

*Interfaces Adaptativas para Daltônicos com  
base em Ontologias*

**Ricardo José de Araújo**

Fevereiro / 2017

Dissertação de Mestrado em Ciência da  
Computação

# **Interfaces Adaptativas para Daltônicos com base em Ontologias**

Esse documento corresponde a Dissertação apresentada à Banca Examinadora para a defesa de Mestrado em Ciência da Computação da Faculdade Campo Limpo Paulista.

Campo Limpo Paulista, 17 de Fevereiro de 2017.

Ricardo José de Araújo

Rodrigo Bonacin (Orientador)  
Julio Cesar dos Reis (Co-orientador)

# **PÁGINA DE APROVAÇÃO**

**Faculdade Campo Limpo Paulista - FACCAMP**

**Interfaces Adaptativas para Daltônicos com base em Ontologias**

Ricardo José de Araújo

Campo Limpo Paulista, 17 de fevereiro de 2017.

## **BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Rodrigo Bonacin

(Orientador – FACCAMP)

Prof. Dr. Julio Cesar dos Reis

(Co-orientador – FACCAMP)

Prof. Dr. Marcelo Paiva Guimarães

(FACCAMP)

Prof. Dra. Vânia Paula de Almeida Neris

(UFSCAR)

## FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Câmara Brasileira do Livro, São Paulo, Brasil.

Araújo, Ricardo José de

Interfaces adaptativas para daltônicos com base em Ontologias / Ricardo José de Araújo. Campo Limpo Paulista, SP: FACCAMP, 2017.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Rodrigo Bonacin

Co-orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Júlio César dos Reis

Dissertação (Programa de Mestrado em Ciência da Computação) – Faculdade Campo Limpo Paulista – FACCAMP.

1. Interfaces adaptativas. 2. Acessibilidade. 3. Daltonismo. 4. Ontologias. 5. OWL. 6. SWRL. 7. Algoritmos de re colocação. I. Bonacin, Rodrigo. II. Reis, Júlio César dos. III. Campo Limpo Paulista. IV. Título.

CDD-005.43

**Resumo.** Tecnologias Web atuais possibilitam o uso facilitado e intensivo de cores em páginas Web. Muitas vezes, as cores são essenciais no design das interfaces e desempenham um papel relevante para a distinção e compreensão das informações. Contudo, essa prática afeta usuários daltônicos, ou seja, aqueles que têm dificuldades em reconhecer ou distinguir cores. Esses usuários experienciam limitações e barreiras para explorar páginas Web mesmo em tarefas simples. Embora a literatura apresente diversos esforços para a solução desse problema, que incluem métodos para a construção de interfaces, *frameworks* e algoritmos de recoloração, as propostas existentes ainda falham em não considerar os diferentes tipos da patologia, necessidades e preferências individuais dos usuários. Esta dissertação de mestrado propõe técnicas para a adaptação de interfaces de usuários que facilitem a interação de pessoas daltônicas com sistemas Web. Foi investigado o uso de ontologias, como artefato na representação do conhecimento no domínio da aplicação, para aprimorar as opções e decisão de adaptação. Primeiramente, o trabalho desenvolveu estudos empíricos com pessoas daltônicas para detectar requisitos que revelem suas limitações na interação com páginas Web. Os resultados dos estudos empíricos e da literatura foram representados na ontologia. A partir da representação ontológica sobre as características dos diversos tipos de daltonismo e preferências pessoais, a solução concebida possibilita selecionar e aplicar automaticamente ações de adaptação e recoloração na interface em um contexto de interação, de forma que atenda às necessidades dos usuários. A definição de um método original, implementado em um *framework*, que explora o uso de ontologias na adaptação de cores em interfaces consiste na principal contribuição científica da pesquisa. Para tanto, foi formalizado um algoritmo que computa a similaridade entre cores para auxiliar no processo de decisão de adaptação. Com base no *framework*, foi desenvolvido um protótipo de *software* que permitiu uma avaliação experimental da pesquisa com usuários reais. Resultados obtidos em diversos cenários de uso demonstraram os benefícios e aprimoramento da acessibilidade de interfaces Web com o uso da abordagem de adaptação proposta, de acordo com as necessidades de reconhecimento e distinção das cores de usuários com daltonismo.

**Palavras-chaves:** interfaces adaptativas; acessibilidade; daltonismo; ontologias; OWL; SWRL; algoritmos de recoloração.

**Abstract.** *The current web technologies make it easy and intensive the use of colors on Web pages. Often colors are essential in the design of interfaces and play a relevant role in distinction and comprehension of information. However, this practice affects colorblind users, i.e., those who have difficulties in recognizing or distinguishing colors. These users may experience limitations and barriers to explore Web pages even in simple tasks. Although the literature presents several efforts in solving this problem, by including methods for building interfaces, frameworks and recoloring algorithms, the existing proposals still fail to consider the different types of pathologies, needs and individual users' preferences. This Master Thesis proposes techniques for adaptation of user interfaces that might facilitate the interaction of colorblind people with Web systems. We investigate the use of ontologies, as an artifact for knowledge representation in the application domain, to improve the options and adaptation decisions. Initially, this work developed empirical studies involving colorblind people to detect requirements about their limitations in interacting with Web pages. The results of the empirical and literature studies were expressed in the ontology. From the ontological representation on the characteristics of the different colorblindness types and personal preferences, the designed solution enables the automatic selection and application of adaptation actions and recoloring functions on the interface in a given interaction context, so that it meets the users' needs. The definition of an original method, implemented in a framework, which explores the use of ontologies in the adaptation of colors in interfaces, consists of the main scientific contribution of this research. For this purpose, we formulate an algorithm that computes the similarity between colors to support the adaptation decision process. Based on the framework, we developed a software prototype that allowed an experimental evaluation of the research with real users. Results obtained in several use scenarios demonstrated the benefits and enhancement of Web interface accessibility based on our adaptation approach, according to the needs of recognition and distinction of colors by colorblindness users.*

**Keywords:** *Adaptive interfaces; accessibility; ontologies; colorblind users; recoloring algorithms, OWL, SWRL.*

# Sumário

<b>Capítulo 1 Introdução</b>	1
1.1 Contexto e Motivação	1
1.2 Problemática e Justificativa	3
1.3 Objetivos, Hipótese e Contribuições	5
1.4 Estrutura da Dissertação	7
<b>Capítulo 2 Referencial Teórico Metodológico</b>	9
2.1 Acessibilidade na Web	9
2.2 Interfaces Adaptativas e Adaptáveis em sistemas interativos	14
2.3 Tecnologias da Web Semântica	16
2.4 Síntese do Capítulo	21
<b>Capítulo 3 Trabalhos Relacionados</b>	22
3.1 Métodos de <i>Design</i>	24
3.2 <i>Frameworks</i> de Acessibilidade para Daltônicos	27
3.3 Algoritmos de Recoloração	31
3.4 Ontologias na Adaptação de Interfaces	35
3.5 Discussão do estado da arte e posicionamento	38
3.6 Síntese do Capítulo	40
<b>Capítulo 4 Experimento Inicial e Engenharia da Ontologia <i>OntColorBlind</i></b>	42
4.1 <i>Design</i> do Experimento	42
4.1.1 Seleção de Participantes	43
4.1.2 Procedimento de Avaliação	44
4.1.3 Métodos de Análise do Experimento Inicial	52
4.2 Resultados do Experimento Inicial	56
4.2.1 Fatores de Satisfação e Interpretação dos Resultados	56
4.2.2 Fatores de Agradabilidade e Interpretação dos Resultados	63
4.2.3 Ordem de Execução de Técnicas de Adaptação	68
4.3 Engenharia da Ontologia <i>OntColorBlind</i>	71

4.3.1	Processo de Engenharia da <i>OntColorBlind</i>	71
4.3.2	Ontologia Preliminar	72
4.3.3	Aplicação dos Resultados do Experimento Inicial na Ontologia	74
4.3.4	Descrição da Ontologia <i>OntColorBlind</i>	75
4.4	Síntese do Capítulo	83
<b>Capítulo 5 FAIBOUD: <i>Framework</i> de Adaptação de Interfaces com Base em Ontologia para Usuários Daltônicos.</b>		85
5.1	Processo e Técnicas de Adaptação de Interfaces	85
5.1.1	Uso da Ontologia <i>OntColorBlind</i>	87
5.1.2	Adaptação de Interfaces	89
5.1.3	Algoritmo de Similaridade de Cores para Daltônicos	91
5.1.4	Ilustrando o Processo de Adaptação	97
5.2	Arquitetura, Componentes de Tecnologias Empregadas	99
5.2.1	Componentes de Interfaces de Usuário	100
5.2.2	Componentes de Técnicas de Adaptação	101
5.2.3	Componentes de Acesso a Dados e Conhecimento	102
5.3	Funcionamento da Solução Implementada	104
5.3.1	Funcionamento Técnico das Interfaces Adaptadas e Personalizadas	105
5.3.2	Funcionamento Técnico das Alterações de Preferências	107
5.4	Síntese do Capítulo	109
<b>Capítulo 6 Avaliação Experimental</b>		111
6.1	<i>Design</i> do Experimento	111
6.1.1	Participantes de Situações de Avaliação	111
6.1.2	Procedimento de Avaliação	113
6.1.3	Análise dos Resultados	119
6.2	Resultados	121
6.2.1	Resultados Quantitativos	121
6.2.2	Resultados Qualitativos	128
6.3	Discussão	132

6.4 Síntese do Capítulo	134
<b>Capítulo 7 Conclusão</b>	136
7.1 Contribuições da Pesquisa	136
7.2 Trabalhos Futuros	138
<b>Referências</b>	140
<b>Anexo I – Teste de <i>Ishihara</i></b>	147
<b>Apêndice I – Regras SWRL</b>	148
<b>Apêndice II – Termo de Consentimento</b>	149
<b>Apêndice III – Formulário de Avaliação Preliminar</b>	150
<b>Apêndice IV – Formulário do Experimento Inicial</b>	151
<b>Apêndice V – Artigo Submetidos para Publicação</b>	159

## Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Princípios do WCAG 2.0 (adaptado de W3C, 2008)	12
Tabela 3.1. Propostas e Métodos de Design	25
Tabela 3.2. Propostas de Frameworks de Acessibilidade para Daltônicos	28
Tabela 3.3. Propostas de Algoritmos de recoloração	31
Tabela 3.4. Ontologias na Adaptação de Interfaces	35
Tabela 4.1. Exemplo de cálculo de satisfação	54
Tabela 4.2. Exemplo de fator de agradabilidade	55
Tabela 4.3. Fatores de Satisfação para o caso 1 (Mapa)	57
Tabela 4.4. Fatores de Satisfação para o caso 2 (Gráfico)	58
Tabela 4.5. Fatores de Satisfação para o caso 3 (Tomografia)	58
Tabela 4.6. Fatores de Satisfação para o grupo de imagens	59
Tabela 4.7. Fatores de Satisfação para o caso 4 (Formulário)	60
Tabela 4.8. Fatores de Satisfação para o caso 5 (Menu)	60
Tabela 4.9. Fatores de Satisfação para o caso 6 (Tabela)	61
Tabela 4.10. Fatores de Satisfação para o grupo de elementos de páginas <i>Web</i>	62
Tabela 4.11. Fatores de Satisfação geral	62
Tabela 4.12. Fatores de Agradabilidade para o caso 1 (Mapa)	64
Tabela 4.13. Fatores de Agradabilidade para o caso 2 (Gráfico)	64
Tabela 4.14. Fatores de Agradabilidade para o caso 3 (Tomografia)	65
Tabela 4.15. Fatores de Agradabilidade para o grupo de imagens	65
Tabela 4.16. Fatores de Agradabilidade para o caso 4 (Formulário)	66
Tabela 4.17. Fatores de Agradabilidade para o caso 5 (Menu)	66
Tabela 4.18. Fatores de Agradabilidade para o caso 6 (Tabela)	67
Tabela 4.19. Fatores de Agradabilidade para o grupo de elementos de páginas	67
Tabela 4.20. Fatores de Agradabilidade geral	68
Tabela 4.21. Ordem de Preferência de Aplicação de Técnicas	69
Tabela 6.1. Resultado do teste estatístico para Cenário Original X Cenário	122

Tabela 6.2. Resultado do teste estatístico para Cenário Original X Cenário	124
Tabela 6.3. Resultado do teste estatístico para Adaptado X Personalizado	125
Tabela 6.4. Alteração de cores pelos usuários durante a personalização	127
Tabela 6.5. Mudanças de técnica de adaptação no cenário personalizado em relação ao cenário adaptado	127
Tabela 6.6. Análise qualitativa da QF1	130
Tabela 6.7. Análise qualitativa da QF3	132

## Lista de Figuras

Figura 1.1: Comparação de visão normal e com <i>Deuteranopia</i> .	4
Figura 2.1: Componentes primários de acessibilidade (adaptado de Conforto e	10
Figura 2.2: Estrutura do documento WCAG 2.0 (adaptado de Curso eMag para conteudistas)	11
Figura 2.3: Esquema de categorias de <i>tailoring</i> (adaptado de Morch, 1995).	15
Figura 4.1: Declaração explícita de daltonismo	43
Figura 4.2: Proporção dos tipos de daltonismo.	44
Figura 4.3: Processo de Avaliação do Experimento Inicial.	45
Figura 4.4: Casos Apresentados no Experimento Inicial	47
Figura 4.5: Definição da satisfação para o cenário 2 do caso 1.	49
Figura 4.6: Ordenação dos cenários	50
Figura 4.7 Visão geral da Ontologia Inicial (Araújo <i>et al.</i> , 2016)	74
Figura 4.8: Visão geral das classes da <i>OntColorBlind</i> .	76
Figura 5.1: Processo de Adaptação no FAIBOUD	86
Figura 5.2: Algoritmo ASCDalt	92
Figura 5.3: Procedimento para cálculo da proximidade das cores	97
Figura 5.4: Arquitetura do FAIBOUD.	100
Figura 5.5: Fluxo de execução na adaptação de interfaces	105
Figura 5.6: Fluxo de execução na alteração de preferências	107
Figura 6.1: Procedimento de Avaliação	114
Figura 6.2: Exemplo de Avaliação para a Situação 1	116
Figura 6.3: Exemplo de Personalização	117
Figura 6.4: Exemplo de Avaliação para a Situação 2	118
Figura 6.5: Interface de Avaliação final.	119
Figura 6.6: Níveis de dificuldade para a adaptação (QF2)	131

## **Glossário**

<b>ABNT</b>	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>CVD</b>	-	<i>Color Vision Deficiency</i>
<b>HTML</b>	-	<i>HyperText Markup Language</i>
<b>eMAG</b>	-	Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico
<b>OWL</b>	-	<i>Web Ontology Language</i>
<b>RDF</b>	-	<i>Resource Description Framework</i>
<b>SWRL</b>	-	<i>Semantic Web Rule Language</i>
<b>W3C</b>	-	<i>World Wide Web Consortium</i>
<b>WAI</b>	-	<i>Web Accessibility Initiative</i>
<b>WAI-ARIA</b>	-	<i>Accessible Rich Internet Applications</i>
<b>WCAG</b>	-	<i>Web Content Accessibility Guidelines</i>
<b>XML</b>	-	<i>eXtensible Markup Language</i>

## **Dedicatória**

Primeiramente a Deus, que em sua infinita bondade, me deu forças e sabedoria para aproveitar cada oportunidade que a vida me deu. Depois à minha mãe Sônia, que com muito esforço e dificuldade sempre me apoiou e incentivou a continuar estudando e correndo atrás dos meus objetivos. Também aos meus orientadores, os professores Dr. Rodrigo Bonacin e Dr. Julio Cesar do Reis, pelo apoio e incentivo de sempre buscar um algo mais para este trabalho.

## **Agradecimentos**

Como não poderia deixar de ser, agradeço primeiramente a Deus, por me acompanhar sempre em todos os momentos da minha vida, me amparando nos momentos de desânimo e me puxando para baixo nos momentos de orgulho.

À minha mãe Sônia, que com o suor de seu trabalho, muitas vezes forçado, não deixou que me faltassem os alimentos para o corpo e para a mente e sempre me incentivou a buscar meus sonhos na educação. Ao meu falecido pai Pedro, que infelizmente só me conheceu como um menino, mas que tenho certeza que estaria feliz por mim neste momento.

Aos meus orientadores, os professores Dr. Rodrigo Bonacin e Dr. Julio Cesar dos Reis, por terem acreditado na potencialidade deste trabalho e sua dedicação incansável para que o aprimoramento da pesquisa fosse constante.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – IFSULDEMINAS, que além do auxílio financeiro através do PIQ (Programa de Incentivo à Qualificação), também proporcionou o apoio relacionado à concessão de horas para os estudos iniciais das disciplinas do curso e posteriormente o Afastamento Pleno, possibilitando dedicação integral à fase final da pesquisa.

Aos meus colegas e ex-colegas de trabalho do IFSULDEMINAS, Wellington, Arthur, Robson, Paulinho, Marcio Prado, Gilmar, Fernando, Mauro, Jaime, Fábio Borges, João Junqueira, Simone, Fábio Corsini, Oseas, Straus, Luiz Paulo, Ivan, Fernanda, Noemi, Vera, Guilherme Poscidônio, Samara, Sérgio Pedini, Marcelo Bregagnoli, Aloisia, Elivan, Otávio Papparidis, Jean Loro, Cássia, Eder, Helenice, Maria, Maria Helena, Janaína, Ana Paula, Keila e em especial ao Gabriel Maduro e Leonardo Ciskon, por me apoiarem na decisão de afastar das minhas funções para a conclusão do curso.

Aos meus ex-professores da graduação, em especial aos meus amigos Erasmo Evangelista de Oliveira e Mário Luiz Rodrigues Oliveira, que me deram a base de conhecimento para seguir minha carreira na área de tecnologia da informação.

Aos meus ex-colegas de trabalho da Prefeitura Municipal de Boa Esperança – MG, meu primeiro emprego na área de TI. Em especial aos amigos Fernando,

Fabrcio, Mateus, Srgio, Criste, Marlei, Rodrigo, Alexandrina, Ana Paula, Amarildo, Ana Luiza, Thianinha, Deivison e Jair.

Aos meus amigos de infncia e adolescncia, nunca deixaram de estar presentes em minha vida. Em especial Valdir, Valdeci, Vando, Valda, Wellington, Leandro, Rogrio e Wilson.

Aos meus amigos do curso de mestrado da FACCAMP, que nesses 3 anos dividiram comigo todas as dificuldades, mas tambm muitas alegrias e companheirismo. Amizade que vou levar para sempre, em especial os amigos Rodrigo Ramos, Rodrigo Evangelista, Wellington, Joao Ursino, Srgio, Leonardo, Ricardo Martins, Ribamar, Paulo, Antnio, Edeamar, Andr e Maitê.

A todos os professores e funcionrios da FACCAMP, especialmente aos professores Dr. Marcelo de Paiva Guimarães, Dr. Shusaburo Motoyama, Dr. Luis Mariano del Val Cura, Dra. Maria do Carmo Nicoletti, Dr. Jose Hiroki Saito e Dr. Osvaldo Luiz de Oliveira, por compartilharem seus conhecimentos durante o perodo das disciplinas do curso.

A todos os usurios daltônicos que participaram de todas as etapas desta pesquisa.

Às academias Ana Maria (Pouso Alegre – MG) e Neusa Fitness (Boa Esperana – MG), onde o cansao do corpo possibilitou alvio do cansao da mente.

**“Milagres acontecem quando a gente vai à luta”**

(Transio: Fernando Anitelli – O Teatro Mágico)

# Capítulo 1

## Introdução

Mesmo com os aprimoramentos recentes da tecnologia Web que permitem a construção de interfaces mais ricas, ainda existe a necessidade de avanços científicos para proporcionar uma melhor acessibilidade na Web para usuários com daltonismo, levando em consideração tanto as suas limitações como suas preferências pessoais. Nesta dissertação, a partir do uso de ontologias (Berners-Lee *et al.*, 2001), foram exploradas modificações automáticas de interfaces de usuários com base em algoritmos e técnicas de recoloração e adaptação de interfaces. O trabalho visa pesquisar o uso de tecnologias da Web Semântica para atender às necessidades e preferências pessoais dos usuários daltônicos na distinção e reconhecimento das cores em páginas Web. Na solução proposta, a ontologia é utilizada tanto para representação de conhecimento do domínio, como artefato tecnológico para a especificação do raciocínio utilizando regras de inferência sobre as preferências e tipos de daltonismo. A ontologia é consultada para determinar, junto a um algoritmo que computa similaridade de cores para daltônicos, qual a técnica a ser aplicada na adaptação de interface.

### 1.1 Contexto e Motivação

Daltonismo, ou discromatopsia, é a incapacidade de perceber certas cores em suas representações naturais ou confusão entre algumas cores (Bailey, 2010). O daltonismo afeta o funcionamento da retina e como as cores são recebidas e interpretadas por meio do olho humano.

Segundo Bailey (2010), a retina é composta por cerca de 7 milhões de células cone e mais de 100 milhões de células bastonetes e são essas células que possibilitam a visão. A maioria das células cone é localizada no centro da retina e são divididas em três subclasses que são conhecidas como receptores. Cada subclasse tem fotossensibilidade respectivamente ao pigmento das cores azul/amarelo, verde e vermelho. A visualização das cores se dá pelo comprimento da luz que o olho absorve e essa é convertida em mensagens para o cérebro. Esse pigmento caracteriza-se pela absorção de algumas cores e pela reflexão de outras.

Existem dois tipos principais de daltonismo: hereditários e adquiridos. A maioria dos casos é hereditária, mas em alguns casos são adquiridos, como os causados por doenças oculares ou neurológicas, ou pela exposição a certos produtos químicos. Em todos os casos e em suas variadas formas, o daltonismo é o resultado de uma anomalia em uma ou mais subclasses de células cones da retina. No ocidente, o daltonismo hereditário afeta cerca de 8% da população masculina e 0,4% da população feminina (Wang *et al.*, 2009).

O daltonismo do tipo hereditário é causado por problemas no cromossomo X, razão pela qual os homens são mais afetados pela doença do que as mulheres, tendo em vista que eles têm apenas um cromossomo X e outro Y, enquanto elas têm um par de X. Assim, se um único cromossomo X, herdado dos pais, de um homem for defeituoso em relação às cores ele será daltônico. Para uma mulher ser daltônica é necessário que seus dois cromossomos herdados sejam defeituosos no que diz respeito à *fotossensibilidade* (Bailey, 2010). Adicionalmente, Neiva (2008) destaca que o daltonismo hereditário é dividido em três subtipos:

- *Monocromatismo*: subtipo raro de daltonismo em que o indivíduo enxerga somente tonalidades de preto e branco.
- *Dicromatismo*: é o subtipo de daltonismo em que existe a ausência de pigmento de um dos cones da retina, ou seja, não existem os pigmentos em um dos três tipos de cones. Existem três formas de *dicromatismo*, que são:
  - *Protanopia*: ausência de pigmento do cone responsável pelo reconhecimento pela cor vermelha;
  - *Deuteranopia*: ausência de pigmento do cone responsável pelo reconhecimento da cor verde;
  - *Tritanopia*: ausência de pigmento do cone responsável pelo reconhecimento da cor azul.
- *Tricromatismo Anômalo*: ao contrário do *tricromatismo*, que é a percepção normal das cores, os indivíduos com *tricromatismo anômalo*, têm dificuldades de distinguir as pigmentações dos três tipos de cones da retina. Diferente do

*dicromatismo*, que é a ausência do pigmento de um dos cones, no *tricromatismo anômalo* esse cone existe, mas possui uma anomalia, impedindo assim a distinção das cores referente àquele cone. Esses também são divididos em três formas:

- *Protanomalia*: é a anomalia no cone responsável pelo reconhecimento da cor vermelha;
- *Deuteranomalia*: é a anomalia no cone responsável pelo reconhecimento da cor verde;
- *Tritanomalia*: é a anomalia no cone responsável pelo reconhecimento da cor azul.

