

**REQUISITOS DE PROJETO DE INTERFACES GRÁFICAS DE OBJETOS DE
APRENDIZAGEM ACESSÍVEIS PARA USUÁRIOS COM BAIXA VISÃO**

***DESIGN REQUIREMENTS FOR GRAPHICAL INTERFACES OF LEARNING
OBJECTS ACCESSIBLE FOR USERS WITH LOW VISION***

Kelly Cristina Bidone Pinto¹

Régio Pierre da Silva²

Fábio Gonçalves Teixeira³

Resumo

O crescente aumento das matrículas de pessoas com deficiência visual na rede regular de ensino, em um contexto no qual a legislação brasileira impulsiona a educação inclusiva, torna relevante a busca por soluções que atendam às necessidades desses alunos nas suas trajetórias acadêmicas. Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo propor requisitos de projeto dos elementos da interface gráfica de objetos de aprendizagem digitais que possibilitem acessibilidade aos usuários com baixa visão. A pesquisa de mestrado da qual originou-se este artigo foi conduzida pelo método Design Science Research, com aplicação da matriz de Desdobramento da Função Qualidade (QFD) na conversão de requisitos de usuário em requisitos de projeto. Como resultado, obteve-se um conjunto de requisitos de projeto da interface gráfica de usuário de objetos de aprendizagem que podem favorecer a acessibilidade para usuários com baixa visão.

Palavras-chave: design de interfaces; acessibilidade; interface gráfica; baixa visão.

Abstract

The increasing enrollment of visually impaired people in the regular education system, in a context in which Brazilian legislation promotes inclusive education, makes relevant the search for solutions that meet the needs of these students in their academic trajectories. In this sense, this research aimed to propose design requirements of the elements of the graphic interface of digital learning objects that allow accessibility for users with low vision. The master's research from which this article originated was conducted by the Design Science Research method, with application of the Quality Function Deployment (QFD) in the conversion of user requirements into design requirements. As a result, we obtained a set of graphical user interface design requirements for learning objects that can favor accessibility for users with low vision.

Keywords: interface design; accessibility; graphical user interface; low vision.

¹ Mestra, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – kelly.bidone@gmail.com

² Professor Doutor, Departamento de Design e Expressão Gráfica – Faculdade de Arquitetura – UFRGS – regio@ufrgs.br

³ Professor Doutor, Departamento de Design e Expressão Gráfica – Faculdade de Arquitetura – UFRGS – fabiogt@ufrgs.br

1. Introdução

Diversas leis brasileiras visam garantir o acesso de pessoas com deficiência ao ensino regular. A Política Nacional de Educação Especial na perspectiva da Educação Inclusiva (BRASIL, 2007) assegura acesso ao ensino regular a alunos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e a alunos com altas habilidades/superdotação, desde a educação infantil até a superior.

Conforme dados do Censo da Educação Superior, o segundo maior número de alunos com deficiência matriculados é o de pessoas com Baixa Visão (BV), e esse número vem crescendo ano após ano (Tabela 1).

Tabela 1: Matrículas de alunos com baixa visão no ensino superior

Matrículas de Alunos com Baixa Visão em Cursos de Graduação Presenciais ou a Distância					
Unidade da Federação Categoria Administrativa	2011	2012	2013	2014	2015
Brasil	5.944	6.679	6.955	7.938	9.224
Pública	2.464	3.103	3.771	3.863	4.203
Federal	1.518	2.023	2.579	2.562	2.892
Estadual	902	942	1.011	1.197	1.187
Municipal	44	138	181	104	124
Privada	3.480	3.576	3.184	4.075	5.021

Fonte: INEP (2012, 2013, 2014, 2015, 2016).

A Lei 9.394 (Brasil, 1996), indica que os sistemas de ensino devem assegurar aos alunos com deficiência currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específicos que permitam atender às suas necessidades. As condições de acessibilidade são primordiais não só para o acesso, mas também para a permanência dos alunos no sistema de ensino, que muitas vezes abandonam os estudos pela falta dessas condições (SANTOS, 2014). Assim, questiona-se: como oportunizar recursos educacionais acessíveis aos alunos com deficiência?

Um dos recursos disponíveis hoje, tanto na educação à distância como em apoio ao ensino presencial, é a utilização de Objetos de Aprendizagem (OA). Os OA são compreendidos como recursos digitais que podem ser baseados em internet, proporcionando acesso e utilização simultânea por diversas pessoas (WILEY, 2000). Podem ser considerados OA as simulações, animações, tutoriais, hipertextos, sites, clipes de áudio e vídeo, jogos, *softwares* específicos, mapas, histogramas, gráficos, testes, lições, módulos de conteúdo, entre outros (SONZA, SALTON, STRAPAZZON, 2015).

O preceito da acessibilidade afirma que os produtos projetados devem ser utilizados por indivíduos com habilidades diversas, independente de alguma deficiência física, sensorial, cognitiva, condição de trabalho ou barreiras tecnológicas, sem a necessidade de modificações ou adaptações especiais (LIDWELL, 2010; SONZA *et al*, 2013). Para tanto, é necessário que o projeto do OA seja orientado à acessibilidade em todas as suas etapas.

Existem princípios, diretrizes e orientações oriundos de iniciativas mundiais que visam auxiliar o desenvolvimento de conteúdos disponibilizados online considerando a acessibilidade

(e.g. W3C, 2016; IMS, 2016). Ainda, existem publicações que norteiam o desenvolvimento de materiais educacionais acessíveis (e.g. MACEDO, 2010; SONZA, SALTON, STRAPAZZON, 2015; UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, 2017). No entanto, estas referências são gerais e contemplam o projeto dos conteúdos como um todo, sem se aprofundar no que tange propriamente os elementos da Interface Gráfica do Usuário (GUI) e seu tratamento visual.

A GUI é composta por uma série de elementos visuais, os quais podem ser caixas de diálogo, menus, ícones, botões, barras de ferramentas, janelas, quadros, imagens, animações, vídeos, entre outros (PREECE, ROGERS, SHARP, 2005; FILATRO, 2008). O projeto da GUI compreende o tratamento e disposição desses elementos visuais para comunicar comportamentos e informações. Cada elemento em uma composição visual tem diversas propriedades, como forma e cor, que funcionam juntas para criar significado (COOPER, REIMANN, CRONIN, 2007).

No projeto de GUI, para que os requisitos de usuário sejam atendidos, são gerados requisitos de projeto. Esses requisitos são os atributos do produto passíveis de manipulação e "têm o propósito de estabelecer os parâmetros, grandezas, funções, restrições, entre outros atributos do produto, os quais "mapeiam" os problemas técnicos de um dado contexto" (BACK *et al*, 2008, p. 221). O estabelecimento de requisitos surge das atividades de interpretação e coleta de dados, a partir do entendimento das necessidades dos usuários (PREECE, ROGERS, SHARP, 2005).

Neste contexto, infere-se que interfaces gráficas do usuário de OA projetadas com base em requisitos de projeto estabelecidos a partir de princípios, diretrizes e orientações de acessibilidade, atendendo as necessidades dos usuários com BV no contexto da educação inclusiva, podem promover a acessibilidade destes usuários.

Este trabalho visa divulgar os resultados da pesquisa de mestrado que teve como objetivo propor requisitos de projeto dos elementos da interface gráfica de OA digitais que possibilitem acessibilidade aos usuários com BV. Para tanto, serão apresentados os seguintes procedimentos metodológicos tomados na consecução desse objetivo: Fundamentação teórica a partir de pesquisa bibliográfica; Revisão Sistemática da Literatura; Análise dos dados da pesquisa bibliográfica; Avaliação de similares através da ferramenta de análise sincrônica; Entrevista com usuários; Aplicação do método Desdobramento da Função Qualidade (QFD) e Teste com usuários. Para melhor compreensão dos resultados, os dois últimos procedimentos receberam maior detalhamento neste artigo.

