



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**FACULDADE DE COMPUTAÇÃO**

Wallace Pacheco Pereira

**Uma Proposta de Ferramenta Web para Vocalização de  
Descrição Textual de Gráficos de Barras Simples e  
Agrupadas**

Belém  
2021

Wallace Pacheco Pereira

**Uma Proposta de Ferramenta Web para Vocalização de  
Descrição Textual de Gráficos de Barras Simples e  
Agrupadas**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Faculdade de Computação do Instituto de Ciências Exatas e Naturais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Universidade Federal do Pará

Orientadora: Profa. Dra. Marcelle Pereira Mota

Coorientadora: Msc. Cynthia Letícia Teles de Oliveira

Belém

2021

Wallace Pacheco Pereira

**Uma Proposta de Ferramenta Web para Vocalização de  
Descrição Textual de Gráficos de Barras Simples e  
Agrupadas**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Faculdade de Computação do Instituto de Ciências Exatas e Naturais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Conceito: \_\_\_\_\_

Belém, 13 de outubro de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Marcelle Pereira Mota – Orientadora  
FACOMP - UFPA

---

Msc. Cynthia Letícia Teles de Oliveira – Coorientadora  
ICMC - USP

---

Profa. Dra. Regiane Silva Kawasaki Francês  
FACOMP - UFPA

---

Prof. Dr. Vinicius Augusto Carvalho de Abreu  
FACOMP - UFPA

*Dedico esse trabalho a todos meus familiares e amigos que já faleceram e  
vivem na minha memória.*

# Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, a Deus por me proporcionar saúde e sabedoria para continuar nessa longa caminhada no meio acadêmico.

Segundo, aos meus pais que ambos me deram força e me auxiliaram durante toda a minha vida. A minha mãe, Joana Pacheco, por me ensinar a ler e escrever, sempre me incentivando para eu ser uma pessoa melhor a cada dia. Ao meu pai, Reginaldo Pereira, por me ensinar a tabuada, me educando e fazendo eu gostar da área de exatas, na qual me dedico. Sem o amor, carinho e ajuda de vocês nada disso seria possível.

Aos meus irmãos, Jean Roberto e Wagner Pacheco, por cuidarem do seu irmão mais novo quando os nossos pais não estavam por perto, apesar das brigas sempre somos companheiros e aprendemos uns com outros.

À professora, orientadora Marcelle Mota, por ser uma pessoa incrível que não desistiu de mim, é uma referência na computação a se seguir, pelo conhecimento e disponibilizar seu tempo, dando suporte necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores e amigos da Escola Municipal de Ensino Fundamental São Paulo e Escola Estadual de Ensino Médio Pedro Amazonas Pedroso que me proporcionaram um conhecimento base para ingressar no ensino superior.

À Universidade Federal do Pará pela oportunidade de estudar em uma das maiores instituições de ensino superior da Amazônia.

À Faculdade de Computação por me proporcionar o melhor ensino e oportunidade de aprender com os melhores professores da área.

Aos meus amigos de classe pelo companheirismo em momentos difíceis e, também por compartilhar momentos felizes de risadas dentro e fora da sala de aula.

A todos os integrantes do Laboratório de Georreferenciamento e Sistemas de Informação pela oportunidade de participar de projetos de extensão que me proporcionaram experiências

incríveis com a população fora da Universidade. E pelas amizades que irei levar para o resto da vida.

Por fim, agradeço a toda minha família e amigos de verdade que sempre me incentivaram para alcançar meus objetivos e sonhos, e todos que contribuíram de alguma forma para realização desse trabalho. Gratidão a todos!

*“Os limites só existem se você os  
deixar existir.”  
Son Goku*

# Resumo

Recursos visuais, como figuras, gráficos, dentre outros, são apresentados na internet, muitas das vezes, sem mecanismos de acessibilidade que acabam excluindo pessoas, como deficientes visuais, a entender essas informações. Leitores de telas são essenciais para pessoas com deficiência visual, analfabetas ou com dificuldades de aprendizagem auxiliando no manuseio de dispositivos tecnológicos fornecendo informações por meio de síntese de voz. Porém, muitas vezes os recursos visuais não possuem descrições textual que possam ser processados pelos leitores de tela ou quando possuem as informações são incompletas para a compreensão. Assim, não basta somente adicionar textos alternativos às figuras; esses textos devem transmitir uma comunicação compreensiva para seus usuários. Este trabalho apresenta um módulo de uma ferramenta em desenvolvimento de modelo de descrição textual no idioma português para gráficos de barras simples e agrupadas por serem instrumentos estatísticos mais utilizados em documentos, principalmente, no meio acadêmico e na internet. Tendo como objetivo, propor e analisar uma ferramenta para auxiliar deficientes visuais a terem um bom entendimento desses tipos de gráficos por meio da vocalização de descrição textual. O desenvolvimento do módulo da ferramenta adotou dois modelos de descrições textuais para vocalização e as linguagens de programação como Python, HTML, CSS e JavaScript. Logo após a implementação, aplicou-se teste utilizando um protótipo da ferramenta com dois grupos, um com 20 participantes sem deficiência da área de exatas e da saúde e com 3 pessoas com deficiência visual. Em seguida, feita uma análise quantitativa e qualitativa dos dados, em relação ao entendimento, o gráfico de barras simples a maior parte não teve dificuldade nenhuma de entender e explicar o conteúdo dos dados, porém o gráfico de barras agrupadas por conter mais informação, teve pequenos erros de interpretação. Por fim, os resultados mostraram uma avaliação positiva da ferramenta, alguns problemas e sugestões relatados pelos usuários para futuras melhorias.

**Palavras-chave:** Gráfico de barras, descrição textual de gráfico, síntese de voz

# Abstract

Visual resources, such as pictures, graphics, among others, are presented on the internet, often without an accessibility mechanism, which ends up excluding people, such as the visually impaired, from understanding these visual resources. Screen readers are essential for people with visual impairments, illiterate or learning difficulties, helping to handle technological devices providing information through voice synthesis. However, visual resources often do not have textual descriptions that can be processed by screen readers, or when they have the information they are incomplete for understanding. Thus, it is not enough just to add alternative texts to the figures; these texts must convey a comprehensive communication to their users. This work presents a module of a tool in the development of a textual description model in Portuguese for simple and grouped bar charts, as they are the most used statistical instruments in documents, mainly in the academic environment and on the internet. Aiming to propose and analyze a tool to help visually impaired people to have a good understanding of these types of graphics through the vocalization of textual description. The tool module development adopted two textual description models for vocalization and programming languages such as Python, HTML, CSS, and JavaScript. Soon after implementation, a test was applied using a prototype of the tool with two groups, one with 20 participants without disabilities from the exact sciences and health area and with 3 people with visual impairments. Then, after a quantitative and qualitative analysis of the data, in relation to understanding, the simple bar chart most had no difficulty in understanding and explaining the data content, but the grouped bar chart, as it contained more information, had small errors of interpretation. Finally, the results showed a positive evaluation of the tool, some problems, and suggestions reported by users for future improvements.

**Keywords:** Bar graph, textual description of graph, speech synthesis

## Lista de ilustrações

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Exemplo de gráfico de barras simples, distribuição das famílias clássicas do continente, segundo a sua dimensão.....             | 20 |
| Figura 2. Exemplo de gráfico de barras agrupados, distribuição a população masculina e feminina do continente, segundo o estado civil..... | 20 |
| Figura 3. Modelo de descrição automática de gráficos de dados. ....  | 23 |
| Figura 4. Modo de funcionamento da Ferramenta. ....  | 25 |
| Figura 5. Código do Script Pyhton .....  | 26 |
| Figura 6. Código HTML referente aos áudios gravados. ....  | 27 |
| Figura 7. Código JavaScript para interação com usuário por meio do teclado. ....   | 27 |
| Figura 8. Gráfico A utilizado no teste. ....   | 29 |
| Figura 9. Gráfico B utilizado no teste .....   | 29 |
| Figura 10. Página web do teste, gráfico de barras verticais simples. ....  | 31 |
| Figura 11. Página web do teste, gráfico de barras verticais agrupadas. ....  | 31 |
| Figura 12. Tempo de teste dos participantes. ....  | 33 |
| Figura 13. Desenho do gráfico de barras simples do participante PE6. ....  | 34 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 14. Desenho do gráfico de barras simples do participante PS10. ....                | 34 |
| Figura 15. Desenho de gráfico de barras agrupadas do participante PS9.....                | 35 |
| Figura 16. Desenho de gráfico de barras agrupadas do participante PE4. ....               | 36 |
| Figura 17. Grau de Satisfação dos Participantes de Acordo com a Avaliação das Notas. .... | 36 |

## **Lista de quadros**

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1. Erros observados nos desenhos do gráfico B. .... | 35 |
| Quadro 2. Problemas relatados e possíveis soluções.....    | 39 |

# Lista de abreviaturas e siglas

|      |   |
|------|---|
| ADD  | Associação de Discentes com Deficiência                                 |
| CSS  | <i>Cascading Style Sheets</i> (Folha de Estilo em Cascata)              |
| GTTS | <i>Google Text to Speech</i> (Google Texto para Fala)                   |
| HTML | <i>Hyper Text Markup Language</i> (Linguagem de Marcação de Hipertexto) |
| IHC  | Interação Humano-Computador   |
| JSON | <i>JavaScript Object Notation</i> (Notação de Objetos JavaScript)       |
| NVDA | <i>NonVisual Desktop Access</i> (Desktop de Acesso Não Visual)          |
| TA   | Tecnologia Assistiva  |
| UFPA | Universidade Federal do Pará  |

# Sumário

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                       | <b>13</b> |
| <b>1.1</b> | <b>Motivação .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>1.2</b> | <b>Justificativa.....</b>                                     | <b>15</b> |
| <b>1.3</b> | <b>Objetivos .....</b>  | <b>16</b> |
| 1.3.1      | Objetivo geral .....  | 16        |
| 1.3.2      | Objetivos específicos.....                                    | 16        |
| <b>1.4</b> | <b>Trabalhos Relacionados .....</b>                           | <b>16</b> |
| <b>1.5</b> | <b>Organização do Trabalho.....</b>                           | <b>18</b> |
| <b>2</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                               | <b>19</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Gráfico de Barras .....</b>                                | <b>19</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Leitores de Tela .....</b>                                 | <b>20</b> |
| <b>2.3</b> | <b>HTML, CSS e JavaScript .....</b>                           | <b>21</b> |
| <b>2.4</b> | <b>Python .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>2.5</b> | <b>Testes de IHC com Usuários .....</b>                       | <b>22</b> |
| <b>3</b>   | <b>A PROPOSTA DA FERRAMENTA.....</b>                          | <b>23</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Definição de Requisitos e Escolha de Tecnologias .....</b> | <b>24</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Modo de Desenvolvimento .....</b>                          | <b>24</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Funcionamento da Ferramenta .....</b>                      | <b>25</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Teste Realizado .....</b>                                  | <b>27</b> |
| 3.4.1      | Perfil dos participantes .....                                | 28        |
| 3.4.2      | Preparação do teste .....                                     | 28        |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 3.4.3      | Componentes utilizados .....   | 30        |
| 3.4.4      | Aplicação do teste com usuários .....  | 30        |
| <b>4</b>   | <b>ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>  | <b>32</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Análise Quantitativa .....</b>  | <b>32</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Análise Qualitativa .....</b>   | <b>36</b> |
| 4.2.1      | Interpretações do gráfico A.....   | 37        |
| 4.2.2      | Interpretações do gráfico B.....   | 37        |
| 4.2.3      | Entrevistas.....   | 38        |
| <b>5</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>  | <b>41</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Trabalhos Futuros .....</b>   | <b>42</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>43</b> |
|            | <b>APÊNDICE A – PÁGINAS WEB DOS GRÁFICOS DE BARRAS SIMPLES E AGRUPADAS .....</b>               | <b>48</b> |
|            | <b>APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>                           | <b>49</b> |
|            | <b>APÊNDICE C – DESCRIÇÕES TEXTUAIS UTILIZADAS NO TESTE.....</b>                               | <b>51</b> |
|            | <b>APÊNDICE D – COMANDOS UTILIZADOS NO TESTE.....</b>  | <b>52</b> |
|            | <b>ANEXO A – MODELOS DE DESCRIÇÃO TEXTUAL PARA GRÁFICOS DE BARRAS SIMPLES E AGRUPADOS.....</b> | <b>53</b> |

# 1 INTRODUÇÃO

Instrumentos estatísticos, tais como os gráficos, têm a capacidade de anexar sinteticamente um enorme volume de dados. Em grande medida, o processo para seu uso deve-se à eficiência para transmitir visualmente informações de forma mais resumida, amena e prazerosa (SANTOS; BRANCHES, 2019). Neste modo, os gráficos são muito utilizados em diferentes áreas e contextos no cotidiano, como artigos científicos, revistas, jornais, sites, dentre outros.