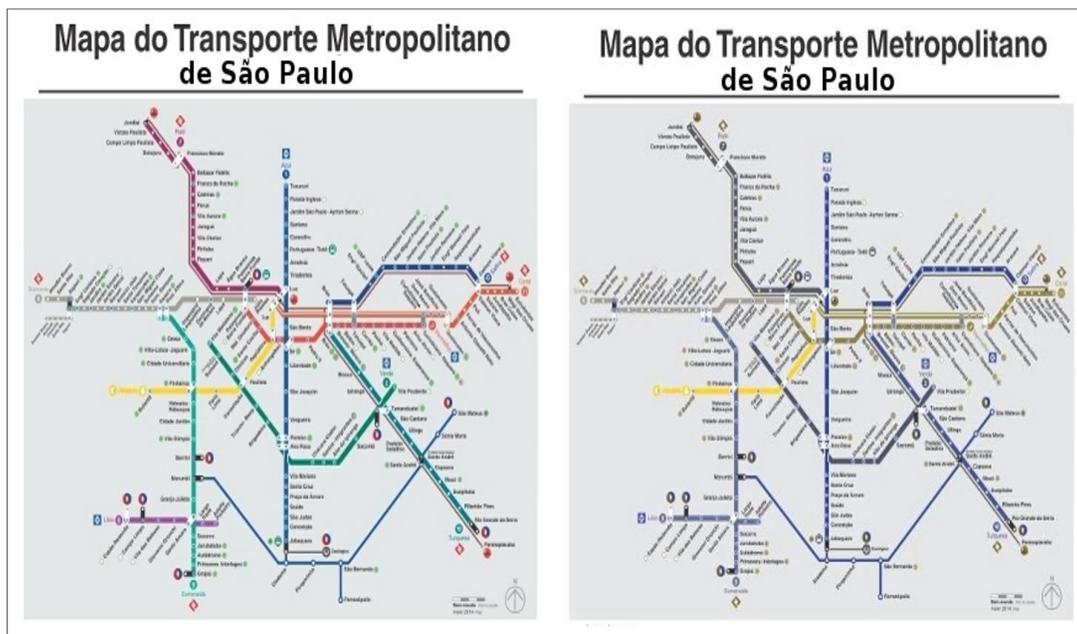
Conforme destaca Neiva (2008), pessoas com daltonismo são afetadas em várias de suas atividades cotidianas. A deficiência costuma ser detectada na idade escolar, quando as crianças com daltonismo têm dificuldades para interpretar desenhos e mapas, ou mesmo, para identificar lápis de cores. No decorrer dos anos, o indivíduo daltônico depara-se com o impedimento de exercer certas profissões como, por exemplo, pilotagem de aviões ou atividades na indústria química. O exercício de outras profissões é limitado por exigirem interpretação correta de gráficos e imagens. Além dessas limitações no exercício de certas profissões, algumas atividades relativamente simples como escolher o vestuário ou visualizar das cores dos semáforos são prejudicadas.

## **1.2 Problemática e Justificativa**

Além dessas limitações encontradas pelos daltônicos em suas atividades do dia-a-dia, o acesso a Web é prejudicada em função do daltonismo. Conforme apresentado por Flatla (2013), as cores são de grande importância na experiência dos usuários na Web; pois elas influenciam a estética e a funcionalidade das páginas. Com essas limitações, os usuários com daltonismo podem, por exemplo, não conseguir diferenciar as cores de *links* que já foram visitados ou não (Flatla, 2012).

Para Neiva (2008), alguns textos podem tornar-se ilegíveis, ou mesmo a identificação de mapas de redes de transporte disponibilizados em sites pode ser impossível sem a ajuda de terceiros. A Figura 1.1a apresenta um exemplo de um mapa

contendo o sistema de transporte público da cidade de São Paulo, cujas as linhas são representadas por cores. Já na Figura 1.1b, há essa mesma proposta de linhas na visão simulada<sup>1</sup> de um daltônico com *Deuteranopia*, o tipo mais comum de daltonismo. É possível perceber que a identificação das linhas fica difícil, pois algumas cores se confundem. Nota-se que as linhas com cores verde e azul são facilmente confundidas pelo usuário, prejudicando uma possível escolha de trajeto.



(a) Usuário com visão normal

(b) Usuário com *Deuteranopia*

Figura 1.1: Comparação de visão normal e com *Deuteranopia*.

Diversos trabalhos de pesquisa têm sido desenvolvidos com o objetivo de tornar possível o acesso das pessoas daltônicas aos diversos recursos computacionais. Huang *et al.* (2008), analisam esses esforços em duas categorias. Na primeira categoria são desenvolvidas ferramentas ou diretrizes e métodos para a combinação de cores visando aprimorar a usabilidade das interfaces aos daltônicos (Troiano *et al.*, 2008). Na segunda categoria estão principalmente as investigações que exploram a criação ou

<sup>1</sup> Foi utilizado o simulador de daltonismo: <http://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/>

aperfeiçoamento de algoritmos de recoloração de imagens de forma que essas sejam reconhecidas mais facilmente por pessoas com daltonismo (Kuhn et al., 2008).

Enquanto essas duas categorias contribuem de maneira independente para a solução do problema, elas ainda são insuficientes para lidarem de maneira adequada com as limitações de interação dos daltônicos. Observam-se principalmente dificuldades e desafios de pesquisa que possam combinar essas categorias em soluções mais completas. Lidar com a interpretação das cores, respeitando as particularidades de cada tipo de daltonismo e as preferências de cada indivíduo em uma solução flexível exigem esforços de pesquisa em técnicas para aprimorar as possibilidades de adaptação e personalização de interfaces. Nesse contexto, foram encarados desafios de investigação em como possibilitar que pessoas daltônicas interajam com mais facilidade em sistemas Web. Em particular, esta pesquisa é guiada pela seguinte questão de pesquisa:

*“Como aprimorar a acessibilidade de interfaces Web para pessoas com daltonismo de forma adaptativa às suas necessidades e preferências no que se refere à visualização, distinção e gostos?”*

### **1.3 Objetivos, Hipótese e Contribuições**

O objetivo deste trabalho de pesquisa é propor um *framework* e arquitetura para a construção de interfaces adaptativas que facilite e atenda as preferências na interação de pessoas daltônicas com sistemas *Web*. Visa-se proporcionar uma percepção e interpretação mais eficiente e satisfatória das diversas cores que compõem os elementos de interação da interface. Uma importante característica desse trabalho é levar em consideração, além dos diversos tipos e subtipos de daltonismo, as preferências de cada usuário.

Para esse fim, foi explorado o uso de ontologias *OWL (Web Ontology Language; W3C, 2012)* combinadas com técnicas de adaptação de interfaces Web e algoritmos de recoloração de imagens. Foram definidos métodos para o desenvolvimento de interfaces adaptáveis (função passiva) e adaptativas (função ativa) com base em ontologias. As ontologias, nesta pesquisa, são destinadas a representar o conhecimento sobre daltonismo, contextos de uso, técnicas de adaptação e preferências pessoas, bem como

expressa formalmente quais aspectos que se pretende atingir na acessibilidade de pessoas com daltonismo.

Nossa hipótese para alcançar o objetivo apresentado é que ao realizar a adaptação de interfaces considerando representações do conhecimento do domínio, é possível proporcionar uma melhor interação dos daltônicos com as interfaces que necessitem de distinção de cores. Além de proporcionar a visualização de cores que são perceptíveis por usuários daltônicos, nosso trabalho permite que os usuários escolham as cores que são mais agradáveis a sua visão. Assim, foram atendidas às necessidades de visualização e distinção das cores por daltônicos.

As ontologias subjacentes, no *framework* proposto, representam o conhecimento sobre tipos de daltonismo, cores, contexto de uso, preferências pessoais e características de técnicas de adaptação. Para auxiliar na escolha de qual técnica utilizar em cada contexto específico foi realizada a comparação entre cores definidas como preferência para cada usuário, com as cores resultantes da aplicação feita para cada uma das técnicas de adaptação. Para tanto, foi elaborado um algoritmo que calcula a similaridade de cores para determinar a técnica que mais se aproxima das cores preferidas pelo usuário considerando o tipo de daltonismo.

A partir da investigação realizada nesse trabalho, foi alcançada como contribuição científica principal, um *framework* original de construção de interfaces adaptativas com base em ontologias, tornando-as acessíveis aos usuários com diversos tipos e subtipos de daltonismo. No desenvolvimento dessa pesquisa foram enfrentados os seguintes desafios científicos e tecnológicos:

- Foram definidos empiricamente, por meio de estudos com usuários, quais aspectos relacionados às características dos diversos tipos de daltonismo são relevantes para a adaptação de interfaces de usuários (*e.g.*, como cores que causam confusão a cada tipo de daltonismo são percebidas e interpretadas pelos usuários daltônicos em diferentes contextos de uso);
- Foi desenvolvida uma ontologia com representações dos conhecimentos sobre os tipos de daltonismo, características de cores presentes nos contextos de uso,

características das técnicas de adaptação e preferências dos usuários para cada contexto;

- Foi investigado como o uso da ontologia desenvolvida pode ser útil para alcançar cenários de adaptação de interfaces mais completos e relevantes. Em particular, foi entendido como explorar e selecionar técnicas de adaptação de imagens e interfaces *Web* segundo o conhecimento representado na ontologia;
- Foi explorado e formalizado um algoritmo de similaridade de cores que permite auxiliar na escolha de qual técnica deve ser aplicada conforme preferências de cada usuário em determinado contexto de interação e o tipo de daltonismo;
- Foi definido um *framework* genérico que agrega os diversos componentes da solução pesquisada incluindo: a ontologia, o algoritmo de cálculo de similaridade de cores, técnicas de recolocação e adaptação de interfaces *Web*;
- Foi implementado o *framework* proposto em uma arquitetura e protótipo de aplicação para a adaptação e personalização de interfaces visando a condução de avaliações experimentais;
- Foi executada uma avaliação experimental com usuários daltônicos, de forma que possam interagir com o protótipo e arquitetura que implementa o *framework*, realizando as personalizações das cores conforme suas preferências e avaliando os resultados das adaptações.

De uma perspectiva prática para os usuários daltônicos, este trabalho contribui para que eles possam interagir com interfaces *Web* de forma mais eficiente, distinguindo melhor as combinações de cores, sem deixar de atender suas preferências pessoais.

#### **1.4 Estrutura da Dissertação**

Os demais capítulos desta dissertação estão estruturados da seguinte maneira:

- O Capítulo 2 desenvolve a fundamentação teórica e metodológica da dissertação, que são descritos os conceitos de acessibilidade, interfaces adaptativas e adaptáveis na *Web*, além de tecnologias da *Web* Semântica, com destaque para as ontologias.

- O Capítulo 3 apresenta uma pesquisa bibliográfica que reflete o estado da arte no que se refere às propostas para adaptação de interfaces e acessibilidade *Web* para pessoas com daltonismo. Foram destacados os algoritmos, *frameworks* e métodos de design existentes. Também são descritos trabalhos que visam explorar ontologias na adaptação de interfaces. Foi posicionada esta pesquisa sobre o estado da arte e é argumentada a originalidade do trabalho no avanço do conhecimento.
- O Capítulo 4 descreve o estudo inicial conduzido com usuários daltônicos com o objetivo de fundamentar a elaboração da ontologia. É descrito o processo de criação da ontologia e o resultado obtido com as regras de inferência que representa o conhecimento relacionado ao daltonismo e adaptação de interfaces.
- O Capítulo 5 apresenta a definição do *framework* FAIBOUD, que possibilita a adaptação de interfaces com base no conhecimento presente na ontologia. É descrito um algoritmo para computar a similaridade entre cores, que permite auxiliar na decisão de qual técnica de adaptação deve ser aplicada para o usuário conforme o tipo de daltonismo e o contexto de interação.
- O Capítulo 6 apresenta a avaliação experimental realizada com usuários daltônicos reais, em que eles avaliam o uso do *framework* de adaptação de interfaces implementada em uma arquitetura e explorado por um protótipo de sistema *Web*. É apresentado o procedimento de avaliação, bem como os resultados alcançados e uma discussão sobre os mesmos.
- O Capítulo 7 é destinado às conclusões da pesquisa, suas contribuições e apresentação dos trabalhos futuros.

# Capítulo 2

## Referencial Teórico Metodológico

Neste capítulo são definidos os conceitos chaves utilizados nesta dissertação, bem como são apresentadas as teorias e métodos nos quais esta pesquisa se fundamenta. A seção 2.1 descreve o conceito e recomendações de acessibilidade na Web. A seção 2.2 define conceitos relacionados com interfaces adaptativas e adaptáveis em sistemas interativos, enquanto a seção 2.3 introduz as tecnologias da Web Semântica. O capítulo é finalizado com a seção 2.4 que efetua uma síntese dos assuntos apresentados neste capítulo.

### 2.1 Acessibilidade na Web

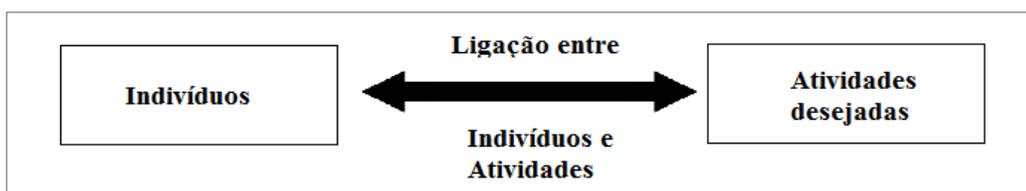
Acessibilidade é um conceito central nesta dissertação, o entendimento claro sobre o conceito de acessibilidade pode posicionar melhor a pesquisa e as contribuições realizadas. O termo acessibilidade é apresentado de diversas maneiras, dependendo do contexto em que é discutido. A Lei 10.098 de 19 de dezembro de 2000 (Brasil, 2000) estabelece as normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência<sup>2</sup> ou com mobilidade reduzida. O artigo 2º define acessibilidade como sendo a possibilidade e condição para utilização com segurança e autonomia de pessoas portadoras de deficiência, ou com redução de mobilidade, mediante a supressão de barreira e obstáculos nas vias e espaços públicos, mobiliário urbano, construção e reforma de edifícios e nos meios de comunicação e transporte.

Acessibilidade pode também ser denotada em termos de normas técnicas. A Norma Brasileira ABNT NBR 9050 de 30 de junho de 2004 (ABNT, 2004) trata Acessibilidade em edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. O termo é definido como a possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização com segurança e autonomia de edificações, espaço, mobiliário, equipamento urbano e elementos.

---

<sup>2</sup> A lei utiliza o termo “portador de deficiência” no lugar do termo “pessoa com deficiência” que é atualmente adotado na literatura.

A literatura científica considera a acessibilidade como tendo três componentes primários: (i) indivíduos; (ii) atividades e destinos desejados; e (iii) relação entre indivíduo e atividades (Jones e Wixey, 2005). A Figura 2.1 apresenta o conceito de acessibilidade de forma sintética, que pode ser descrita como a relação de forma harmoniosa entre as pessoas e os recursos desejados. Para Conforto e Santarosa (2002), a acessibilidade é entendida como sinônimo de aproximação, um meio de disponibilizar a cada usuário interfaces que respeitem suas necessidades e preferências.



**Figura 2.1: Componentes primários de acessibilidade (adaptado de Conforto e Santarosa, 2002)**

Nessa perspectiva, no contexto deste trabalho a acessibilidade é entendida como sendo a possibilidade de acesso a espaços ou informações, independente das limitações físicas ou intelectuais dos indivíduos. Para o desenvolvimento desta pesquisa, é levado em conta a acessibilidade voltada para sistemas Web, que segundo a W3C (*World Wide Web Consortium*) diz respeito à facilidade de acesso, por qualquer pessoa, independente de condições físicas, técnicas ou dispositivos.

Mais especificamente, a W3C (2014) divide em três tipos de usuários a que se destina a acessibilidade Web:

- **Deficientes visuais:**
  - **Cegos:** usuários que necessitam de leitores de tela para a navegação;
  - **Daltônicos:** são aqueles usuários com dificuldade de enxergar ou distinguir as cores;
  - **Baixa visão:** necessitam de aumento de tela para a leitura;
- **Deficientes auditivos:**

- Usuários que não conseguem ouvir ou possuem dificuldades para ouvir sons provenientes das páginas Web;
- **Deficientes motores:**
  - São usuários com capacidades físicas limitadas no que diz respeito ao uso de dispositivos como *mouse* ou teclado;

Com o objetivo de desenvolver estratégias, diretrizes e recursos para tornar a Web acessível a pessoas com deficiência, foi criada no W3C a *Web Accessibility Initiative* (WAI). A WAI trabalha em conjunto com organizações de todo o mundo e através dessa colaboração foram desenvolvidos os *Web Content Accessibility Guidelines* (W3C, 2014), com recomendações de acessibilidade para conteúdos Web que incluem diretrizes que explicam como tornar os conteúdos acessíveis a todas as pessoas.

O documento do WCAG 2.0 está estruturado em quatro dimensões que incluem inicialmente princípios, suas recomendações, critérios e técnicas específicas (Figura 2.2).



**Figura 2.2: Estrutura do documento WCAG 2.0 (adaptado de Curso eMag para conteudistas)**

A Tabela 2.1 descreve os quatro princípios do WCAG 2.0 e suas respectivas recomendações.

**Tabela 2.1. Princípios e recomendações do WCAG 2.0 (adaptado de W3C, 2014)**

Princípios	Recomendações
<p><b>1. Perceptível:</b> as informações e os componentes da interface devem ser apresentados aos usuários em formas que esses possam percebê-las.</p>	<p><b>1.1 Alternativas em Texto:</b> Fornecer alternativas textuais para conteúdos não textuais que permita a alteração para formas mais adequadas às necessidades de cada indivíduo tais como impressão em caracteres ampliados, braile, áudio ou símbolos.</p>
	<p><b>1.2 Mídias com base no tempo:</b> Fornecer alternativas para multimídia.</p>
	<p><b>1.3 Adaptável:</b> Criar conteúdos que possam ser apresentados de modos diferentes sem perda de informações ou estruturas.</p>
	<p><b>1.4 Discernível:</b> Facilitar aos usuários a visualização e audição de conteúdos incluindo as separações das camadas de frente e fundo.</p>
<p><b>2. Operável:</b> componentes de interfaces de usuários e a navegação têm que ser operáveis.</p>	<p><b>2.1 Acessíveis por teclado:</b> Disponibilizar as funcionalidades a partir do teclado.</p>
	<p><b>2.2 Tempo suficiente:</b> Prover tempo necessário para a leitura e uso do conteúdo.</p>
	<p><b>2.3 Ataques de convulsão:</b> Não criar conteúdos de formas conhecidas que causem convulsões.</p>
	<p><b>2.4 Navegável:</b> Criar formas que auxiliem os usuários na navegação e localização de conteúdos onde esses se encontrem.</p>
<p><b>3. Compreensível:</b> as informações e operações das interfaces têm que ser compreensíveis.</p>	<p><b>3.1 Legível:</b> Tornar o conteúdo de textos legíveis e compreensíveis.</p>
	<p><b>3.2 Previsível:</b> Fazer com que as páginas sejam visualizadas de modo previsível.</p>
	<p><b>3.3 Assistência de entrada:</b> Auxiliar os usuários para evitar e corrigir erros.</p>
<p><b>4. Robusto:</b> os conteúdos devem ser robustos o suficiente para serem interpretados de forma concisa por diversos agentes do usuário, inclusive por recursos de tecnologias assistivas.</p>	<p><b>4.1 Compatível:</b> Maximizar o compartilhamento entre os atuais e futuros agentes de usuários, incluindo tecnologias assistivas.</p>

Para cada uma das recomendações, existem critérios de sucesso que visam permitir que as suas regras sejam usadas onde os requisitos e os testes de conformidade forem necessários. Para satisfazer as necessidades de diferentes grupos e situações foram definidos três níveis de conformidade<sup>3</sup>: Níveis A (básico), AA (intermediário) e AAA (mais elevado). Segundo orientações da W3C, não é recomendado o Nível AAA como uma política geral para *Websites* em sua totalidade, pois há dificuldades em cumprir todos os critérios de sucesso nesse nível para alguns conteúdos.

Para cada uma das recomendações e critérios de sucesso existe um grande número de técnicas<sup>4</sup>. Essas técnicas têm caráter informativo e estão divididas em duas categorias: (1) as que são suficientes para satisfazer os critérios de sucesso; e (2) as que são aconselhadas. Como referência de informações sobre a adaptação de interfaces, é dada ênfase nos seguintes:

- Critério de sucesso 1.3.1: faz orientações sobre como combinar cores e marcação semântica para transmitir informações. Como técnicas, são sugeridos a combinação de aviso de cores e de textos ou caracteres para a transmissão das informações.
- Critério de sucesso 1.4.1: orienta sobre a percepção das cores. Sua finalidade é garantir que os usuários possam ter acesso às informações transmitidas através da utilização de cores em que cada uma tenha um significado próprio. O critério destaca a importância das cores na percepção dos conteúdos Web. Nesse critério, são recomendadas técnicas como a colocação de textos alternativos e relação de contrastes ou padrões para melhor identificação das cores.
- Critério de sucesso 1.4.8: recomenda a inclusão de controles em páginas Web de forma a permitir os usuários especificarem as cores de primeiro plano e de fundo preferidas para seu conteúdo. Dessa forma, o usuário pode controlar a seleção de cores de uma página e guardar em suas preferências e utilizá-las em todas as páginas.

---

<sup>3</sup><http://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/conformance.html#uc-levels-head>

<sup>4</sup><http://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/>

No desenvolvimento desta dissertação, para fins experimentais foram construídas algumas interfaces que propositalmente não seguem esses padrões. Assim foi possível simular um ambiente no qual os usuários com daltonismo tivessem dificuldades para a identificação das informações. O padrão WCAG 2.0 foi ainda utilizado como referencial para a construção da ontologia, entretanto ele é focado em ações em “tempo de *design*”, não especificando técnicas a serem utilizadas em tempo de execução para adaptar a interface às necessidades do usuário. Portanto, conceitos relacionados à adaptação de interfaces são apresentados na próxima seção.

## 2.2 Interfaces Adaptativas e Adaptáveis em Sistemas Interativos

Nesta seção são apresentados os conceitos sobre interfaces adaptativas e adaptáveis que fundamentam este trabalho. Mais especificamente, são consideradas teorias e métodos de base para adaptação de interfaces de forma a facilitar a acessibilidade.

O conceito de adaptação de interfaces foi mencionado desde o início dos anos 80, por exemplo, com o editor EMACS que oferecia mecanismos de adaptação através de extensões e programação em Lisp (Stallman, 1980). Mais tarde, a tarefa de adaptação de interfaces ficou conhecida como *tailoring*. Kjaer e Madsen (1995) definem o *tailoring* como sendo uma modificação e adaptação de sistemas após terem sido colocados em uso. Em particular, Morch (1995) divide a realização de *tailoring* em três níveis para atender usuários finais (Figura 2.3):

1. **Customização:** permite alterações na aparência de objetos ou a edição de atributos por meio de opções de seleção pré-definidas;
2. **Integração:** permite que sejam adicionadas novas funcionalidades a uma aplicação pelos usuários;
3. **Extensão:** permite a melhoria de funcionalidades de uma aplicação pela adição de novo código.

Entre esses níveis existem as seguintes camadas:

- **Distância de uso:** é a camada entre o usuário e as informações apresentadas a ele. É uma distância entre os efeitos previstos e os resultados reais da interface;

- **Distância de design:** é a camada que torna possível que o usuário não precise entender a lógica do código da aplicação.

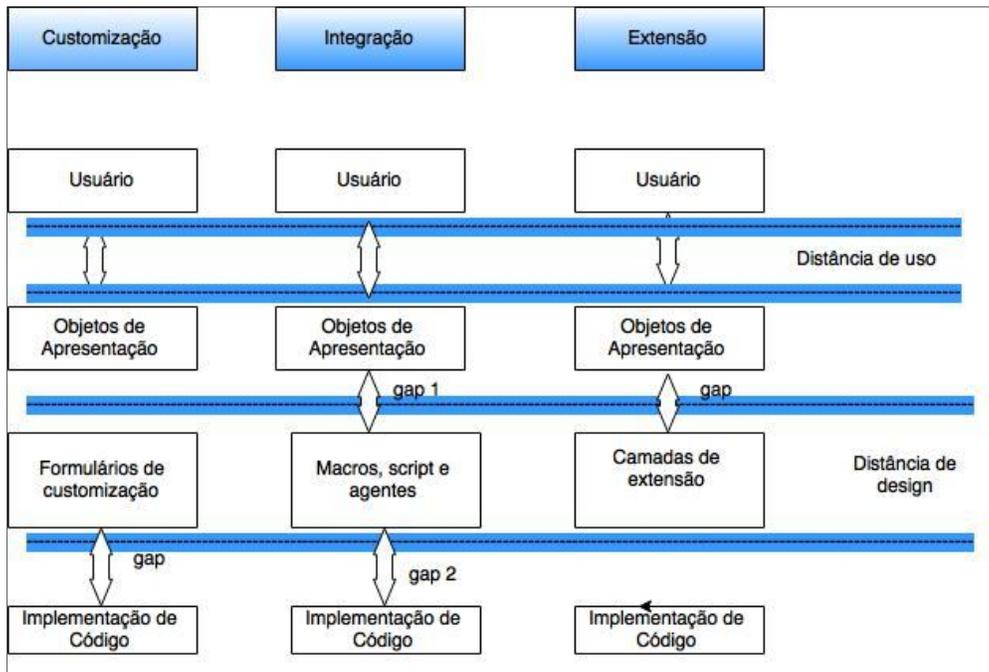


Figura 2.3: Categorias de tailoring (adaptado de Morch, 1995).

Adicionalmente, Germonprez e Collopy (2004) definem a adaptação como sendo uma opção que permite usuários finais selecionarem e integrarem recursos de tecnologia na criação e recriação contínua de sistemas de informação. O *design* desse tipo de interface deve contemplar alterações conforme as preferências de função, estética e *layout*. Mais atualmente, os esforços na adaptação de interfaces podem ser divididos em duas frentes incluindo o conceito de interfaces adaptativas e interfaces adaptáveis.

As interfaces adaptativas são aquelas em que o sistema controla as mudanças de forma que a adaptação não dependa da interação direta do usuário (Findlater e McGrenere, 2004). É possível entender que interfaces adaptativas são aquelas que permitem, em tempo de execução e sem intervenção, a adequação de seu conteúdo e disposição, às necessidades e preferências dos usuários finais.