A pesquisa propõe a aplicação do estudo na interface gráfica do OA HyperCAL^{3D}, voltado ao ensino da disciplina de Geometria Descritiva, visto que a disciplina compreende conhecimentos fundamentais para a habilidade de representação da forma tridimensional, elementar no processo de desenvolvimento de produtos, sendo assim, base para os cursos de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, e, mais recentemente, Design (TEIXEIRA *et al*, 2015; RAGUZZE, 2016).

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção é abordado o embasamento teórico que lastreou a pesquisa.

2.1. Aprendizes com Baixa Visão

De acordo com dados do Censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 45,6 milhões de pessoas se auto declararam com algum tipo de deficiência

(visual, auditiva, motora ou intelectual). A maior parcela apresenta deficiência visual (18,8%), seguido por deficiência auditiva (5,1%), deficiência motora (7,0%) e deficiência intelectual (1,4%) (OLIVEIRA, 2012).

O termo Deficiência Visual diz respeito ao espectro que vai da cegueira total até a BV. A BV, também conhecida como Visão Subnormal (VS), refere-se à "alteração da capacidade funcional decorrente de fatores como rebaixamento significativo da acuidade visual, redução importante do campo visual e da sensibilidade aos contrastes e limitação de outras capacidades" (GIL, 2000, p. 6).

Do ponto de vista educacional, BV ou VS é considerada:

[...] o comprometimento do funcionamento visual de ambos os olhos, mesmo após tratamento ou correção. As pessoas com baixa visão possuem resíduos visuais em grau que lhes permite ler textos impressos ampliados ou com uso de recursos ópticos especiais. (LIMA, NASSIF, FELIPPE, 2007, p. 6)

Antigamente, a pessoa que apresentava BV era tratada como se fosse cega, instruída a ler e escrever em braile, tendo sua visão residual ignorada. Porém, atualmente, profissionais da área médica e da educação buscam formas de aproveitar o potencial visual dessas pessoas nas atividades educacionais e na vida em geral (GIL, 2000).

Assim, com a possibilidade de acesso a materiais educacionais digitais acessíveis voltados ao público com BV, este trabalho visa fomentar a educação assistida por tecnologias e proporcionar maior autonomia, independência e motivação na formação desses alunos, promovendo a real possibilidade dos mesmos ingressarem no mercado de trabalho.

2.2. Objetos de Aprendizagem e Acessibilidade

Os OA se apresentam como uma forma dos alunos terem acesso ao conteúdo no momento e da maneira mais adequada (SONZA, SALTON, STRAPAZZON, 2015). Com o aumento das matrículas de alunos com necessidades especiais em instituições de ensino regular, em todos os níveis, esse recurso tornou-se ainda mais valioso, visto que os alunos com deficiência se beneficiam de diversas formas com as tecnologias assistivas vinculadas ao computador e outros dispositivos digitais.

Wiley (2000) conceitua os OA como todo recurso digital que pode ser reutilizado para suportar a aprendizagem. Assim, os OA podem ser considerados tecnologias educacionais, ou tecnologias de aprendizagem, pois consistem em materiais que proporcionam experiências que envolvem tecnologias digitais (PETERS, 2013).

Os OA, como recursos tecnológicos utilizados estrategicamente, têm potencial para contribuir no ensino de pessoas com deficiência. Através de planejamento, são capazes de proporcionar o desenvolvimento cognitivo, e assim, favorecer a autonomia desse público (SANTAROSA *et al*, 2010). Dessa forma, a garantia de acesso à esses materiais através das suas interfaces gráficas torna-se primordial.

2.3. Interface Gráfica do Usuário

A GUI é a representação gráfica que promove a interação com o meio digital (MANDEL, 1997). A interação através da GUI confere a impressão de que a manipulação dos dados apresentados na tela são feitos diretamente pelo usuário, em vez do computador (JOHNSON, 2001). A apresentação gráfica da interface influencia na forma como o usuário entende a importância

dos elementos apresentados. Assim como em um filme somos induzidos a dedicar atenção à determinado enfoque, no *layout* de uma interface isso também ocorre. A atenção do usuário pode ser manipulada para induzir a compreensão e a utilização da interface. Para isso, a estrutura formal do conteúdo, em termos de hierarquia e fluxo visual dos elementos, pontos focais, agrupamentos, alinhamentos, e utilização das cores são planejados estrategicamente e auxiliam no entendimento e na clareza das informações (TIDWELL, 2010; PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

O design de interfaces para aprendizagem contempla o projeto de GUI voltadas ao apoio de objetivos educacionais, considerando que a interação do aluno com o conteúdo, ferramentas e pessoas ocorre através da mesma (PETERS, 2013; FILATRO, 2008). No aprendizado eletrônico, o design de interface traz à tona as funções internas do design instrucional, não apenas as exprimindo visualmente, mas também as traduzindo em modalidades cognitivas (mediante linguagens, hipertextos, metáforas, mapas conceituais, realidade virtual) e sensoriais (através de cores, formas, texturas, sons) (FILATRO, 2008, p. 85).

A qualidade da interface gráfica dos materiais para aprendizagem interfere no engajamento do aluno durante a experiência de uso do material, influenciando no quanto o usuário consegue manter a utilização. Pequenas alterações em uma interface para aprendizagem podem acarretar grandes mudanças na experiência de uso, tornando o material eficaz ou não (PETERS, 2013).

Sendo assim, uma vez que a interface realiza a mediação homem-máquina, é preciso considerar o adequado acesso à mesma tendo em conta as características do usuário. A diversidade dos usuários, em termos de habilidades, contextos, motivações, personalidades, culturas e estilos de trabalho desafiam os designers de interface. Repensar a usabilidade dos sistemas, incluindo as interfaces, significa implementar melhorias que beneficiam não apenas determinados grupos, mas a todos (SHNEIDERMAN, PLAISANT, 2005).

2.3.1. Elementos da Interface e suas Características Visuais

Para Preece, Rogers e Sharp (2005), três aspectos são considerados principais na GUI: design do menu, ícones e *layout* da tela. Os menus possibilitam que os usuários façam escolhas em relação a comandos ou opções relacionadas a um comando e podem ser do tipo suspenso (*dropdown*), instantâneo (*pop-up*) ou de diálogo simples. Ícones podem identificar objetos, coisas ou ações. Os ícones devem ser projetados de forma que os usuários identifiquem imediatamente o seu significado e devem ser facilmente distinguíveis uns dos outros. O *layout* da tela deve considerar a maneira como a tarefa é dividida nas diversas telas e como as telas individuais são apresentadas. Deve haver consistência e as informações pertinentes devem ser facilmente encontradas nos momentos relevantes (PREECE, ROGERS, SHARP, 2005).

Filatro (2008), ao citar os elementos da GUI a partir do contexto educacional, define-os como ícones e botões, janelas e quadros, imagens, animações e vídeos. Os ícones e botões são utilizados para auxiliar na comunicação com o objetivo de sintetizar a informação, portanto devem ser facilmente inteligíveis. Janelas são as áreas alternáveis nas quais são apresentados os diversos documentos ativos ao mesmo tempo, enquanto quadros compõem um subgrupo, presente dentro das janelas. As imagens possuem papel importante no aprendizado eletrônico, porém, é preciso considerar aspectos técnicos da aplicação na GUI. Animações são imagens em movimento, as quais são empregadas com a finalidade de, por exemplo, chamar a atenção do usuário ou reproduzir uma narrativa. Os vídeos também apresentam imagens em movimento, entretanto, ao contrário das animações, utilizam imagens reais (FILATRO, 2008).

No que se refere à apresentação visual dos elementos da GUI, de acordo com Meurer e Szabluk (2010), o padrão visual é determinado, em geral, pelos seguintes pontos: Logografia, composta por símbolo e logotipo; Cromografia, referente às cores utilizadas; Tipografia, alusiva aos estilos de fonte, entrelinhamentos e espaçamentos dos textos; Pictografia, pertinente às imagens e ilustrações; e Iconografia, tocante aos ícones e pictogramas.