Com a expansão da internet, associações de diferentes tipos de segmentos da sociedade começaram a divulgar vários tipos de informações na rede mundial de computadores. Entretanto, recursos visuais, como figuras, gráficos e dentre outros, são apresentados no meio virtual, muitas das vezes, sem mecanismo de acessibilidade que acabam excluindo pessoas, como deficientes visuais a entender essas informações (MARQUES; FERREIRA; CAPELLI, 2020). No Brasil, de acordo com o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) relatam que 6,6 milhões de pessoas declararam que apresentam algum tipo de deficiência visual severa que possuem grande dificuldade de enxergar ou que não conseguem de modo algum. Dentre o total dessa população, 506,3 mil declararam ser cegos (IBGE, 2010). Neste contexto, torna-se primordial a utilização de Tecnologia Assistiva (TA) que conforme o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) em conjunto com a Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDR/PR) estabeleceu o conceito brasileiro de TA como:

“Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.” (BRASIL, 2007, pág.,3).

De acordo com Kleina (2012), Tecnologia Assistiva pode sugerir uma variedade de tecnologia para ajudar os deficientes visuais a ter maior possibilidade de qualidade de vida e inclusão social, por meio da expansão de sua comunicação, mobilidade, suas habilidades de aprendizagem e relações com outros indivíduos. Um exemplo de TA, são softwares leitores de telas que são essenciais para pessoas com deficiência visual, analfabetas ou com dificuldades de aprendizagem auxiliando no manuseio de dispositivos tecnológicos fornecendo informações por meio de síntese de voz. Porém, muitas vezes os recursos visuais não possuem descrições textual que possam ser processados pelos leitores de tela ou quando possuem as informações são incompletas para a compreensão. Assim, não basta somente acrescentar textos alternativos; esses textos devem propagar uma comunicação compreensiva para seus usuários (GERALDO; FORTES, 2013). Quando não existe descrição textual de imagens de gráficos para leitores de tela processar, utiliza-se outros recursos para extração de dados automática como técnicas de visão computacional e de reconhecimento óptico de caracteres que armazenar os dados em um tipo de formato de arquivo (JUNG et al., 2017). A partir dos dados extraídos do gráfico, sugere uma criação de um modelo de descrição textual com essas informações para serem repassada por meio de síntese de voz ao usuário para boa compreensão do recurso visual.

Este trabalho apresenta um modulo de uma ferramenta em desenvolvimento de modelo de descrição textual no idioma português para gráfico de barras simples e agrupadas por serem instrumentos estatísticos mais utilizados em documentos, principalmente, no meio acadêmico (YANG; LI; ZHOU, 2014) e na internet (BATTLE et al., 2018). Tendo como objetivo, propor e analisar uma ferramenta para auxiliar deficientes visuais a terem um bom entendimento de gráficos de barras simples e agrupados por meio da vocalização de descrição textual.

O desenvolvimento do módulo da ferramenta adotou dois modelos de descrições textuais para vocalização e as linguagens de programação como Python, HTML, CSS e Java Script. Após, aplicou teste de usabilidade utilizando um protótipo da ferramenta com dois grupos de indivíduos, um com participantes da área de exatas e da área da saúde e outro com três pessoas com deficiência visual. Em seguida, feita uma análise dos dados obtidos com os testes e os resultados mostraram uma avaliação da positiva sobre a ferramenta.

## 1.1 Motivação

Inicialmente, surgiu o interesse pelo tema de acessibilidade que consiste em oferecer ao indivíduo autonomia, mesmo que as condições físicas ou mentais, culturais ou sociais sejam desfavoráveis, com intuito de proporcionar o acesso a lugares, estudos, serviços, transportes, meios de comunicação, tecnologias em geral e entretenimentos a todos (FERREIRA; SANTOS; SILVEIRA, 2007). Em uma conversa com pessoas da associação de discentes com deficiência da Universidade Federal do Pará (A.D.D-UFPA), onde alguns relataram problemas sofridos diariamente, como dificuldade de deslocamento, acesso a material para estudo em Braile, dentro outros.

Pesquisando mais sobre o assunto na computação, optou-se pela área de Tecnologia Assistiva. Posteriormente, tomou-se o conhecimento de um projeto de mestrado em computação relacionado a essa temática. A partir de então, despertou a intenção de participar desta pesquisa e estudar mais sobre o assunto.

Em uma nova conversa com membros da A.D.D-UFPA sobre a ideia do projeto, houve o incentivo e apoio deles, pois eles sofrem também com o problema em adquirir informações de imagem de gráficos. E isto, motivou a desenvolver este trabalho com a temática de TA direcionada para pessoas com deficiência visual com a meta de auxiliar na compreensão de gráficos de barras simples e agrupados.

## 1.2 Justificativa

A maioria das informações digitais é recebida por meio dos sentidos visuais e auditivos, repassado para o usuário por meio de uma interface gráfica, dessa forma não são facilmente acessíveis às pessoas cegas (SAMPALIO; MARTINI, 2013). Embora existam diversos tipos de ferramentas que possam auxiliar na compreensão das informações apresentadas na tela de dispositivos eletrônicos. Observa-se que recursos visuais, como figuras, gráficos e representações diagramáticas diversas, são exibidos sem o devido cuidado, de proporcionar textos que possam ser processados pelos leitores de tela, elas pecam em repassar conteúdos de imagem de gráficos ao usuário ou quando leem os dados do gráfico não apresentam elementos de forma clara e compreensiva, principalmente, para usuário com deficiência visual.

Para tentar solucionar os problemas citados anteriormente, este trabalho propõe o uso da vocalização de modelos de descrição textual com informações de imagens de gráficos de barras simples e agrupados de uma forma automatizada, dando um suporte ao letramento

estatístico do usuário que segundo Gal (2002), é definido como a habilidade de interpretar, avaliar criticamente e comunicar mensagens e informações estatísticas. Portanto, assegurando a veracidade dos dados e um bom entendimento repassado pela ferramenta ao usuário.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é propor e analisar uma ferramenta web para auxiliar deficientes visuais a terem um bom entendimento de gráficos de barras simples e agrupados por meio da vocalização de descrição textual.

### 1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre ferramentas similares no meio acadêmico.
- Definir requisitos para o desenvolvimento da ferramenta web.
- Produzir artefatos no desenvolvimento da ferramenta web.
- Aplicar testes com usuários para avaliar a ferramenta web.

## 1.4 Trabalhos Relacionados

Ao realizar uma pesquisa bibliográfica sobre a temática em diferentes acervos digitais como Portal de Periódicos Capes, Google Acadêmico, ACM Digital Library, dentre outros, utilizando o filtro por anos de publicação entre (2010-2020) foram encontrados trabalhos que transformam dados visuais em recursos mais acessíveis para pessoas sem ou com algum tipo de deficiência. Como exemplo, o trabalho de (FERRES; LINDGAARD; SUMEGI, 2013) que desenvolveu uma aplicação que permite a interação com os usuários sem e com deficiência visual por meio do teclado e o retorno da aplicação é dado por voz sintética. Essa ferramenta era composta por módulos de extração, geração de informação e interface para facilitar a interação com o usuário. Aplicou-se testes com gráficos de linha tirado de um jornal e a ferramenta descrevia informações desses gráficos para os participantes que eram leitores desse jornal. Também, temos o trabalho de (GREENBACKER et al., 2011) com a proposta de desenvolver um sistema para pessoas com deficiência visual que melhorava o acesso sobre

documentos multimodais contendo gráficos de linha. O Sistema proposto tinha a finalidade de auxiliar o leitor de tela a reconhecer e transmitir as informações de gráficos presentes em documentos de forma mais acessível.

Observa-se na literatura, diferentes metodologias capazes de extrair e melhorar a qualidade de difundir dados informativos de uma forma mais compreensíveis. Nesse contexto, o trabalho de (RODRÍGUEZ; LEHMANN, 2015) propôs a utilização de uma linguagem controlada em sua aplicação para verificar a adequação de textos alternativos para imagens gráficas de dados numéricos, levando em consideração um conjunto de regras orientadas à acessibilidade ajustado ao idioma francês. Outra forma de extração e transmitir informação de dados, é utilizando redes neurais treinando um modelo probabilístico para aumentar a acurácia das frases para descrição textual mais próximas da imagem real, dessa forma, as imagens são codificadas e compactadas e, posteriormente, transmitida a informação ao usuário (VINYALS et al., 2015). Já o aplicativo proposto de (CARVALHO; FREITAS, 2015) converte automaticamente imagens no formato vetorial SVG (*Scalable Vector Graphics*) em uma descrição textual para usuários com deficiência visual por meio de sintaxe de voz, utilizando o *Text to Speech* (TTS) para que a descrição da imagem pudesse ser lida pelo aplicativo e para realizar testes com usuários, comparando descrições produzidas automaticamente. Há Também métodos não automatizados que possibilitam a interatividade entre usuários, Frazão et al. (2020), listou uma série de aplicativos para cegos e destacou o “*Be my eyes*”, um aplicativo que permitem interação de pessoas sem deficiência visual a ajudar pessoas cegas que precisam de uma descrição sobre conferência de dinheiro, leitura de imagens, gráficos, tabelas, dentre outras possibilidades por meio de chamada de vídeo.

Verifica-se na literatura consultada, diversas propostas de trabalhos direcionadas para pessoas com deficiência visual, bem como o desenvolvimento de aplicações voltadas em tornar dados visuais mais acessível para o público em geral, utilizando métodos de descrição textual e síntese de voz, podendo ser de forma automática ou manual. Essas metodologias citadas, foram bases para o progresso desta pesquisa.

O presente trabalho apresenta a implementação de um módulo da ferramenta web, modelos validados aplicados de descrição textual por voz sintética no idioma português para gráficos de barras simples e agrupadas, procedimentos de testes com o público-alvo, assim como, avaliação da experiência dos usuários com o intuito de melhorar a ferramenta, tornando personalizável e padronizar modelos textuais, adotando uma abordagem mais simples e diferente dos trabalhos citados anteriormente.

## 1.5 Organização do Trabalho

O primeiro capítulo aborda a contextualização do problema sobre a temática, assim como, motivação, justificava, objetivos esperados, trabalhos relacionados na literatura e estrutura geral deste trabalho

O segundo capítulo trata das informações teóricas necessárias para um bom entendimento do trabalho, como conceitos de gráficos de barras, leitores de tela, HTML, CSS, Java Script, Python, aplicação *web*, e testes com usuários.

No terceiro capítulo temos a descrição da metodologia adota para o desenvolvimento do módulo, como escolhas de requisitos, tecnologias utilizadas, funcionalidades e descrição de testes realizados com usuários.

No quarto capítulo apresenta uma análise e resultados dos testes realizados, assim como, avaliação dos usuários sobre a ferramenta.

O quinto capítulo discorre sobre as conclusões obtidas após o desenvolvimento do trabalho, resultados alcançados, lições aprendidas e possíveis trabalhos futuros. E por fim, o último capítulo apresenta as referências utilizadas neste trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo estão apresentados conceitos fundamentais e tecnologias englobados na criação desse trabalho, explorando desde elementos básico para o desenvolvimento da ferramenta até conhecimentos teóricos para a fundamentação da ideia.

### 2.1 Gráfico de Barras

Os gráficos de barras são representados no plano cartesiano por barras retangulares e cada barra possui um valor numérico proporcional ao seu tamanho, assim, a sua representação por meio de desenho é considerado de fácil interpretação (WALLGREN et al., 1996).

Esses gráficos são considerados simples de elaborar, podendo ser apresentados com barras horizontais ou verticais, destacando-se a variável de tamanho das barras que permite transcrever visualmente a relação de proporção entre quantidade. Portanto, são indicados para comparar grandezas, e, ao mesmo tempo que evidenciam os extremos, permitem avaliar as diferenças, pequenas ou grandes, entre os valores (MARTINELLI, 2014). Existem mais características sobre esse tipo de gráficos, Segundo Martins (2018, p.1):

Diagrama ou gráfico de barras é a representação mais utilizada para visualizar a informação de um conjunto de dados qualitativos ou quantitativos discretos, organizados na forma de uma tabela de frequências. Para construir este gráfico, começa-se por desenhar um eixo horizontal (ou vertical), onde se assinalam as diferentes categorias ou classes presentes na tabela. Por cima (ou ao lado) de cada categoria ou classe, desenha-se uma barra com altura proporcional à frequência observada nessa categoria ou classe. Desenha-se ainda um eixo vertical (horizontal), onde se marcam as frequências (Martins, 2018, p.1).