Nessas adequações são encontradas àquelas que são feitas de forma a atender às necessidades de acessibilidade desses usuários. Gibson (2007) aborda a necessidade de construir interfaces Web adaptativas baseadas em WAI-ARIA<sup>5</sup>, que permitem uma melhor acessibilidade às pessoas com deficiências. Para tal, usam-se marcações semânticas adicionais em HTML para permitir uma melhor interpretação dos componentes de interface e interações dinâmicas para o usuário. Um exemplo simples de interfaces adaptativas são as páginas de *Internet Banking*, que são disponibilizados na página inicial os recursos mais utilizados para cada usuário.

Já as interfaces adaptáveis são aquelas customizáveis em que as alterações dependem da interação do usuário para que as mudanças aconteçam (Findlater e McGrenere, 2004). Nesse tipo de adaptação de interfaces, é possível a alteração de funcionalidades ou menus por parte dos usuários, de forma que essas alterações atendam suas necessidades. As alterações de contraste e *zoom* realizadas pelos usuários em páginas Web são exemplos de interfaces adaptáveis.

No contexto de acessibilidade, técnicas de interfaces adaptativas e adaptáveis são de grande utilidade para tornar acessíveis os conteúdos de páginas Web aos usuários que tenham algum tipo de limitação ou deficiência. Para usuários com daltonismo, essas adaptações são essenciais, tendo em vista que é preciso atender os diversos tipos e subtipos dessas deficiências. Adicionalmente, Neris *et al.* (2013) destaca a importância da flexibilidade nas interfaces de usuários e modificações em seu comportamento como um dos parâmetros-chaves para a criação de sistemas inclusivos de forma a atender as diferentes necessidades de interação.

### **2.3 Tecnologias da Web Semântica**

As páginas Web eram inicialmente criadas exclusivamente por programadores e elas ofereciam maneiras simples de compartilhar informações. Em seguida, foram desenvolvidas ferramentas que permitiam aos usuários sem conhecimentos de programação criar suas páginas. Até este momento, as páginas possuíam basicamente

---

<sup>5</sup>WAI-ARIA (*Accessible Rich Internet Applications*) define uma forma de tornar o conteúdo e aplicativos Web mais acessíveis a pessoas com deficiências. Ele contribui especialmente com conteúdo dinâmico e interface de controles de usuário avançadas desenvolvidos com Ajax, HTML, *JavaScript* e tecnologias relacionadas.

informações direcionadas a leitores humanos e não para máquinas (agentes inteligentes). Dessa forma, os computadores restavam como dispositivos que serviam e possibilitavam apenas armazenamento, transmissão e a visualização das informações.

Com o objetivo de melhor organizar, estruturar e interpretar as informações na Web, modelos têm sido investigados para permitir categorizar o conhecimento de maneira padronizada e que facilite seu acesso por agentes computacionais e humanos de forma distribuída. Nessa linha, destaca-se a Web Semântica, idealizada e conduzida pela W3C, cuja principal meta é fazer com que computadores possam interpretar explicitamente a semântica dos elementos presentes nas páginas Web.

A Web Semântica é definida como sendo ao mesmo tempo uma evolução e uma extensão da Web atual. Através da Web Semântica pode ser possível um processamento computacional mais apurado do conteúdo na Web, em que a estruturação de dados publicados permite que eles se tornem interpretáveis pelos computadores (Berners-Lee et al., 2001).

Ontologias como uma das tecnologias centrais no contexto da Web Semântica se apresentam como elemento fundamental nesta pesquisa. Mais especificamente, neste trabalho foi usada a ontologia para representar o conhecimento sobre as características dos diversos tipos de daltonismo e das técnicas de adaptação que podem ser aplicadas nos contextos de interação. Ontologias têm sido investigadas e construídas para representar semântica em sistemas computacionais.

O dicionário *Michaelis Online*<sup>6</sup> define ontologia de forma geral em seu sentido metafísico como: “Parte da metafísica que estuda o ser em geral e suas propriedades transcendentais”. Em *Ciência da Computação*, a definição mais encontrada na literatura é o de Gruber: “Ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada” (Gruber, 1993 p. 20). Em outras palavras, uma ontologia consiste de uma estrutura sintática que modela os conceitos de um domínio do conhecimento<sup>7</sup>. Ainda a W3C define Ontologia como: “a definição dos termos

---

<sup>6</sup> <http://michaelis.uol.com.br/>

<sup>7</sup> O conceito de ontologia é utilizado nesta dissertação conforme entendido na área de Web Semântica, diferenciando, portanto, de outras definições como as utilizadas na área de Semiótica Organizacional.

utilizados na descrição e na representação de uma área do conhecimento” (Breitman, 2005 p. 31).

A OWL (*Web Ontology Language*) é uma linguagem padrão da W3C para a descrição de ontologias; ela permite descrever classes e relações entre elas. Segundo Breitman (2005), os principais usos da OWL são:

- A formalização de domínios através da definição explícita de classes de significado e propriedades dessas classes;
- A definição de indivíduos (instâncias) e a afirmação de propriedades sobre eles;
- O raciocínio lógico automático sobre as classes e indivíduos segundo o grau permitido pela semântica formal da linguagem OWL.

De acordo o Guia de Referência da W3C (W3C, 2012), as ontologias OWL são classificadas em três tipos, conforme a sub-linguagem utilizada:

1. **OWL-Lite:** é uma sub-linguagem de sintaxe mais simples. É destinada a situações que apenas são necessárias restrições e uma hierarquia de classes mais simples.
2. **OWL-DL:** é mais expressiva que a OWL-lite. Fundamenta-se em lógica descritiva, um fragmento de lógica de primeira ordem, passíveis, portanto de raciocínio automático. É possível computar automaticamente a hierarquia das classes e verificar inconsistências na ontologia;
3. **OWL-Full:** é a sub-linguagem OWL mais expressiva e destina-se a situações em que a expressividade é mais importante do que garantir a decidibilidade ou completude da linguagem.

As principais propriedades básicas de OWL incluem:

- **Namespaces:** são declarações que são localizadas em rótulos do tipo *rdf:RDF*<sup>8</sup>. Essas declarações permitem que os identificadores presentes na ontologia sejam interpretados sem ambiguidades;
- **Cabeçalhos e Anotações:** são rótulos responsáveis por registrar comentários, controle de versão e inclusão de conceitos e propriedades de outras ontologias;
- **Classes:** representam um conjunto ou coleção de indivíduos (objetos, pessoas, coisas) que compartilham de um mesmo grupo de um domínio.
- **Indivíduos:** são objetos do mundo que pertencem a classe e são relacionados a outros indivíduos e classes através de propriedades. São membros das classes.
- **Propriedades:** Elas servem para descrever fatos em geral. Podem se referir a todos os membros que pertencem a uma classe. Essas propriedades podem ser:
  - **Propriedade de Objetos (*Object Properties*):** é uma relação entre os indivíduos de diferentes classes;
  - **Propriedade de Dados (*Data Properties*):** é uma relação entre indivíduos e valores. Representam atributos;
- **Restrições:** é utilizada para definir alguns limites sobre os indivíduos que pertencem a uma mesma classe.

Nesta pesquisa, foram exploradas as ontologias descritas em OWL para a modelagem formal do conhecimento no domínio em estudo. As propriedades OWL são usadas para especificar os elementos do conhecimento. Em nossa abordagem, o conhecimento do domínio permite definir e escolher técnicas para adaptação de interfaces capazes de apoiar os usuários com daltonismo a distinguirem entre as diversas cores fornecidas em uma página Web.

---

<sup>8</sup> RDF (*Resource Description Framework*). É um modelo padrão para a descrição e intercâmbio de dados na Web Semântica. Possui características que facilitam a fusão de dados, mesmo se os esquemas subjacentes diferem. Mais especificamente, ele apoia a evolução dos esquemas ao longo do tempo sem a necessidade de todos os consumidores de dados serem alterados. <https://www.w3.org/RDF/>

Para inferir novos conhecimentos e recuperar esses conhecimentos armazenados na ontologia, são exploradas regras descritas em SWRL que são interpretadas por um *reasoner*:

- **SWRL:** A *Semantic Web Rule Language* (Linguagem de Regras para Web Semântica) é uma linguagem baseada em OWL-DL e OWL-Lite. Usada para a inferência e recuperação de conhecimentos em ontologias. As regras SWRL são compostas por antecedente e conseqüente. Assim, quando as condições do antecedente forem verdadeiras, as condições do conseqüente também serão verdadeiras, inferindo novos fatos a serem agregados ao conhecimento descrito na ontologia;
- **Reasoner:** São ferramentas para a execução de tarefas de raciocínio, normalmente baseadas em RDF(S), OWL, SWRL ou outro mecanismo de regras<sup>9</sup>. Nesta dissertação, o *reasoner* possibilita a inferência de informações referentes às preferências dos usuários na ontologia (*e.g.*, preferências de cores). Também é possível recuperar as informações contidas na ontologia e usá-las para a tomada de decisão em relação à adaptação de cores. Neste trabalho foi utilizado o *reasoner* Pellet<sup>10</sup>.

No exemplo abaixo, é apresentada uma regra usando SWRL:

$$\circ \text{ color}(?c) \wedge \text{ user}(?u) \wedge \text{ pathology}(?p) \wedge \text{ hasPathologyUser}(?u,?p) \wedge \text{ hasPathologyColor}(?c, ?p) \Rightarrow \text{ action}(?c)$$

Com essa regra são listadas todas as cores que causam confusão para um determinado tipo de daltonismo:

- *color(?c)*: *color* é o nome da classe OWL que estão os indivíduos(cores) que causam confusão aos usuários daltônicos. O valor entre parêntesis é uma variável criada e associada à classe;
- *user(?u)*: é a classe que representa os indivíduos (usuários) com daltonismo.

---

<sup>9</sup> <https://www.w3.org/2001/sw/wiki/Category:Reasoner>

<sup>10</sup> *Reasoner* de código aberto desenvolvido em Java e baseado em OWL2. Disponível em: <https://github.com/stardog-union/pellet>

- *pathology(?p)*: é a classe que representa os diversos tipos de daltonismo;
- *hasPathologyUser(?u,?p)*: é um *Object Property* (relacionamento) entre as classes *user(?u)* e *pathology(?p)*. Define a patologia de determinado usuário.
- *hasPathologyColor(?c,?p)*: é o *Object Property* (relacionamento) entre as classes *color(?c)* e *pathology(?p)*. Determina qual cor é confundida por determinado tipo de daltonismo.

Através do uso de ontologias, juntamente com um algoritmo que computa similaridade entre cores (*cf.* Capítulo 5), foi possível modelar fatos sobre o conhecimento e investigar métodos para auxiliar na escolha e aplicação de algoritmos de recoloração mais adequados às necessidades dos daltônicos, e também conforme suas preferências.

## 2.4. Síntese do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados os conceitos, teorias e métodos fundamentais que foram explorados para alcançar os objetivos deste trabalho de pesquisa. Foram descritos os princípios de acessibilidade que servem de referencial teórico para a solução proposta, assim como aos padrões de recomendações e técnicas do W3C que fomentaram a construção da nossa ontologia e os experimentos realizados.

Subsequentemente, Foram apresentados os aspectos e técnicas de adaptação de interfaces, diferenciando interfaces adaptativas de adaptáveis, uma vez que este trabalho visa propiciar interfaces adequadas às necessidades de usuários daltônicos em tempo de execução. Foi destacada ainda a importância de interfaces flexíveis para o contexto de acessibilidade.

Por fim, foram apresentadas as tecnologias da Web Semântica, em especial, as ontologias que são artefatos essenciais para embasar a definição de um *framework* genérico, que realiza a alteração de cores em determinado contexto de interação. O próximo capítulo realiza uma revisão do estado da arte em temas relacionados, destacando o diferencial e originalidade deste trabalho.

# Capítulo 3

## Trabalhos Relacionados

Este capítulo reporta sobre uma investigação aprofundada da literatura sobre assuntos relacionados a esta dissertação. Para tanto, foram realizadas buscas por palavras-chaves nas seguintes bases de conhecimento científico: *ACM Digital Library*<sup>11</sup>, *SCOPUS (Elsevier)*<sup>12</sup>, *Springer*<sup>13</sup> e *IEEE Xplore Digital Library*<sup>14</sup> através do Portal de Periódicos da CAPES<sup>15</sup>.

Foram utilizadas combinações das seguintes palavras-chaves: *adaptive, interfaces, accessibility, colorblind, ontologies, flexible, color, adaptative e web*. Como resultado, foi possível identificar as diversas abordagens existentes de investigações para proporcionar maior acessibilidade às pessoas com daltonismo em interfaces Web. Não foram utilizados critérios de exclusão com base na data de publicação; a exclusão foi realizada com base, primeiramente na leitura de títulos e resumos, e após isto na leitura do texto completo de acordo com a proximidade com o tópico de pesquisa desta dissertação e contribuições dos artigos para o tema em foco.

Nesta investigação, foram encontrados resultados publicados em periódicos e eventos científicos internacionais relevantes da área:

- **Acessibilidade:** *SIGACCESS conference on Computers and accessibility; SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems; ACM Transactions on Accessible Computing; Workshop on Computer Vision Applications for the Visually Impaired e International cross-disciplinary workshop on Web accessibility;*

---

<sup>11</sup> <http://dl.acm.org/>

<sup>12</sup> <http://www.sciencedirect.com/>

<sup>13</sup> <http://link.springer.com/>

<sup>14</sup> <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

<sup>15</sup> <http://www.periodicos.capes.gov.br/>

- **Interação Humano-Computador:** *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* e *ACM symposium adjunct on User interface software and technology*;
- **Computação Gráfica:** *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*.

Também serviram de referência publicações em periódicos como *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms in Operations Research*, além de trabalhos acadêmicos pertencentes a pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Universidade de Minho em Portugal. Portanto, publicações dessas fontes foram incluídas por busca exploratória em referências de outras publicações e páginas de instituições de pesquisa.

Estes trabalhos foram então categorizados e analisados em conjunto. Huang *et al.* (2008) propõem organizar os trabalhos visando proporcionar maior acessibilidade aos daltônicos em duas categorias. A primeira consiste em métodos e ferramentas de *design* e a segunda em desenvolvimento e aperfeiçoamento de algoritmos de recoloração. Contudo, durante a pesquisa bibliográfica, foi observado que além dessas duas categorias é possível efetuar uma melhor organização e entendimento dos trabalhos incluindo duas novas categorias.

Nessa perspectiva, alguns trabalhos pesquisados foram inseridos em uma categoria denominada de *frameworks*, em que ferramentas são usadas para auxiliar na construção de interfaces de maneira “semi-automática”. Além das três categorias mencionadas e que são de trabalhos específicos sobre acessibilidade para daltônicos, foi incluída uma quarta, em que são descritos os trabalhos relacionados à adaptação de interfaces com base em ontologias. A inclusão dessa última categoria justifica-se devido ao objetivo específico deste trabalho, uma vez que este trata sobre a adaptação de interfaces para pessoas com daltonismo com base em ontologias. Logo, foi aprofundado o entendimento sobre os trabalhos que utilizam ontologias para que seja possível uma melhor tomada de decisão em quais algoritmos ou técnicas podem ser considerados em soluções para usuários daltônicos.

Portanto, quatro categorias de solução estudadas são definidas em nosso trabalho da seguinte forma:

- **Métodos de *Design*:** proposta de métodos de design e construção de interfaces que atendam daltônicos;
- ***Frameworks de Acessibilidade para Daltônicos*:** estruturas conceituais e de *software* que auxiliam na construção de interfaces adaptáveis as pessoas com daltonismo;
- **Algoritmos de Recoloração:** procedimentos específicos que propõem a recoloração de imagens para adaptar suas cores visando uma melhor visualização por daltônicos;
- **Ontologias na adaptação de interfaces:** uso de ontologias na adaptação de interfaces.

A seguir, são apresentados os trabalhos pesquisados na literatura organizados nas quatro categorias propostas. Para cada trabalho são destacados objetivos, pontos fortes e limitações. A seção 3.1 descreve os trabalhos relacionados a *design*, enquanto a seção 3.2 descreve os trabalhos relacionados a *frameworks* e a seção 3.3 os algoritmos de recoloração. A seção 3.4 descreve os trabalhos que usam ontologias na adaptação de interfaces. A seção 3.5 apresenta uma discussão sobre o estado da arte e o posicionamento sobre os trabalhos analisados. Finalmente, a seção 3.6 efetua uma síntese do capítulo.

### **3.1. Métodos de *Design***

A Tabela 3.1 apresenta os trabalhos que propõem métodos para a construção de interfaces com foco na melhor visualização e interação por pessoas com daltonismo, destacando seus objetivos, pontos fortes e limitações.

**Tabela 3.1. Propostas de Métodos de *Design***

Objetivos	Pontos fortes	Limitações	Referência
Elabora um algoritmo genético para a adaptação das paletas de cores que atendam às exigências de estética e acessibilidade para serem utilizados durante o processo de design.	O trabalho serve como orientação para os designers no momento de projeto para que possam construir interfaces que permitam uma melhor visualização por pessoas com daltonismo.	Foram usados apenas simuladores de daltonismo.  A otimização das cores deve ser feita de forma fixa antes do início do <i>design</i> e não podem ser alteradas em tempo de execução.	<i>Adapting palettes to color vision deficiencies by genetic algorithm.</i> (Troiano <i>et al.</i> , 2008)
Investiga como desenvolver interfaces que atendam diferentes possibilidades de interação com os usuários.	A proposta segue os preceitos de <i>Design</i> para todos (Connell <i>et al.</i> 1997). Apresenta a possibilidade de desenvolvimento de interfaces ajustáveis que permitem modificações no seu comportamento em tempo de uso.	A proposta do trabalho é focada na adaptabilidade das interfaces às necessidades dos usuários, mas o estudo exploratório sobre normas que representam o domínio de aplicação e as decisões de <i>design</i> destas interfaces não faz qualquer suposição sobre a qualidade de imagens para daltônicos.	Estudo e proposta de um framework para o design de interfaces de usuário ajustáveis. (Neris, 2010)
Avaliam soluções para a recoloração de imagens de conteúdos da <i>Web</i> mostrando indicadores sobre o estado da arte em relação a essas tecnologias.	Aborda as soluções para a acessibilidade de páginas <i>Web</i> para daltônicos passando por duas vertentes: (i) aplicação de paletas de cores para melhor visualização dos daltônicos; (ii) aplicação de algoritmos de recoloração que	Apesar de o trabalho permitir efetuar a recoloração conforme o tipo de daltonismo de cada usuário, ele não possibilita levar em consideração suas preferências pessoais em relação	Recoloração de Web conteúdos para daltônicos. (Ribeiro e Gomes, 2012)

	<p>adaptam as cores à visão dos daltônicos.</p> <p>O trabalho sugere o uso do elemento Canvas<sup>16</sup> do HTML5 na recoloração específica de páginas Web, manipulando as nível do <i>pixel</i> (com a ajuda de <i>Javascript</i>), alterando as cores durante o carregamento da página no navegador e sem o uso de aplicações externas.</p>	a essas novas cores.	
<p>Avalia o <i>design</i> de páginas Web para que possam ser acessíveis para usuários com daltonismo.</p>	<p>Testes empíricos sobre a interpretação de uma interface Web simples por usuários daltônicos.</p> <p>Resultados indicaram que é mais apropriado que sejam criadas páginas Web ou navegadores que se adaptem para a visualização de usuário com daltonismo.</p>	<p>As sugestões de <i>design</i> para sistemas Web e navegadores são pouco detalhadas. Os experimentos conduzidos ainda são preliminares.</p>	<p>Usabilidade Web para usuarios daltônicos. (Rodriguez, 2013)</p>

<sup>16</sup> O elemento HTML `<canvas>` é usado para desenhar gráficos em uma página Web.

Desenvolve métodos baseados nos sistemas de massa-mola <sup>17</sup> e de CMA-ES <sup>18</sup> para a compensação no contraste das cores de textos em páginas Web.	Descrição detalhada das principais técnicas de re-coloração de imagens voltadas para daltônicos, em especial do tipo <i>dicromatismo</i> .	Não desenvolve avaliações experimentais da proposta com usuários reais. O estudo apenas considera usuários com <i>dicromatismo</i> .	<i>Web Page Textual Color Contrast Compensation for CVD Users Using Optimization Methods.</i> (Mereuta <i>et al.</i> , 2013)
--	--	--	--

Os trabalhos desta categoria enfatizam o *design* e construção de interfaces que sejam visualizadas otimamente pelos usuários com daltonismo. As propostas vão desde a combinação de cores que possibilitem uma melhor percepção das informações, até sugestões de uso de ferramentas e tecnologias (e.g., Mereuta *et al.*, 2013) para que as cores sejam adaptadas conforme as necessidades de usuário daltônicos. No entanto, essas adaptações acontecem no momento do *design* das interfaces e dessa forma qualquer tipo de modificação deve ser realizada pelos desenvolvedores com conhecimentos técnicos. Levando-se em consideração que existem mais de um tipo de daltonismo, é pouco provável a viabilidade da construção e manutenção simultânea de diferentes interfaces para cada um desses tipos. As soluções também estão geralmente restritas a parâmetros pré-definidos pelos *designers* com pouca flexibilidade durante a execução, bem como não possibilitam alterações em tempo real de acordo com as preferências dos usuários.

### 3.2. Frameworks de Acessibilidade para Daltônicos

A Tabela 3.2 apresenta as investigações que propõem *frameworks* que possibilitam a construção de interfaces que realizem a recoloração de imagens de forma

<sup>17</sup> Consiste em um conjunto de partículas (cada uma com determinada massa), conectadas por um conjunto de molas com determinado tamanho em estado relaxado). As partículas se movimentam guiadas pela resultante de forças externas (e.g., gravidade, inércia, atrito) compensadas por forças restauradoras das molas. Em sua forma mais simples (i.e., sem forças externas), quando comprimidas ou esticadas, as molas aplicam forças (que movimentam as partículas) na tentativa de restabelecer o seu tamanho relaxado. (Kuhn e Oliveira, 2015)

<sup>18</sup> É um algoritmo evolutivo para problemas não convexos, não lineares, difíceis de otimização no domínio contínuo. Normalmente é aplicado a problemas de otimização sem restrições ou restrição delimitadas e dimensões espaciais de busca entre três e cem.

semiautomática, para que sejam interpretadas adequadamente por usuários com daltonismo, destacando seus objetivos, pontos fortes e limitações.

**Tabela 3.2. Propostas de *Frameworks* de Acessibilidade para Daltônicos**

Objetivos	Pontos fortes	Limitações	Referência
Propõe um <i>framework</i> que substitui a cor original de documentos HTML por cores que são distinguíveis por pessoas com daltonismo.	Aborda as dificuldades de comunicação entre pessoas daltônicas e com visão normal fazendo a recoloração dos documentos conforme as intenções do usuário.	Limitado a apenas 10 cores simultâneas em ambientes interativos. Proposta não foi avaliada em atividades com usuários reais e aplicações práticas.	<i>SmartColor: Disambiguation Framework for the Colorblind.</i> (Wakita e Shimamura, 2005)
Define um <i>framework</i> baseado em serviços de filtro que aumenta o contraste e a luminosidade das cores.	Possibilidade de atender as diferentes preferências de usuários conforme suas necessidades de acessibilidade.	A proposta não atende os requisitos específicos para usuários daltônicos, atendendo apenas nos usuários com dicromacia.	Efficient edge-services for colorblind users. (Iaccarino et al., 2006a).
Propõe um <i>framework</i> que contém dados de fontes distribuídas, considerando as situações contextuais complexas, realizando a adaptação de serviços de <i>Internet</i> em diversos tipos de dispositivos com base nas preferências dos usuários.	Realiza a adaptação de serviços da <i>Internet</i> conforme as necessidades de acessibilidade e preferências dos usuários.	Destinado a acessibilidade <i>Web</i> , inclusive para daltônicos, mas não é específico para esse tipo de deficiência. Limita-se a atender somente usuários com dicromatismo.	<i>MIMOSA: context-aware adaptation for ubiquitous web access.</i> (Malandrino et al., 2009)

<p>Propõe um <i>framework</i> que permite o desenvolvimento de interfaces flexíveis fundamentadas no conceito de normas da Semiótica Organizacional.</p>	<p>O FAN – Flexibilidade via Ajax<sup>19</sup> e Normas, permite modificar interfaces Web em tempo real, sem a necessidade de recarregar a página. Possibilita identificar e capturar eventos, gerar e gravar informações para modificar elementos das páginas. O framework foi testado com usuários em um ambiente real.</p>	<p>A quantidade de normas influencia na performance do <i>framework</i>. O desenvolvimento em <i>JavaScript</i> de certos elementos de comportamento ajustável é de alta complexidade.</p> <p>Normas no desenvolvimento de ambientes Web inclusivos e flexíveis. (Fortuna, 2010)</p>
<p>Define um modelo individualizado de diferenciação de cores para melhorar a precisão de adaptação de cores. Visa melhorar a combinação entre a visão de cores humana comparadas com o esquema RGB<sup>20</sup>. O modelo é baseado na calibração de cores para um usuário em específico e para uma exposição particular, abrangendo os aspectos do usuário para perceber as cores em determinado ambiente.</p>	<p>O trabalho apresenta um modelo ajustável conforme as necessidades de cada pessoa, seja ela daltônica ou com visão normal. Abordagem considera fatores (incluindo causas genéticas, adquirida e ambiental) que influenciam o reconhecimento de cores.</p>	<p>O modelo é implementado em um cenário hipotético. Logo, os resultados não se estendem a aplicações práticas.</p> <p><i>Individual models of color differentiation to improve interpretability of information visualization.</i> (Flatla e Gutwin, 2010)</p> <p><i>Improving calibration time and accuracy for situation-specific models of color differentiation.</i> (Flatla e Gutwin, 2011)</p>

<sup>19</sup> Ajax (*Asynchronous JavaScript e XML*) é uma técnica para criação de páginas web rápidas e dinâmicas que permite que as páginas serem atualizado de forma assíncrona através da troca de pequenas quantidades de dados com o servidor nos bastidores. Isso possibilita atualizar apenas partes de uma página, sem recarrega-la por completo.