2.4. Princípios, Diretrizes e Orientações de Acessibilidade para Conteúdos Digitais

Com a finalidade de identificar princípios, diretrizes e orientações de acessibilidade para conteúdos digitais voltados ao desenvolvimento de interfaces gráficas acessíveis a usuários com BV, a partir de revisão bibliográfica, foram encontradas as referências indicadas no Quadro 1. Tratam-se de indicações de acessibilidade para conteúdos digitais em geral, acessibilidade para conteúdos digitais em geral especificamente para BV, e acessibilidade para materiais educacionais.

Quadro 1: Princípios, diretrizes e orientações de acessibilidade

Acessibilidade conteúdos digitais em geral	Acessibilidade conteúdos digitais em geral – baixa visão	Acessibilidade para conteúdos educacionais
WCAG 2.0 (2016)	Kulpa (2009)	IMS (2016)
eMAG (Gov.br, 2017)	University of Cambridge (2017)	Macedo (2010)
		Sonza, Salton, Strapazzon (2015)

Fonte: elaborado pelos autores.

A principal referência mundial em diretrizes de acessibilidade para conteúdos digitais é indicada pelo W3C (*World Wide Web Consortium*), através do documento WCAG 2.0, resultado do trabalho do WAI (*Web Accessibility Initiative*). Neste documento, o qual visa tornar a web acessível para as pessoas com deficiência, são indicadas Diretrizes de Acessibilidade ao Conteúdo da Web em relação à websites em geral. No entanto, os princípios apontados no WCAG 2.0 têm sido amplamente aplicados inclusive no contexto da educação (IMS, 2016).

O WCAG 2.0 é considerado a principal referência mundial para o desenvolvimento de conteúdo web acessível (SONZA *et al*, 2013). Tratam-se de quatro princípios, sendo estes: perceptível, operável, compreensível e robusto. Destes princípios originam-se doze diretrizes, as quais são voltadas à programadores e web designers e abrangem diversas deficiências, como visual, auditiva, de fala, de linguagem, física, intelectual, de aprendizagem e neurológica (WCAG, 2016).

No âmbito nacional, o governo brasileiro desenvolveu o eMAG – Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico, documento no qual são especificadas recomendações de acessibilidade que devem ser aplicadas aos conteúdos digitais desenvolvidos pelo governo federal. O eMAG considera as recomendações do WCAG e as complementa em uma versão especializada para o governo brasileiro (GOV.br, 2017). Os padrões de acessibilidade do eMAG são divididos em recomendações para Marcação, Comportamento, Conteúdo/Informação, Apresentação/Design, Multimídia e Formulário.

No que tange a recomendações acerca da acessibilidade da GUI especificamente para usuários com BV, a pesquisa de mestrado de Kulpa (2009) propõe um modelo de cores para interfaces computacionais para este público, a partir do estudo de interfaces de websites. Na

consecução do objetivo de sua pesquisa, durante os testes de usabilidade, a autora foi capaz também de observar algumas questões gerais sobre a GUI, as quais foram indicadas na forma de recomendações.

Ainda referente a orientações específicas para acessibilidade de usuários com BV, a Universidade de Cambridge apresenta o *Inclusive Design Toolkit* (UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, 2017), no qual faz recomendações sobre a apresentação visual de conteúdos considerando as habilidades visuais dos usuários.

Existem também orientações próprias para materiais educacionais digitais. Neste âmbito, O IMS Global Learning Consortium (2016) considera os princípios do WCAG 2.0, e, a partir deles, especifica algumas orientações próprias para o desenvolvimento de aplicações de aprendizagem acessíveis. Essas orientações estão relacionadas especificamente às formas de apresentação de texto, áudio, imagens e multimídia.

Macedo (2010) desenvolveu, em sua tese de doutorado, um conjunto de diretrizes para o desenvolvimento de OA acessíveis. Segundo a autora, as diretrizes são resultantes da análise e convergência dos “Princípios de Design Universal”, com as “Recomendações de Criação de Conteúdo Acessível para Web” do *World Wide Web Consortium* (W3C) e as “Melhores Práticas para Produção de Aplicativos e de Conteúdo Acessível” do *Instructional Management Systems* (IMS) (MACEDO, 2013). As diretrizes de Macedo (2010) visam auxiliar os professores que desenvolvem OA, e estão divididas em diretrizes para imagens em movimento, diretrizes para imagens estáticas, diretrizes para textos, diretrizes para textos alternativos, diretrizes para tabelas, diretrizes para gráficos e diretrizes para áudio.

Ainda, existem pesquisas desenvolvidas na área da educação que culminam em orientações de como devem ser os materiais educacionais. Essas recomendações não tratam do projeto da GUI de OA, no entanto, refletem na forma como essas interfaces devem ser projetadas (PETERS, 2013). Nesse sentido, foi considerada a publicação de Sonza, Salton e Strapazon (2015), na qual são apresentadas barreiras encontradas pelos alunos com diferentes deficiências na utilização de materiais digitais, e indicadas possíveis soluções.

3. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa que originou os requisitos de projeto apresentados como resultado neste artigo teve como base o método de condução da *Design Science Research* (DSR), o qual é próprio para estudos do que é artificial. Este método busca, a partir do entendimento de um problema real, construir e avaliar artefatos que solucionem determinada situação. Assim, o método visa construir um conhecimento sobre como projetar (DRESCH, LACERDA, JÚNIOR, 2015). O desenvolvimento da pesquisa seguiu os seguintes procedimentos metodológicos:

- Fundamentação teórica a partir de pesquisa bibliográfica.
- Revisão Sistemática da Literatura.
- Análise dos dados da pesquisa bibliográfica.
- Avaliação de similares através da ferramenta de análise sincrônica.
- Entrevista com usuários.
- Aplicação do método Desdobramento da Função Qualidade (QFD).
- Teste com usuários.

A pesquisa bibliográfica coloca o pesquisador em contato com o que foi dito ou escrito

sobre determinado assunto, possibilitando, assim, o estudo sob outros enfoques. Para isso, são utilizados livros, artigos de periódicos científicos e anais de congressos, teses e dissertações, dentre outros (DRESCH, LACERDA, JÚNIOR, 2015; PRODANOV, FREITAS, 2013). O embasamento teórico apresentado neste artigo é resultado da pesquisa bibliográfica.

Através da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), buscou-se identificar pesquisas que culminam em princípios, diretrizes e orientações sobre acessibilidade para BV e os tópicos que ainda não haviam sido abordados dentro do tema.

Em seguida, foi realizada análise dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, com a filtragem dos mesmos, a fim de extrair princípios, diretrizes e orientações que tratam da acessibilidade para os usuários com BV, especificamente.

Para identificar as necessidades dos usuários com BV no acesso às GUIs de OA voltados ao ensino de Geometria Descritiva, foi realizada análise de similares. Assim, foram analisadas GUIs de produtos digitais que atendem às necessidades dos usuários com BV. Para tanto, foi aplicada a Análise Sincrônica, que consiste em uma ferramenta de análise para comparação de produtos em desenvolvimento com produtos existentes. Essa ferramenta permite avaliar aspectos quantitativos e qualitativos, a partir de variáveis mensuráveis, gerando um panorama do que já foi desenvolvido (BONSIEPE, 1984; PAZMINO, 2013).

Visando compreender quais os tipos de BV que seriam incluídos no estudo e as necessidades dos usuários na interação com OA através da GUI, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas, com perguntas abertas. Dessa forma, a pesquisadora iniciou as entrevistas com questões pré-planejadas e fez com que os entrevistados estendessem suas falas, até que o assunto fosse esgotado (PREECE, ROGERS, SHARP, 2005). As entrevistas foram presenciais e virtuais, com duração média de 30 minutos.

Para a geração de requisitos de projeto, foi aplicado o método Desdobramento da Função Qualidade (QFD). O QFD é baseado na preocupação de que os produtos devem refletir os desejos, gostos e expectativas dos usuários, os quais devem ser considerados no processo de desenvolvimento do produto e tornados parâmetros técnicos. Para tanto, o método é utilizado na documentação e visualização das necessidades levantadas e auxilia no processamento das mesmas e suas transformações em requisitos de usuário e de projeto (BACK *et al*, 2008; BAXTER, 2003).