Os autores citados acima, também falam a sobre o gráfico de barras agrupadas que é utilizado para comparar conjuntos de dados relacionados, adotando em cada barra um diferencial para identificar a base de dados em um grupo de barras, podendo ser ordem, cor,

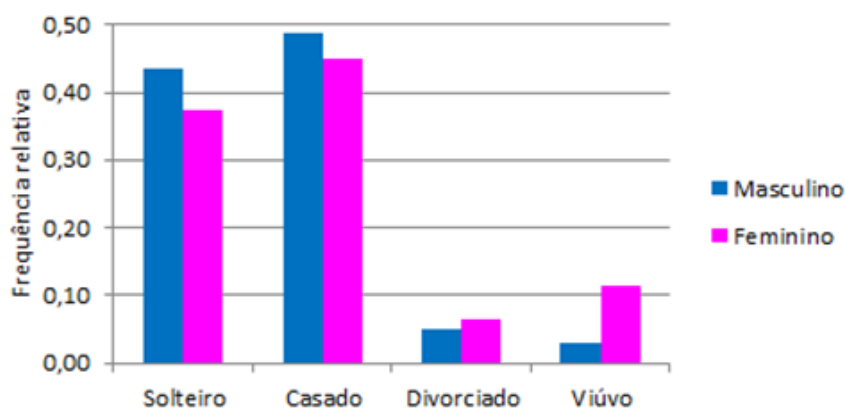
sombreamento e uma legenda. Abaixo podemos ver exemplo de gráficos de barras simples (Figura 1) e agrupadas (Figura 2).

Figura 1. Exemplo de gráfico de barras simples, distribuição das famílias clássicas do continente, segundo a sua dimensão.



Fonte: (MARTINS, 2018, p.2).

Figura 2. Exemplo de gráfico de barras agrupadas, distribuição a população masculina e feminina do continente, segundo o estado civil.



Fonte: (MARTINS, 2018, p.2).

## 2.2 Leitores de Tela

São software aptos a transformar informações textuais em verbais, por meio de sintetizador de voz, assim, um leitor de tela será capaz de ler toda ação cujo evento tem associado a si uma descrição textual (CRUZ; RODRIGUES, 2017). A leitura feita por um

leitor de tela é realizada de forma sequencial no sentido da esquerda para à direita e cima para baixo em páginas *web*, também é possível fazer a leitura de forma fragmentada, ou seja, por palavra, linha ou parágrafo (BACH; FERREIRA; SILVEIRA, 2009).

Essas aplicações são consideradas Tecnologias Assistivas, pois permitem que informações sejam passadas para pessoas cegas, idosos, ou até mesmo pessoas que tenham dificuldade para ler (ROMÃO; COSME, 2010). Além de possuir tecla de atalho configurada para facilitar a navegação mais viável quando utilizado no computador (HERSH; JOHNSON, 2008).

Atualmente, existem diversos leitores de tela para diferentes plataformas, podemos citar: DOSVOX, NVDA, JAWS, VIRTUAL VISION, ORCA, dentre outros, sendo alguns pago e outros disponibilizados de forma gratuita.

## 2.3 HTML, CSS e JavaScript

De acordo com Silva (2015), HTML (*Hyper Text Markup Language*) é uma linguagem de marcação que surgiu no início dos anos 90 baseado em hipertexto que é considerado componente de páginas *web*, tendo a sua principal característica a possibilidade de interligar outros documentos *web* por meio de *links* e seu conteúdo é escrito utilizando abertura e fechamento de *<tags>* que são interpretados por um navegador. O HTML é composto por marcadores específicos utilizados em blocos para cada elemento, e suas *<tags>* quando utilizadas de forma correta costumam sinalizar previamente o conteúdo entre elas (MDN, 2020). Neste trabalho, foi utilizado a versão HTML5, pois esta fornece mais ferramentas para o uso do CSS, JavaScript, dentre outros e, é mais utilizado atualmente nos navegadores (MDN, 2020) (W3SCHOOLS, 2020).

O CSS (*Cascading Style Sheets*) é a linguagem responsável por controlar o estilo visual da informação exibida pelo HTML, formatando conteúdo de forma visualmente mais agradável para interpretação dos navegadores de páginas *web*, Como: fonte, tamanho de elementos, cores, dentre outros. (EIS; FERREIRA, 2012). Segundo Torres (2018), o CSS permite a possibilidade que ele seja escrito separado do HTML, assim como o JavaScript que é utilizado para operar o comportamento do HTML e CSS.

O JavaScript é uma linguagem interpretada, baseada em objetos com funções de primeira classe, mais conhecida como a linguagem de script para páginas *web*, mas usada também em vários outros ambientes sem browser (MDN, 2020). Com o JavaScript no lado cliente

(navegador) torna as páginas web estática contendo um documento em uma aplicação dinâmica, além de proporcionar algumas vantagens como fácil escalabilidade e desempenho (CRUZ; PETRUCELLI; SOLTO, 2018). Portanto, essas ferramentas citadas são utilizadas no desenvolvimento de aplicação web e serão usadas nesse trabalho.

## 2.4 Python

De acordo com Barbosa et al. (2017), Python é uma linguagem de programação orientada a objetos dinamicamente tipada, isto significa que as variáveis não precisam ser declaradas para serem utilizadas e todas as variáveis em Python são objetos. Python é linguagem de programação que permite trabalhar mais rapidamente e interagir seus sistemas com mais eficiência (PYTHON, 2020).

Conforme Silva e da Silva (2019), essa linguagem é interpretada e multiplataforma, oferecendo suporte para desenvolvimento web, aplicações mobile, robótica, programa de hardware, entre outras, possibilitando também, integrações com outras linguagens, como por exemplo HTML, JavaScript, Java, C, e várias outras. Segundo Tiobe (2020), o Python está entre as linguagens mais populares e bem avaliadas pela comunidade.

## 2.5 Testes de IHC com Usuários

Para medir a qualidade de uma aplicação é necessário efetuar testes, principalmente, com possíveis usuários para ter uma avaliação da ferramenta, este trabalho usar conceitos da área de Interação Humano-Computador (IHC) para aplicação de teste de usabilidade com usuários. Conforme Preece, Rogers e Sharp (2005), um teste de usabilidade adota algumas técnicas de avaliação, como: testar com usuários o sistema realizando tarefas planejadas; observar usuários utilizando o sistema e solicitar opiniões dos usuários sobre a aplicação.

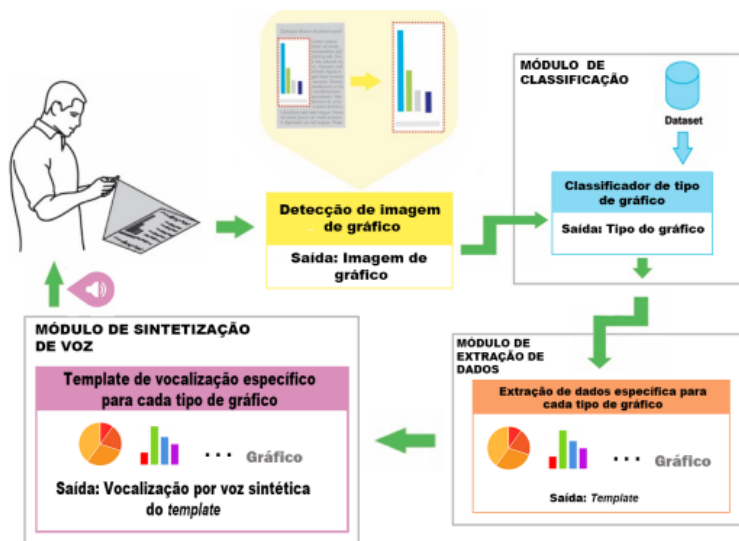
Os testes também devem levar em consideração a acessibilidade que de acordo com Rubin e Chisnell (2008) é um requisito de usabilidade de um produto, juntamente, com a outros fatores. Dessa forma, podemos ter uma avaliação mais criteriosa e tornar a aplicação mais acessível não tendo barreiras que impeçam ou dificultem a interação do público-alvo com o sistema (BARBOSA; DA SILVA, 2010). Por tanto, relacionar usabilidade e acessibilidade agregar valor e tornar a interação o mais agradável para os usuários (FERREIRA, 2016).

### 3 A PROPOSTA DA FERRAMENTA

Este capítulo tem como propósito apresentar etapas do desenvolvimento do módulo de vocalização criado para a aplicação de testes. A proposta deste trabalho em questão é direcionada para Interação Humano-Computador (IHC), analisando viabilidade, usabilidade e a acessibilidade para se adequar às necessidades das pessoas com deficiência visual. Dessa forma, preparando o software e melhorando a qualidade para que todos os usuários utilizem de modo mais produtivo, reduzindo seus sentimentos de impotência (NIELSEN; LORANGER, 2006).

O presente trabalho se baseou na arquitetura do modelo de descrição automática de gráficos de dados mencionada por Oliveira (2019), que propôs criar e avaliar modelos de descrição textual de gráficos de barras simples utilizando síntese de voz.

Figura 3. Modelo de descrição automática de gráficos de dados.



Fonte: (OLIVEIRA, 2019, p.15)

Tomando como base essa metodologia, este trabalho desenvolve o módulo de sintetização de voz de mais simples e, posteriormente, realiza teste com usuários para avaliação da ferramenta.

### 3.1 Definição de Requisitos e Escolha de Tecnologias

As definições de requisitos levaram em consideração a base de dados de Oliveira (2019), logo, a ferramenta recebe arquivos em formato JSON (*JavaScript Object Notation*) que conforme JSON (2020), é um formato texto completamente independente de linguagens e por isso é considerado um formato de intercâmbio de dados. Esses arquivos terão as informações de gráficos enviados do módulo de extração de dados e, os mesmos modelos de descrição textual para vocalização por voz sintética e fará interação com usuário por meio de comandos utilizando o teclado. Levando em consideração também os requisitos para o público-alvo, optou-se em desenvolver uma aplicação web por proporcionar recursos de acessibilidade que poderá ser executada junto com leitores de tela que já são bastante utilizados por deficientes visuais.

Para o desenvolvimento da solução da proposta, a escolha das tecnologias é um fator importante para se alcançar os objetivos desejados. Portanto, foi utilizado os seguintes critérios:

- Código aberto (*Open Source*);
- Bem documentada e amplamente utilizada;
- Gratuita;
- Possibilidade de integração com outras tecnologias.

A partir desses critérios, também tendo conhecimento do padrão das tecnologias utilizadas para a criação do módulo e levando em consideração os requisitos, foram pesquisadas e escolhidas as principais tecnologias utilizadas no desenvolvimento do módulo:

HTML5, CSS3 e JavaScript: utilizados como tecnologias para desenvolvimentos *web*.

Phyton versão 3.7: utilizado para fazer a integração entre módulos e vocalização das descrições textuais dos gráficos.

Notepad++: utilizado como editor de código-fonte da ferramenta.

Trello: utilizado para gerenciamento de projeto.

### 3.2 Modo de Desenvolvimento

O modo de desenvolvimento é muito importante para ter um produto eficiente e eficaz na sua proposta, portanto, utilizou algumas técnicas de método ágeis de desenvolvimento de software, como *Scrum*. Segundo Sutherland (2016), o *Scrum* é dividido em ciclos chamados

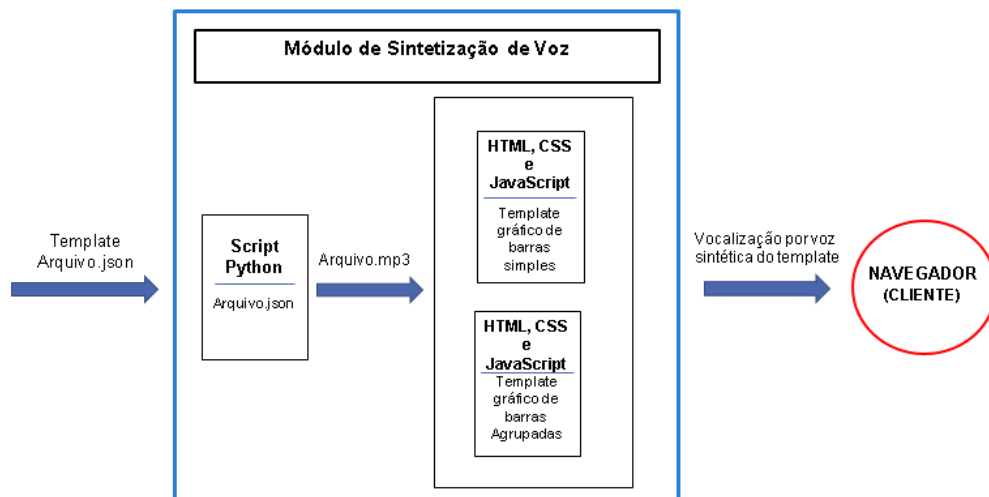
de (*Sprints*) onde são realizadas diversas atividades em um curto período para ter um melhor gerenciamento no desenvolvimento.