<sup>20</sup>RGB é a sigla do sistema de cores aditivas formado pelas iniciais das cores em inglês Red, Green e Blue, que significa em português, respectivamente, Vermelho, Verde e Azul.

<p>Define modelos de situações específicas para captar as necessidades de diferenciação de cores para usuários e melhorias nas ferramentas de recoloração de imagens. Uma ferramenta de recoloração foi desenvolvida com base nos modelos de situações específicas.</p>	<p>A calibração do modelo é feita no ambiente de uso, em que podem ser levados em conta os fatores como iluminação e resolução das telas utilizadas pelo usuário.</p> <p>Como o estudo envolveu tanto usuários daltônicos como com visão normal, a adaptação das cores foi feita para pessoas com daltonismo, sem prejudicar os usuários sem a patologia</p>	<p>O desempenho fica comprometido ao ser aplicado sobre vídeos e imagens em tempo real. Adicionalmente, o tempo de calibração é considerado alto, o que limita seu uso em situações reais.</p>	<p><i>Accessibility for individuals with color vision deficiency.</i> (Flatla, 2012)</p> <p><i>'So That's What You See!' Building Understanding with Personalized Simulations of Colour Vision Deficiency.</i> (Flatla e Gutwin, 2012a)</p> <p><i>SSMRecolor: improving recoloring tools with situation-specific models of color differentiation.</i> (Flatla e Gutwin, 2012b)</p> <p><i>Situation-Specific Models of Color Differentiation.</i> (Flatla e Gutwin, 2012c)</p>
<p>Propõe uma ferramenta de recoloração de páginas Web levando em consideração a subjetividade dos esquemas de cores.</p>	<p>A ferramenta é responsável por fazer a recoloração de páginas Web. Ela se mostrou com melhor desempenho em comparação com a proposta de Kuhn, et al. (2008), que segundo o autor é considerado o estado da arte em recoloração de imagens.</p>	<p>A recoloração proposta é aplicada às cores das páginas, mas não atingem as imagens inseridas no site.</p>	<p><i>SPRWeb: Preserving Subjective Responses to Website Colour Schemes through Automatic Recolouring.</i> (Flatla, 2013).</p>

Na categoria relacionada com *frameworks* foram encontrados diversos trabalhos que possibilitam a criação de interfaces visando acessibilidade, em particular o

daltonismo. Diversos trabalhos propõem trocas de cores de forma que elas sejam distinguíveis pelos daltônicos, enquanto outros fazem adaptações mais complexas baseando-se em contexto e normas para atingir seus objetivos. Um aspecto que limita os trabalhos nessa categoria, é que a maioria desses *frameworks* foi projetada para a solução de um tipo específico de problema e sua modificação ou calibração para atender outros tipos de usuários torna-se complexa. Por outro lado, os *frameworks* “genéricos” estudados não detalham como lidar com características e situações específicas de forma apropriada.

### 3.3. Algoritmos de Recoloração

A Tabela 3.3 descreve as investigações que utilizam algoritmos que efetuam recoloração em imagens fazendo com que as interfaces sejam distinguíveis por usuários daltônicos, destacando seus objetivos, pontos fortes e limitações.

**Tabela 3.3. Propostas de Algoritmos de Recoloração**

Objetivos	Pontos fortes	Limitações	Referência
Define uma técnica de adaptação de imagens que preserva os detalhes visuais, reduzindo a dimensão de gama de cores <sup>21</sup> , que originalmente possui 3 dimensões de espaço de cores <sup>22</sup> .	A técnica é avaliada com usuários reais e verificou-se uma melhor identificação das imagens em relação ao original.	A avaliação efetuada em um ambiente controlado. Possibilita melhor controlar aspectos como luminosidade, entre outros.	<i>Re-coloring images for gamuts of lower dimension.</i> (Rasche e Geist, 2005)
Investiga um algoritmo que faz a correção das cores em documentos seguindo os padrões da W3C <sup>23</sup> , de forma que esses sejam visualizados mais adequadamente por pessoas com daltonismo.	Considerar os critérios de avaliação de cores sugeridos pela W3C. Considerando os critérios de avaliação de cores do W3C, o algoritmo seleciona as cores da imagem,	Não é avaliado com usuários reais, limitando os resultados à visualização deficiente de cores proporcionada pelos simuladores.	<i>Accommodating color-blind computer users.</i> (Jefferson e Harvey, 2006)

<sup>21</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Gamut>

<sup>22</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_space](https://en.wikipedia.org/wiki/Color_space)

<sup>23</sup> *World Wide Web Consortium* é uma comunidade internacional no qual organizações filiadas, uma equipe em tempo integral e o público trabalham juntos para desenvolver padrões para a Web. <http://www.w3.org/standards/>

	calcula a distância das cores de destino, identifica e realiza a recoloração adequada para os usuários daltônicos.		
Propõe um algoritmo que realiza a alteração das cores de fundo e das imagens em páginas Web.	A possibilidade de customização do algoritmo em que o usuário pode escolher e alterar a proporção de matriz e saturação.	As alterações das cores levam em conta usuários com dicromatismo. Avaliação com usuários portando daltonismo não é efetuada.	<i>Personalizable edge services for Web accessibility.</i> (Iaccarino et al., 2006b).
Propõe um novo método de adaptação de imagens de modo a adequá-las aos usuários daltônicos.	O algoritmo considera uma interface minimalista, em que existe uma janela transparente que permite ao usuário posicioná-la sobre qualquer região da tela. A proposta reduz a taxa de erros ao ser utilizado junto com simuladores de daltonismo sobre o teste de Ishihara <sup>24</sup> . Essa redução de erros é comparável aos usuários com visão normal.	Apesar do uso de pessoas reais no experimento, os testes foram aplicados em um ambiente com iluminação controlada e com uma resolução da tela pré-definida, o que pode interferir nos resultados obtidos.	<i>Interface to support color blind computer users.</i> (Jefferson e Harvey, 2007).
Desenvolve uma técnica de recoloração de imagens automática para pessoas com <i>dicromatismo</i>	O algoritmo preserva o quanto possível às cores originais. Destaque apenas aquelas que não são	O trabalho foi avaliado somente por pessoas com <i>dicromatismo</i> , que é o tipo mais comum	<i>An efficient naturalness-preserving image-</i>

<sup>24</sup>Teste frequentemente usado para diagnosticar o daltonismo. Consiste na exibição de uma série de cartões coloridos, cada um contendo vários círculos feitos de cores ligeiramente diferentes das cores daqueles situados nas proximidades. Seguindo o mesmo padrão, alguns círculos estão agrupados no meio do cartão de forma a exibir um número que somente será visível pelas pessoas que possuem visão normal.

	percebidas pelos daltônicos.	de daltonismo. Aparentemente o algoritmo pode ser aplicado também com indivíduos com <i>Tricromatismo Anômalo</i> .	<i>recoloring method for dichromats.</i> (Kuhn, et al., 2008)  <i>Image Recoloring for Color-Vision Deficients.</i> (Kuhn, 2009)
Define um algoritmo de re-coloração de imagens que faz o remapeamento dos componentes da matriz no espaço de cor HSV <sup>25</sup> .	Por trabalhar apenas com um dos componentes HSV, o tempo de re-coloração do algoritmo se mostrou menor que os outros trabalhos comparados.	Avaliação da solução foi conduzida usando simuladores de daltonismo. Apesar do tempo de re-coloração ter se mostrado menor que de outros trabalhos, verificou-se uma perda na qualidade das imagens em que o algoritmo foi aplicado.	<i>Enhancing color representation for the color vision impaired.</i> (Huang et al., 2008)
Investiga um algoritmo de re-coloração de imagens com base no mapeamento de contraste das cores. O algoritmo visa melhorar a acessibilidade para daltônicos preservando os detalhes visuais	O algoritmo apresenta maior perceptividade do contraste das cores se comparado com os demais que serviram de referência para o trabalho	A avaliação conduzida apenas com simuladores de daltonismo. Não contempla exatamente a percepção que um usuário daltônico tem das imagens recoloridas.	<i>Image recolorization for the colorblind.</i> (Huang et al., 2009)
Elabora uma técnica de re-coloração em tempo real. Fundamenta-se na	Apresenta uma maior eficiência no tempo de	A avaliação da técnica foi feita com	<i>Real-Time</i>

<sup>25</sup>HSV é a abreviatura para o sistema de cores formadas pelas componentes *hue* (matiz), *saturation* (saturação) e *value* (Valor). O HSV também é conhecido como HSB. Esse sistema de cores define o espaço de cor utilizando seus três parâmetros.

preservação da naturalidade das cores através da preservação e execução de contraste. Dessa forma, as imagens podem ser visualizadas por pessoas com daltonismo.	execução. A técnica explorando GLSL <sup>26</sup> , que pode ser aplicada em dispositivos que contenham câmeras, e.g., aparelhos celulares.	o uso de simuladores de daltonismo. O uso de simuladores de daltonismo não demonstra de forma exata a percepção das imagens recoloridas pelo algoritmo.	<i>Temporal-Coherent Color Contrast Enhancement for Dichromats.</i> (Machado e Oliveira, 2010)
Define métodos para a melhoria da visualização em blocos de textos através de um algoritmo de adaptação de cores	O algoritmo de adaptação efetua a troca da cor do texto para branco ou para preto conforme a cor de fundo identificada pelos daltônicos	As alterações das cores são restritas a textos, e somente para o preto ou o branco. O algoritmo não é executado automaticamente, assim como depende de um identificador no bloco do texto para sua execução.	Adaptação da cor da tipografia páginas web para pessoas com déficit na visão da cor. (Ribeiro e Gomes, 2013)
Propõe um sistema de realidade aumentada com base no <i>Google Glass</i> para o auxílio na visualização de cores por daltônicos.	Aplicação chamada <i>Chroma</i> permite que a imagem visualizada por usuários daltônicos seja filtrada em tempo real. Possibilita distinguir as cores que normalmente não poderiam.	Existem limitações, como o processamento, qualidade das cores e a duração da bateria do <i>Google Glass</i> , que impedem o uso de forma contínua do dispositivo	<i>Chroma: A Wearable Augmented-Reality Solution for Color Blindness.</i> (Tanuwidjaja et al., 2014.)

Conforme apresenta a Tabela 3.3, diversas técnicas foram usadas na categoria de algoritmos de recoloração com o objetivo de realizar a mudança de cores em imagens, para que essas possam ser perceptíveis aos usuários daltônicos. Linguagens como GLSL juntamente com C++ possuem destaque, pois aceleraram a execução dos algoritmos

<sup>26</sup> GLSL (*OpenGL Shading Language*) é uma linguagem de alto nível para programação de algumas partes de placas gráficas. Possibilita fazer pequenos programas chamados *shaders*, para serem executados dentro das placas gráficas (GPU).

segundo os experimentos. A proposta de uso do *Google Glass* como base, apesar de limitações, mostrou-se bem promissora.

Cabe observar que a avaliação da solução de alguns trabalhos não foi realizada com usuários reais (*e.g.*, Huang *et al.*, 2009), mas sim através de simuladores de daltonismo. Isso limita o alcance dos resultados obtidos. Mesmo nos casos que se incluiu a participação de usuários com daltonismo (*e.g.*, Jefferson e Harvey, 2007), as avaliações foram feitas em ambientes controlados de iluminação e de resoluções de vídeo homogêneas. Em ambas as situações, a percepção das cores alteradas pode não corresponder à realidade do dia-a-dia de um usuário daltônico.

### 3.4. Ontologias na Adaptação de Interfaces

Devido à abordagem desenvolvida nesta pesquisa, buscou-se analisar as contribuições na literatura que propõem adaptação de interfaces com base em ontologias que tenham em particular o foco em acessibilidade. A Tabela 3.4 apresenta os trabalhos analisados, destacando seus objetivos, pontos fortes e limitações.

**Tabela 3.4. Ontologias na Adaptação de Interfaces.**

Objetivos	Pontos fortes	Limitações	Referência
Propõe um modelo de documento Web baseado em ontologias que permite criar uma melhor navegabilidade.	Abordagem integra os diversos aspectos de uma página Web (textos, imagens, elementos de formulários, <i>etc.</i> ) em um modelo unificado que contém várias ontologias. Fornecem um conjunto rico de conceitos definidos para a criação de uma página Web.	O estudo não conduz avaliação das interfaces com os usuários.	<i>A unified ontology-based web page model for improving accessibility.</i> (Fayzrakhmanov <i>et al.</i> , 2010)
Propõe ontologias usando OWL para representar formalmente contexto em processos de	São divididas em quatro categorias de diferentes ontologias: (1) Usuário, descrevendo suas ações na interface; (2) Físico, descrevendo espaço-	Requere ampla intervenção do usuário.	<i>An Ontology for representing Context in User Interaction for enhancing Web Accessibility for All.</i> (Zakraoui e Zagler,

interação com usuários.	temporal e localização; (3) Ambiental: tudo que circunda o usuário e (4) Computacional: tipos de dispositivos.		2010)
Propõe o <i>framework</i> chamado ViMos ( <i>Virtualization Mosaics</i> ) com base em contexto para fornecer interfaces de usuários adaptáveis para apoiar serviços de visualização.	São geradas interfaces dinamicamente aos usuários, considerando o contexto através de um serviço de visualização de informações.  O modelo inclui conceitos e relações gerais, que servem como guia para obter um modelo de contexto específico.	O estudo é realizado em cenários específicos em que o conjunto de informações fornecidas e de critérios de relevância para os contextos modelados são limitados. Essa limitação é devido ao modelo ser altamente dependente do ambiente ao qual será implantado	<i>Towards the ubiquitous visualization: Adaptive user-interfaces based on the Semantic Web.</i> (Hervás e Bravo, 2011).
Propõe um método baseado em ontologias que levam em conta as capacidades dos usuários e os elementos de interação para a criação automática de interfaces adequadas a cada indivíduo.	Interfaces são adaptadas de forma automática. Exploram uma base de conhecimentos construída por meio de ontologias. Considera as funcionalidades de serviços e características especificadas por meio de UIML <sup>27</sup> . Através módulo seletor seleciona o recurso específico mais apropriado para cada elemento e em seguida o módulo de adaptação realiza a as	A proposta leva em conta apenas as capacidades dos usuários em relação aos diferentes tipos de acessibilidade na adaptação das interfaces. O estudo é limitado para abordar características específicas de usuários daltônicos.	<i>A modular approach to user interface adaptation for people with disabilities.</i> (Abascal <i>et al.</i> , 2011a)  <i>Automatically generating tailored accessible user interfaces for ubiquitous services.</i> (Abascal <i>et al.</i> , 2011b)

<sup>27</sup>*User Interface Markup Language* é uma linguagem de marcação de interface baseada em XML que define interfaces de usuários em computadores. É usada para reduzir o trabalho necessário para o desenvolvimento de interfaces de usuários, permitindo a descrição de uma interface em termos declarativos, ou seja, em forma de texto.

	transformações necessárias para gerar a interface final com os recursos selecionados.		
Propõe uma arquitetura baseada no conceito de computação pervasiva para personalização de interfaces de usuários para dispositivos móveis.	A representação do conhecimento sobre o perfil de usuários consiste de ontologias. Estudo de caso aborda um cenário de adaptação em que os usuários estejam em movimento. Diferentes grupos de deficiência são considerados.	Falta de maiores detalhes sobre a ontologia de Perfil do Usuário, de forma que essa possa representar mais características dos usuários.	Uma abordagem para a personalização automática de interfaces de usuário para dispositivos móveis em Ambientes Pervasivos. (Martini e Librelotto, 2012)
Propõe uma abordagem de design e adaptação de interfaces baseada em UIDL <sup>28</sup> que desenvolve a modelagem e a percepção de interfaces de usuário como serviços.	Leva em conta o perfil do usuário e o contexto do serviço oferecido para a geração das interfaces adaptadas. Apresenta exemplos de adaptação como: segundo o perfil do usuário (uma pessoa idosa), o tamanho da fonte é aumentado.	A escala de avaliação sobre satisfação usada exhibe limitações no método utilizado para a avaliação(Han et al. 2000) que não contempla a satisfação. Logo, não foi possível identificar qual é o fator dentro da adaptação que faz o usuário sentir-se satisfeito em suas preferências pessoais.	<i>Context-sensitive user interfaces for semantic services.</i> (Sherchan et al., 2012)

<sup>28</sup>É uma linguagem para serialização de conteúdo de interface de usuários e mudanças nas respostas do servidor *Web* para o navegador. A ideia é que os componentes do lado do servidor façam a reprodução de si mesmos para uma página exibida no navegador.

Avalia uma arquitetura denominada INREDIS interoperável baseada no padrão <i>Fast Path</i> <sup>29</sup> e no anti-padrão <i>RAMP</i> <sup>30</sup> para permitir a interação de pessoas com deficiência.	Solução capaz de fornecer a pessoas com deficiência e idosos, interfaces acessíveis e personalizadas de acordo com suas preferências e necessidades, fornecendo interfaces acessíveis e personalizadas a idosos e deficientes	Os aspectos de preferências e capacidades dos usuários não são investigados profundamente. Necessita-se de uma melhor análise sobre a sensibilidade nos aspectos de preferências pessoais dos usuários.	<p style="text-align: center;"><i>Performance assessment of an architecture with adaptative interfaces for people with special needs.</i></p> <p style="text-align: center;">(Gómez-Martínez et al., 2014)</p>
---	---	---	--

A Tabela 3.4 apresenta os principais esforços encontrados e selecionados na literatura sobre o uso de ontologias para a adaptação de interfaces. Embora o foco nas técnicas de adaptação propostas fosse melhorar a acessibilidade das interfaces de usuários, os trabalhos pesquisados não abordam diretamente o problema de adaptação de interfaces para lidar com daltonismo de maneira adequada, pois tratam estas adaptações para acessibilidade de maneira mais genérica. Uma adaptação de interfaces voltadas para usuários daltônicos exige uma modelagem da ontologia considerando especificamente os tipos de daltonismo e as cores que cada um tem dificuldades em identificar.

Detectou-se que além de representarem formalmente os fatos sobre a adaptação das interfaces para atender as necessidades relacionadas à acessibilidade de usuários com limitações, as ontologias podem ser usadas para definir as preferências e gostos pessoais dos usuários durante as adaptações. No entanto, foi constatada uma necessidade de representação desses elementos nas ontologias de forma mais específica e detalhada para usuários com daltonismo. Adicionalmente, as técnicas que exploram raciocínio e regras de inferência podem ainda ser melhor investigadas.

### 3.5. Discussão do estado da arte e posicionamento

<sup>29</sup> Termo usado em computação para descrever um caminho com menor comprimento de instruções através de um programa em comparação com o caminho considerado normal. São considerados uma forma de otimização.

<sup>30</sup> Performance anti-padrão de múltiplos valores.

Nossa análise da literatura apontou que existem diversos trabalhos que objetivam a melhoria da acessibilidade de pessoas com daltonismo em sistemas Web. Esses esforços vão desde orientações para design dos sistemas que permitam uma melhor compreensão das imagens por daltônicos, até o desenvolvimento de *frameworks* e algoritmos de recoloração, que fazem com que as cores sejam adaptadas em tempo de execução às necessidades de acessibilidade dos indivíduos.

Identificou-se igualmente um conjunto de pesquisas relacionadas à adaptação de interfaces que se baseiam no uso de ontologias. De maneira geral, esses trabalhos ainda estão em fase preliminar e o uso de ontologias para a representação do conhecimento é focado apenas sobre acessibilidade de maneira geral.

O propósito deste trabalho é avançar o estado da arte pela investigação de técnicas mais específicas para daltonismo que explorem ontologias sobre a patologia e suas características para a adaptação de interfaces. Assim, tais ontologias podem ser mais detalhadas e especializadas. Objetivou-se explorar aspectos específicos de daltonismo que não são abordados em ontologias genéricas sobre acessibilidade (por exemplo, que modelem a definição da lógica de escolha de cores com base em estudos empíricos sobre preferências e situações de uso, e também as técnicas de adaptação que podem ser aplicadas na alteração dessas cores). Nossa pesquisa também investiga como técnicas de raciocínio lógico aplicados sobre as ontologias auxiliam na tomada de decisões sobre as adaptações de interfaces.

Mesmo com a originalidade e avanços trazidos pelos trabalhos pesquisados, sejam eles específicos para a acessibilidade de daltônicos, ou aqueles que focam na adaptação de interfaces para acessibilidade de maneira global, é possível observar que esses trabalhos objetivam alcançar requisitos de acessibilidade que atendam apenas às necessidades definidas para cada tipo de limitação dos usuários.

Esses esforços não levam ainda em consideração de forma sistemática as preferências de cada usuário em relação aos aspectos hedônicos ao realizar a recoloração de uma imagem ou adaptação de uma interface. Os poucos trabalhos que consideram esses aspectos (*e.g.*, Martini e Librelotto, 2012) expressam limitações em relação à coleta de dados para uma adaptação mais eficiente de interfaces conforme a preferência

do usuário. Por exemplo, um algoritmo pode efetuar a recoloração de uma imagem que tem uma cor original verde (não é identificada por um usuário com *Deuteranopia*), adaptando essa cor para azul. Essa solução poderia auxiliar o usuário, pois ele conseguiria distinguir a imagem recolorida, mas pode ser que por uma questão de gosto e estética, o usuário prefira que a cor em que o verde foi convertida seja o amarelo e não o azul.

Se posicionando originalmente com relação à literatura pesquisada, a originalidade desta dissertação é propor métodos e mecanismos de adaptação de interfaces fundamentados em ontologias para representar formalmente o conhecimento sobre daltonismo, preferências pessoais e algoritmos de recoloração. Foram fornecidos subsídios para o desenvolvimento de interfaces Web que são adaptáveis em tempo de execução segundo as necessidades de visualização de imagens por pessoas daltônicas, mas também levando em conta sua satisfação e preferências pessoais em relação às adaptações.

### **3.6. Síntese do Capítulo**

Neste capítulo foram analisados os trabalhos relacionados à pesquisa em foco. Foram identificados diversos esforços que possibilitam a acessibilidade Web de usuários daltônicos. As pesquisas desenvolvem desde orientações para *design* de interfaces, até técnicas que possibilitam a adaptação dessas interfaces, como *frameworks* e algoritmos de recoloração. Entretanto as abordagens estudadas focam em tipos específicos de daltonismos (*e.g.* apenas *deuteranopia*) ou contextos (*e.g.* apenas imagens). Já outras abordagens foram avaliadas em estudos com simuladores de daltonismo. Ainda não foram encontrados trabalhos que integram algoritmos e soluções existentes de forma a propiciar a alternativa mais adequada em função das características dos usuários, suas preferências e contexto de uso.

O uso de ontologias para a adaptação de interfaces também foi investigado e os trabalhos identificados realizam adaptação com objetivos gerais de acessibilidade, não atendendo especificamente usuários daltônicos. Visou-se de maneira inovadora propor adaptação de interfaces com base em ontologias, que seja independente do tipo de daltonismo e contexto de interação, mas que considere essas informações como parâmetros de escolha da adaptação mais adequada ao usuário. Esta adaptação deve

acontecer de acordo com as limitações na identificação das cores encontradas para cada tipo de daltonismo ao acessar contextos específicos e considerando suas preferências pessoais. Para tanto, se faz necessários estudos empíricos para embasar a construção da ontologia proposta, bem como para definições de regras e para maior conhecimento da necessidade dos usuários. O próximo capítulo apresenta um estudo empírico inicial com esses propósitos.

# Capítulo 4

## Experimento Inicial e Engenharia da Ontologia *OntColorBlind*

Este capítulo apresenta a realização de um experimento inicial com usuários daltônicos, que visa identificar fatores relacionados à satisfação e agradabilidade para auxiliar na construção de uma ontologia que represente o conhecimento necessário para a adaptação de interfaces. A seção 4.1 apresenta o *design* do experimento, descrevendo a seleção dos usuários daltônicos, os participantes do experimento, as etapas de avaliação e os procedimentos para sua realização. A seção 4.2 descreve a execução do experimento junto aos seus resultados. Esses resultados geraram subsídios para a construção da *OntColorBlind* (*Ontology for ColorBlindness*), ontologia utilizada na adaptação de interfaces para usuários daltônicos. A *OntColorBlind* é detalhada na seção 4.3 e a seção 4.4 efetua uma síntese do capítulo.