A seguir, foi utilizado o *software* HyperCAL^{3D} como o OA a receber a aplicação dos requisitos de projeto gerados. O software permite a criação e a edição de modelos tridimensionais a partir de coordenadas de vértices e conectividades de elementos geométricos, como arestas e faces.

Por fim, foi realizada a avaliação do protótipo. A avaliação é o momento no qual “o pesquisador vai observar e medir o comportamento do artefato na solução do problema” (DRESCH, LACERDA, JÚNIOR, 2015, p. 132). Para a avaliação do artefato existem diferentes métodos e técnicas, os quais podem ser aplicados a partir de avaliação observacional, analítica, experimental, de teste ou descritiva (DRESCH, LACERDA, JÚNIOR, 2015). Nesta pesquisa, foi realizado teste com usuários. Trata-se de uma abordagem sistemática para avaliação do desempenho do usuário frente ao protótipo, a partir da realização de tarefas pré-definidas (PREECE, ROGERS, SHARP, 2005). A meta do teste foi identificar se a GUI do HyperCAL^{3D} está acessível aos usuários com BV. Os testes foram presenciais, com apoio de computador, e tiveram duração média de 30 minutos. Com exceção de um, que foi realizado à distância.

3.1 Usuários Participantes da Pesquisa

Para a realização das entrevistas, foram selecionados 10 voluntários com BV, os quais podiam ser do sexo masculino ou feminino, de 18 a 50 anos, que tivessem visão funcional mínima para utilização de computador sem *software* leitor de tela. Os mesmos voluntários participantes das entrevistas foram convidados para a realização dos testes.

4. Resultados

O primeiro procedimento metodológico, Revisão Sistemática da Literatura (RSL), resultou na seleção de 4 artigos, porém, após a leitura da introdução e conclusão, foi verificado que nenhum contemplava o critério de inclusão proposto. Os artigos tratavam de acessibilidade para usuários cegos ou com BV em relação à apresentação de informações em interfaces, porém fugiam ao objetivo da RSL, o qual intentava obter princípios, diretrizes e orientações de acessibilidade para usuários com BV. Dessa forma, o passo seguinte tratou da análise dos dados obtidos na revisão bibliográfica, indicados no Quadro 1, a fim de extrair princípios, diretrizes e orientações que tratam da acessibilidade para os usuários especificamente com BV, entretanto, sem inclusão de novos dados frutos da RSL.

A filtragem considerou os aspectos levantados sobre a BV na fundamentação teórica da dissertação (Quadro 1). O conteúdo foi organizado em 14 tópicos gerais. Os tópicos foram estabelecidos de acordo com o teor dos princípios, diretrizes e orientações, de forma que pudessem ser agrupados.

A seguir, para a realização da análise de similares, foram buscados OA nos repositórios BIOE e *Merlot*, porém não foram identificados OA com características de acessibilidade para BV em relação à interface. De acordo com Meurer (2014, p. 118), a coleta de referências em design digital pode estender-se para qualquer área, independente do nicho em questão, considerando que "sítios virtuais, sistemas ou aplicativos com funcionalidades muito distintas podem apresentar características ergonômicas, estruturais e estéticas que representam boas referências para serem analisadas". Assim, partiu-se para uma busca mais ampla, através do mecanismo de busca do *Google*, onde foi localizado um site no qual são sugeridos aplicativos que podem ser úteis a usuários cegos e com BV (APPLEVIS, 2017). Após leitura da descrição dos aplicativos, foram selecionados dois aplicativos que mencionavam benefícios a usuários com BV, disponíveis na *AppStore* (2017). A partir da busca pelos dois aplicativos na *AppStore*, foram encontrados outros três quando inserida na busca a palavra "*low vision*". Dessa forma, foram selecionados os aplicativos *Talking Scientific Calculator*, *Viskey*, *EasyReader*, *MagX* e *Magnificent*. Os cinco aplicativos foram baixados e analisados. Ainda, foram incluídos na análise a interface do sistema operacional *Windows* em modo de alto contraste e ampliada com a lupa, devido essas ferramentas terem sido mencionadas pelos usuários nas entrevistas.

Através das análises, foi possível constatar que as características de acessibilidade para BV mais aplicadas e evidenciadas em interfaces dizem respeito à configurações cromáticas para obtenção de alto contraste, e a possibilidade de ampliação da interface. Esses dois atributos foram bastante mencionados nos princípios, diretrizes e orientações analisados no procedimento anterior. Também foi verificado que nenhum dos aplicativos apresenta elementos desnecessários ou irrelevantes em suas interfaces. Todos os ícones e botões possuem funções úteis. Ainda, considerando que os aplicativos são destinados ao uso em *smartphones* e a área do *layout* reduzida, do ponto de vista dos pesquisadores, os elementos da GUI estão adequadamente organizados e distribuídos na maioria, exceto no aplicativo *Viskey*, que tem seus botões muito próximos quando a utilização do *smartphone* acontece na

vertical. No que se refere ao tratamento gráfico das interfaces, não foram identificados elementos gráficos com atributos padronizados visualmente. Cada interface tem tratamento visual diferente. As ferramentas de acessibilidade do *Windows*, indicadas pelos usuários, contemplam as duas principais características dos aplicativos analisados. Uma delas tem função de lupa, e a outra é utilizada para configuração de alto contraste.

Em seguida, com as entrevistas semi-estruturadas, foi possível contatar participantes com oito diferentes diagnósticos. A patologia mais recorrente foi Retinose Pigmentar, apresentada por quatro participantes. Dois usuários declararam-se diagnosticados com cegueira legal do ponto de vista médico, no entanto, entendem-se como BV, uma vez que utilizam suas visões residuais. Um dos participantes apresenta duas patologias, Retinose Pigmentar e Glaucoma. Os demais diagnósticos tratam-se da Doença de Stargardt, Catarata Congênita, Amaurose Congênita de Leber, Toxoplasmose Congênita e BV em decorrência de complicações médicas. Os participantes concentraram-se na faixa etária de 18 a 40 anos, sendo cinco pós-graduados, três graduados, um estudante de graduação e um estudante de ensino médio. Apenas um deles já havia estudado Geometria Descritiva. Três participantes eram do sexo feminino e sete do sexo masculino.

Com os dados coletados, foi possível identificar as barreiras dos usuários com BV no acesso à GUI e agrupá-las em sete tópicos. Para cada barreira, foram identificadas, na fala dos usuários, as necessidades dos mesmos em relação a cada tópico. As barreiras levantadas foram as seguintes: contraste inadequado entre plano de fundo e primeiro plano; uso de fonte serifada, decorada ou com sombra; conteúdos que não podem ser redimensionados, quebram ou desconfiguram ao serem ampliados; acúmulo de botões e menus em um único ponto; não identificação de conteúdos dinâmicos; interface gráfica poluída visualmente; falta de padronização da interface.

As necessidades levantadas sobre cada barreira, somadas aos princípios, diretrizes e orientações de acessibilidade para usuários com BV filtrados e ao resultado da análise de similares, foram utilizadas para a elaboração dos requisitos de usuário. Os dados foram compilados e comparados, a fim de sintetizar as necessidades em relação à acessibilidade de interface para usuários com BV. Assim, foram gerados 17 requisitos de usuário:

- Apresentar alto contraste.
- Possibilitar a distinção dos elementos de primeiro plano em relação ao fundo.
- Apresentar mais de uma característica visual para distinção dos elementos gráficos.
- Possibilitar a percepção visual dos elementos selecionados.
- Apresentar visual simples e limpo, com poucos elementos e poucas cores.
- Promover a legibilidade dos elementos gráficos com inversão de cores.
- Promover a legibilidade dos textos.
- Promover a legibilidade dos gráficos.
- Promover a legibilidade das imagens e ilustrações.
- Possibilitar ampliação.
- Possibilitar a distinção clara entre diferentes menus, ícones, botões e demais comandos.
- Apresentar padronização e coerência do posicionamento de elementos da

interface.

- Apresentar conteúdo em listas.
- Apresentar *layout* organizado de forma que considere o campo visual dos usuários.
- Apresentar pouca quantidade de ferramentas na interface.
- Evitar elementos animados/que se movem.
- Possibilitar a visualização do conteúdo de forma simplificada.