No Trello, foram listadas diversas atividades de cada etapa do projeto, começando na definição de requisitos, escolha de tecnologias, codificação e finalizando em teste com usuários. Nessas atividades, utilizou-se marcadores (fazer, fazendo e finalizado) para sinalizar o andamento e, foram determinados o tempo de cada tarefas (início e fim) para sinalizar o ciclo.

### 3.3 Funcionamento da Ferramenta

Espera-se que tenha ocorrido uma fase prévia de leitura do gráfico e geração de um documento em formato JSON que contenha as informações do gráfico separadas, elemento por elemento, isso deve ter sido feito de modo automatizado com ferramentas de processamento de imagens baseadas em inteligência artificial nos módulos anteriores e cada elemento é repassado para o modelo de descrição textual. Para atender os requisitos definidos do projeto, foi planejado e codificado que o módulo dessa ferramenta web funcionasse da seguinte forma:

Figura 4. Modo de funcionamento da Ferramenta.



Fonte: Autor

O Script Python, tem a tarefa de ler o arquivo com a informação do modelo de descrição textual do gráfico de barras enviado do módulo de extração de dados em formato JSON. Como os dados desse arquivo são textos agrupados em uma grande cadeia de caracteres em uma única linha, o script organiza essa cadeia dividindo o texto todas as vezes que encontra

um ponto no final de frase passada como argumento, assim, criando uma outra cadeia de caracteres em uma nova linha, logo após esse processo, inicia a vocalização por síntese de voz utilizando GTTS (*Google Text-to-Speech*), segundo (PYPI, 2020) é uma biblioteca do Python que permite interagir com a API do Google Tradutor, gravando dados de arquivos em áudio (formato mp3). Inicialmente, é gravado o áudio de todo o texto do arquivo e depois, por meio de uma estrutura de repetição é gravado o áudio de cada linha do arquivo. Por fim, o arquivo.json é fechado e arquivo do HTML, CSS e JavaScript é chamado para ser executado.

Figura 5. Código do Script Python

```

1  import os
2  import json
3  from gtts import gTTS
4
5  ref_arquivo = open(" Indique caminho do arquivo de descrição textual.json")
6
7  for linha in ref_arquivo:
8      valores = linha.split('.')
9
10     speech=gTTS(linha,lang='pt-br')
11     speech.save("audioCompletoS.mp3")
12
13     i=0
14     while(i <len(valores)):
15         speech=gTTS(valores[i],lang='pt-br')
16         speech.save(str (i)+"audioS.mp3")
17         i=i+1
18     if(i==len(valores)-1):
19         break
20
21     ref_arquivo.close()
22     os.system("Indique o caminho do arquivo.html")

```

Fonte: Autor

Os áudios gravados pelo Script Python são salvos para serem referenciados no arquivo HTML, CSS e Java Script. Como a proposta é a vocalização de descrição textual de gráficos de barras simples e agrupadas, temos dois arquivos HTML, CSS e JavaScript que possuem modelos e comandos específicos para cada tipo de gráfico.

Após obter os áudios referenciados pelo HTML, o código JavaScript utiliza essa referência para ser responsável pela interação do usuário com a ferramenta por meio do periférico teclado usando o conceito de eventos, onde cada evento espera que uma tecla seja pressionada para tocar um arquivo de áudio, optou-se por um design mais simples e minimalista sem muito código em CSS nesse primeiro momento e todos os elementos nas páginas são reconhecidos por software leitores de tela, o exemplo da página web localiza-se no Apêndice A.

Figura 6. Código HTML referente aos áudios gravados.

```

2   <audio id="audioCompletoA">
3       <source src="../../../audioCompletoA.mp3" type="audio/mp3">
4   </audio>
5
6   <audio id="0audioA">
7       <source src="../../../0audioA.mp3" type="audio/mp3">
8   </audio>
9
10  <audio id="1audioA">
11      <source src="../../../1audioA.mp3" type="audio/mp3">
12  </audio>
13
14  <audio id="2audioA">
15      <source src="../../../2audioA.mp3" type="audio/mp3">
16  </audio>
17
18  <audio id="3audioA">
19      <source src="../../../3audioA.mp3" type="audio/mp3">
20  </audio>
21
22  <audio id="4audioA">
23      <source src="../../../4audioA.mp3" type="audio/mp3">
24  </audio>

```

Fonte: Autor

Figura 7. Código JavaScript para interação com usuário por meio do teclado.

```

1   <script>
2       addEventListener("keydown", function(event) {
3           function play(){
4               audio.play();
5           }
6           function pause(){
7               audio.pause();
8           }
9           function stop(){
10              audio.pause();
11              audio.currentTime = 0;
12          }
13          if(event.keyCode == 67){
14              audio=document.getElementById('0audioA');
15              play();
16          }
17          if(event.keyCode == 76){
18              audio= document.getElementById('1audioA');
19              play();
20          }
21          if(event.keyCode == 89){
22              audio= document.getElementById('2audioA');
23              play();
24          }
25          if(event.keyCode == 88){
26              audio= document.getElementById('3audioA');
27              play();
28          }
29          if(event.keyCode == 71){
30              audio=document.getElementById('4audioA');
31              play();
32          }

```

Fonte: Autor

### 3.4 Teste Realizado

Para realizar testes com usuários, adotou-se o teste de usabilidade seguindo orientações de Barbosa e Da Silva (2010) para preparação, escolha de participantes, tarefas realizadas, coleta de dados, interpretação e relato dos resultados. Também, foram usados procedimentos

realizados por Oliveira (2019) que avaliou modelos de descrição textuais de gráficos de barras.

### 3.4.1 Perfil dos participantes

Embora a ferramenta seja direcionada para pessoas com deficiência visual, houve dificuldade de recrutar participantes com esse tipo de perfil para efetuar o teste presencial, algumas pessoas alegaram falta de tempo livre para participar no dia do teste. Então, o teste proposto contou com apenas 3 deficientes visuais integrantes do A.D.D-UFGA, sendo 2 alunos de exatas com cegueira total e 1 estudante com baixa visão de ciências humanas e também contou com a participação de 20 discentes da UFGA sem deficiência de diferentes áreas do conhecimento para realizar comparações entre os grupos de teste, contendo 10 discentes da área de ciências exatas e 10 discentes da área da saúde, totalizando 23 participantes e todos tinham conhecimento sobre gráficos de barras.

### 3.4.2 Preparação do teste

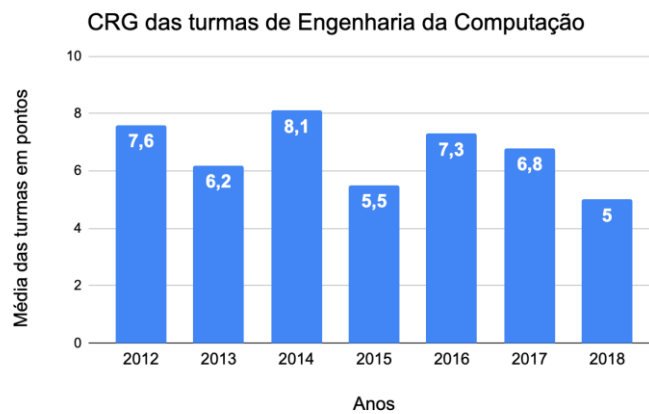
Inicialmente, foram escolhidos dois modelos de descrições textuais propostos e validados por Oliveira (2019), denominou-se o modelo Todos os itens (Anexo A) com informações de 8 gráficos de barras simples e agrupados para ser vocalizado, assim como, comandos utilizados na interação por meio do teclado nos testes. Posteriormente, foram definidas tarefas para serem realizadas pelos participantes, como ouvir os áudios das descrições textuais por comandos do teclado, em seguida, desenhar o gráfico com base nessas descrições e explicar o gráfico desenhado, vale ressaltar que os voluntários com deficiência visual não executavam a tarefa de desenhar os gráficos, a tarefa definida para esse grupo era somente explicar o gráfico com base nos áudios com as descrições textuais, e depois era apresentado o gráfico em Braille, permitindo a comparação e posterior conhecimento da opinião do usuário. Por fim, todos os participantes participavam de uma entrevista para dar sua opinião sobre o experimento e a ferramenta.

Para coletar dados, além dos desenhos feitos pelos voluntários gráficos, escolheu-se fazer anotações observando o usuário interagindo com a ferramenta na hora do teste para identificar aspectos negativos e positivos. Foi solicitado aos participantes opiniões sobre o software por meio de entrevista para serem registrado por meio de um gravador de áudio.

Foi feito um documento de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B) para participação dos voluntários na pesquisa, um roteiro para teste e foi criado um teste

piloto para ser executado. O teste piloto foi realizado com um participante com deficiência e o outro sem deficiência aluno de exatas, logo percebeu-se que o teste era cansativo, pois demorava muito tempo para ser finalizado, houve uma desistência do voluntário sem deficiência e o outro finalizou com o tempo mais de 1 hora de duração. Então, optou-se por escolher apenas 2 gráficos de barras verticais para realização do teste, um gráfico de barras simples (Figura 8) e um de barras agrupadas (Figura 9). A descrição textual desses gráficos se encontra no Apêndice C.

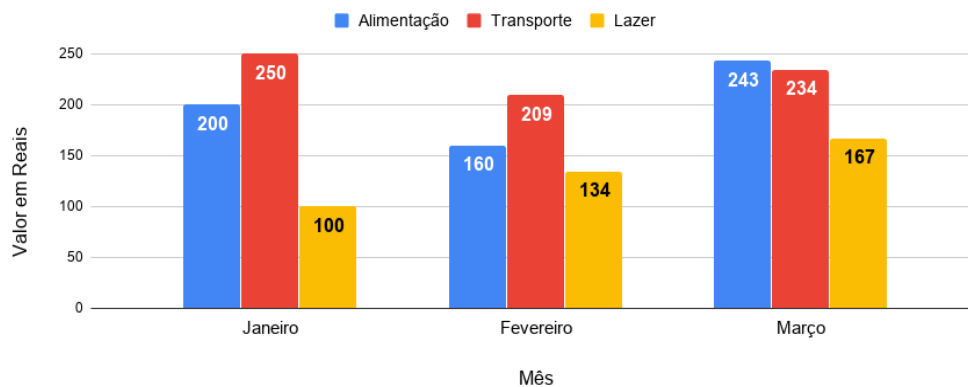
Figura 8. Gráfico A utilizado no teste.



Fonte: Autor

Figura 9. Gráfico B utilizado no teste

Imagem 1. Média dos valores de despesas individuais de jovens de classe média na cidade de Belém no primeiro trimestre de



Fonte: Autor

### 3.4.3 Componentes utilizados

Os componentes usados durante o teste foram um notebook com as seguintes considerações: sistema operacional Windows 10 (64 bits), processador Intel Core i3 (2.00 GHz), memória RAM de 4GB e HD com 500 GB. Leitor de tela NVDA (*NonVisual Desktop Access*) que é executado em ambientes Windows, utilizado no teste para ler os comandos da ferramenta na página web no navegador Google Chrome, fone de ouvido e um celular com aplicativo de gravador de voz.

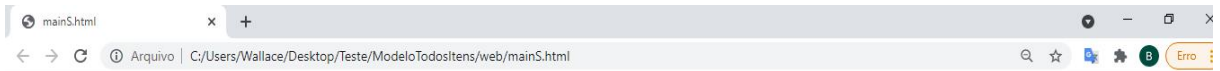
### 3.4.4 Aplicação do teste com usuários

Primeiramente, foi apresentado o Termo de Consentimento Livre Esclarecido ao participante para garantir que os seus dados serão tratados com privacidade e utilizados de modo anônimo, exclusivamente, para fins de pesquisa. Posteriormente, foi explicado quais tarefas o voluntário deve realizar no teste, como ouvir um conjunto de áudios de descrições textuais utilizando os comandos expostos na tela do computador e interagindo por meio do teclado, o participante poderia usar cada comando no máximo duas vezes para ouvir os áudios, estes comandos se encontram no Apêndice D. O objetivo é desenhar o gráfico baseando na descrição ouvida nos áudios em uma folha de papel entregue com marcações pré-definidas para preencher com informações. Lembrando que a tarefa de desenhar é para pessoas sem deficiência. Após a explicação das tarefas, é ligado gravador para marcar o tempo e registrar falas do usuário e é iniciado a observação para anotar tudo que acontece no procedimento.