### 4.1. Design do Experimento

Nesta seção é apresentado um experimento que foi chamado de “experimento inicial”, para diferenciar do “experimento final” que avalia o *framework* proposto nesta dissertação (Capítulo 6). O experimento inicial foi realizado somente com usuários daltônicos, para tanto, foi utilizado um formulário criado no *LimeSurvey*<sup>31</sup>. Os participantes avaliaram diversos casos e cenários relevantes que utilizam cores na apresentação informações em páginas Web. O objetivo do experimento foi identificar as técnicas de adaptação que melhoram a identificação das informações em diversos casos de interface, de acordo com o tipo de daltonismo. Além da melhor identificação de informação, o experimento visou estudar a satisfação pessoal dos participantes ao acessar cada caso.

A subseção 4.1.1 apresenta um teste preliminar realizado para a seleção de usuários participantes; posteriormente são descritos os participantes e as etapas de avaliação, bem como os procedimentos de avaliação (subseção 4.1.2); finalmente, o método de análise de resultados adotado é apresentado (subseção 4.1.3).

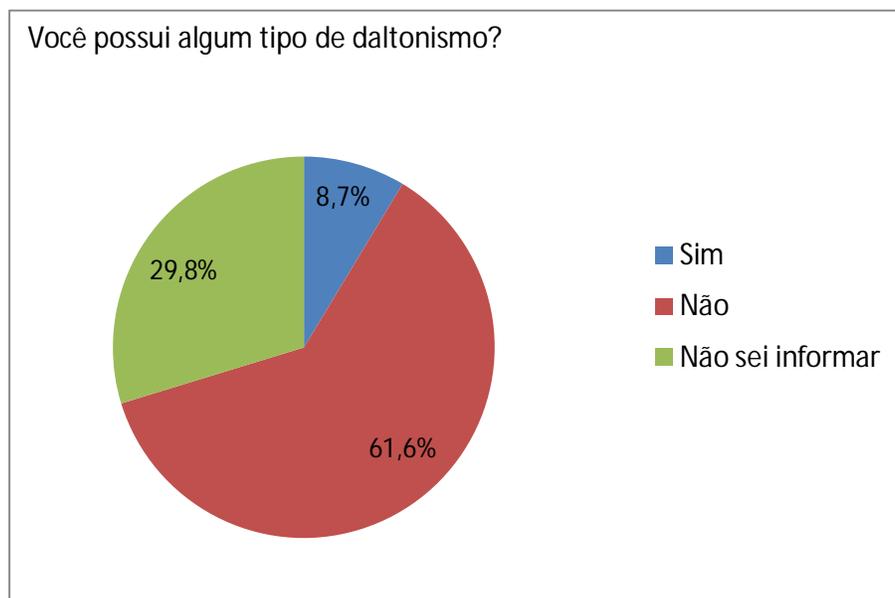
---

<sup>31</sup> Software livre para aplicação de questionários online escrito em PHP. <https://www.limesurvey.org/>

#### 4.1.1. Seleção de Participantes

Com o objetivo de selecionar usuários daltônicos para participar do experimento, foi elaborado um questionário<sup>32</sup> contendo questões sobre daltonismo e imagens utilizadas no Teste de *Ishihara* (Ishihara, 1972) (cf. Apêndice III). O formulário foi compartilhado via e-mail com cerca de 1500 servidores que atuam em 9 unidades do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas espalhadas por toda a região de abrangência da instituição. O formulário também foi compartilhado nas redes sociais, inclusive com grupos específicos de usuários daltônicos, sendo eles, *Daltonism – Color Blindness*<sup>33</sup>, JCI Daltonismo 2015<sup>34</sup>, Acessibilidade para Daltônicos<sup>35</sup> e “Tenho marido daltônico”<sup>36</sup>.

O teste preliminar foi respondido por 289 participantes, dos quais 8,7% declararam ser daltônicos, 61,6% declararam não ser daltônico e 29,8% não souberam informar (cf. Figura 4.1). Entre os participantes que se declararam daltônicos (25), 84% não souberam informar qual é o tipo. A Figura 4.2 apresenta a divisão dos tipos de daltonismo declarados.



<sup>32</sup> via *Google Forms*

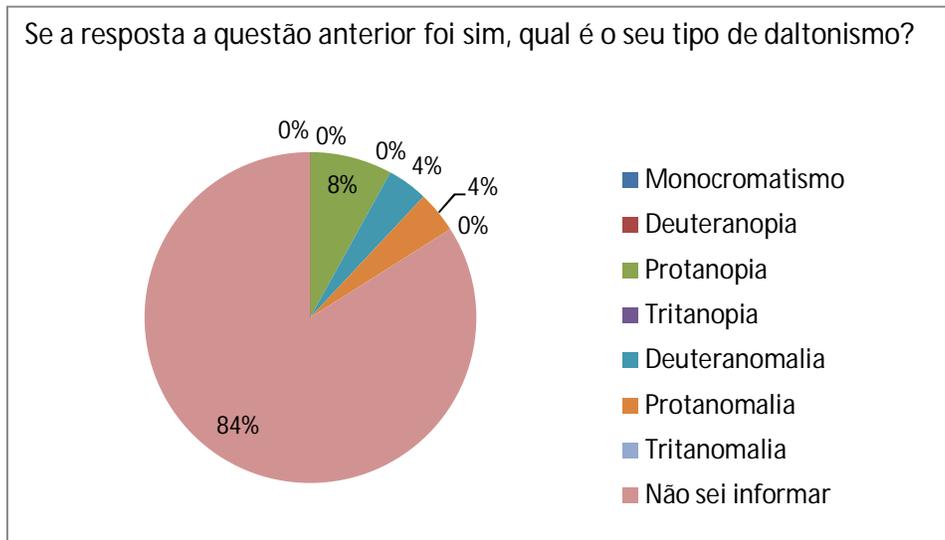
<sup>33</sup> <https://www.facebook.com/groups/592110540817526/?fref=ts>

<sup>34</sup> <https://www.facebook.com/groups/daltonismo/?fref=ts>

<sup>35</sup> <https://www.facebook.com/acessibilidadedaltonicos/?fref=ts>

<sup>36</sup> <https://www.facebook.com/Tenho-marido-dalt%C3%B4nico-460913317343695/?fref=ts>

**Figura 4.1: Declaração explícita de daltonismo.**



**Figura 4.2: Proporção dos tipos de daltonismo.**

Além dos 25 participantes que se declararam daltônicos, foram identificados mais 5 usuários com características de daltonismo, com base na análise das respostas do teste. Então, o convite para participar do “experimento inicial” foi enviado a esses 30 usuários. Os demais participantes que não se declararam daltônicos ou que não apresentaram características de daltonismo de acordo com o Teste de *Ishihara*, foram descartados da pesquisa.

Após a realização do teste preliminar para a seleção e do convite aos 30 usuários com daltonismo, 24 se dispuseram a participar do experimento. Dos 24 participantes nesta etapa, 17 são do sexo masculino e 7 são do sexo feminino, dos tipos de daltonismo *Protan* (*Protanopia* e *Protanomalia*) e *Deutan* (*Deuteranopia* e *Deuteranomalia*).

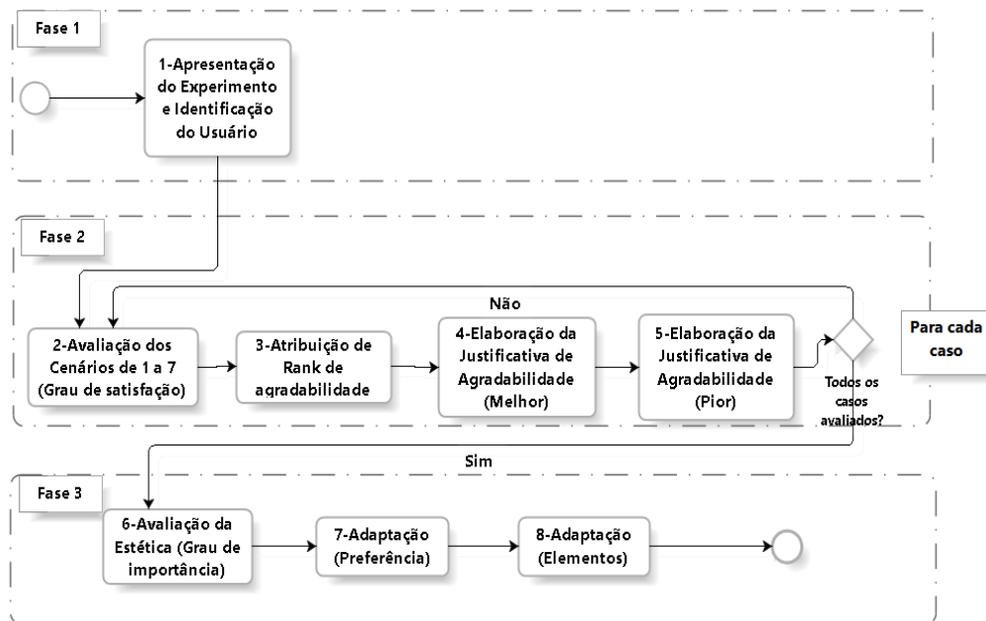
#### **4.1.2 Procedimento de Avaliação**

É apresentado o procedimento de avaliação na Figura 4.3. O experimento foi disponibilizado aos participantes na forma de um questionário, sendo dividido em 3 fases e 8 tarefas que avaliam 7 cenários. Todo o procedimento de avaliação foi feito via *Web* usando formulários do *LimeSurvey* (cf. Apêndice IV).

### ***Fase 1 – Identificação do Usuário***

Foi realizada a identificação do usuário contendo campos para nome e e-mail, além do termo de consentimento de participação no experimento.

*Fase 1 – Tarefa 1: Apresentação do Experimento e Identificação do Usuário.* Um convite para participar do experimento foi enviado aos 30 participantes selecionados durante o teste de daltonismo (cf. subseção 4.1.1). Juntamente ao convite, foi enviado um *link* para acesso ao formulário, de acordo com o tipo de daltonismo. Ao acessar o formulário, eram apresentadas as instruções para a realização do experimento e um termo de consentimento informando sobre a confidencialidade das informações fornecidas durante as respostas.



**Figura 4.3: Processo de Avaliação do Experimento Inicial.**

### ***Fase 2 – Avaliação dos casos e cenários***

A avaliação executada nesta fase foi dividida em 2 grupos de casos. No primeiro grupo foram disponibilizados 3 casos que são chamados de “imagens”, sendo elas: mapa, gráfico e tomografia. O segundo grupo contém mais 3 casos contendo elementos de interface em páginas Web, que são chamados de “interfaces Web”, sendo eles:

formulário, menu e tabela. Foram propostos esses distintos casos para ter uma variedade de opções na avaliação. Os casos são descritos a seguir:

- **Grupo de imagens:** é composto por 3 representações de imagens coloridas em que essas cores representam informações. Os casos de imagens são:
  - **Caso 1 – Mapa (Figura 4.4a):** uma imagem de um mapa do Brasil, dividido em regiões, cada uma com uma cor, simbolizando os riscos de dengue em cada uma delas, conforme exemplo na Figura 4.5;
  - **Caso 2 – Gráfico (Figura 4.4b):** uma imagem de um gráfico do tipo “pizza” com tipos de investimentos financeiros, em que as cores definem os níveis de risco;
  - **Caso 3 – Tomografia (Figura 4.4c):** uma imagem de uma tomografia computadorizada de um cérebro, em que suas diversas regiões apresentam cores diferentes para distingui-las.
- **Grupo de elementos de página Web:** é composto por interfaces de páginas *Web* em que as cores também são usadas para a representação de informação:
  - **Caso 4 – Formulário (Figura 4.4d):** formulário de cadastro com campos, em que as cores presentes nos botões e no *background* identificam informações aos usuários;
  - **Caso 5 – Menu (Figura 4.4e):** menu expansivo contendo cores nos *labels* e no *background* identificando informações aos usuários;
  - **Caso 6 – Tabela (Figura 4.4f):** tabela com legendas e *links* representados por cores.

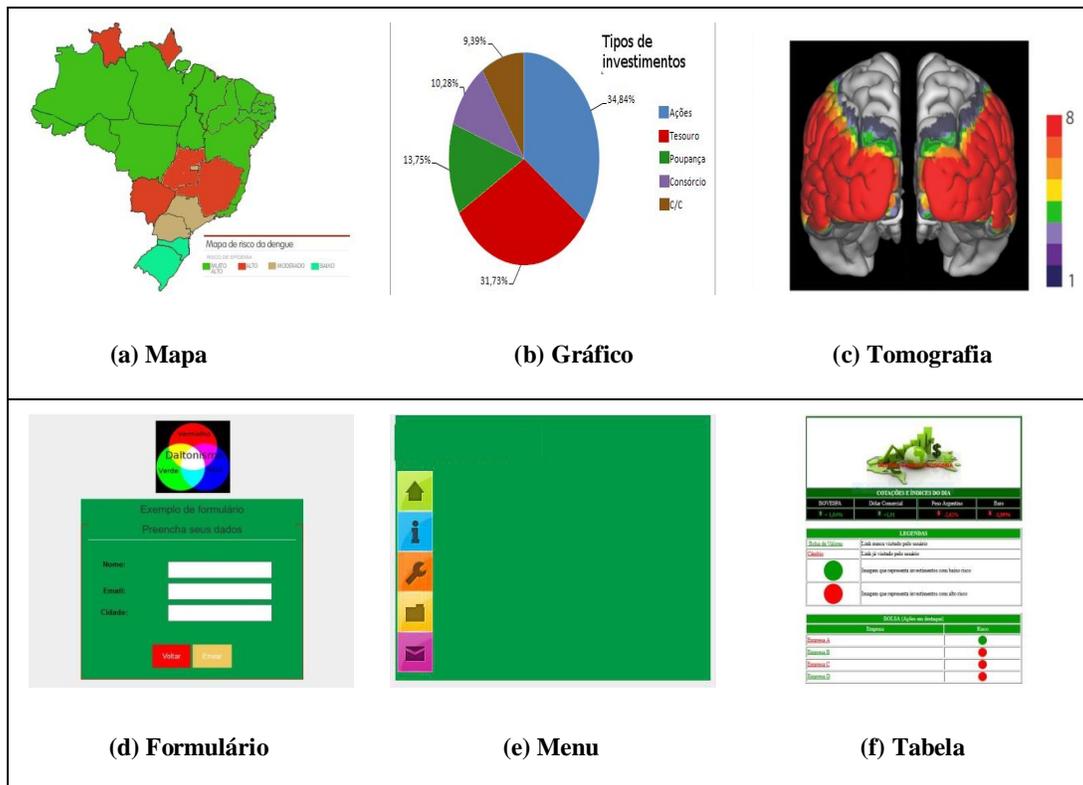


Figura 4.4: Casos apresentados no Experimento Inicial.

*Fase 2 – Tarefa 2: Avaliação dos Cenários de 1 a 7 (Grau de Satisfação).* Para cada caso (mapa, gráfico, tomografia, formulário, menu e tabela), foram apresentados 7 cenários contendo a mesma imagem, mas com aplicações de técnicas diferentes de adaptação. Entre as técnicas foram escolhidos 3 algoritmos de recoloração de imagens. Esses algoritmos foram selecionados devido a sua disponibilização e também por permitirem definir parâmetros para os tipos de daltonismo; e assim realizar a recoloração de acordo com os tipos. O objetivo desta tarefa foi definir a satisfação dos participantes em relação a cada cenário. Eles não tiveram conhecimento de como cada cenário foi gerado. A seguir uma descrição das características de cada cenário:

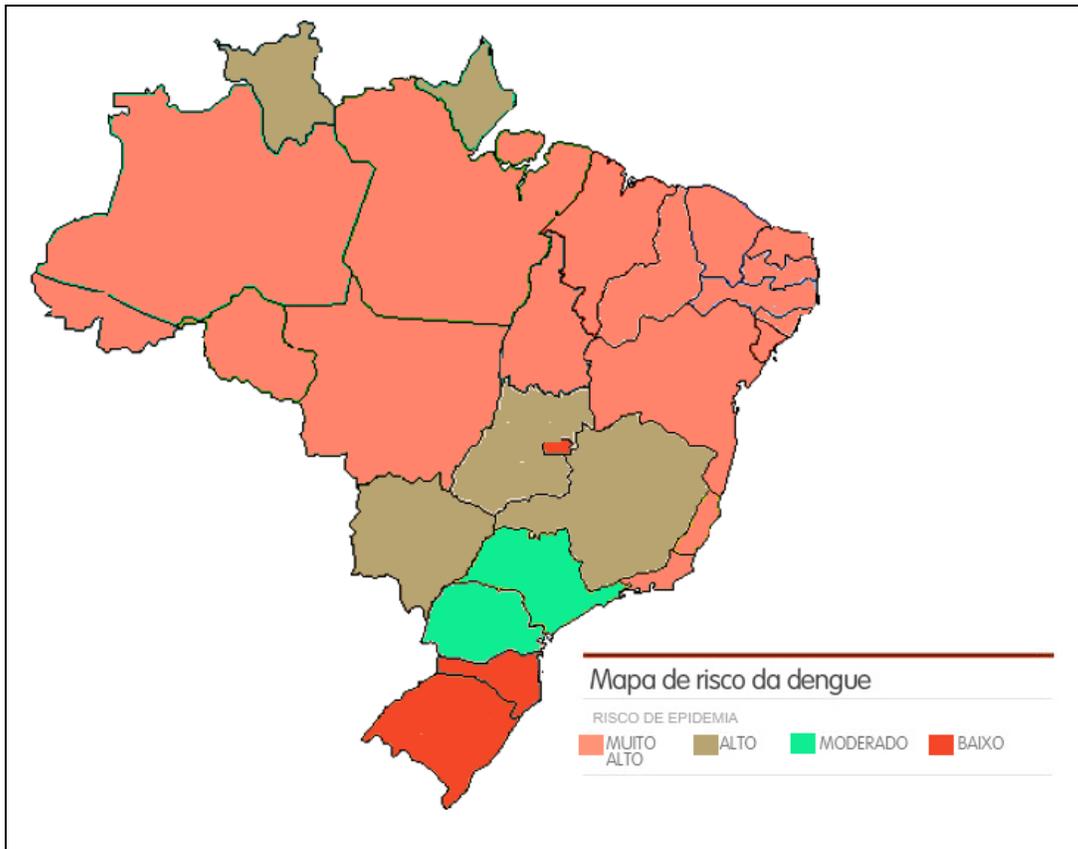
- **Cenário 1 – Original:** apresenta uma imagem com uma combinação de cores que pode prejudicar a identificação de informações para o usuário de acordo com seu tipo de daltonismo;
- **Cenário 2 – Algoritmo 1:** este cenário apresenta a mesma imagem do Cenário 1, mas com aplicação do algoritmo de Kuhn *et al.* (2008). Assim, as cores são

diferentes das originais e entende-se que pode possibilitar uma melhor visualização pelos daltônicos. A Figura 4.5 apresenta a tela de avaliação do Cenário 2 para o caso 1 (mapa), como exemplo;

- **Cenário 3 – Algoritmo 2:** como no cenário anterior, este apresenta a imagem do cenário original com cores alteradas pelo algoritmo de recoloração proposto por Rasche e Geist (2005);
- **Cenário 4 – Algoritmo 3:** similar ao Cenário 2 e 3, este apresenta uma imagem do cenário original com aplicação de um algoritmo de recoloração aplicado sobre ela. Foi aplicado o algoritmo proposto por Huang *et al.* (2008);
- **Cenário 5 – Alteração de contraste:** neste cenário, aplicou-se uma alteração de contraste “simples” sobre a imagem do cenário original utilizando-se ferramentas de edição de cores;
- **Cenário 6 – “Feio”:** este cenário exibiu uma imagem alterada da original, modificando as cores alteradas usando ferramentas de edição de imagens. As alterações visaram melhorar a identificação pelos usuários daltônicos, mas que sua combinação de cores fosse desagradável em relação à estética de acordo com o critério do designer. Para tanto, o designer utilizou ferramentas de simulação de daltonismo e escolheu combinações que considerasse “feias”, mas distinguíveis;
- **Cenário 7 – “Bonito”:** similar ao cenário anterior, este propôs uma imagem alterada da original, cujas combinações de cores fossem para além de uma boa visualização das informações, também fosse mais agradável, de acordo com o julgamento do designer.

Os conceitos de “feio” e “bonito” são por natureza subjetivos e passíveis de interpretação. Para a geração dessas interfaces, um único *designer* utilizou um simulador de daltonismo e julgou, de modo subjetivo, combinações de cores de acordo com seus próprios padrões estéticos e respeitando a identificação das cores. Não foi realizado qualquer estudo com os usuários com foco nesses aspectos (para determinar o que seria julgado como feio ou bonito).

Para cada um dos cenários, o participante deveria definir o seu grau de satisfação segundo a imagem (*cf.* Figura 4.5 como exemplo). O grau de satisfação foi composto por 5 alternativas, onde ele deveria marcar: “Muito satisfatória”, “Satisfatória”, “Indiferente”, “Insatisfatória” ou “Muito insatisfatória”.



\*

Favor escolher apenas uma das opções a seguir:

- Muito satisfatória
- Satisfatória
- Indiferente
- Insatisfatória
- Muito insatisfatória

**Figura 4.5: Definição da satisfação para o cenário 2 do caso 1.**

Durante o teste preliminar foram identificados participantes com os tipos de daltonismo *Deutan* (dificuldades com a cor verde) e *Protan* (dificuldades com a cor vermelha), portanto foram criados dois formulários distintos, um para cada tipo. As diferenças dos formulários é que como para o Cenário 1, a combinação de cores deveria causar confusão na identificação de informação pelos participantes com daltonismo. Assim, essas cores foram alteradas diferentemente para os dois tipos.

Outra diferença é que ao aplicar os algoritmos de recoloração (Cenários 2, 3 e 4), foi preciso definir qual o tipo de daltonismo em seus parâmetros para que a recoloração fosse efetuada de forma mais adequada para aquele tipo. Nas personalizações manuais (Cenários 5 e 6), são considerados igualmente o tipo da patologia para que as cores pudessem ser combinadas.

*Fase 2 – Tarefa 3: Atribuição de Rank de Agradabilidade.* Após avaliar a satisfação de cada cenário, os usuários realizaram a ordenação dos mesmos de acordo com sua agradabilidade. A Figura 4.6 apresenta um exemplo de ordenação para o caso “mapa”. Na coluna da esquerda foram listados todos os cenários, ordenados de 1 a 7, de acordo com sua sequência apresentada no formulário. O participante pode arrastá-los para a coluna da direita e ordená-los da maneira que quanto mais acima na coluna, mais agradável seria sua visualização, ou seja, do mais agradável (em cima) para o menos agradável (em baixo).

Suas opções	Sua classificação
Mapa 2	Mapa 5
Mapa 6	Mapa 4
Mapa 7	Mapa 3
	Mapa 1

**Figura 4.6: Ordenação dos cenários pelo grau de agradabilidade.**

*Fase 2 – Tarefa 4: Elaboração da Justificativa de Agradabilidade (Melhor).* Nesta tarefa é apresentada uma questão aberta, onde os participantes descrevem os fatores nos quais foram importantes para que determinado cenário fosse escolhido como o mais agradável na Tarefa 3.

Os resultados desta tarefa apontaram dois grupos de respostas, para os quais os participantes justificaram suas escolhas de acordo com a melhor identificação das informações e também com respeito à hedônica de cada cenário apresentado. Segue alguns exemplos de respostas dos participantes sobre suas escolhas:

- “Facilidade na identificação e correspondência entre as cores da legenda e do mapa.” (identificação das informações).
- “classifiquei da forma como as cores incomodavam menos.” (hedônica).

*Fase 2 – Tarefa 5: Elaboração da Justificativa de Agradabilidade (Pior).* Nesta tarefa, os participantes descrevem os fatores que influenciaram a escolha de determinado cenário como o menos agradável na Tarefa 3. Esta tarefa encerrou a Fase 2 do experimento.

Similar à Tarefa 3, as justificativas dos usuários por definirem os cenários como piores, foram divididas em dois grupos (identificação das informações e hedônica). A seguir exemplos de respostas de participantes justificando suas escolhas:

- “Pouca nitidez e dificuldade de distinguir as informações no rodapé da figura” (identificação das informações).
- “A questão de conforto e da melhor separação dos grupos.” (hedônica).

### **Fase 3 – Avaliação de Preferências**

Após realizar todas as 5 tarefas descritas anteriormente para cada um dos casos, a Fase 3 do experimento é dedicada a interrogar sobre as preferências de uso de páginas *Web* pelos participantes.

*Fase 3 – Tarefa 6: Avaliação da Estética (Grau de importância).* Na tarefa 6, o usuário define o grau de importância dos aspectos estéticos durante a navegação com páginas *Web*. Esta estética é entendida como uma preferência do participante no que diz respeito à combinação de cores de forma que esta seja agradável de acordo com a preferência de cada indivíduo. Os participantes indicam o grau de importância em uma escala *Likert* de 1 a 5 considerando: (1) nenhuma importância, (2) pouca importância, (3) irrelevante (4) importante e (5) muito importante.

Em síntese, os seguintes resultados foram obtidos: nenhuma importância (6%), pouca importância (0%), irrelevante (20%), importante (40%) e muito importante (33,33%). Assim, é possível identificar que os aspectos estéticos da navegação em páginas *Web* são considerados importante, ou muito importante, para a maioria dos participantes.