Os resultados apresentados até aqui tornaram possível iniciar a geração de requisitos de projeto, através da matriz QFD, conforme relatado a seguir.

4.1. Requisitos de Projeto

Através da elaboração da matriz QFD, os requisitos de usuário foram convertidos em requisitos de projeto. Os requisitos de usuário foram listados nas linhas à esquerda da matriz. À cada um deles foi atribuído um peso absoluto, com valores de 1 a 5, sendo considerado 1 o menor peso e 5 o maior peso. Os pesos foram conferidos de acordo com a quantidade de vezes que determinado requisito foi relacionado às necessidades de usuário mencionadas nas entrevistas semiestruturadas ou na teoria. Ao dividir o peso absoluto de cada requisito de usuário pela soma do peso absoluto de todos os requisitos dos usuários foram obtidos os pesos relativos.

A fase de conversão dos requisitos de usuário em requisitos do produto consiste na primeira decisão física em relação ao produto. Os requisitos do produto são os parâmetros mensuráveis relacionados à descrição da qualidade esperada pelos usuários (ROZENFELD et al, 2006). Esses requisitos foram elaborados pelos especialistas, visando o que é necessário tecnicamente para que o produto atenda aos requisitos de usuário.

Os requisitos de produto aplicáveis à GUI foram colocados nas colunas, e, posteriormente, cruzados com os requisitos de usuário, nas linhas. Foram avaliadas as relações entre eles, considerando o quanto cada requisito do produto contribui para o alcance de cada requisito de usuário (ROZENFELD et al, 2006). Em escala de intensidade, foram atribuídos três níveis e cada um recebeu um valor numérico, sendo: relacionamento forte, 9, moderado, 3, ou fraco, 1. Após, foi calculado o peso absoluto e o peso relativo dos requisitos de projeto. O valor do peso absoluto foi obtido ao multiplicar o grau de importância do requisito de usuário (1 a 5) pelos valores das correlações (9, 3 ou 1) e somados estes resultados verticalmente. O peso relativo foi calculado com a divisão do peso absoluto de cada requisito do produto pela soma total do peso absoluto de todos os requisitos de produto (MIGUEL, CARNEVALLI, 2006).

Aos requisitos de projeto foram atribuídos valores a serem considerados, ou seja, parâmetros técnicos aplicáveis à GUI. Baxter (2003) indica que os valores inseridos na matriz devem ser quantificáveis, no entanto, como nem todas as características gráficas oferecem essa possibilidade, algumas foram especificadas de forma qualitativa. Os valores foram extraídos de orientações técnicas do WCAG (2016), do eMAG (GOV.br, 2017), da bibliografia, e, os que não possuem referência teórica, foram elaborados pelos especialistas.

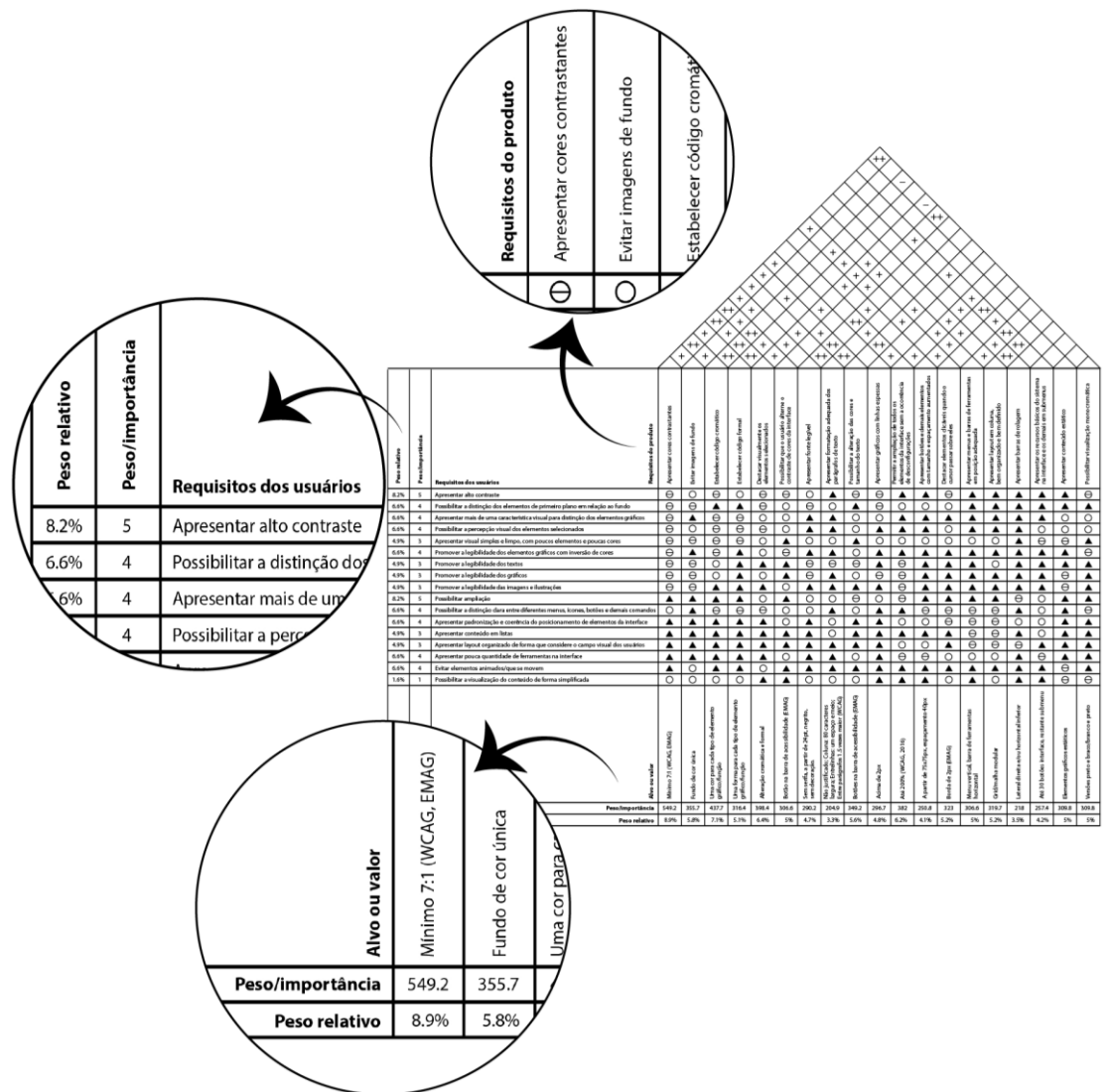
No “telhado” da matriz foram consideradas as correlações entre os diferentes requisitos técnicos, em quatro níveis: muito positiva, positiva, negativa e muito negativa. A correlação considera o quanto e de que forma (positiva ou negativa) uma característica influencia na outra. Assim, em correlações negativas, algumas características podem ser colocadas em detrimento para o atendimento de outras mais relevantes, de acordo com a hierarquização gerada pela matriz. As correlações que não receberam avaliação em nenhum

dos níveis, foram consideradas neutras.

De forma geral, as correlações entre os requisitos são positivas. As únicas correlações negativas são referentes à possibilidade de visualização monocromática, uma vez que essa configuração diminui a possibilidade de diferenciação dos elementos gráficos através das cores, eliminando uma das formas visuais de comunicação de informação.

A Figura 1 ilustra a matriz QFD para que possa ser melhor compreendido o posicionamento dos dados.

Figura 1: Matriz QFD



Fonte: Elaborado pelos autores.

Como resultado do QFD, foi obtida uma lista de requisitos de produto hierarquizada, com valores estipulados (Quadro 2).

