Lei de Informática (Lei nº 8.248, de 1991).

Referências

- [1] Simone D.J. Barbosa and Bruno S. Silva. 2010. *Interação Humano-Computador*. Campus-Elsevier.
- [2] Michael Behrisch, Michael Blumenschein, Nam Wook. Kim, Lin Shao, Mennatallah El-Assady, Johannes Fuchs, Daniel Seebacher, Alexandra Diehl, Ulrik Brandes, Hanpster Pfister, Tobias Schreck, Daniel Weiskopf, and Daniel Keim. 2018. Quality metrics for information visualization. In *Computer Graphics Forum*, Vol. 37. Wiley Online Library, 625–662.
- [3] Katy Börner, Andreas Bueckle, and Michael Ginda. 2019. Data visualization literacy: Definitions, conceptual frameworks, exercises, and assessments. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116, 6 (2019), 1857–1864.
- [4] Li Cai and Yangyong Zhu. 2015. The challenges of data quality and data quality assessment in the big data era. *Data science journal* 14 (2015), 2.
- [5] Clarisse Sieckenius De Souza. 2005. *The semiotic engineering of human-computer interaction*. MIT press.
- [6] Clarisse Sieckenius De Souza, Carla Faria Leitão, Raquel Oliveira Prates, and Elton José da Silva. 2006. The semiotic inspection method. In *Proceedings of VII Brazilian symposium on Human factors in computing systems*. 148–157.
- [7] Patricia Kuzmenko Furlan and Fernando José Barbin Laurindo. 2017. Epistemological grouping of published articles on big data analytics. *Transformação* 29, 1 (2017), 91–100.
- [8] Jeffrey Heer, Michael Bostock, and Vadim Ogievetsky. 2010. A tour through the visualization zoo. *Commun. ACM* 53, 6 (2010), 59–67.
- [9] Jeffrey Heer, Fernanda B Viégas, and Martin Wattenberg. 2007. Voyagers and voyeurs: supporting asynchronous collaborative information visualization. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. ACM, 1029–1038.
- [10] Ahmed Oussous, Fatima-Zahra Benjelloun, Ayoub Ait Lahcen, and Samir Belfkih. 2018. Big Data technologies: A survey. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences* 30, 4 (2018), 431–448.
- [11] Xuedi Qin, Yuyu Luo, Nan Tang, and Guoliang Li. 2020. Making data visualization more efficient and effective: A survey. *The VLDB Journal* 29, 1 (2020), 93–117.