*Fase 3 – Tarefa 7: Adaptação (Preferência).* Os participantes respondem a uma questão objetiva onde indicaram se gostariam que houvesse páginas *Web* que se adaptassem às suas necessidades de visualização das cores e também às suas preferências pessoais.

Para 93,33% dos participantes, é importante a existência de páginas *Web* que se adaptem para atender suas limitações na visualização de cores e também suas preferências.

*Fase 3 – Tarefa 8: Adaptação (Elementos).* For fim, caso a resposta da questão da Tarefa 7 fosse afirmativa, o participante deveria destacar quais elementos de uma página *Web* poderiam ser adaptados para atender suas necessidades referentes ao daltonismo e também suas preferências pessoais.

Os participantes que justificaram nesta tarefa, definiram como importantes a adaptação de diversos elementos de página como menus, ícones e gráficos. Mas destacaram a importância de uma combinação de cores que possibilitassem a identificação das informações e fossem agradáveis ao mesmo tempo. A seguir é apresentado um exemplo de resposta de um participante para a questão:

- *“Gráficos e tabelas principalmente. Em sites com conteúdo escrito, acho importante que não haja jogo de cores entre o fundo do tema utilizado e os caracteres. Nesse último caso, prefiro acessar sites com cores neutras.”*

#### **4.1.3 Métodos de Análise do Experimento Inicial**

São apresentados os métodos de análise referente ao experimento inicial. Os dados da fase 2 foram analisados de maneira a mensurar dois grupos de fatores principais. O primeiro grupo de fatores incluem aqueles relacionados à satisfação dos participantes para cada cenário presente em cada caso. É examinada a satisfação para os grupos de casos (imagens e elementos de página *Web*) e de forma geral. O segundo grupo analisa os fatores relacionados à agradabilidade. Os resultados para os diferentes tipos de daltonismo são agregados em uma mesma análise. A maneira que são processadas as respostas dos participantes é descrita a seguir.

**Satisfação:** dentro de cada caso, os participantes definiram um fator de satisfação para cada um dos 7 cenários apresentados (1-Original, 2-Algoritmo 1, 3-Algoritmo 2, 4-

Algoritmo 3, 5-Contraste, 6-“Feio” e 7-“Bonito”). Os dados de satisfação foram tratados usando os seguintes passos e exemplificados na Tabela 4.1 para o cenário 1 referente ao caso 1 - mapa:

- **Passo 1:** para cada nível de satisfação foi atribuído um peso de 0 a 4, conforme apresenta a Tabela 4.1, em que quanto maior a satisfação, maior é o peso. Com isso, objetivou-se valorizar as respostas que atribuem uma maior satisfação ao cenário;
- **Passo 2:** foram informados a quantidade de respostas referente a cada nível de satisfação apresentadas pelos participantes;
- **Passo 3:** para definir o valor de preferência para o par cenário e caso, cada valor da quantidade foi multiplicado pelo respectivo peso referente aos níveis de satisfação. Posteriormente foi realizada a soma desses valores. No exemplo da Tabela 4.1, o cálculo foi o seguinte:  $4*3+3*6+2*3+1*13+0*3$ . O resultado da preferência no exemplo foi 49.
- **Passo 4:** realizou-se uma normalização do resultado para definir o fator de satisfação para o cenário. O objetivo da normalização é permitir analisar e comparar os diferentes cenários de maneira mais precisa. Essa normalização foi feita somando-se os valores de cada nível de satisfação e multiplicando o total por 4, que é o peso máximo desses níveis. Em seguida é feita a divisão do valor de preferência pelo resultado do cálculo do passo 3. Para o exemplo da Tabela 4.1, a fórmula seria:  $49/((3+6+3+13+3)*4)$ , resultando em 0,4375, que é considerado o fator de satisfação referente ao cenário. Quanto maior o fator (que varia de 0 a 1), maior foi a satisfação dos participantes. Esta normalização foi necessária, pois nem todos os usuários responderam todas as questões.

Os passos descritos foram seguidos para todos os cenários de cada um dos casos. Posteriormente, definiu-se o fator de satisfação para cada grupo (imagens e elementos de página *Web*), calculando a média do fator de cada cenário referente àquele grupo. E finalmente, a partir da média dos cenários dos grupos, é obtido o fator de satisfação geral do experimento.

**Tabela 4.1. Exemplo de cálculo de satisfação**

<b>Caso: Mapa – Cenário: 1</b>	
<b>Níveis de satisfação</b>	<b>Quantidade</b>
Muito satisfatória ( <b>peso 4</b> )	3
Satisfatória ( <b>peso 3</b> )	6
Indiferente ( <b>peso 2</b> )	3
Insatisfatória ( <b>peso 1</b> )	13
Muito insatisfatória ( <b>peso 0</b> )	3
<i>Valor de Preferência</i>	<i>49</i>
<b>Fator de Satisfação</b>	<b>0,4375</b>

**Agradabilidade:** é o fator resultante de um *ranking* composto por todos os cenários de um determinado caso. Durante o experimento, para cada caso, os participantes ordenaram os cenários em uma coluna, de acordo que quanto mais acima, mais agradável era o cenário em relação aos demais e quanto mais abaixo, menos agradável seria (*cf.* Figura 4.6). Os passos para definir o fator de agradabilidade são descritos a seguir e ilustrados na Tabela 4.2, usando como exemplo o caso mapa:

- **Passo 1:** em um dado caso e para cada cenário é computada a quantidade de vezes que o cenário foi definido como o mais agradável pelos participantes, ou seja, foi colocado no alto da coluna de agradabilidade;
- **Passo 2:** o cálculo do fator de agradabilidade foi feito dividindo-se o valor da quantidade de cada cenário, pela soma dos valores de todos os cenários em um determinado caso. No exemplo para o cenário 6 ilustrado na Tabela 4.2 (exemplo do caso de Mapa), a fórmula é a seguinte:  $10/(3+1+1+2+2+10+8)$ , resultando no valor 0,37037037 como o fator de agradabilidade do cenário 6 para o caso Mapa. Isto é, um percentual (entre 0 e 1) de vezes que o usuário escolheu aquele cenário

como o melhor, sendo assim quanto maior o fator, mais agradável é o cenário em relação aos demais.

Os passos descritos foram executados para todos os casos. Da mesma maneira que no fator de satisfação, para definir a agradabilidade dos grupos de casos, foi feita a média dos fatores de cada cenário. O fator geral de agradabilidade é obtido com a média dos grupos de casos.

**Tabela 4.2. Exemplo de fator de agradabilidade**

<b>Caso: Mapa</b>		
<b>Cenários</b>	<b>Quantidade em 1º no ranking</b>	<b>Fator de Agradabilidade</b>
Cenário 6	10	<b>0,37037037</b>
Cenário 1	3	<b>0,11111111</b>
Cenário 4	2	<b>0,074074074</b>
Cenário 5	2	<b>0,074074074</b>
Cenário 2	1	<b>0,037037037</b>
Cenário 3	1	<b>0,037037037</b>
Cenário 7	8	<b>0,296296296</b>

Foram organizadas as técnicas de adaptação a serem aplicadas em 4, sendo 3 algoritmos de recoloração de imagens e 1 de adaptação manual, conforme discriminado a seguir:

- **Algoritmo 1:** compreende o algoritmo de recoloração utilizado no cenário 2;
- **Algoritmo 2:** compreende o algoritmo de recoloração utilizado no cenário 3;
- **Algoritmo 3:** compreende o algoritmo de recoloração utilizado no cenário 4;
- **Adaptação Manual:** compreende as adaptações utilizadas nos cenários 6 (“feio”) e 7 (“bonito”).

Com base nos resultados obtidos pelas análises conduzidas sobre fator de satisfação e agradabilidade, foi definida uma ordem de aplicação das técnicas de adaptação. Esta ordem define, de acordo com as preferências gerais dos usuários daltônicos, obtidas após o experimento inicial, a precedência da aplicação das técnicas de adaptação de interfaces, de acordo com o contexto de acesso (casos), definindo regras para a realização da adaptação.

Esta ordem é definida, dividindo-se o fator de satisfação do cenário, pela soma de todos os fatores (exceto o próprio cenário) de agradabilidade do caso que pertence o cenário. Por exemplo, para definir-se o valor referente ao cenário 1 do caso de Mapa, dividiu-se o fator de satisfação (*cf.* Tabela 4.1) pela soma de todos os fatores de agradabilidade dos outros cenários (*cf.* Tabela 4.2). Assim foi obtida a seguinte fórmula:  $0,4375 / (0,37037037 + 0,074074074 + 0,074074074 + 0,037037037 + 0,037037037 + 0,296296296)$ . Esta ordenação é feita de forma decrescente.

## **4.2. Resultados do Experimento Inicial**

Esta seção apresenta os resultados obtidos durante o experimento inicial. A partir dos resultados colhidos durante o experimento, definiram-se os fatores de satisfação (subseção 4.2.1) e agradabilidade (subseção 4.2.2) calculados para cada cenário, caso, grupo de casos e geral. Finalmente, são apresentados os resultados que geram uma ordem de execução de técnicas de adaptação que pode ser aplicada a determinado caso (contexto de interação) (subseção 4.2.3).

### **4.2.1 Fatores de Satisfação e Interpretação dos Resultados**

Nesta subseção, são reportados os resultados sobre os fatores de satisfação para cada um dos 7 cenários pertencentes aos 6 casos. São apresentados igualmente os fatores correspondentes a cada um dos grupos de casos (*i.e.*, grupo imagens e grupo de elementos de página Web) e para o experimento de maneira geral. Os valores de cada cenário são calculados gerando os valores de preferência, que após sua normalização são obtidos os fatores de satisfação.

**Caso 1 (Mapa):** A Tabela 4.3 apresenta os resultados obtidos para o caso 1 (Mapa) junto ao fator de satisfação de cada cenário. Pode-se observar que os cenários que sofreram adaptações (cenários 2 a 7), tiveram um fator de satisfação melhor que o cenário original, a exceção foi o fator do cenário 3 que ficou muito próximo do original. Vale ressaltar que os cenários adaptados manualmente (6 a 7) tiveram fatores mais altos que aqueles em que foram aplicados algoritmos de recoloração de imagens (cenários 2 a 4). O cenário 5, onde foi aplicado apenas mudança de contraste, obteve valores inferiores ao cenário 2 e 4 que foram aplicados algoritmos automáticos de recoloração. Vale ressaltar que o cenário “feio” (cenário 6) teve um índice ligeiramente (diferença de 0,0268) superior ao considerado “bonito” (cenário 7) pelo designer.

**Tabela 4.3. Fatores de Satisfação para o caso 1 (Mapa)**

	Cenários e quantidade de respostas						
Níveis de satisfação	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
Muito satisfatória (peso 4)	3	4	2	6	9	14	15
Satisfatória (peso 3)	6	11	4	9	6	10	6
Indiferente (peso 2)	3	10	9	4	4	2	2
Insatisfatória (peso 1)	13	3	12	7	2	0	5
Muito insatisfatória (peso 0)	3	0	1	2	7	2	0
Valor de Preferência	49	72	50	66	64	90	87
<b>Fator de Satisfação</b>	<b>0,4375</b>	<b>0,6428</b>	<b>0,4464</b>	<b>0,5892</b>	<b>0,5714</b>	<b>0,8035</b>	<b>0,7767</b>

**Caso 2 (Gráfico):** A Tabela 4.4 ilustra os resultados referentes ao caso de imagem de um gráfico. Observa-se nesse caso, que os cenários 2, 3 e 5 tiveram fatores de satisfação menores que aquele obtido pelo cenário 1, que é o original. Entre os cenários com aplicação de algoritmos de recoloração, apenas o cenário 4 obteve fator maior que o original. O cenário que utiliza contraste, que é uma solução comum na *Web*, obteve valor ligeiramente inferior ao cenário 1. Nos cenários adaptados manualmente, os de

números 6 e 7 obtiveram fatores maiores que o cenário 1, entretanto o cenário 6 (feito) obteve valor ligeiramente superior.

**Tabela 4.4. Fatores de Satisfação para o caso 2 (Gráfico)**

	Cenários e quantidade de respostas						
Níveis de satisfação	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
Muito satisfatória (peso 4)	1	1	1	2	3	11	9
Satisfatória (peso 3)	4	1	2	7	2	9	1
Indiferente (peso 2)	2	1	0	1	0	3	0
Insatisfatória (peso 1)	11	9	10	11	12	0	3
Muito insatisfatória (peso 0)	6	12	11	3	7	1	1
Valor de Preferência	31	18	20	42	30	77	72
<b>Fator de Satisfação</b>	<b>0,3229</b>	<b>0,1875</b>	<b>0,20833</b>	<b>0,4375</b>	<b>0,3125</b>	<b>0,8020</b>	<b>0,75</b>

**Caso 3 (Tomografia):** A Tabela 4.5 apresenta os resultados referentes ao caso 3. Neste caso os cenários 4, 5 e 6 obtiveram os fatores menores que o apresentado pelo cenário 1 - original. Uma característica importante a ser observada, é que ao contrário do que ocorreu nos casos 1 e 2, em que os cenários manualmente adaptados obtiveram fatores de satisfação melhores que aqueles obtidos pelos cenários resultantes da aplicação de algoritmos, no caso 3 ocorreu o inverso. Os cenários de algoritmos (respectivamente cenários 2 e 3) obtiveram melhores resultados em relação à satisfação. Ressalta-se ainda que o cenário 6 (feito) teve valor inferior ao cenário 7 (bonito).

**Tabela 4.5. Fatores de Satisfação para o caso 3 (Tomografia)**

	Cenários e quantidade de respostas						
Níveis de satisfação	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
Muito satisfatória (peso 4)	0	0	2	3	1	1	2

Satisfatória ( <b>peso 3</b> )	5	6	5	1	2	1	2
Indiferente ( <b>peso 2</b> )	6	3	4	3	4	4	5
Insatisfatória ( <b>peso 1</b> )	5	11	8	9	3	10	9
Muito insatisfatória ( <b>peso 0</b> )	5	1	2	5	11	5	3
<i>Valor de Preferência</i>	32	35	39	30	21	25	33
<b>Fator de Satisfação</b>	<b>0,3809</b>	<b>0,4166</b>	<b>0,4642</b>	<b>0,3571</b>	<b>0,25</b>	<b>0,2976</b>	<b>0,3928</b>

**Grupo de imagens:** a Tabela 4.6 contém as médias de cada cenário, dos valores de preferência e dos fatores de satisfação apresentados em todos os casos pertencentes ao grupo de imagens. Observa-se que para o grupo de imagens, apenas os cenários 3 e 5 obtiveram fatores de satisfação ligeiramente inferiores que aquele apresentado para o cenário 1. Os cenários 6 e 7 obtiveram valores próximos e superiores aos demais cenários.

**Tabela 4.6. Fatores de Satisfação para o grupo de imagens**

	Cenários						
Níveis de satisfação	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
<i>Valor de Preferência (média)</i>	37,33	41,66	36,33	46	38,33	64	64
<b>Fator de Satisfação (média)</b>	<b>0,3805</b>	<b>0,4157</b>	<b>0,3730</b>	<b>0,4613</b>	<b>0,3780</b>	<b>0,6344</b>	<b>0,6399</b>

**Caso 4 (Formulário):** os resultados referentes ao caso 4 são apresentados na Tabela 4.7. Neste caso, observa-se que apenas os cenários 4, 6 e 7 obtiveram fatores de satisfação maiores que o cenário 1 (original). Apesar do fator de satisfação do cenário 4 ser maior, ele ficou muito próximo ao apresentado pelo cenário original. Dessa forma, destaca-se que apenas os cenários 6 e 7, pertencentes ao grupo de cenários adaptados manualmente, obtiveram fatores consideravelmente maiores que o do cenário 1. Sendo o cenário 6 (feito) com valores superiores ao cenário 7 (bonito).

**Tabela 4.7. Fatores de Satisfação para o caso 4 (Formulário)**

	Cenários e quantidade de respostas						
Níveis de satisfação	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
Muito satisfatória (peso 4)	0	0	0	1	0	11	3
Satisfatória (peso 3)	2	0	1	1	2	8	5
Indiferente (peso 2)	6	6	7	6	2	0	6
Insatisfatória (peso 1)	8	9	9	9	6	1	5
Muito insatisfatória (peso 0)	5	6	4	4	11	1	2
Valor de Preferência	26	21	26	28	16	69	44
Fator de Satisfação	<b>0,3095</b>	<b>0,25</b>	<b>0,3095</b>	<b>0,3333</b>	<b>0,1904</b>	<b>0,8214</b>	<b>0,5238</b>

**Caso 5 (Menu):** a Tabela 4.8 apresenta os resultados deste caso. Neste caso, a maioria dos cenários (2, 3, 6 e 7) apresentou fator de satisfação superior ao apresentado para o cenário 1. Somente o cenário 5, que representa a aplicação de contraste, apresentou um fator menor que o pertencente ao original, e o cenário 4, apesar de um valor maior, obteve um valor bem próximo do apresentado no cenário inicial. O cenário 7 (bonito) foi superior ao cenário 6 (feio).

**Tabela 4.8. Fatores de Satisfação para o caso 5 (Menu)**

	Cenários e quantidade de respostas						
Níveis de satisfação	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
Muito satisfatória (peso 4)	0	1	0	1	0	2	13
Satisfatória (peso 3)	1	4	4	0	0	9	6
Indiferente	3	8	7	3	2	1	2

( <b>peso 2</b> )							
Insatisfatória ( <b>peso 1</b> )	15	8	9	15	6	7	0
Muito insatisfatória ( <b>peso 0</b> )	3	0	1	3	14	2	1
<i>Valor de Preferência</i>	24	40	35	25	10	44	74
<b>Fator de Satisfação</b>	<b>0,2727</b>	<b>0,47619</b>	<b>0,4166</b>	<b>0,2840</b>	<b>0,1136</b>	<b>0,5238</b>	<b>0,8409</b>

**Caso 6 (Tabela):** a Tabela 4.9 reporta os resultados do caso 6. Os fatores de satisfação da maioria dos cenários (2, 3, 6 e 7) foram maiores que o apresentado pelo cenário 1. A exceção é o cenário 5 (contraste), que obteve valor menor. Dos cenários com valores maiores, destaca-se o cenário 7 (bonito), em que os valores foram consideravelmente superiores aos demais.

**Tabela 4.9. Fatores de Satisfação para o caso 6 (Tabela)**

	Cenários e quantidade de respostas						
Níveis de satisfação	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
Muito satisfatória ( <b>peso 4</b> )	0	3	4	0	0	1	4
Satisfatória ( <b>peso 3</b> )	2	2	1	4	2	6	9
Indiferente ( <b>peso 2</b> )	5	6	6	3	1	2	5
Insatisfatória ( <b>peso 1</b> )	8	7	6	10	8	9	2
Muito insatisfatória ( <b>peso 0</b> )	5	2	3	3	9	2	0
<i>Valor de Preferência</i>	24	37	37	28	16	35	55
<b>Fator de Satisfação</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4625</b>	<b>0,4625</b>	<b>0,35</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4375</b>	<b>0,6875</b>

**Grupo de elementos de páginas Web:** a Tabela 4.10 contém as médias de cada cenário, dos valores de preferência e dos fatores de satisfação apresentados em todos os casos pertencentes ao grupo de elementos de páginas Web. Para este grupo, apenas o cenário 5 apresentou um valor menor do que o fator do cenário 1. Apesar de todos os cenários adaptados por algoritmos de recoloração terem apresentado resultados positivos em

relação ao cenário 1, os cenários 6 e 7, do grupo adaptado manualmente, apresentaram valores para os fatores de satisfação consideravelmente maiores que os demais. Sendo o Cenário 7 (bonito), o que obteve maior valor entre todos os Cenários.

**Tabela 4.10. Fatores de Satisfação para o grupo de elementos de páginas Web**

	Cenários						
Níveis de satisfação	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
<i>Valor de Preferência (média)</i>	24,66	32,66	32,66	27	14	49	57
<b>Fator de Satisfação (média)</b>	<b>0,2941</b>	<b>0,3962</b>	<b>0,3962</b>	<b>0,3225</b>	<b>0,1680</b>	<b>0,5942</b>	<b>0,6841</b>

**Fator de Satisfação Geral:** a Tabela 4.11 apresenta os valores gerais para preferências e também para os fatores de satisfação. Esses valores são obtidos pela média dos 2 grupos de casos. Analisando a média geral do experimento inicial para os fatores de satisfação, observa-se que as adaptações (alterações de cores) foram positivas em relação ao cenário original. Nesta média geral, apenas o cenário 5 (contraste) apresentou fator inferior. Destaca-se que os fatores dos cenários adaptados manualmente foram maiores que os resultantes da adaptação utilizando algoritmos de recoloração.

**Tabela 4.11. Fatores de Satisfação geral**

	Cenários						
Níveis de satisfação	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
<i>Valor de Preferência (média)</i>	31	37	34	36,5	26,16	56,66	60,83
<b>Fatores de Satisfação (média)</b>	<b>0,3373</b>	<b>0,4060</b>	<b>0,3846</b>	<b>0,3919</b>	<b>0,2730</b>	<b>0,6143</b>	<b>0,6620</b>

Analisando-se os fatores de satisfação apresentados em cada caso, grupo de casos e geral, destaca-se as seguintes conclusões:

- De maneira geral, a adaptação de cores foi considerada pelos participantes mais satisfatórias que as cores apresentadas nos cenários originais;
- Os cenários 6 e 7, pertencentes ao grupo de adaptados manualmente, obtiveram fatores de satisfação maiores do que aqueles adaptados por meio de algoritmos;
- O cenário 5, adaptado pela alteração de contraste, obteve resultados inferiores ao cenário original em quase todos os casos. Somente no caso 1, este cenário obteve fator de satisfação maior que o original. Na análise dos grupos de casos e geral, o cenário 5 também foi negativo. Vale ressaltar que alteração de contraste é muito comum como solução para daltônicos em páginas Web;
- O Cenário 7 (bonito) foi o que obteve maior valor na avaliação geral, embora em alguns casos individuais tenha obtido valor inferior ao Cenário 6 (feio). A distinção entre feio e bonito, que foi realizada pelo designer, é subjetiva e passível de interpretação em cada caso, como indica preliminarmente os números desse experimento. As diferenças de valores entre os casos indicam que esta distinção pode influenciar na satisfação do usuário (positivamente ou negativamente), sendo, portanto passível de adaptação; isto é, embora o designer tenha garantido uma performance geral melhor para os cenários considerados bonito por ele, isto não ocorreu em todos os casos, em que o usuário poderia escolher uma combinação diferente da proposta pelo designer caso tivesse a opção de adaptar a interface.

#### **4.2.2 Fatores de Agradabilidade e Interpretação dos Resultados**

Os resultados apresentados nesta subseção destacam os fatores de agradabilidade para cada cenário, para cada grupo de casos e também gerais. Os métodos e cálculos para a computação do fator de agradabilidade para cada cenário foram descritos na subseção 4.1.3.

**Caso 1 (Mapa):** a Tabela 4.12 apresenta os fatores de agradabilidade obtidos referente ao caso de mapa. Observa-se que para este caso, apenas os cenários 6 e 7 obtiveram um fator de agradabilidade maior que o apresentado pelo cenário 1.

**Tabela 4.12. Fatores de Agradabilidade para o caso 1 (Mapa)**

<b>Caso: Mapa</b>		
<b>Cenários</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Fator de Agradabilidade</b>
Cenário 6	10	<b>0,3703</b>
Cenário 7	8	<b>0,2962</b>
Cenário 1	3	<b>0,1111</b>
Cenário 4	2	<b>0,0740</b>
Cenário 5	2	<b>0,0740</b>
Cenário 2	1	<b>0,0370</b>
Cenário 3	1	<b>0,0370</b>

**Caso 2 (Gráfico):** os fatores de agradabilidade para o caso 2 são listados na Tabela 4.13. Para este caso, é possível observar que somente os cenários 6 e 7 foram considerados mais agradáveis que o cenário original. Os cenários 2 e 5 foram considerados menos agradáveis que o cenário 1, não sendo escolhidos como melhores em nenhum caso.

**Tabela 4.13. Fatores de Agradabilidade para o caso 2 (Gráfico)**

<b>Caso: Gráfico</b>		
<b>Cenários</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Fator de Agradabilidade</b>
Cenário 7	12	<b>0,5</b>
Cenário 6	9	<b>0,375</b>
Cenário 1	1	<b>0,0416</b>
Cenário 3	1	<b>0,0416</b>
Cenário 4	1	<b>0,0416</b>
Cenário 2	0	<b>0</b>
Cenário 5	0	<b>0</b>

**Caso 3 (Tomografia):** a Tabela 4.14 reporta sobre os fatores de agradabilidade referente ao caso de tomografia. Para esse caso, não houveram cenários considerados pelos participantes como mais agradáveis que o cenário 1 original. Entretanto, vale ressaltar que na grande maioria dos casos (76,2%) o usuário selecionou como melhor cenário outro que não é o original. Individualmente, apenas o cenário 7 obteve um fator igual ao do cenário inicial.