Quadro 2: requisitos de projeto

Hierarquia	Requisitos do produto	Valores
R1	Apresentar cores contrastantes	Mínimo 7:1 (WCAG, eMAG)
R2	Estabelecer código cromático	Uma cor para cada tipo de elemento gráfico/função
R3	Destacar visualmente os elementos selecionados	Alteração cromática e formal
R4	Permitir a ampliação de todos os elementos da interface sem a ocorrência de desconfigurações	Até 200% (WCAG, 2016)
R5	Evitar imagens de fundo	Fundo de cor única
R6	Possibilitar a alteração das cores e tamanho do texto	Botões na barra de acessibilidade (eMAG)
R7	Apresentar <i>layout</i> em coluna, bem organizado e bem definido	<i>Grid</i> /malha modular
R8	Destacar elementos clicáveis (menus, ícones, botões, links, e elementos similares) quando o cursor passar sobre eles	Borda de 2px (eMAG)
R9	Estabelecer código formal	Uma forma para cada tipo de elemento gráfico/função
R10	Apresentar conteúdo estático	Elementos gráficos estáticos
R11	Possibilitar visualização monocromática	Versões preto e branco/branco e preto
R12	Possibilitar que o usuário alterne o contraste de cores da interface	Botão na barra de acessibilidade (eMAG)
R13	Apresentar menus e barras de ferramentas em posição adequada	Menu vertical, barra de ferramentas horizontal
R14	Apresentar gráficos com linhas espessas	Acima de 2px
R15	Apresentar fonte legível	Sem serifa, a partir de 24pt, negrito, sem decoração, com tracking ampliado.
R16	Apresentar os recursos básicos do sistema na interface e os demais em submenus	Até 30 botões na interface/restante submenu
R17	Apresentar botões e demais elementos com tamanho e espaçamento aumentados	A partir de 50x50px, espaçamento 40px
R18	Apresentar barras de rolagem	Lateral direita e/ou horizontal inferior
R19	Apresentar formatação adequada dos parágrafos de texto	Não justificado; Coluna com 80 caracteres de largura; Entrelinhas de um espaço e meio; Entre parágrafos 1.5 vezes maior do que entrelinhas. (WCAG)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Posteriormente, foi realizada a aplicação dos requisitos de projeto no OA HyperCAL^{3D} (Figura 2). Para tanto, foram redesenhadas telas do OA em *software* de edição gráfica, e posteriormente elaborado um protótipo funcional em *software* próprio para prototipação de aplicações digitais.

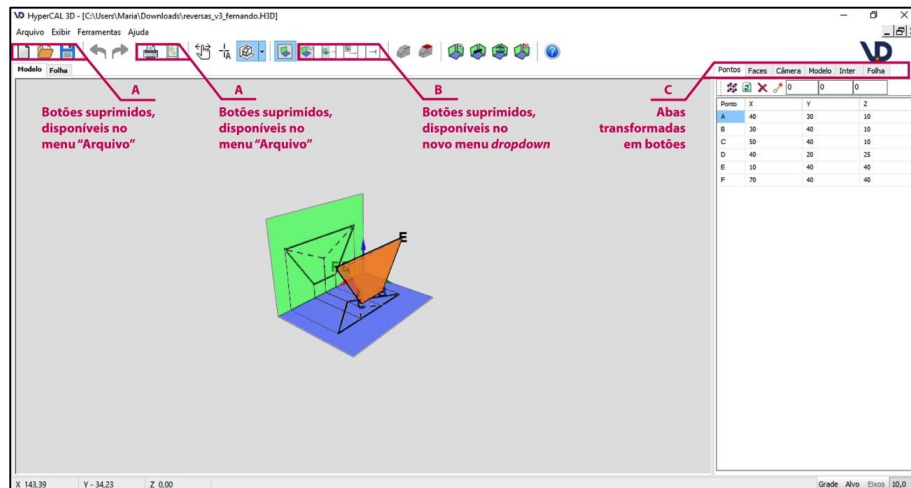
Para o desenvolvimento do protótipo, foi utilizada a resolução FullHD, de 1920x1080

pixels. Segundo o site *Statcounter*⁴, o qual calcula as resoluções de tela empregadas mais frequentemente no Brasil e no mundo, a resolução em FullHD vem crescendo, estando atualmente em segundo lugar no *ranking* do site, com 19.42%, considerando os computadores Desktop brasileiros. Pode-se verificar no mesmo site que a resolução de 1366x768 pixels, mais comum atualmente, com 40.82%, vem caindo ano após ano. Dessa forma, optou-se pela maior resolução, devido também ao fato de que alguns voluntários incluídos nesta pesquisa terem mencionado durante as entrevistas semi-estruturadas que utilizam monitores maiores.

A determinação da resolução maior foi importante na aplicação dos requisitos que tangem as características de ampliação dos elementos gráficos da interface, e, também propiciou uma maior área de trabalho para desenvolvimento dos modelos tridimensionais, foco do *software* HyperCAL^{3D}.

Foi proposta uma nova organização do *layout*, com vistas a contemplar dois requisitos. O requisito R17, que define o tamanho e espaçamento dos botões e demais elementos, demandou ampliação dos botões em relação à interface original. Foi necessária a reorganização e o reposicionamento dos botões apresentados na interface. Por conseguinte, o requisito R16, relativo à quantidade de recursos básicos do sistema presentes na interface, tornou necessária a supressão de alguns botões presentes na GUI original. Essa alteração teve como critério o quanto cada um dos botões é utilizado com frequência durante o uso do *software*. Essas modificações podem ser verificadas na Figura 2.

Figura 2: Tela do OA HyperCAL^{3D} com a indicação das alterações



Fonte: elaborado pelos autores.

Com as alterações mencionadas, funcionalidades básicas, como “novo arquivo”, “abrir um arquivo”, “salvar” e “imprimir”, foram removidas da barra de ferramentas padrão e mantidas apenas no menu principal. Assim, a interface apresenta 28 botões fixos e 2 abas (modelo e folha), totalizando o número máximo de botões estipulados no requisito R16.

As ferramentas relativas às formas de visualização do modelo e à configuração da área de trabalho foram concentradas em menus *dropdown*, ficando visíveis apenas quando o

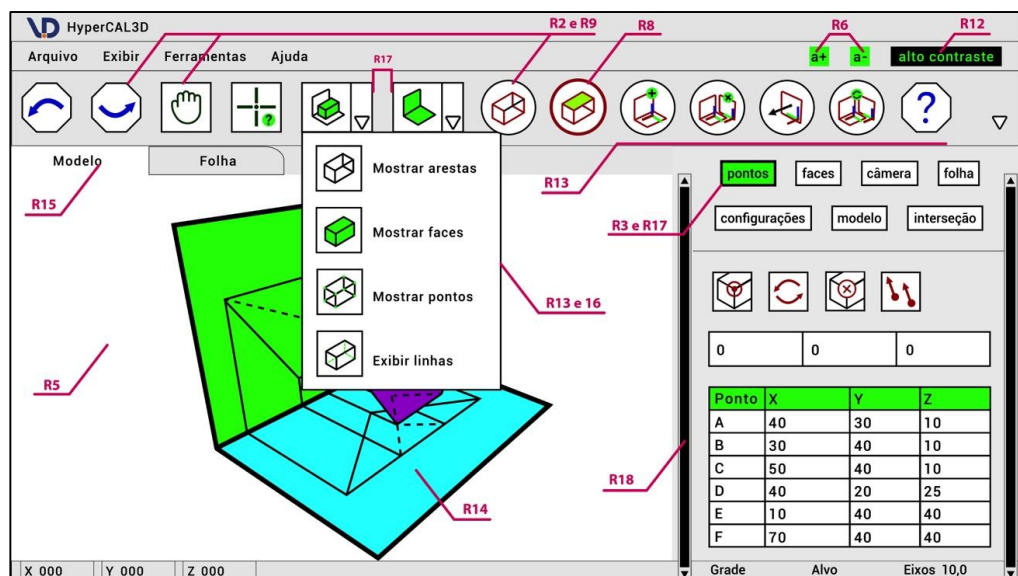
⁴ Estatísticas relacionadas ao uso do computador. Disponível em: <<http://gs.statcounter.com>>. Acesso em mar. 2018.

usuário clica no botão principal.

O requisito R12 foi cumprido com a aplicação de um botão na área lateral superior da GUI, conforme normalmente ocorre em barras de acessibilidade de sites. O botão é apresentado em contraste invertido em relação à configuração cromática que está sendo visualizada para que, dessa forma, o botão fique destacado e o usuário o encontre com maior facilidade.