Quando o usuário termina de desenhar o primeiro gráfico de barras simples, é pedido para ele explicar o seu desenho com o máximo de detalhes e é perguntado se tem alguma informação que ele considera essencial para o entendimento do gráfico e se não estiver disponível, informar qual informação. Esse mesmo procedimento é feito para o gráfico de barras agrupadas.

Por fim, é realizada uma entrevista perguntando sobre eventuais dúvidas que possam ter ocorrido durante o teste, opinião do usuário sobre a ferramenta, críticas, sugestões para melhorar e uma avaliação dando uma nota de 1 a 10 para ferramenta, vale ressaltar que a entrevista não ficou presa somente a essas perguntas, o usuário ficava à vontade para falar o que quisesse conforme o andamento da conversa. No final, era o feito um agradecimento ao participante e o gravador era desligado.

Figura 10. Página web do teste, gráfico de barras verticais simples.



## Procedimento do teste

Você vai ouvir dois conjuntos de áudios, cada conjunto se refere a um gráfico diferente. Na tela aparecerá uma lista de comandos e você poderá ouvir cada um até duas vezes. O objetivo é que você reproduza nesse papel o gráfico que você ouviu. Quando você estiver pronto pode começar.

Comandos para ouvir informações do gráfico em áudio

| Comando                     | Tecla |
|-----------------------------|-------|
| Ler descrição completa      | D     |
| Ler Categoria               | C     |
| Ler Título                  | T     |
| Ler legenda do eixo Y       | Y     |
| Ler legenda do eixo X       | X     |
| Ler valores mínimo e máximo | M     |
| Ler dados da barra 1        | 1     |
| Ler dados da barra 2        | 2     |
| Ler dados da barra 3        | 3     |
| Ler dados da barra 4        | 4     |
| Ler dados da barra 5        | 5     |
| Ler dados da barra 6        | 6     |
| Ler dados da barra 7        | 7     |
| Ler média e desvio padrão   | E     |

Áudio com informações do gráfico

Fonte: Autor

Figura 11. Página web do teste, gráfico de barras verticais agrupadas.

Comandos para ouvir informações do gráfico em áudio

| Comando                        | Tecla |
|--------------------------------|-------|
| Ler descrição completa         | D     |
| Ler Categoria                  | C     |
| Ler legenda do gráfico         | L     |
| Ler legenda do eixo Y          | Y     |
| Ler legenda do eixo X          | X     |
| Ler grupos e séries            | G     |
| Ler valores de mínimo e máximo | M     |
| Ler dados do 1º grupo          | 1     |
| Ler dados do 2º grupo          | 2     |
| Ler dados do 3º grupo          | 3     |
| Ler média e desvio padrão      | E     |

Áudios com informações do gráfico



Fonte: Autor

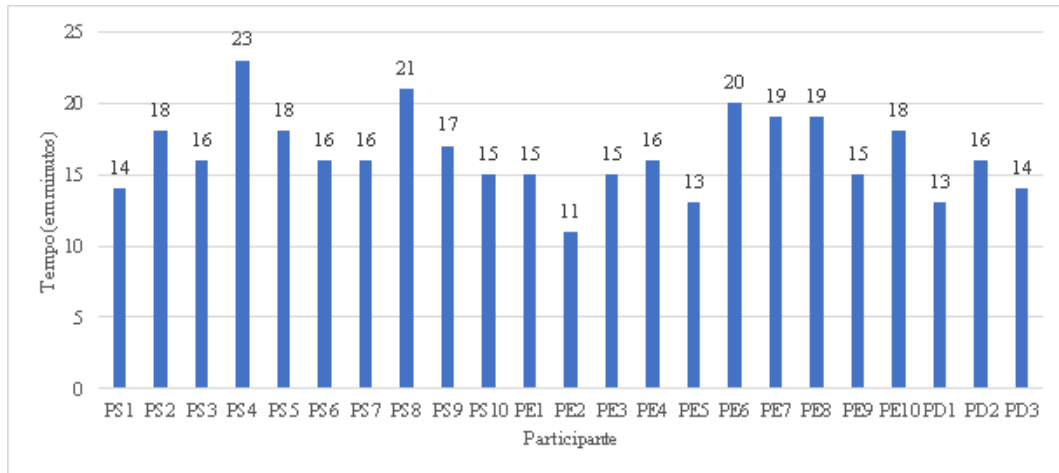
## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Não houve nenhuma desistência de participantes no teste, a partir dos dados coletados foi feita uma análise individual de cada participante destacando erros e observações anotadas, logo após, foi comparado e relacionado cada informação verificada no teste, como tempo de execução, acertos, erros, sugestão, dentre outros, com o objetivo de buscar uma recorrência para ter uma análise geral de todo o conteúdo verificado. Também, foi adotado siglas, como PE (participante da área de exatas), PS (participante de área da saúde), PD (Participantes com deficiência) e um número para diferenciar cada indivíduo na pesquisa. Por fim, foi levando em consideração as opiniões e sugestões dos participantes para possíveis implementações de melhoria na ferramenta.

### 4.1 Análise Quantitativa

O grupo de participantes com deficiência visual terminou o teste com o tempo médio aproximado de 14 minutos e o grupo dos discentes sem deficiência visual teve um tempo médio maior, terminando com o tempo médio aproximado de 17 minutos. O limite inferior de tempo de realização foi de 11 minutos, realizado por um aluno de exatas e o limite superior foi de 23 minutos, realizado por um discente da saúde. Observou-se que os voluntários que finalizaram em menor tempo apresentaram pequenos erros, logo tiveram uma explicação mais curta do seu desenho. Ao contrário dos participantes que finalizaram com maior tempo de duração que desenharam os gráficos com todos os elementos e explicaram com mais detalhes.

Figura 12. Tempo de teste dos participantes.

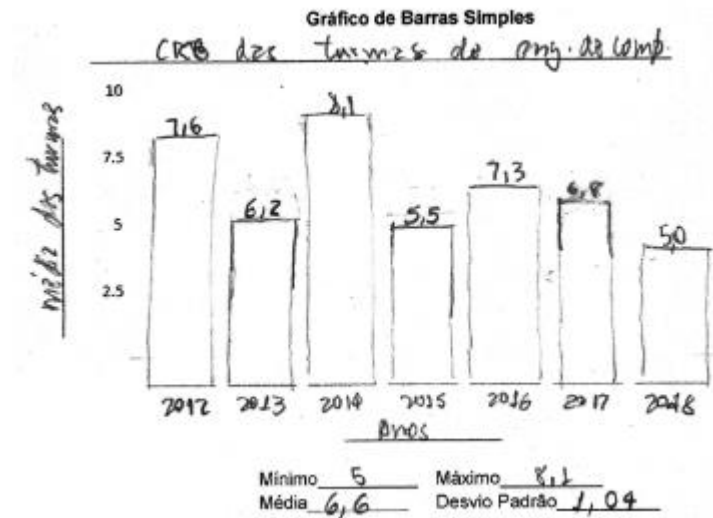


Fonte: Autor

Notou-se que cerca de 80% dos participantes seguiram a ordem dos comandos de cima para baixo, começando primeiro com a descrição completa e determinando no comando de desvio padrão, principalmente, o grupo com deficiência visual onde todos seguiram essa ordem por conta do leitor de tela ler dessa forma. Para gráfico A, aproximadamente 57% dos participantes não utilizaram todos os comandos duas vezes que era o permitido. Já com o gráfico B, a maior parte aproximadamente 87% utilizaram duas vezes os comandos para ouvir as descrições textuais. O grupo de discentes da área de saúde tiveram um pouco mais de erros na hora de desenhar os gráficos, porém todos conseguiram desenhar e explicar os gráficos de acordo com o áudio.

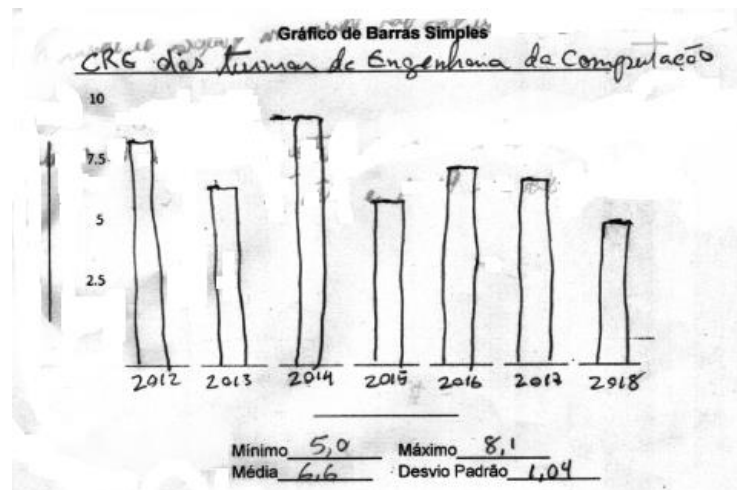
Em relação ao desenho dos gráficos, cerca de 95% dos participantes desenharam o gráfico de barras simples com todos os elementos esperados, baseados na descrição textual informada no áudio, como o participante PE6 (Figura 13). Somente o participante PS10 desenhou o gráfico de barras simples sem os nomes dos eixos XY e valores nas barras, porém, percebeu-se que ele levou em consideração as marcações do eixo Y definida no papel de desenho.

Figura 13. Desenho do gráfico de barras simples do participante PE6.



Fonte: Autor

Figura 14. Desenho do gráfico de barras simples do participante PS10.



Fonte: Autor

Porém, nos desenhos do gráfico de barras agrupadas (gráfico B), por conterem mais informações, aconteceram mais erros, a acurácia foi de 75%. O erro mais ocorrido foi não anotar toda legenda do gráfico, PE8 justificou esse erro declarando: “*eu achei rápido, deveria ser mais pausado, porque não dá tempo de escutar e escrever tudo (...)*”. O segundo equívoco mais recorrente foi confundir valores de mínimo e máximo. Os erros e as quantidades estão na Quadro 1.

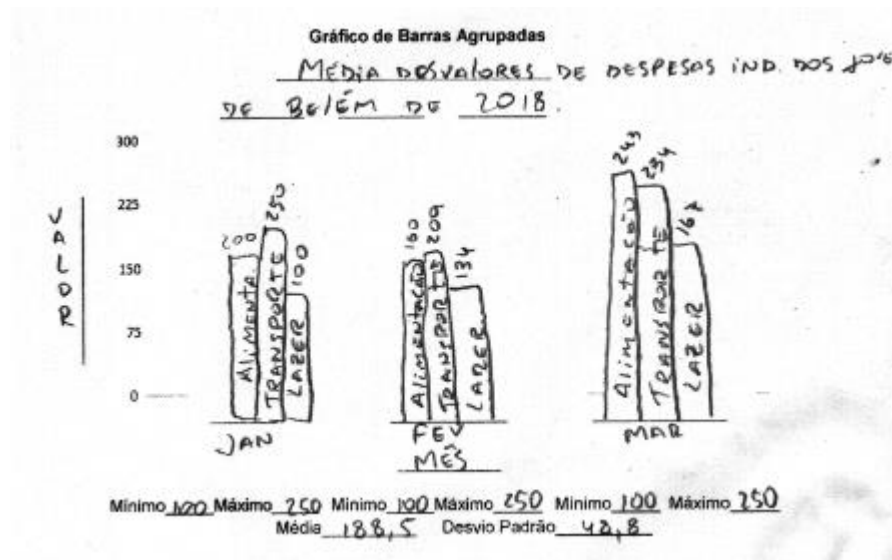
Quadro 1. Erros observados nos desenhos do gráfico B.

| ERROS                                | PARTICIPANTE             | QUANTIDADE |
|--------------------------------------|--------------------------|------------|
| Não anotou valores nas barras        | PS1, PS10                | 2          |
| Não anotou os nomes dos eixos X e Y  | PS10                     | 1          |
| Não anotou a legenda completa        | PE6, PE8, PS1, PS9, PS10 | 5          |
| Confundiu valores de mínimo e máximo | PS2, PS8, PS9            | 3          |

Fonte: Autor

Na explicação do desenho, PS9 deu uma sugestão em relação aos valores de mínimo e máximo, ele disse: “*Eu só achei que poderia melhorar em relação o mínimo e o máximo, ficou um pouco indecisa porque ele falou que está entre 100 e 250, porém tem mais de um. Tipo poderia botar o mínimo e o máximo de todos e separar*”. Podemos ver o desenho deste participante na Figura 15.