**Tabela 4.14. Fatores de Agradabilidade para o caso 3 (Tomografia)**

<b>Caso: Tomografia</b>		
<b>Cenários</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Fator de Agradabilidade</b>
Cenário 1	5	<b>0,2380</b>
Cenário 7	5	<b>0,2380</b>
Cenário 3	3	<b>0,1428</b>
Cenário 5	3	<b>0,1428</b>
Cenário 6	3	<b>0,1428</b>
Cenário 2	2	<b>0,0952</b>
Cenário 4	2	<b>0,0952</b>

**Grupo de imagens:** a Tabela 4.15 apresenta os fatores de agradabilidade para o grupo de imagens. Os valores foram obtidos através da média dos cenários de cada um dos 3 casos do grupo. A análise do grupo de imagens demonstra que apenas os cenários 7 e 6 foram considerados os mais agradáveis, respectivamente.

**Tabela 4.15. Fatores de Agradabilidade para o grupo de imagens**

<b>Grupo Imagens</b>		
<b>Cenários</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Fator de Agradabilidade (média)</b>
Cenário 7	<b>25</b>	<b>0,3447</b>
Cenário 6	<b>22</b>	<b>0,2960</b>
Cenário 1	<b>9</b>	<b>0,1302</b>
Cenário 3	<b>5</b>	<b>0,0738</b>
Cenário 5	<b>5</b>	<b>0,0722</b>
Cenário 4	<b>5</b>	<b>0,0702</b>
Cenário 2	<b>3</b>	<b>0,0440</b>

**Caso 4 (Formulário):** A Tabela 4.16 reporta sobre os fatores de agradabilidade para o caso 4. Neste caso, o cenário 1 não foi escolhido como o melhor em nenhum dos casos. Assim, com exceção do cenário 3, que obteve o mesmo fator, todos os demais cenários apresentaram fatores de agradabilidade maiores que o original. Destacando-se entre os demais, o cenário 6 (feito), no qual o fator de agradabilidade foi consideravelmente maior que os demais cenários, com 76,19% das escolhas como melhor cenário apresentado.

**Tabela 4.16. Fatores de Agradabilidade para o caso 4 (Formulário)**

<b>Caso: Formulário</b>		
<b>Cenários</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Fator de Agradabilidade</b>
Cenário 6	16	<b>0,7619</b>
Cenário 7	2	<b>0,0952</b>
Cenário 2	1	<b>0,0476</b>
Cenário 4	1	<b>0,0476</b>
Cenário 5	1	<b>0,0476</b>
Cenário 1	0	<b>0</b>
Cenário 3	0	<b>0</b>

**Caso 5 (Menu):** os fatores de agradabilidade do caso de menu são descritos na Tabela 4.17. De maneira similar ao caso 4, neste caso o cenário original obteve fator de agradabilidade igual à zero. Apenas os cenários 3 e 7 apresentaram fatores superiores ao cenário 1. O cenário 7 destacou-se por apresentar um fator de agradabilidade muito superior ao segundo colocado, sendo escolhido em 95,23% das vezes como o melhor cenário.

**Tabela 4.17. Fatores de Agradabilidade para o caso 5 (Menu)**

<b>Caso: Menu</b>		
<b>Cenários</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Fator de Agradabilidade</b>
Cenário 7	20	<b>0,9523</b>
Cenário 3	1	<b>0,0476</b>
Cenário 1	0	<b>0</b>
Cenário 2	0	<b>0</b>
Cenário 4	0	<b>0</b>
Cenário 5	0	<b>0</b>
Cenário 6	0	<b>0</b>

**Caso 6 (Tabela):** na Tabela 4.18 os fatores de agradabilidade referentes ao caso 6 são apresentados. Observa-se neste caso, que com exceção dos cenários 5 e 6, os demais apresentam fator de agradabilidade maior em relação ao cenário 1. Apesar do cenário 7 ter 55% das escolhas, todos os cenários do grupo de adaptados por algoritmos, apresentaram resultados positivos em relação ao original.

**Tabela 4.18. Fatores de Agradabilidade para o caso 6 (Tabela)**

<b>Caso: Tabela</b>		
<b>Cenários</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Fator de Agradabilidade</b>
Cenário 7	11	<b>0,55</b>
Cenário 4	3	<b>0,15</b>
Cenário 1	1	<b>0,05</b>
Cenário 6	1	<b>0,05</b>
Cenário 2	2	<b>0,1</b>
Cenário 3	2	<b>0,1</b>
Cenário 5	0	<b>0</b>

**Grupo de elementos de páginas Web:** a Tabela 4.19 apresenta a média dos fatores de agradabilidade referente aos cenários dos casos pertencentes ao grupo de elementos de páginas Web. Com exceção do cenário 5 (contraste), que obteve fator igual ao cenário 1, todos os demais apresentam fator de agradabilidade superior ao original. Com destaque para o Cenário 7 (bonito) que obteve 53,23% das escolhas como o melhor cenário.

**Tabela 4.19. Fatores de Agradabilidade para o grupo de elementos de páginas Web**

<b>Grupo Elementos de páginas Web</b>		
<b>Cenários</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Fator de Agradabilidade (média)</b>
Cenário 7	<b>33</b>	<b>0,5325</b>
Cenário 6	<b>17</b>	<b>0,2706</b>
Cenário 4	<b>4</b>	<b>0,0658</b>
Cenário 2	<b>3</b>	<b>0,0492</b>
Cenário 3	<b>3</b>	<b>0,0492</b>
Cenário 1	<b>1</b>	<b>0,0166</b>
Cenário 5	<b>1</b>	<b>0,0158</b>

**Fator de Agradabilidade Geral:** a Tabela 4.20 apresenta os fatores de agradabilidade geral do experimento obtidos pelas médias dos dois grupos. Foi possível identificar que, de forma geral, os fatores dos cenários adaptados por meio de algoritmos de adaptação 2 e 3, não obtiveram fatores de agradabilidade maiores que o cenário original. Também se revela que o cenário 5 apresentou um fator abaixo do obtido pelo cenário original. Somente os cenários 4, 6 e 7 tiveram fatores positivos em comparação com o cenário 1, com destaque aos cenários “feito” e “bonito”.

**Tabela 4.20. Fatores de Agradabilidade Geral**

<b>Geral</b>		
<b>Cenários</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Fator de Agradabilidade (média)</b>
Cenário 7	<b>58</b>	<b>0,4386</b>
Cenário 6	<b>39</b>	<b>0,2833</b>
Cenário 1	<b>10</b>	<b>0,0734</b>
Cenário 4	<b>9</b>	<b>0,0680</b>
Cenário 3	<b>8</b>	<b>0,0615</b>
Cenário 2	<b>6</b>	<b>0,0466</b>
Cenário 5	<b>6</b>	<b>0,0440</b>

Após analisar os fatores de agradabilidade apresentados em cada caso, grupo de casos e geral, destaca-se os seguintes fatos:

- De maneira geral, os cenários 6 e 7 obtiveram maiores fatores de agradabilidade em relação ao cenário 1, e também em relação àqueles obtidos pelos cenários resultantes de aplicação de algoritmos de recoloração;
- O cenário 5, que foi aplicado maior contraste, apresentou resultados menos convincentes em todos os casos, incluindo nos grupos de casos e no geral;
- Houve muitos cenários em que o fator de agradabilidade foi igual à zero, ou seja, em que ele não foi escolhido nenhuma única vez como melhor cenário;
- O cenário 7, considerado bonito pelo designer, obteve resultados de destaque com 43,74% das escolhas, entretanto não obteve maioria, ressaltando portando o caráter subjetivo da combinação de cores e da importância de prover mecanismos de adaptação neste caso.

#### **4.2.3. Ordem de Execução das Técnicas de Adaptação**

Esta subseção apresenta os resultados que servem de referência para diferentes partes deste trabalho, incluindo: (1) o desenvolvimento da ontologia contendo o conhecimento sobre daltonismo e adaptação de interfaces (Seção 4.3); (2) construção do *framework* para a adaptação de interfaces com base em ontologias para usuários daltônicos

(Capítulo 5); assim como (3) a avaliação experimental “final” por usuários daltônicos da adaptação de interfaces (Capítulo 6).

A Tabela 4.21 apresenta a ordem de preferência de aplicação de técnicas de adaptação de acordo com o contexto de acesso (casos). A ordem de preferência de aplicação de técnicas é a mesma para todos os tipos de daltonismo estudados durante o experimento, sendo alterados apenas os parâmetros que definem o tipo da patologia ao executar os algoritmos, ou as cores durante a adaptação manual.

**Tabela 4.21. Ordem de Preferência de Aplicação de Técnicas**

<b>Contexto</b>	<b>Técnica</b>	<b>Sequência</b>
<b>Mapa</b>	Manual	1
	Algoritmo 1	2
	Algoritmo 3	3
	Algoritmo 2	4
	Contraste	5
<b>Gráfico</b>	Manual	1
	Algoritmo 2	2
	Algoritmo 3	3
	Algoritmo 1	4
	Contraste	5
<b>Tomografia</b>	Algoritmo 2	1
	Manual	2
	Algoritmo 3	3
	Algoritmo 1	4
	Contraste	5
<b>Formulário</b>	Manual	1
	Algoritmo 1	2
	Algoritmo 3	3
	Algoritmo 2	4
	Contraste	5
<b>Menu</b>	Manual	1
	Algoritmo 1	2
	Algoritmo 2	3
	Algoritmo 3	4
	Contraste	5
<b>Tabela</b>	Manual	1
	Algoritmo 3	2
	Algoritmo 1	3
	Algoritmo 2	4
	Contraste	5

Com base na ordem definida, é possível escolher qual técnica deve ser aplicada em determinado contexto de maneira que este proporcione maior satisfação e

agradabilidade aos usuários daltônicos. Apesar de existir uma sequência que vai de 1 a 5, o ideal é que sejam utilizadas apenas as técnicas cujo valor de sequência seja 1, e assim garantir que a melhor técnica de acordo com o experimento seja aplicada.

No entanto, a adaptação manual pode não estar sempre disponível. Percebe-se que na maioria dos contextos, a técnica que ocupa a primeira posição é aquela que realiza a adaptação manual. Essa técnica, apesar de ter sido escolhida pelos participantes do experimento como sendo a melhor, possui uma desvantagem em relação aos algoritmos. A adaptação manual ocorre com a utilização de uma ferramenta de edição de imagens e assim tem que ser feita com antecedência e depois disponibilizada aos usuários.

É preciso igualmente levar em conta na adaptação o tipo de daltonismo para que a combinação das cores possibilite a identificação das informações pelo usuário. Por exemplo, para o contexto de mapa, é necessária a adaptação de uma imagem para cada tipo de daltonismo. Já no uso dos algoritmos e no aumento de contraste, as imagens e elementos de interface são adaptados automaticamente de acordo com o tipo de daltonismo informado, necessitando apenas que o parâmetro seja informado. Mas como tal informação não é visível aos usuários, ou seja, o usuário não tem a possibilidade de decidir qual a técnica que será utilizada ao acessar determinado contexto, as escolhas são efetuadas com base no estudo de cada caso, aplicando a técnica mais adequada disponível.

Para exemplificar o uso da ordem de técnicas de adaptação, suponhamos um usuário *X* com o tipo de daltonismo *Deuteranopia*, que acessa dois contextos de interação distintos: mapa e tomografia. Ao acessar o contexto de mapa, com base na ordem definida na Tabela 4.20, a técnica mais adequada é a “Manual”. Logo, o contexto de mapa é disponibilizado com as cores adaptadas manualmente de acordo com o tipo de daltonismo do usuário. No entanto, caso não existir imagem previamente adaptada (o que pode ser comum da prática) é aplicado o “Algoritmo 1” (segundo na ordem).

Em seguida, suponhamos que o mesmo usuário acesse o contexto de tomografia. Considerando os resultados na Tabela 4.20, o “Algoritmo 2” é a técnica mais adequada para ser aplicada neste contexto. Ao ter o parâmetro como o tipo de daltonismo, o algoritmo realiza a adaptação, apresentando ao usuário no contexto recolorido.

### **4.3. Engenharia da Ontologia *OntColorBlind***

Nesta seção, é apresentada a engenharia e estrutura da ontologia sobre daltonismo *OntColorBlind*. Esta ontologia representa o conhecimento sobre os tipos de daltonismo, cores que causam confusão aos daltônicos, técnicas de adaptação, as cores resultantes de sua aplicação, e preferências individuais de usuários. Esta ontologia é a base para que o *framework* (cf. Capítulo 5) possa realizar a adaptação das interfaces. O desenvolvimento desta ontologia se fez necessário, pois no melhor do nosso conhecimento não existe uma ontologia semelhante disponível para o contexto em estudo e que preencha os requisitos para o *framework* de adaptação de interfaces.

Na subseção 4.3.1, é apresentado o processo de engenharia da *OntColorBlind*, na subseção 4.3.2 é apresentada uma versão preliminar da ontologia criada com base na literatura sobre daltonismo. Em seguida, na subseção 4.3.3, é descrito como a partir da versão inicial da ontologia obteve-se uma versão mais refinada da *OntoColorBlind*. Por fim, a subseção 4.3.4 apresenta a versão atual da *OntoColorBlind*.

#### **4.3.1. Processo de Engenharia da *OntColorBlind***

O processo de construção da *OntColorBlind* seguiu 3 etapas principais:

1. Inicialmente, foi construída uma ontologia preliminar baseada em estudos da literatura sobre daltonismo, técnicas de adaptação e padrões internacionais de acessibilidade. Por exemplo, foi definida uma hierarquia dos diferentes tipos de daltonismo. Esta ontologia preliminar foi criada de forma que fosse possível a modelagem do conhecimento para realizar uma adaptação de interfaces usando uma técnica de adaptação, respeitando os padrões de acessibilidade. Assim estariam representadas na modelagem da ontologia, tanto as características de cada tipo de daltonismo, como as informações sobre adaptação de interfaces (e.g., cores resultantes de cada técnica de adaptação) e os padrões de acessibilidade que definem diretrizes para criação de interfaces para usuários com daltonismo. O objetivo foi que a ontologia tivesse elementos que

atendessem inicialmente às necessidades de cada tipo de daltonismo e também as preferências pessoais de cada usuário. Esta ontologia preliminar é detalhada na subseção 4.3.2;

2. Em seguida foram analisados os resultados empíricos obtidos através do experimento inicial, em que foram definidas declarações sobre contextos de acesso, cores originais e adaptadas, técnicas de adaptação e ordem de aplicação destas técnicas de acordo com o contexto. Todas essas informações foram de suma importância para a criação de regras dentro da ontologia. A hierarquia das classes foi baseada no experimento inicial, em que, por exemplo, a classe *AccessContext* possui as subclasses *ImageElements* e *WebPageElements* que foram construídas com representando os casos de imagens e de elementos de páginas *Web* respectivamente. Este processo é detalhado na subseção 4.3.3;
3. Finalmente, para atender às necessidades específicas do *framework*, e com base em requisitos de natureza técnica, foram agregadas novas classes àquelas existentes na ontologia preliminar. A implementação do protótipo, descrito no Capítulo 5, demandou a inclusão de novas classes, atributos e instâncias, além de novas regras. Esta versão da ontologia é detalhada na subseção 4.3.4.

#### 4.3.2. Ontologia Preliminar

Esta versão inicial da ontologia foi criada com base nos conhecimentos gerais sobre daltonismo e nos padrões de acessibilidade analisados na literatura. Esta versão, proposta em Araújo *et al.* (2016), possibilita definir os contextos, técnicas de adaptação e classes de preferências dos usuários. A Figura 4.7 apresenta uma visão geral da ontologia inicial com as principais classes e propriedades. A seguir são descritas as principais classes desta ontologia:

- **Classes (subclasses de *thing*):**
  - ***AccessContext*:** modela os tipos de contextos de acesso que podem ser adaptados (*e.g.*, menu). Esta classe possui três subclasses *ApplicationContext*, *UsageContext* e *DeviceContext*;
  - ***AdaptationTechniques*:** esta classe modela as técnicas de adaptação que podem ser aplicadas sobre os contextos de acesso para adaptá-los (*e.g.*, Algoritmo 1). Esta classe possui três subclasses:

- **ColorFilters;**
    - **RecoloringAlgorithm;**
    - **ContrastChange;**
  - **PathologyTypes:** foram modelados os diversos tipos de daltonismo e características dos mesmos que são utilizadas pelas técnicas para realizar a adaptação nos contextos conforme um tipo (e.g., *Deuteranopia*). Esta classe possui três subclasses:
    - **Dichromacy:** se subdivide os tipos de daltonismo *Deuteranopia*, *Protanopia* e *Tritanopia*;
    - **Monochromacy:** se subdivide os tipos de daltonismo *ConeMonochromacy* e *RodMonochromacy*;
    - **Trichromacy:** se subdivide nos tipos de daltonismo *Deuteranomaly*, *Protanomaly* e *Tritanomaly* ;
  - **Standards:** modela os itens específicos dos principais padrões de acessibilidade para usuários com daltonismo e adaptação de interfaces. Esta classe possui duas subclasses para modelar os padrões mais utilizados considerando nosso contexto WCAG e eMag (para o contexto brasileiro);
  - **UserPreferences:** é destinada a modelar as preferências dos usuários.
- **Propriedades:**
    - **inAccordanceWithStandard:** define as técnicas de adaptação (*AdaptationTechniques*) que estão de acordo com os padrões de acessibilidade (*Standards*);
    - **isSetByUserPreferences:** define através das preferências do usuário (*UserPreferences*) qual técnica de adaptação (*AdaptationTechniques*) é aplicada. Por exemplo, de acordo com a preferência do usuário *X* gravada em *UserPreferences*, ao acessar o contexto de acesso *Maps*, a técnica que deverá ser aplicada é “*Algoritmo 1*”;
    - **isSuitableToPathologyTypes:** define qual técnica de adaptação (*AdaptationTechniques*) é aplicável, de acordo com o tipo de daltonismo (*PathologyTypes*);
    - **isSuitableToAccessContext:** define a técnica de adaptação (*AdaptationTechniques*) aplicável para cada contexto (*AccessContext*).

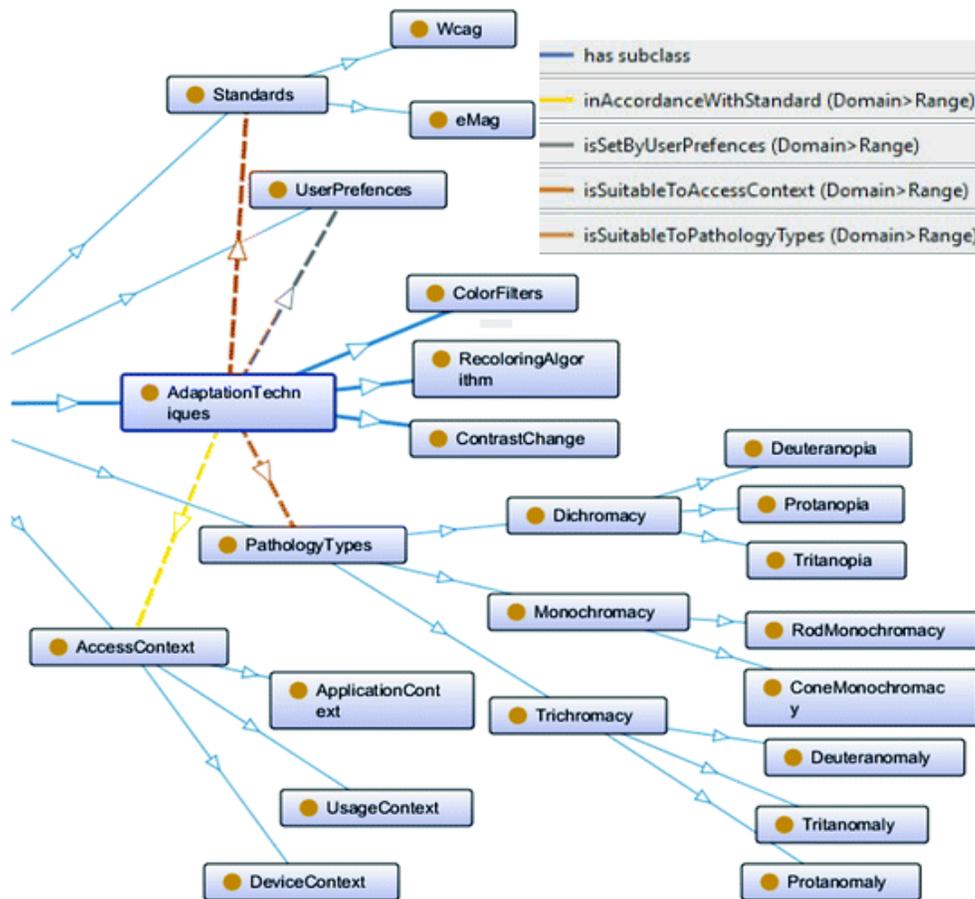


Figura 4.7 Visão geral da Ontologia Inicial (Araújo *et al.*, 2016)

Esta ontologia preliminar serviu como uma conceituação inicial que tinha o objetivo de orientar a construção de uma base de conhecimento mais consistente e detalhada, de modo que permitisse ser constantemente alimentada e utilizada por sistemas computacionais.

### 4.3.3. Aplicação dos Resultados do Experimento Inicial na Ontologia

Antes de iniciar a descrição da ontologia, são relatadas as contribuições dos resultados obtidos pelo experimento inicial para a construção da estrutura da *OntColorBlind*, e também do conhecimento nela armazenado:

- **Contextos de Acesso:** através da realização do experimento inicial, foram definidos os contextos de acesso em que se pode ocorrer a adaptação. Esses contextos resultantes foram chamados de casos no experimento;
- **Cores originais e adaptadas:** as cores presentes tanto nos cenários originais como nos cenários adaptados, foram incluídas na ontologia de maneira a representar quais são as cores de origem de um determinado contexto e quais são as cores correspondentes a elas após a adaptação para cada técnica. Por exemplo, a cor *X* após a execução da técnica “Algoritmo 1” muda para *Y* e a mesma cor *X* após a aplicação de “Algoritmo 2”, muda para *Z*;
- **Técnicas de Adaptação:** após o experimento foram definidas 4 técnicas de adaptação, sendo 3 utilizando algoritmos de recoloração e uma com adaptação manual. Essas técnicas, juntamente com as suas características, foram definidas como novas classes na ontologia;
- **Preferência geral sobre técnicas:** respeitando a ordem de aplicação de técnicas de adaptação (resultado final do experimento inicial), foi possível representar na ontologia qual técnica deve ser aplicada para cada contexto. Essa preferência é a técnica que é aplicada a determinado contexto de acesso caso não exista alguma preferência pessoal do usuário que estiver acessando. Por exemplo, se um usuário acessar o contexto de Tomografia e não escolher alguma preferência, então o Algoritmo 2 é aplicado, de acordo com a ordem de preferência definida na Tabela 4.21.

#### 4.3.4. Descrição da Ontologia *OntColorBlind*

Nesta subseção é descrita a ontologia *OntColorBlind*, que é à base de conhecimento sobre daltonismo e adaptação de interfaces utilizada nesta pesquisa. A ontologia preliminar, apresentada na subseção anterior, foi utilizada como ponto de partida, em que novas classes e propriedades foram criadas enquanto outras foram revistas e refinadas. A Figura 4.8 apresenta as classes de níveis hierárquicos mais altos da ontologia.

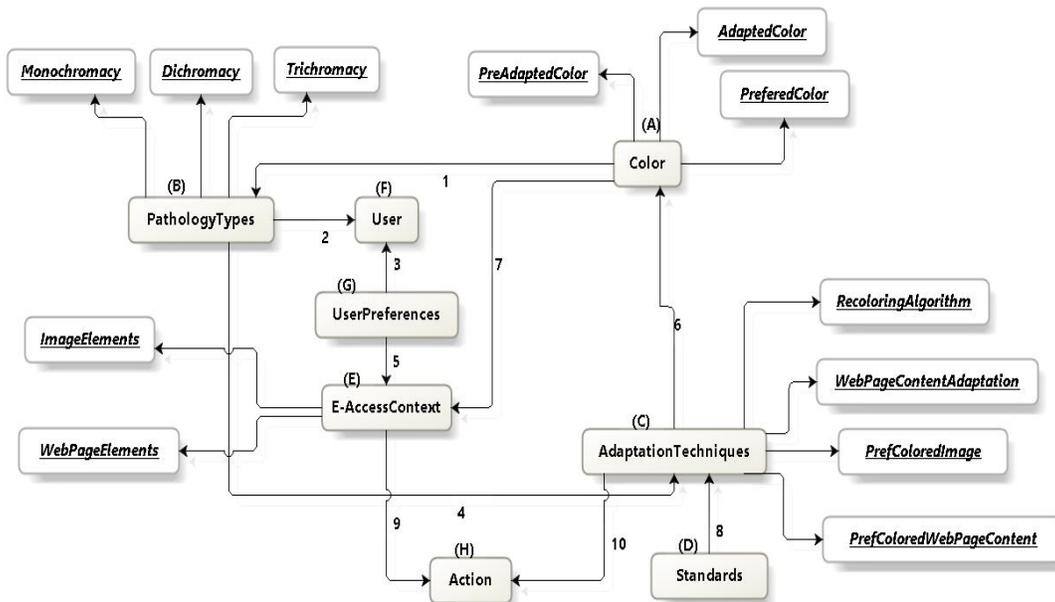


Figura 4.8: Visão geral das classes da *OntColorBlind*.