A maior parte dos requisitos de projeto especificados na pesquisa, foi, de alguma forma, apresentada na GUI do HyperCAL^{3D} (Figura 3). Algumas especificações se aplicam em menor proporção, devido à natureza do aplicativo, porém, poderiam ser realçadas aplicadas à OA de outros tipos. As especificações que não puderam ser aplicadas restringem-se às características dos parágrafos de texto (R19), presentes no HyperCAL^{3D} apenas no material de ajuda, e a organização do *layout* em colunas (R7).

Figura 3: Aplicação dos requisitos de projeto no OA HyperCAL^{3D}



Fonte: elaborado pelos autores.

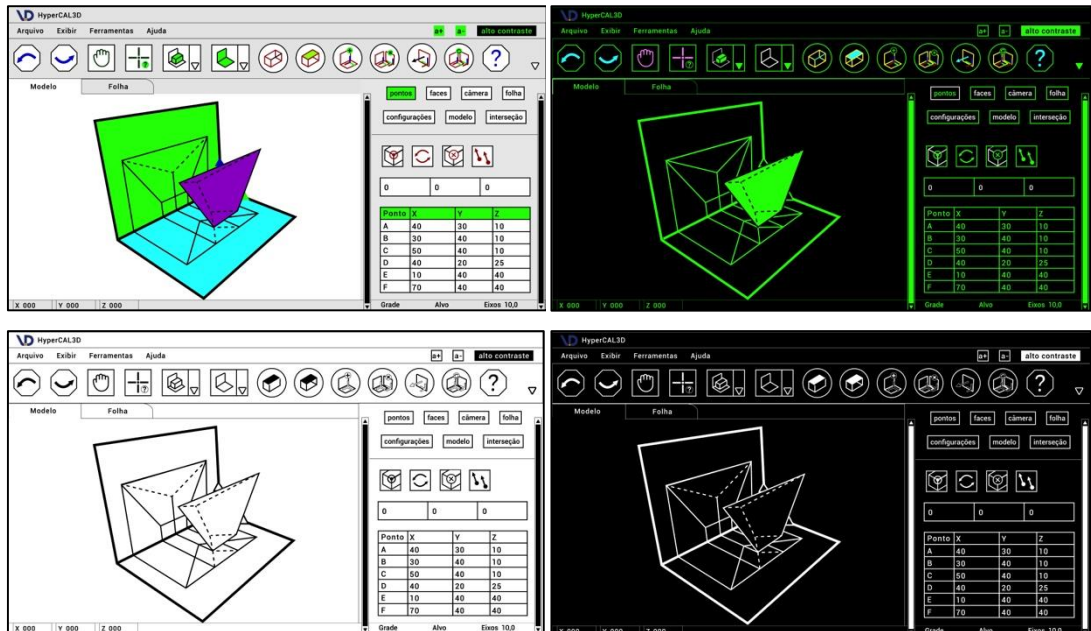
De acordo com o requisito R10, nenhum dos elementos aplicados na GUI possuem movimento ou são dinâmicos. Os movimentos do modelo tridimensional seriam controlados pelos usuários.

Considerando os requisitos que concernem as questões cromáticas, foram propostas quatro versões da GUI, todas em alto contraste (Figura 4). As cores utilizadas nas versões coloridas foram extraídas de uma tabela de contrastes proposta pelo eMAG, considerando apenas cores com contraste acima de 7:1 (GOV.br, 2017). Também foram elaboradas duas versões monocromáticas, as quais atendem ao requisito R11.

No que tange o requisito sobre a configuração das cores e tamanho das fontes utilizadas na GUI (R6), não foi possível realizar a simulação do funcionamento no protótipo. Foram apenas apresentados os botões da configuração de tamanho, uma vez que esse aumento poderia ser simulado com a ampliação da interface como um todo. A alteração cromática dos textos não pôde ser simulada, tendo sido modificada somente com a configuração de contraste cromático da interface como um todo, através do botão "alto

contraste”.

Figura 4: versões cromáticas do protótipo



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após concluída a elaboração do protótipo, foi realizado teste com 8 dos 10 usuários respondentes das entrevistas semi-estruturadas, sendo 3 do sexo feminino e 5 do sexo masculino, e um deles com conhecimento de Geometria Descritiva.

Com a análise dos dados obtidos com os testes, verificou-se que os requisitos de projeto podem manter-se os mesmos já definidos, porém alguns valores necessitariam de ajuste. Em relação ao requisito R8, sobre a alteração cromática e formal dos elementos clicáveis, é importante ressaltar que a modificação formal deve ser mais significativa do que a cromática, visto que existirão usuários que vão utilizar as versões monocromáticas, e isso pode prejudicar a percepção, uma vez que se perde uma característica visual, que seria a cor.

O destaque dos elementos selecionados, R3, deverá ser aprimorado, dado que alguns usuários consideraram pouca a diferenciação aplicada ao protótipo. O valor que havia sido estipulado seria uma borda de 2px. Sugere-se então que a espessura dessa borda seja ampliada para mais de 8px, e seja aplicada uma diferenciação cromática no fundo do botão também.

Em relação ao R15, embora o tamanho da fonte, de forma geral, tenha sido considerada satisfatória, um dos usuários sugeriu ampliá-la já na versão original da GUI, mesmo considerando que existirá a possibilidade de ampliação através dos botões na barra de acessibilidade. Dessa forma, o valor foi ampliado em 4pt, de 24 pt para 28pt.

Uma necessidade verificada durante os testes com usuários, foi que o cursor do mouse deveria apresentar as mesmas características de acessibilidade da GUI no que se refere ao contraste, espessura de linha e ampliação. Esse ponto não havia sido identificado anteriormente ao desenvolvimento do protótipo. Porém, mesmo que esse requisito tivesse sido apresentado, não teria sido possível verificá-lo com os usuários, visto que não haveria

como simular no protótipo.

5. Discussão dos Resultados

Com a busca por similares para análise e, posteriormente, com a entrevista com usuários, foi possível constatar que são poucas aplicações digitais que possuem características de acessibilidade para usuários com BV nas suas interfaces. As pessoas com BV dependem, majoritariamente, dos recursos de acessibilidade próprios dos sistemas operacionais dos computadores ou celulares. Infere-se que isso faz com que mesmo as pessoas com resíduo visual suficiente para uso do computador sem leitor de tela acabem utilizando esse suporte. Nesse ponto, é importante observar que o uso do leitor de tela para interpretação de um modelo tridimensional como os que são criados e editados no OA HyperCAL^{3D} seria bastante complexo ou até inviável.

As cores contrastantes e a capacidade de ampliação dos conteúdos foram percebidos como primordiais nos princípios, orientações e diretrizes, na análise de similares e no levantamento das necessidades dos usuários. Na elaboração da Matriz QFD, a hierarquização apontou esses atributos entre as primeiras posições e, junto à eles, o requisito de produto que tange ao destaque dos elementos selecionados. Após os testes com usuários, foi possível confirmar que a característica do destaque dos elementos da GUI de fato é muito relevante para as pessoas com BV, uma vez que foi um atributo bastante comentado e que recebeu ressalvas por parte dos usuários com menor visão funcional.

O fato de todas as versões cromáticas apresentadas no protótipo terem sido testadas pelos usuários, incluindo as duas versões monocromáticas, demonstra que é necessário dar atenção especial aos requisitos que tratam das formas dos elementos visuais, pois, nas versões monocromáticas, se perde o recurso do uso das cores, reduzindo uma forma de comunicação da informação.

Todos os usuários puderam visualizar o modelo com suas linhas contínuas e tracejadas e distingui-lo do fundo. Infere-se, então, que os alunos da disciplina de Geometria Descritiva seriam capazes de compreender o modelo, uma vez que estariam estudando a disciplina. Considera-se que esse é um aspecto positivo da GUI gerada, pois, no OA HyperCAL^{3D}, o conteúdo principal seria o modelo tridimensional. Ainda, o modelo tridimensional é o objeto que será criado e sofrerá alterações a partir dos dados inseridos pelo aluno através da interface, ou seja, não é um conteúdo que poderá ser memorizado, sendo imprescindível a visualização adequada do mesmo. Este fator contribuiria na permanência dos alunos com BV nos cursos que tem essa disciplina como base.