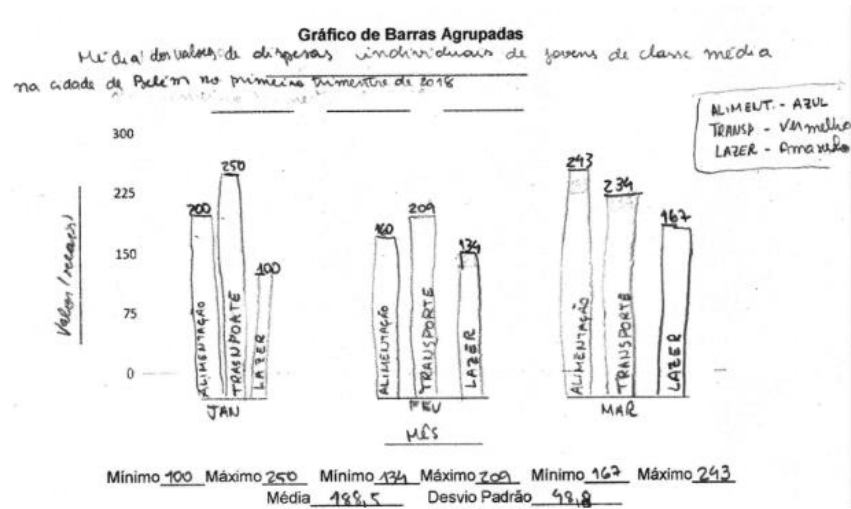
Figura 15. Desenho de gráfico de barras agrupadas do participante PS9.



Fonte: Autor

Apesar desses pequenos erros, também a maior parte dos participantes conseguiu desenhar o gráfico de maneira correta sem nenhuma falta de informação, como por exemplo na Figura 16.

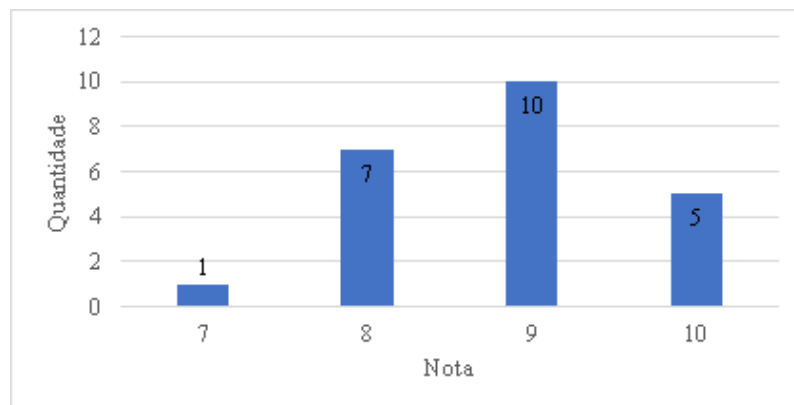
Figura 16. Desenho de gráfico de barras agrupadas do participante PE4.



Fonte: Autor

Ao final de todo o processo de teste, os participantes atribuíram uma nota de 1 a 10 indicando a sua avaliação e o grau de satisfação do usuário em relação a ferramenta utilizada, com base nessas notas foi construído um gráfico (Figura 17) para ilustrar o bom resultado que a proposta alcançou com o teste do protótipo do módulo de vocalização de descrição textual de gráficos de barras simples e agrupadas.

Figura 17. Grau de Satisfação dos Participantes de acordo com a Avaliação das Notas.



Fonte: Autor

## 4.2 Análise Qualitativa

Nessa análise, foram destacados comentários dos participantes a respeito da interpretação dos gráficos e avaliação dos usuários sobre a experiência utilizando a ferramenta, principalmente, do grupo de deficientes visuais para pensar em possíveis melhorias para desenvolver um melhor design da interação e novas funcionalidades para esse público.

#### 4.2.1 Interpretações do gráfico A

Os voluntários área da saúde finalizaram mais rápido as tarefas deram uma explicação mais breve sobre o gráfico, como PS10 que falou do gráfico A: *“Esse aqui é um gráfico de barras simples que mostra o CRG das turmas de engenharia da computação de cada ano a partir de 2012 até 2018. Mostra o mínimo e o máximo, média e desvio padrão”*, essa foi a fala mais breve. Observou-se, uma explicação muito detalhada sobre esse gráfico, apesar do tempo de execução ser o mais rápido de todos, como a do participante PE2 que disse: *“Bom, aqui analisado é o CRGs das turmas de engenharia da computação. Tem como interesse a variável Y, média das turmas, e ele tem a média das distribuições por anos. E a gente vê que, a partir de 2012, foi de 7,6, em 2013 teve uma queda, teve seu máximo em 2014. Enfim, depois desceu em 2015 e foi indo, em 2018 teve seu menor CRG e olhando mais algum detalhe aqui, nós vimos que os valores que foram acima da média dessas notas ‘foi’ os anos de 2011, 2014, 2016 e 2017, e os demais anos foram abaixo da média (...)”*. Assim como, o grupo de pessoas cegas que também teve uma excelente explicação e análise do conteúdo apresentado nesse primeiro gráfico, o participante PD1 comentou: *“Entendi que no eixo de X eu tenho os anos, e de Y a variação dos CRGs medidos em média para cada ano e cada barra marca o ano e a média dos CRGs dos alunos naquele ano. Eu consigo entender ‘cê’ tá medindo a média dos CRGs dos alunos e consigo até te dizer que no ano tal teve uma queda acentuada para cinco ponto alguma coisa, sendo que no ano anterior era de 8 (...)”*. O participante PD3 também falou de uma forma bem detalhada, ele disse: *“É um gráfico de coluna né, apresenta o CRGs das turmas de engenharia da computação, e o maior valor foi em 2014 das médias da turma 8,1. O eixo vertical apresenta as médias das turmas e o eixo horizontal os anos, é ele segue uma ordem de anos que vai de 2012 até 2018, o valor mínimo é 5 e o máximo é 8,1, a média é 6,6 e o desvio padrão é 1,04.”*. Essas falas demonstram que todos os grupos tiveram um bom entendimento do gráfico A, quando perguntados se faltava alguma informação, todos responderam que não e aprovaram a descrição textual e a forma que ela é passada pelo áudio, PD2 falou: *“Não, acho que para esse tipo de gráfico não. A gente consegue ter leituras críticas do gráfico, principalmente, nesse recurso de clica 1 e ler a barra 1, clicar 2 ler a barra 2, e assim vai... entendeu?”*.

#### 4.2.2 Interpretações do gráfico B

Apesar de o gráfico B ser mais difícil de interpretar do que o gráfico A por conter mais informações, todos tiveram uma boa compreensão, porém fizeram algumas observações sobre

a descrição. O PE4 fez a seguinte explicação: *“Aqui, é um gráfico de barras agrupadas, fala sobre os valores das despesas dos jovens durante os meses de janeiro, fevereiro e março, com alimentação, transporte e lazer. Em janeiro, eles gastaram mais com transporte e menos com lazer, em fevereiro gastaram mais com transporte e menos com lazer também, já em março gastaram mais com alimentação e menos com lazer. A média foi de 188,5 e o desvio padrão de 48,8.”*. Mesmo desenhando o gráfico com todo os elementos, PE4 expôs que *“Ele fala que isso aqui é legenda, eu botei aqui. No caso, eu botaria isso como título (...). Mas deu para entender. E ela falou muito rápido a legenda porque o texto é maior. Achei que ela falou muito rápido.”*. Também, outros participantes expressaram a mesma opinião como PD1, ele falou *“a função legenda deveria ser outra informação como a cor, tipo barras vermelha significa isso... barra azul significa outra coisa e assim vai. Mas é uma boa descrição, só que o nome que ‘tá’ errado como legenda, poderia ser o título”*. Todos do grupo com deficiência visual conseguiram entender o gráfico B, contudo há muitas informações que eles não falaram exatamente todos os dados, PD2 explicou sobre seu entendimento: *“O gráfico mede... hum... o gasto, o quanto que esses jovens estão gastando por ano em 3 categorias – alimentação, transporte e lazer. Custo por ano, no eixo X tem Meses e no eixo Y tem a média dos valores em reais, e aí no primeiro que eu lembro, eles gastaram muito mais com o transporte e muito menos com lazer, no transporte foi 250 reais e no lazer foi só 100, no intermediário disso foi alimentação (...)”*. O único a falar sobre a informação que falta no gráfico foi PD3 que sugeriu colocar a informação da fonte em algum comando, pois acha esse dado muito importante para o entendimento do gráfico. Sobre faltar informações para entender esse tipo de gráfico, todos responderam que não, como PD3 que afirmou: *“Não faltou nenhuma informação, tem todas as informações necessárias, inclusive, as cores das barras.”*

### 4.2.3 Entrevistas

Por fim, foram realizadas entrevistas e o participante era livre para opinar sobre a ferramenta. Houve críticas relacionadas à rapidez do áudio reproduzido, algumas pessoas sem deficiência reportaram essa reclamação ao ouvirem a descrição do gráfico de barras agrupadas. Já as pessoas com deficiência visual acharam a velocidade um pouco lenta, conforme PD1 *“a velocidade da descrição ‘tá’ ok, mas eu usaria mais rápido porque já estou acostumada com o meu leitor de tela.”*, o participante PD2 também relatou *“se pudesse ajustar a velocidade dos áudios, eu botava em uma velocidade mais rápida.”*. Lembrando que as descrições dos áudios foram vocalizadas com a velocidade padrão da biblioteca GTTS. Uma crítica recebida foi relacionada à falta de um comando para pausar e voltar, PD1

mencionou *“Poderia ter um pause e voltar a informação aonde eu queria para ter essa informação, e o comando pause poderia ser a tecla espaço porque é mais convencional e fácil de achar.”*. Outros problemas citados pelo PD3 foram o tamanho da tabela para o leitor de tela encontrar mais rápido quando o usuário passar o mouse por cima e, também permitir que o usuário mude as cores das páginas web para uma pessoa com baixa visão poder personalizar de acordo com sua necessidade. Apesar das críticas mencionadas, a ferramenta obteve elogios de todos os participantes em vários aspectos, como na fala de PS7 que disse: *“Achei que estão bem compreensíveis, nem muito rápido e nem muito lento.”*, da mesma forma PD1 afirmou que *“a descrição geral é boa, mas eu gostei mais com os comandos particulares (separados). Como por exemplo, eu tenho muita dificuldade de memorizar os eixos. Como ‘cê’ tem tudo junto é legal porque tem um entendimento amplo. Mas eu gostei muito em saber o valor das barras individualmente, quando eu teclo 1 tem o valor do x e y na barra 1, e a leitura dos eixos quando eu aperto X e Y e eu gostei disso.”*, isso indica uma boa interação entre a ferramenta e o usuário, o relato de PD3 reforça a ideia, pois ele comenta que *“conforme eu aperto os comandos e escuto as descrições, vou montando o gráfico mentalmente com os dados (...)”*.

A pesquisa revelou que a vocalização do modelo de descrição aplicado com a ferramenta auxiliou os usuários com e sem deficiência visual a terem uma boa compreensão das informações dos gráficos A e B. Porém, nota-se ainda que há dificuldade de interpretação dos gráficos, quando os voluntários não conseguem acertar os valores de máximo e mínimo que são solicitados. Uma possibilidade para solucionar esse problema seria inserir explicitamente esses valores na vocalização com os termos 'máximo' e 'mínimo'. Para os participantes com problemas nos títulos e legendas, pode-se verificar a possibilidade de produzir textos menores para esses valores nos gráficos, como um recurso de acessibilidade para todos. Com o aprendizado adquirido durante a pesquisa, é possível fazer algumas considerações sobre as adversidades encontradas e melhorias na ferramenta, a partir dos relatos, foi proposto as seguintes soluções para melhoria da ferramenta na próxima versão verificado no Quadro 2.

Quadro 2. Problemas relatados e possíveis soluções

| <b>Problemas</b>                          | <b>Possíveis Soluções</b>  |
|---|--|
| Controle de velocidade dos áudios         | Implementação de ajuste da velocidade de acordo com o gosto do usuário |
| Ausência de comando pause, stop, voltar e | Inserir novas funções de comandos para pause,                          |

|  |  |
|--|--|
| prosseguir                               | stop, voltar e prosseguir com o áudio  |
| Tabela de comandos com o tamanho pequeno | Ajustar a tabela de comandos para um tamanho maior fazendo com que o leitor de tela encontre mais rápido as informações dos comandos     |
| Falta de ajuste de cores                 | Implementar um botão para que o usuário possa mudar a cor do fundo e das letras nas páginas, como um novo design com mais acessibilidade |

Fonte: Autor

As análises dos testes indicaram que a ferramenta demonstra um grande potencial como tecnologia assistiva para tornar as informações de gráficos de barras simples e agrupadas mais acessíveis aos usuários, principalmente para deficientes visuais auxiliando a terem um bom entendimento desses recursos visuais. Além disso, pode-se sugerir a utilização da ferramenta também no processo de ensino-aprendizagem no letramento de usuários sobre gráficos de barras.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho relatou o desenvolvimento do módulo de vocalização de descrição textual para gráficos de barras simples e agrupadas, com objetivo principal de propor e analisar a ferramenta para auxiliar deficientes visuais a terem um bom entendimento por meio da vocalização dos gráficos, já que às vezes esses dados são inacessíveis para esses usuários. A pesquisa teve duas partes como implementação e teste com usuários do protótipo para avaliação da aplicação web proposta.