6. Considerações Finais

A educação é um dos direitos básicos do ser humano e o caminho pelo qual muitas pessoas chegam ao mercado de trabalho. A inclusão das pessoas com deficiência no ensino regular vem sendo cada vez mais impulsionada pela legislação brasileira. Com isso, foi verificado o aumento no número de matrículas de pessoas com deficiência visual. Esses aprendizes devem ter condições de ensino iguais às oferecidas aos demais, inclusive no que se refere ao acesso à OA, considerando que atualmente conteúdos baseados em meios digitais são amplamente utilizados.

Considerando as características do projeto de GUI centrado no aprendiz, entre as quais Peters (2013) menciona que a interface para aprendizagem pode apresentar ao usuário

desafios próprios da atividade de aprendizagem, entretanto, a interação com a mesma não deve apresentar desafios irrelevantes ou causar distrações, entende-se que a aplicação dos requisitos de projeto na GUI do HyperCAL^{3D} minimizam o primeiro desafio apresentado ao usuário, que é perceber visualmente a interface do OA.

Embora as necessidades primordiais para o acesso das pessoas com BV à GUI sejam alto contraste e ampliação, puderam ser identificadas outras características que favorecem a acessibilidade. Assim, verificou-se que os elementos gráficos e o tratamento visual dos mesmos puderam ser aprimorados, tornando o acesso à GUI facilitado e mais agradável para os usuários com BV.

Referências

APPLEVIS. **iOS Apps Developed Specifically for Blind or Low Vision Users**. Disponível em: <<https://www.applevis.com/apps/ios-apps-for-blind-and-vision-impaired.>>. Acesso em out. 2017.

APP STORE. **App Store**. Disponível em: <<https://www.apple.com/br/ios/app-store/>>. Acesso em out 2017.

BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonhhy Carlos da. **Projeto Integrado de Produtos – Planejamento, Concepção e Modelagem**. Barueri: São Paulo, 2008.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

BIOE. **Banco Internacional de Objetos Educacionais**. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br>>. Acesso em nov. 2016.

BONSIEPE, Gui (Coord.). **Metodologia experimental: desenho industrial**. Brasília: CNPq, 1984.

BRASIL. Ministério da Educação. **Plano de Desenvolvimento da Educação: razões, princípios e programas**. Brasília: MEC, 2007.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei nº9394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm>. Acesso em 29 jun. 2015 a.

COOPER, A; REIMANN, R; CRONIN, D. **About Face 3: The Essentials of Interaction Design**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2007.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

FILATRO, Andrea. **Design Instrucional na prática**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.

GIL, Marta (org). **Deficiência Visual**. Brasília: MEC. Secretaria de Educação a Distância, 2000.

GOV.br. **eMAG – Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico**. Disponível em: <<http://emag.governoeletronico.gov.br/#s3.4>>. Acesso em mai. 2017.

IMS. **IMS Global Learning Consortium**. Disponível em: <<https://www.imsglobal.org/accessibility/accessiblevers/sec5.html>>. Acesso em nov. 2016.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Sinopse Estatística da Educação Superior 2015**. Brasília: INEP, 2016. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior>>. Acesso em fev. 2017.

- JOHNSON, S. **Cultura da Interface**: como o computador transforma nossa maneira de criar e comunicar. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2001.
- KULPA, Cíntia Costa. **A contribuição de um modelo de cores na Usabilidade das interfaces computacionais dos usuários de Baixa Visão**. Porto Alegre, 2009. Dissertação (Mestrado em Design). Programa de Pós-Graduação em Design, UFRGS, 2009.
- LIMA, E. C.; NASSIF, M. C. M.; FELIPPE, M. C. G. C. **Convivendo com a baixa visão**: da criança à pessoa idosa. São Paulo: Fundação Dorina Nowill para Cegos, 2007.
- MACEDO, C. M. S. Diretrizes de acessibilidade em conteúdos didáticos. **Revista Brasileira de Design da Informação**. São Paulo, v. 10, n. 2, p. 123 – 136, 2013.
- MACEDO, C. M. S. **Diretrizes para criação de objetos de aprendizagem acessíveis**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Mídia e Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, SC, 2010.
- MANDEL, Theo. **The elements of user interface design**. Wiley Computer Publishing, 1997.
- MEURER, Heli; **Ferramenta de gerenciamento e recomendação como recurso na aprendizagem baseada em projeto em design**. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MEURER, Heli; SZABLUK, D. **Projeto E**: aspectos metodológicos para o desenvolvimento de projetos dígito-virtuais. *Ação Ergonômica*, v. 5, p. 1-10, 2010.
- MIGUEL, P. A. C.; CARNEVALLI, J. A. **Aplicações não-convencionais do desdobramento da função qualidade**. São Paulo: Artliber, 2006.
- OLIVEIRA, L. M. B. **Cartilha do Censo 2010 – Pessoas com Deficiência**. Brasília: SDH-PR/SNPD, 2012. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br>>. Acesso em jan. 2017.
- PAZMINO, Ana Verônica. **Como se cria**. São Paulo: Blucher, 2013.
- PETERS, Dorian. **Interface Design for Learning**: Design Strategies for Learning Experiences. New Riders, 2013.
- PREECE, Jennifer. ROGERS, Yvone. SHARP, Helen. **Design de Interação. Além da Interação Homem-computador**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico**: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.
- RAGUZZE, Tiago. **Percepção visual**: design e tecnologia aplicados à geometria descritiva. Porto Alegre: UFRGS: 2016. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura, Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006. 542p.
- SANTAROSA, Lucila (org.) *et al*; **Tecnologias digitais acessíveis**. Porto Alegre: JSM Comunicação Ltda., 2010.
- SANTOS, M. C. D. **O direito das pessoas com de ciência à educação inclusiva e o uso pedagógico dos recursos de tecnologia assistiva na promoção da acessibilidade na escola**. In: I Simpósio Internacional de Tecnologia Assistiva. [Centro Nacional de Referência em Tecnologia Assistiva-CTI Renato Archer]. Campinas-SP: CNRTA-CTI, 2014.
- SHNEIDERMAN, Ben; PLAISANT, Catherine. **Designing the user interface**: strategies for effective human-computer interaction. 4th ed. Boston: Pearson, 2005.

SONZA, Andréa Poletto *et al* (Org). **Acessibilidade e tecnologia assistiva: pensando a inclusão sociodigital de PNEs**. 2013. Porto Alegre: Companhia Rio-grandense de Artes Gráficas (CORAG), 2015.

SONZA, Andréa Poletto; SALTON, Bruna Poletto; STRAPAZZON, Jair Adriano. (Org) **O uso pedagógico dos recursos de tecnologia assistiva**. Porto Alegre: Companhia Rio-grandense de Artes Gráficas (CORAG), 2015.

TEIXEIRA, Fábio Gonçalves; SILVA, Tânia Luisa Koltermann; SILVA, Régio Pierre da; BRUNO, Fernando Batista. Experiências inovadoras em ensino e pesquisa da geometria descritiva. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**. Vol. 3, No. 3, 2015.

TIDWELL, J. **Designing interfaces**. 2 ed. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc. 2010.

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE. **Inclusive Design Toolkit**. Disponível em: <<http://www.inclusivedesign toolkit.com/UCvision/vision.html#nogo>>. Acesso em jul. 2017.

WCAG. **Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) 2.0**. Disponível em: <<https://www.w3.org/Translations/WCAG20-pt-br/WCAG20-pt-br-20141024/>>. Acesso em out. 2016.

WEB Accessibility Initiative. **W3C**. Disponível em: <<http://www.w3.org/WAI/>>. Acesso em 29 jun. 2015.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy**. In D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*, 2000. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em dez. 2016.

W3C. Research. Disponível em: <<https://www.w3.org/WAI/GL/low-vision-a11y-tf/wiki/Research>>. Acesso em dez. 2017.