. Para implementação, inicialmente, foram definidos os requisitos, tecnologias, modo de desenvolvimento e modelos utilizados na aplicação. Posteriormente, com o protótipo implementando foi necessário testar com o objetivo de validar a ferramenta e coletar dados para serem analisados. Porém, houve dificuldade em recrutar pessoas com deficiência visual para participar do teste de usabilidade e pessoas sem deficiência visual para participar do experimento. Após um teste piloto, chegou à conclusão de que o primeiro teste era cansativo e então, foi ajustado um novo procedimento para ser aplicado com os usuários.

Os resultados obtidos com teste, indicou problemas de interação entre usuário e a ferramenta, como ausência de alguns comandos, controle de velocidade dos áudios, falta de ajuste de cores. Porém, essas complicações serão resolvidas graças a ajuda dos participantes que sugeriram soluções e deram ideias de melhorias para a ferramenta. Além disso, percebe-se aspectos em comum entre os voluntários, como a maior parte interage seguindo a ordem dos comandos de cima para baixo. Em relação ao entendimento, o gráfico de barra simples a maior parte não teve dificuldade nenhuma de entender e explicar o conteúdo dos dados, porém o gráfico de barras agrupadas por conter mais informação teve pequenos erros de interpretação podendo ser resolvido ajustando melhor a descrição textual utilizada.

A proposta teve o grau de satisfação muito bem avaliado entre os participantes, logo indica que essa ferramenta tem um grande potencial em ajudar pessoas com deficiência visual a ter acesso informação desse tipo, auxiliando em suas leituras de dados nos gráficos. Por fim, conclui-se que logo após as correções dos problemas expostos e a disponibilidade dessa

ferramenta, poderá ser utilizada como base e incentivo para outros pesquisadores desenvolverem tecnologias assistivas, assim, incluindo mais pessoas.

## 5.1 Trabalhos Futuros

Pretende-se finalizar todas as alterações e realizar novos testes com mais usuários com deficiência visual para fazer uma validação da ferramenta com um número mais expressivo de voluntários, descobrindo novos requisitos para mais melhorias. Posteriormente, disponibilizar o código em um repositório público para outros desenvolvedores utilizarem para fazer melhorias no módulo e testar eventuais modelos de descrição textual.

Outra proposta seria adicionar em uma nova pesquisa é a interação por voz, ao invés de pressionar teclas do teclado fazendo a integração com todos os módulos. Depois, adaptar diferentes descrições textuais e os módulos para vários tipos de gráficos, como de pizza, barras horizontais, dispersão, dentre outros. Assim, dando mais funcionalidade para ferramenta e por fim, torna aplicação mais flexível para várias plataformas.

## Referências

BACH, C. F.; FERREIRA, S. B. L.; SILVEIRA, D. S. Comparative study of accessibility evaluation methods with visual impaired. In Proceedings of the XV Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (WebMedia '09). Association for Computing Machinery, New York, n.21 p. 1-8, out. 2009. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/1858477.1858498>>. Acesso em: 11 nov. 2020.

BARBOSA, J. L. N.; VIEIRA, J. P. A.; SANTOS, R. L. S.; MAGALHÃES JUNIOR, G. V.; MUNIZ, M. S.; MOURA, R. S. Introdução ao Processamento de Linguagem Natural usando Python. III Escola Regional de Informática do Piauí. Livro Anais - Artigos e Minicursos, v. 1, n. 1, p. 336-360, Piauí: junho, 2017.

BARBOSA, S. D. J.; DA SILVA, B. S. Interação Humano-Computador. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2010. 408 p.

BATTLE, L. et al. Beagle: Automated Extraction and Interpretation of Visualizations from the Web. In: Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18. New York, USA: ACM Press, 2018. p. 1–8. ISBN 9781450356206. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3173574.3174168>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

BRASIL. Ata VII – Comitê de Ajudas Técnicas – CAT. Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (CORDE/SEDH/PR). 2007. Disponível em: <[https://www.assistiva.com.br/Ata\\_VII\\_Reuni%C3%A3o\\_do\\_Comite\\_de\\_Ajudas\\_T%C3%A9cnicas.pdf](https://www.assistiva.com.br/Ata_VII_Reuni%C3%A3o_do_Comite_de_Ajudas_T%C3%A9cnicas.pdf)> Acesso em: 11 jul. 2020.

CARVALHO, V.; FREITAS, D. Automatic description of SVG images for the visually impaired: a Gestaltic approach. Procedia Computer Science. Elsevier BV: Amsterdã. v. 67, p. 2-11, 2015.

CRUZ, D. B.; RODRIGUES, P. A. A. A inclusão no Contexto Digital Por Meio do Uso de Leitores de Tela: Criação e Implementação de Novos Recursos ao Leitor de Tela NVDA. Novas Tecnologias na Educação: Porto Alegre. v. 15, n. 1, p. 1-7, jul. 2017. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/renote/article/view/75115/42555>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

CRUZ, V. da S.; PETRUCCELLI, E. E.; SOTTO, E. C. S. A Linguagem Javascript como Alternativa para o Desenvolvimento de Aplicações Multiplataforma. *Revista Interface Tecnológica, [S. l.]: Taquaritinga*, v. 15, n. 2, p. 39-49, dez. 2018. DOI: 10.31510/infa.v15i2.476. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/476>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

EIS, D.; FERREIRA, E. *HTML5 E CSS3 com Farinha e Pimenta*. 1. ed. São Paulo: Tableless, 2012. 219 p.

FERREIRA, S. B. L. *Acessibilidade e Usabilidade*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Departamento de Informática Aplicada, 24 jan. 2016. Disponível em: <<http://nau.uniriotec.br/index.php/sobre/acessibilidade-e-usabilidade>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FERREIRA, S., B. L.; SANTOS, R.; SILVEIRA, D. S.; *Panorama da Acessibilidade na web Brasileira*. *Revista de Controle e Administração*. v.3, n.2, p. 206-235. jul/dez. 2007.

FERRES, L.; LINDGAARD, G.; SUMEGI, L. Evaluating a tool for improving accessibility to charts and graphs. *ASSETS '10: Procedimentos da 12ª Conferência Internacional ACM SIGACCESS sobre Computadores e Acessibilidade*. New York, 2010. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1878803.1878820>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FRAZÃO, A. A. N.; ZAQUEU, L. C. C.; MENDONÇA, I. P. S.; SILVA T. N. F. *Tecnologia Assistiva: Aplicativos Inovadores para estudantes com Deficiência Visual*. *Brazilian Journal of Development: Curitiba*. v.6, n.11, p.85076-85089, nov. 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/19368/15545>>. Acesso em: 21 dez. 2020.

GAL, I. Adults' statistical literacy: meanings, components, responsibilities. *International statistical review*. *International Statistical Review: Voorburg*. v. 70, n. 1, p. 1-25. abr. 2002.

GERALDO, R. J.; FORTES, R. P. M. *Dificuldades de Usuários cegos na interação com a web: uma análise sobre as pesquisas*. *Revista de Sistemas e Computação: Salvador*, v. 3, n. 2, p. 146-160, jul/dez. 2013.

GREENBACKER, C. F.; WU, P.; CARBERRY, S.; MCCOY, K. F.; ELZER, S.; MACDONALD, D. D.; CHESTER, D.; DEMIR, S. Improving the accessibility of line graphs in multimodal documents. *SLPAT '11: Procedimentos do 2º Workshop sobre Processamento de Fala e Linguagem para Tecnologias Assistivas*. Edimburgo, Escócia. p. 52-62. jul. 2011.

HERSH, M.; JOHNSON, M. A. Assistive Technology for Visually Impaired and Blind People. ed.1. USA: Springer, p.50-70. 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=2125&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2125&id_pagina=1)>. Acessado em: 10 nov. 2020.

JSON. JavaScript Object Notation. Apresentando o JSON. Disponível: <<https://www.json.org/json-en.html>>. Acessado em: 14 mar. 2020.

JUNG, D. et al. ChartSense: Interactive Data Extraction from Chart Images. In: Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '17. New York, New York, USA: ACM Press, 2017. p. 6706–6717. ISBN 9781450346559. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3025453.3025957>>. Acessado em: 10 fev. 2020.

KLEINA, C. Tecnologia assistiva em educação especial e educação inclusiva. 1. ed. Curitiba: Editora InterSaberes, 2012. 188 p.

MARQUES, J. M. S.; FERREIRA, S. B. L.; CAPELLI, C. Identificando as principais dificuldades na compreensão de gráficos pelos cidadãos cegos. Brazilian Journal of Development: Curitiba. v. 6, n. 11, p. 88683-88704, nov. 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/19963/16518>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

MARTINELLI, M. Mapas, gráficos e redes: elabore você mesmo. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 120 p.

MARTINS, M. E. G. Diagrama ou gráfico de barras. Revista de Ciência Elementar: Porto. v. 6, n. 1, mar. 2018. Disponível em: <<https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2018/023/>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

MDN. CSS. Disponível em: <<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/CSS>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

MDN. HTML. Disponível em: <<https://developer.mozilla.org/ptBR/docs/Web/HTML/>"<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/HTML/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

MDN. HTML5. Disponível em: <<https://developer.mozilla.org/ptBR/docs/Web/HTML/HTML5>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

MDN. JAVASCRIPT. Disponível em: <<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

NIELSEN, J.; LORANGER, H. Usabilidade na Web: projetando websites com qualidade. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006. 432 p.

OLIVEIRA, C. L. T. Proposta de Modelos de Descrição Textual para Vocalização de Gráficos de Barras. 2019. 57 p. Qualificação (Mestrado em Ciência da Computação) – Faculdade de Computação, Universidade Federal do Pará, Belém. 2019.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. Design de Interação: além da interação homem-computador. Porto Alegre: Bookman, 2005. 548 p.

PYPI. gTTS. Disponível em:<<https://pypi.org/project/gTTS/>>. Acesso em: 29 jan. 2020.

PYTHON. Disponível em: <<https://www.python.org/doc/>>. Acesso em: 29 jan. 2020.

RODRÍGUEZ, S. V.; LEHMANN, S. Acrolinx: a controlled-language checker turned into an accessibility evaluation tool for image text alternatives. Anais da 12ª Conferência Web for All (W4A), Nova York, NY, EUA: ACM. mai. 2015.

ROMÃO, M. H.; COSME, I. C. S. Utilização de Softwares Leitores de Tela Como Coadjuvante no Processo de Aprendizagem de Pessoas Com Deficiência visual. HOLOS: Rio Grande do Norte. Ano 26, v. 5, set. 2010. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/556>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

RUBIN, J.; CHISNELL, D. Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests. ed.2. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2008. 348 p.

SAMPAIO, C. F. S.; MARTINI, L. C. Aperfeiçoamento do Sistema WebAnywhere: Um Leitor de Tela para Deficientes Visuais Específico para Web. Revista Ciência e Tecnologia, [S.l.]: Campinas. v. 16, n. 28/29, jan. 2013. ISSN 2236-6733. Disponível em: <<http://www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/view/298>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

SANTOS, R. M; BRANCHES, M. V. Problemas identificados em gráficos estatísticos publicados nos meios de comunicação. Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas: Belém. v. 15, n. 33, p. 201-218, jan./jun. 2019. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7004331>>. Acesso em 29 out. 2020.

SILVA, I. R. S.; DA SILVA, R. O. Linguagem de Programação Python. Revista Tecnologias em Projeção: Brasília. v. 10, n. 1, p. 55, 2019. Disponível em:

<<http://revista.faculdadeprojecao.edu.br/index.php/Projecao4/article/view/1359>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

SILVA, M. S; Fundamentos HTML5 e CSS3. São Paulo, Brasil: Novatec Editora LTDA, jun. de 2015.

SUTHERLAND, J. Scrum: a arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo. ed. 2, São Paulo: Leya, 2016. 240 p.

TIOBE. Índice TIOBE de agosto de 2020. Disponível em: <<https://www.tiobe.com/tiobe-index/>>. Acesso em: dez. 2020.

TORRES, V. M. HTML e seus Componentes. Revista Ada Lovelace, [S. l.]: Anápolis, v. 2, p. 99–101, 2018. Disponível em: <<http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/adalovelace/article/view/4652>>. Acesso em: 7 jun. 2020.

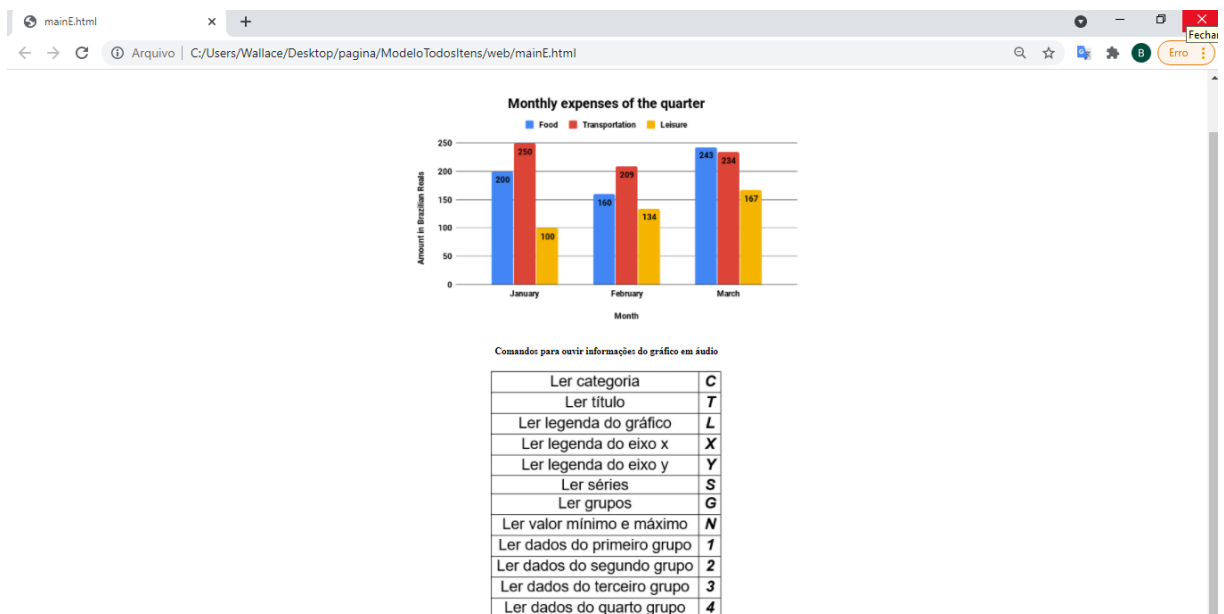
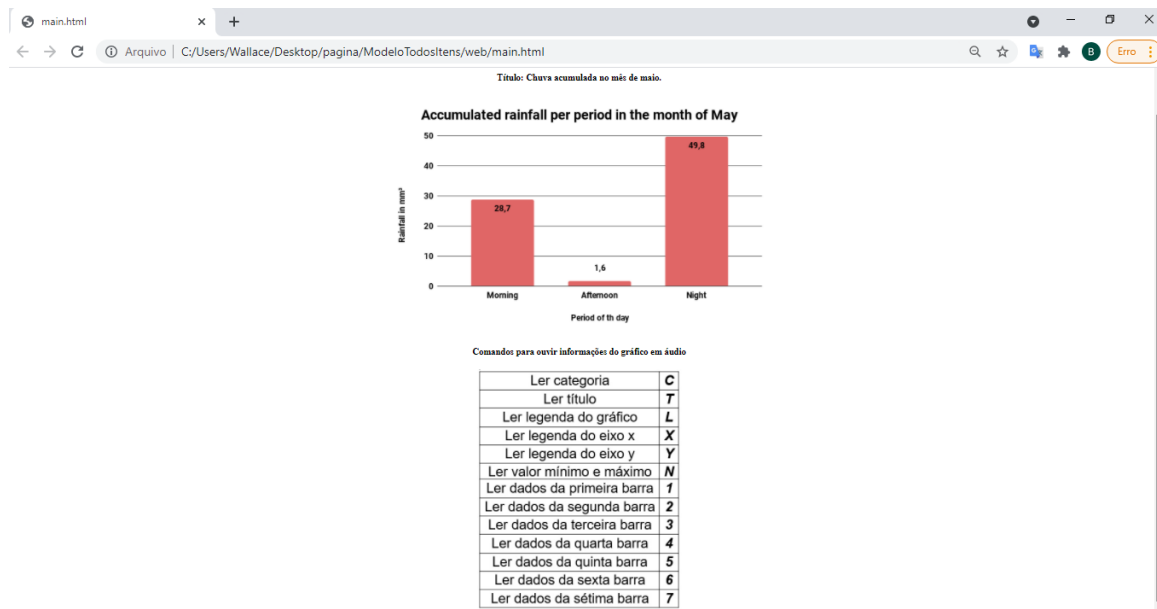
VINYALS, O.; TOSHEV, A.; BENGIO, S.; ERHAN, D. Show and Tell: Lessons learned from the 2015 MSCOCO Image Captioning Challenge. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. v. 39, n. 4, abr. 2017.

WALLGREN, A. et al. Graphing statistics & data: Creating better charts. [S.l.]: Sage, 1996.

W3SCHOOLS. Introdução ao HTML. Disponível em: <[https://www.w3schools.com/html/html\\_intro.asp](https://www.w3schools.com/html/html_intro.asp)>. Acesso em: 15 dez. 2020.

YANG, H.; LI, Y.; ZHOU, M. X. Understand users' comprehension and preferences for composing information visualizations. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, ACM, v. 21, n. 1, p. 1–30, feb 2014. ISSN 10730516. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2541288>>. Acesso em: 19 ago. 2020.

# Apêndice A – Páginas Web dos Gráficos de Barras Simples e Agrupadas



Áudio com informações do gráfico

## Apêndice B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Sou aluno de graduação em Ciência da Computação do Instituto de Ciências Exatas e Naturais (ICEN) da Universidade Federal do Pará – UFPA. Estou responsável pela pesquisa de conclusão de curso, orientado pela Profa. Dra. Marcelle Pereira Mota, cujo tema é “Uma Proposta de Ferramenta de Descrição Textual para Vocalização de Gráficos de Barras Simples e Agrupados”. Neste projeto, estamos estudando como apresentar as informações existentes em gráficos de barras simples e agrupadas para auxiliar pessoas com deficiência visual a entender esse tipo de representação. Nessa etapa da pesquisa, gostaria de saber sobre a usabilidade da ferramenta e se é possível compreender o áudio da descrição dos gráficos.

Solicito seu consentimento para a realização do teste, assim como para a gravação de áudio. Para decidir sobre o seu consentimento, é importante que você conheça as seguintes informações sobre a pesquisa:

- Os dados coletados, áudios e desenhos, destinam-se estritamente a atividades de análise e desenvolvimento da pesquisa.
- A divulgação desses resultados pauta-se no respeito à sua privacidade, e o anonimato dos participantes será preservado em quaisquer documentos a serem elaborados.
- Este estudo não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por participação na pesquisa.
- O consentimento para o teste é uma escolha livre, feita mediante a prestação de todos os esclarecimentos necessários sobre a pesquisa.
- O teste pode ser interrompido a qualquer momento, segundo a sua disponibilidade e vontade.

- Estarei disponível para contato por meio do e-mail wallacecovic@gmail.com.

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa. Declaro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a realização da pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Belém, \_\_\_\_ de novembro de 2019.

---

Nome e assinatura do aplicador

---

Nome e assinatura do participante

## Apêndice C – Descrições Textuais Utilizadas no Teste.

### Descrição do gráfico A:

Este é um gráfico de barras verticais simples.  
Seu título é CRG das Turmas de Engenharia da Computação.  
A legenda do eixo y é Média das Turmas e é medida em Pontos.  
A legenda do eixo x é Anos.  
Os valores das barras variam entre 5 e 8,1, e tem cor azul.  
A primeira barra é 2012 e apresenta valor 7,6.  
A segunda barra é 2013 e apresenta valor 6,2.  
A terceira barra é 2014 e apresenta valor 8,1.  
A quarta barra é 2015 e apresenta valor 5,5.  
A quinta barra é 2016 e apresenta valor 7,3.  
A sexta barra é 2017 e apresenta valor 6,8.  
A sétima barra é 2018 e apresenta valor 5.  
A média dos valores é 6,6.  
O desvio padrão é 1,04.

### Descrição do gráfico B:

Este é um gráfico de barras verticais agrupadas.  
A legenda do gráfico é Imagem 1. Média dos valores de despesas individuais de jovens de classe média na cidade de Belém no primeiro trimestre de 2018.  
A legenda do eixo y é Valor e é medida em Reais.  
A legenda do eixo x é Mês.  
O gráfico é composto pelos grupos de barras Janeiro, Fevereiro e Março.  
Cada grupo contém 3 barras: Alimentação, Transporte e Lazer, que serão apresentadas nas cores azul, vermelho e amarelo, nessa ordem.  
Os valores das barras variam entre 100 e 250.  
O primeiro conjunto de barras é Janeiro, a série Alimentação possui valor 200, a série Transporte possui valor 250, a série Lazer possui valor 100.  
O segundo conjunto de barras é Fevereiro, a série Alimentação possui valor 160, a série Transporte possui valor 209, a série Lazer possui valor 134.  
O terceiro conjunto de barras é Março, a série Alimentação possui valor 243, a série Transporte possui valor 234, a série Lazer possui valor 167.  
A média dos valores é 188,5.  
O desvio padrão é 48,8.

## Apêndice D – Comandos Utilizados no Teste.

Tabela 1. Comandos utilizados no gráfico A

| <b>Comando</b>              | <b>Tecla</b> |
|-----------------------------|--------------|
| Ler descrição completa      | D            |
| Ler categoria               | C            |
| Ler título                  | T            |
| Ler legenda do eixo y       | Y            |
| Ler legenda do eixo x       | X            |
| Ler valor mínimo e máximo   | M            |
| Ler dados da primeira barra | 1            |
| Ler dados da segunda barra  | 2            |
| Ler dados da terceira barra | 3            |
| Ler dados da quarta barra   | 4            |
| Ler dados da quinta barra   | 5            |
| Ler dados da sexta barra    | 6            |
| Ler dados da sétima barra   | 7            |
| Ler média e desvio padrão   | E            |

Tabela 2. Comandos utilizados no gráfico B

| <b>Comando</b>              | <b>Tecla</b> |
|-----------------------------|--------------|
| Ler descrição completa      | D            |
| Ler categoria               | C            |
| Ler título                  | T            |
| Ler legenda do eixo y       | Y            |
| Ler legenda do eixo x       | X            |
| Ler grupos e séries         | G            |
| Ler valor mínimo e máximo   | M            |
| Ler dados do primeiro grupo | 1            |
| Ler dados do segundo grupo  | 2            |
| Ler dados do terceiro grupo | 3            |
| Ler média e desvio padrão   | E            |

## Anexo A – Modelos de Descrição Textual para gráficos de Barras Simples e Agrupados.

- Este é um gráfico de barras verticais. Seu título é {título}. A legenda do eixo y é {rótulo do eixo y}. A legenda do eixo x é {rótulo do eixo x}. Os valores das barras variam entre {valor de mínimo} e {valor de máximo}, e tem cor {cor}. A primeira barra é {nome da primeira barra} e possui valor {valor da primeira barra}. (. . .) A n-ésima barra é {nome da n-ésima barra} e possui valor {valor da n-ésima barra}. A média dos valores é {média}. O desvio padrão é {desvio padrão}.
- Este é um gráfico de barras verticais agrupadas. Seu título é {título}. A legenda do eixo y {rótulo do eixo y}. A legenda do eixo x {rótulo do eixo x}. O gráfico é composto pelos grupos de barras {nomes dos grupos}. Cada grupo contém {quantidade de barras do grupo} barras: {nomes das barras}, que serão apresentadas nas cores {cor da primeira série}, (. . .) e {cor da n-ésima série}, nessa ordem. Os valores das barras variam entre {valor de mínimo} e {valor de máximo}. O primeiro conjunto de barras é {nome do primeiro grupo} e possui valores {valor da primeira barra}, (. . .), {valor da n-ésima barra}. (. . .). O enésimo conjunto de barras é {nome do n-ésimo grupo} e possui valores {valor da primeira barra}, (. . .), {valor da n-ésima barra}. A média dos valores é {média}. O desvio padrão é {desvio padrão}