As principais classes e subclasses presentes na *OntColorBlind* são descritas a seguir:

- **(A)-Color:** esta classe foi introduzida na versão final. Ela é responsável, juntamente com suas subclasses, por modelar as cores referentes aos contextos e técnicas de adaptação. A classe principal *Color*, tem como indivíduos as cores originais de cada um dos contextos de acesso (*AccessContext*). Esses indivíduos estão na classe principal de maneira que eles servem de base para as cores adaptadas, pré-adaptadas ou preferidas. Assim todas as cores presentes nas subclasses de *Color*, fazem referência a um dos indivíduos da classe principal (*hasOriginalColor*). Esta classe possui outras três subclasses descritas a seguir:
  - ***PreAdaptedColor*:** esta subclasse tem como indivíduos, as cores resultantes da técnica “Manual”, ou seja, dos contextos adaptados manualmente. Um exemplo de instância desta subclasse seria *R926F13\_Prot\_Menu*, onde “**R**” é um caractere de controle, “**926F13**” é o código RGB da cor pré-adaptada, “**Prot**” é a referência ao tipo de daltonismo (Protan) e “**Menu**” é a identificação do contexto de acesso. Esse exemplo possui um *Data Property* denominado *colorCode*, com o valor “**#926F13**”, que é o código RGB referente desta cor;

- **AdaptedColor**: é a subclasse que contém os indivíduos com as cores resultantes da adaptação através de um dos 3 algoritmos de recoloração presentes na ontologia. Por exemplo, o indivíduo ***R0019AE\_Prot\_Kuhn*** pertencente a classe *AdaptedColor*, representa a cor resultante da técnica *kuhn* para os usuários com os tipos de daltonismo *Protan*. Este indivíduo possui o *ObjectProperty hasOriginalColor*, que relaciona com o indivíduo ***RCE0000*** da classe *Color*;
- **PreferredColor**: esta subclasse armazena as cores escolhidas pelos usuários como cores de preferência;
- **(B)-PathologyTypes**: esta classe modela os tipos de daltonismo, divididos em sua hierarquia de subclasses:
  - **Dichromacy**: os tipos de daltonismos que apresentam a ausência dos pigmentos responsáveis pelo reconhecimento das cores verde (*Deuteranopia*), vermelha (*Protanopia*) e azul (*Tritanopia*);
  - **Monochromacy**: os tipos de daltonismo que o indivíduo enxerga somente nas tonalidades de preto e branco;
  - **Trichromacy**: os tipos de daltonismos que apresentam a anomalia dos pigmentos responsáveis pelo reconhecimento das cores verde (*Deuteranomalia*), vermelha (*Protanomalia*) e azul (*Tritanomalia*);
- **(C)-AdaptationTechniques**: são as técnicas de adaptação representadas na ontologia. Com o objetivo de melhor organizar essas técnicas, elas foram divididas em quatro subclasses, incluindo algoritmos de recoloração, imagens pré-adaptadas e técnicas de adaptações da Web conforme descrito a seguir:
  - **RecoloringAlgorithm**: modelam os algoritmos de recoloração, que usualmente são aplicados aos contextos de imagens. Existe um indivíduo para cada algoritmo representado na ontologia (*e.g.*, *kuhn2008*, é o nome da instância do algoritmo de recoloração desenvolvido por Kuhn *et. al*, 2008). As características de funcionamento dos algoritmos não são modeladas nesta classe, mas se tem conhecimento sobre as cores resultantes de sua aplicação instanciadas na subclasse *AdaptedColor*;

- **PrefColoredImage**: modelam as imagens pré-adaptadas. Existe um indivíduo para cada contexto (e.g., *Manual\_Colored\_Maps*, representando o contexto de mapa adaptado manualmente);
- **WebPageContentAdaptation**: esta subclasse representa a adaptação referente aos elementos de páginas *Web*. Como esta adaptação acontece utilizando as cores dos algoritmos de recoloração de imagens, cada indivíduo possui um nome que faz menção ao respectivo algoritmo (e.g., *colorAdaptationBasedInKuhn2008*, informa que a adaptação da interface é feita com base nas cores do algoritmo de recoloração *kuhn2008*). Cada indivíduo, através do *ObjectProperty recoloringAlgorithmBasedAdapted-Colors*, relaciona com outros indivíduos da subclasse *AdaptedColor*, que representam as cores resultantes de sua aplicação;
- **PrefColoredWebPageContent**: modelam as cores pré-adaptadas dos elementos de página *Web*. Existe um indivíduo para cada contexto (e.g., *Manual\_Colored\_Menu*, que representa o contexto de menu adaptado manualmente);
- **(D)-Standards**: armazena os padrões de acessibilidade a serem considerados na adaptação das interfaces, em especial para usuários com daltonismo, seguindo a hierarquia já apresentada anteriormente;
- **(E)-AccessContext**: declara os contextos de acesso da aplicação, no qual são aplicadas as técnicas de adaptação. Com base nos resultados do experimento inicial, os indivíduos de contexto foram divididos em duas subclasses:
  - **ImageElements**: estão os indivíduos que representam os contextos referentes às imagens. Possui outras subclasses que representam os subtipos de elementos de imagens (e.g., *Graphs*, *Maps* e *TechnicalImages*). Um exemplo de indivíduo deste contexto é *ColoredMaps*, que pertence à subclasse *Maps*;
  - **WebPageElements**: contém os indivíduos que representam os contextos que são compostos por elementos de página *Web*. Também possui subclasses representando os subtipos de elementos de página (e.g., *Form*, *Menu* e *Table*). *Side\_Menu* é um exemplo de indivíduo da subclasse *Menu*;
- **(F)-User**: foi acrescentada na hierarquia uma classe para representar os usuários, onde os indivíduos estão relacionados às patologias através do *ObjectProperty*

*hasPathologyType* com os indivíduos da classe *PathologyTypes*, em que cada indivíduo representa um grupo de tipos de daltonismo com características semelhantes. Por exemplo, o indivíduo *Deut\_Individual*, representa as características dos tipos de daltonismo que não percebem a cor verde (Deuteranopia e Deuteranomalia);

- **(G)-UserPreferences:** nesta classe são modeladas as preferências dos usuários (*User*) relacionadas ao contexto de acesso e técnicas de adaptação. Um exemplo de indivíduo desta classe é *pref\_ColoredMaps\_ricardo.araujo*, que representa a preferência do usuário “ricardo.araujo” para o contexto “*ColoredMaps*”, em que os *Object Properties isConditionedAccessContext* e *hasPreferredColorChange* fazem o relacionamento com a classe *ApplicationContext* e com a subclasse *PreferredColor*, respectivamente;
- **(H)-Action:** esta classe modela ações de aplicação de alguma das técnicas de adaptação a serem realizadas sobre a interface. Essas ações são decorrentes da execução de regras de inferência. Esta classe possui diversas subclasses (*e.g.*, a subclasse *DeutGraphRule*, que apresenta o resultado das regras para contendo os indivíduos de cores originais para o contexto *Graph* para usuários com os tipos de daltonismo Deuteranopia ou Deuteranomalia), que após a execução do *reasoner* são instanciados os indivíduos de retorno das regras. Por exemplo, a subclasse *CommonDeutMapRule*, apresenta qual é a técnica de preferência geral para os usuários do grupo *Deutan* de daltonismo para o contexto de mapas.

Além das classes, a Figura 4.8 apresenta os principais relacionamentos (*Object Properties*) que são descritas a seguir:

- **1-pathologyTypeAdaptedColor:** é a relação entre as cores adaptadas (*Color*, através da subclasse *AdaptedColor*) com o tipo de daltonismo (*PathologyType*). Esta relação justifica-se para que seja possível identificar a cor adaptada de acordo com o tipo de daltonismo, pois conforme o tipo da patologia, a cor original será adaptada em uma cor diferente. Por exemplo, se uma cor original representada pelo indivíduo *RC6AD74* (classe *Color*), sabendo-se que o usuário possui o tipo de daltonismo Deuteranopia (classe *PathologyTypes*), o indivíduo *RE89C95\_Deut\_Huang* (subclasse *AdaptedColor*) através do *ObjectProperty pathologyTypeAdaptedColor*, é

a representação da aplicação de determinada técnica sobre essa cor original, de acordo com o tipo da patologia do usuário;

- **2-hasPathologyType:** é a relação entre o tipo de daltonismo (*PathologyType*) e cada usuário (*User*);
- **3-hasUserPreferences:** é a relação entre as preferências definidas (*UserPreferences*) para cada usuário (*User*);
- **4-isSuitableToPathologyTypes:** é a relação entre o tipo de daltonismo (*PathologyType*) e a técnica a ser aplicada (*AdaptationTechniques*);
- **5-isConditionedAccessContext:** é a relação que define as preferências do usuário (*UserPreferences*) para determinado contexto (*AccessContext*);
- **6-isAdaptationTechniqueResult:** é a relação que define as cores (*Color*, através da subclasse *AdaptedColor*) que são resultantes da aplicação de cada técnica de adaptação (*AdaptationTechniques*). Esta relação modela a cor que é o resultado da aplicação de determinada técnica de adaptação sobre a cor original. Por exemplo, o indivíduo **R47453F\_Deut\_Rasche** (classe *AdaptedColor*), é a representação da aplicação da técnica representada pelo indivíduo **rasche2005** (classe *RecoloringAlgorithm*) aplicada a cor original presente no indivíduo **RFC2A2B** (classe *Color*). A relação entre a técnica e a cor resultante de sua aplicação é representada pelo *ObjectProperty isAdaptationTechniqueResult*;
- **7-algorithmAdaptedColorAccessContext:** é a relação entre as cores (*Color*, através da subclasse *AdaptedColor*) resultantes da adaptação que são aplicadas em determinado contexto (*AccessContext*). Como no item 6, a representação das cores resultantes da aplicação de determinada técnica, neste *ObjectProperty* a relação é entre a cor adaptada, que é resultante da aplicação de uma técnica, com o contexto de acesso. Como um exemplo, o indivíduo **R47453F\_Deut\_Rasche** (classe *AdaptedColor*), apresentando no item 6, é resultante da aplicação da técnica **rasche2005**. Com a relação à *algorithmAdaptedColorAccessContext*, é representada que esta cor é aplicada após a adaptação do indivíduo **PieGraph** (classe *AccessContext*);
- **8-inAccordanceWithStandard:** é a relação que define que as técnicas de adaptação (*AdaptationTechniques*) estão de acordo com os padrões de acessibilidade (*Standards*). Por exemplo, a técnica representada pelo indivíduo **kuhn2008** (classe

*AdaptationTechniques*), por meio da relação *inAccordanceWithStandard* com o indivíduo *wcag2* (classe *Standards*), está de acordo com os padrões definidos pelo WCAG2.0. Quando não existe a relação, significa que a técnica não está de acordo com os padrões de acessibilidade;

- **9-*hasActionContext***: é a relação entre as regras (*Action*) e o contexto de acesso (*AccessContext*) em que elas são aplicadas;

**10-*hasActionChange***: é a relação que define qual a técnica de adaptação (*AdaptationTechniques*) é aplicada de acordo com as regras definidas (*Action*). Ao executar determinada regra SWRL pelo *reasoner*, o indivíduo que representa a técnica de adaptação gerada por esta regra é instanciado como um indivíduo da classe *Action*. Por exemplo, que ao executar o *reasoner* com determinada regra, a técnica resultante é representada pelo indivíduo *kuhn2008* (subclasse *AdaptationTechniques*) e assim ele é instanciado na classe *Action* através da relação *hasActionChange*.

Um conjunto inicial de indivíduos foram inseridos na ontologia manualmente de forma a viabilizar a experimentação (Capítulo 6) e representar o conhecimento básico do domínio. A inserção dos indivíduos foi feita usando a ferramenta *Protégé*<sup>37</sup>. Por exemplo, foi realizado a inserção de indivíduos com todas as técnicas de adaptação (classe *AdaptationTechniques*), além de todos os contextos de acesso (*AccessContext*). Para as técnicas de adaptação, foram inseridos os indivíduos correspondentes às técnicas definidas na seção 4.2. Outros indivíduos como os usuários, suas características, e preferências são determinados em tempo de execução. Eles são inseridos automaticamente via aplicação de *software* hospedeira, ou seja, a aplicação que faz uso do *framework*. É importante ressaltar que a modelagem da ontologia permite que sejam inseridos quantos indivíduos forem necessários, de acordo com as necessidades de adaptação (*e.g.*, inserir uma nova técnica de adaptação).

Após a modelagem das classes, definiu-se regras descritas em SWRL que determinam as ações a serem realizadas sobre a interface segundo a ordem de preferência de uso das técnicas de adaptação (*cf.* Tabela 4.21). A criação de regras fez-se necessária para que fosse possível criar instâncias específicas para adaptação

---

<sup>37</sup> <http://protege.stanford.edu>

considerando tanto às necessidades gerais para cada contexto e tipo de daltonismo, quanto às preferências específicas de cada usuário. Assim, os fatos retornados pelas regras podem ser diferentes para cada usuário, de acordo com suas preferências.

O exemplo a seguir visa ilustrar uma interação entre as classes da ontologia e a execução das regras para a realização da adaptação pelo *framework*:

- Usuário: **nelson.freire**;
- Tipo de daltonismo: *Deuteranopia*;
- Contexto de acesso: *ColoredMaps*;
- Preferências do usuário: **nenhuma**;
- Como não existem preferências inseridas na ontologia para este usuário, uma consulta é feita à classe *CommonDeutMapsRule*, que é subclasse de *Action*. É retornado o indivíduo *Manual\_Colored\_Maps*, proveniente da regra SWRL a seguir:

$$\begin{aligned} & \circ \textit{Deuteranopia}(?y) \wedge \textit{Maps}(?w) \wedge \textit{User}(?x) \textit{isConditionedAccessContext}(?x,?w) \\ & \wedge \textit{hasPathologyType}(?x, ?y) \wedge \textit{adaptationTechniquesName}(?z, \\ & \textit{"Manual_Colored_Maps"}) \Rightarrow \textit{CommonDeutMapsRule}(?z) \end{aligned}$$

- Esta regra define que qualquer usuário que tenha *Deuteranopia* como tipo de daltonismo, ao acessar o contexto de acesso *Maps*, terá como retorno a técnica *Manual\_Colored\_Maps*. O indivíduo *Manual\_Colored\_Maps* foi inserido na ontologia como sendo a técnica padrão a ser aplicada no contexto de *ColoredMaps*, conforme a ordem de aplicação de técnicas definida como resultado do experimento inicial (cf. Tabela 4.21). O *framework* consulta a ontologia que informa o nome da técnica pela ontologia;
- No mesmo exemplo, suponha que algumas preferências de cores para o usuário para o mesmo contexto de mapa colorido são inseridas. Dessa forma, uma consulta é efetuada para retornar todas essas cores que o usuário definiu como suas preferências em relação às cores originais. O retorno desta consulta é com base na seguinte regra SWRL:

$$\begin{aligned} & \circ \textit{PreferredColor}(?a) \wedge \textit{User}(?u) \wedge \textit{Maps}(?w) \wedge \textit{UserPreferences}(?p) \wedge \\ & \textit{hasUserPrefences}(?u,?p) \wedge \textit{isConditionedAccessContext}(?u,?w) \wedge \\ & \textit{hasPreferredColorChange}(?u,?a) \Rightarrow \textit{DeutMapsPreferredColor}(?a) \end{aligned}$$

- Esta regra define que um usuário específico, que tenha definido alguma cor de preferência para determinado contexto, receba como retorno o conjunto dessas cores preferidas. Essas cores são os indivíduos da classe *PreferredColor* e que fazem referência às suas respectivas cores originais (*hasOriginalColor*) da classe *Color*;
- O conjunto de cores definidas pelo usuário como suas preferências para o contexto é consultado pelo *framework* na ontologia e tratadas posteriormente por este para realizar a adaptação, conforme detalha o Capítulo 5;

#### 4.4. Síntese do Capítulo

Neste capítulo, relata-se a realização de um experimento inicial com a participação de 24 pessoas com daltonismo. Este experimento visou embasar empiricamente as decisões e informou elementos da ontologia como parte da solução desta dissertação. Os participantes avaliaram 6 casos de imagens coloridas, cada um contendo 7 cenários, sendo 1 com cores originais e que poderiam causar confusão na identificação de informações, e 6 em que foram aplicadas diferentes técnicas de adaptação com o objetivo de melhoria na identificação das informações. Foram incluídos 3 algoritmos pesquisados na literatura, 1 adaptação por mudança de contraste e 2 adaptações manuais realizadas por um *designer*.

Após analisar os resultados do experimento inicial, foram definidos os fatores de satisfação e de agradabilidade para cada cenário conforme os casos. Esses fatores foram à base para definição de uma ordem de preferência de técnicas de adaptação para cada caso. Os experimentos apontaram melhores resultados, na maioria dos casos, nas adaptações realizadas pelo *designer*, mas que nem sempre estarão disponíveis na prática. Dessa maneira, foi possível definir empiricamente qual técnica é a mais adequada para cada caso específico. Isso se refere a principal contribuição deste capítulo.

Os resultados do experimento inicial foram utilizados no desenvolvimento da *OntColorBlind*, uma ontologia que representa o conhecimento sobre daltonismo e adaptação de interfaces. Regras e indivíduos foram igualmente incluídos na ontologia de modo a complementar a representação do conhecimento do domínio. Esta ontologia

possui a representação necessária para o funcionamento do *framework* descrito no próximo capítulo.

## Capítulo 5

### **FAIBOUD: *Framework* de Adaptação de Interfaces com Base em Ontologia para Usuários Daltônicos**

Neste capítulo é apresentado o *Framework* de Adaptação de Interfaces com Base em Ontologia para Usuários Daltônicos (FAIBOUD). O FAIBOUD é um *framework* genérico, para ser utilizado em conjunto com uma aplicação “hospedeira”. Ele objetiva propiciar mecanismos e componentes para facilitar a adaptação da aplicação hospedeira em diferentes contextos de interfaces de usuário. O *framework* explora consultas e inferência lógica em uma ontologia que representa o conhecimento sobre daltonismo, algoritmos de adaptação e recoloração, bem como preferências dos usuários. Nossa proposta seleciona a técnica de adaptação mais adequada conforme o tipo da deficiência e preferências do usuário em um determinado contexto de interação.

Descreve-se neste capítulo tanto o processo de adaptação que conceitualmente define o *framework*, quanto sua implementação, incluindo arquitetura e componentes da solução de *software*. A Seção 5.1 detalha o processo de adaptação, enquanto a Seção 5.2 apresenta a arquitetura e componentes desenvolvidos junto às tecnologias envolvidas. A Seção 5.3 descreve o fluxo de execução da solução com o objetivo de demonstrar a interação entre os diversos componentes do *framework* em situações de uso. A Seção 5.4 efetua a síntese do conteúdo apresentado neste capítulo.

#### **5.1 Processo e Técnicas de Adaptação de Interfaces**

A Figura 5.1 apresenta o processo proposto para realizar a adaptação de interfaces. Há três elementos centrais envolvidos no processo, incluindo a entrada de informações, as técnicas de adaptação de interface e a etapa final de renderização da interface. O processo prevê que o usuário acesse o sistema fornecendo identificação e senha pré-cadastradas (**item 1 da Figura 5.1**).

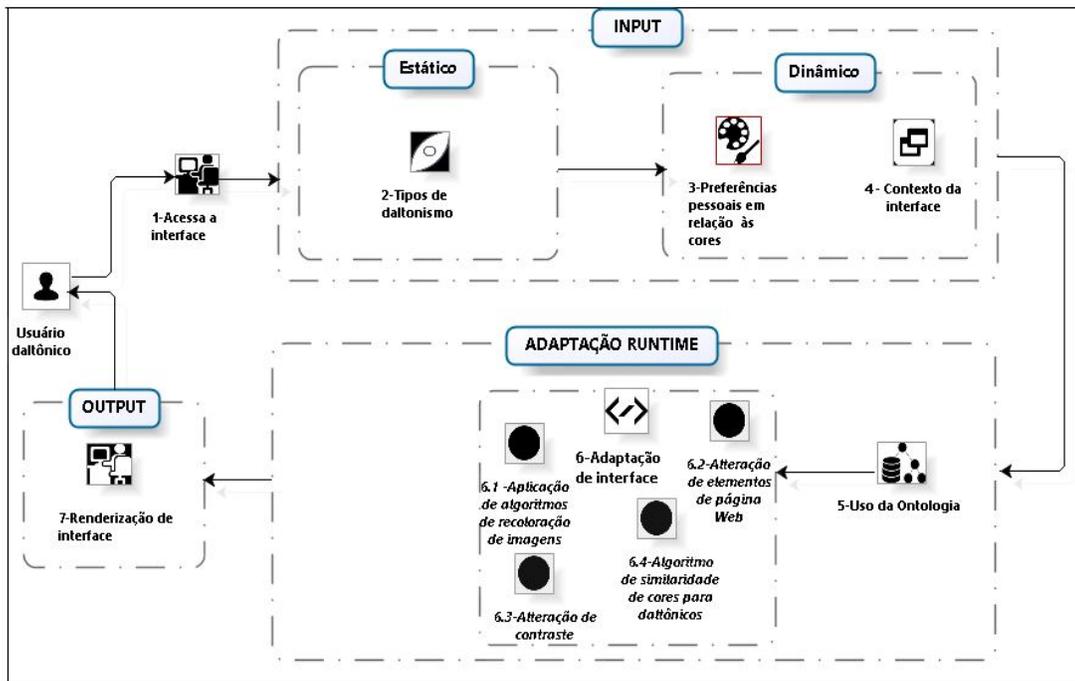


Figura 5.1: Processo de Adaptação no FAIBOUD

Para a realização da adaptação são necessárias informações de entrada que definidos como *Input*. Distinguiu-se essas informações de entrada entre estáticas e dinâmicas:

**Estáticas:** são aquelas que não mudam em tempo de execução conforme a interação do usuário e contexto. Elas são inseridas pelos usuários ao cadastrarem seu perfil no sistema. As informações estáticas incluem:

- **Tipo de daltonismo (item 2 na Figura 5.1):** Especifica o tipo de daltonismo informado pelo usuário.

**Dinâmicas:** são aquelas informações que mudam conforme o contexto de uso:

- **Preferências pessoais em relação às cores (item 3 da Figura 5.1):** são as preferências definidas por cada usuário durante o uso do *framework* para cada um dos contextos de interface. Essas preferências podem mudar conforme o contexto e assim influenciar qual técnica de adaptação de interfaces é aplicada.

Por exemplo, um usuário *A* ao acessar o contexto de mapas pode ter a técnica *X* aplicada na recoloração do mesmo; já um usuário *B*, que informou outras preferências pessoais, ainda que tenha o mesmo tipo de daltonismo do usuário *A*, ao acessar o mesmo contexto terá a adaptação realizada pela técnica *Y*, pois essa técnica pode ser mais adequada as suas preferências do que a técnica *X*;

- **Contexto da interface (item 4 na Figura 5.1):** são os elementos de interface e situação em que o usuário se encontra no momento em que é realizada a adaptação, tais como tipo de aplicação e elementos de interfaces visualizados. Esse contexto pode incluir imagens, botões, cores de fundo e outros elementos que poderão ser adaptados para atender aos usuários com daltonismo.

Uma vez informados e/ou capturados os parâmetros de entrada com as informações necessárias para a adaptação de interfaces, ela acontece em tempo de execução. As subseções seguintes detalham os elementos considerados em nossa proposta para este fim (“Adaptação *Runtime*” da Figura 5.1).

### 5.1.1 Uso da Ontologia *OntColorBlind*

As informações de entrada são usadas tanto para inserção na ontologia quanto para consulta na mesma (**item 5 na Figura 5.1**). A ontologia representa as cores em formato RGB<sup>38</sup> referentes às cores originais de cada um dos contextos. Por exemplo, o contexto de mapas possuiu 4 cores originais e os códigos de cores primárias aditivas em RGB correspondentes a cada uma dessas cores (verde-escuro (*42BD17*), vermelho-escuro (*DB4022*), cinza (*C6AD74*) e verde-claro (*0EED92*)), são gravados na ontologia como propriedades deste contexto. As técnicas de recoloração propõem cores alternativas para as cores originais. A relação entre cores originais e alternativas é representada na ontologia conforme descrito no Capítulo 4.

A ontologia define as regras que expressam as preferências gerais dos usuários. Elas definem as preferências genéricas para todos os usuários com um mesmo tipo de daltonismo para um mesmo contexto de acesso na interface (*e.g.*, a técnica de adaptação

---

<sup>38</sup> RGB é a abreviatura do sistema de cores primárias aditivas formado por Vermelho (Red), Verde (Green) e Azul (Blue). O propósito principal do sistema RGB é a reprodução de cores em dispositivos eletrônicos como monitores de TV e computador, retroprojetores, scanners e câmeras digitais, assim como na fotografia tradicional.

utilizada para recolorir o contexto mapas será a mesma para todos os usuários com o tipo de daltonismo definido como *Deuteranopia*). Essas preferências são elaboradas como regras com base nos resultados dos experimentos descritos no Capítulo 4 e são capazes de inferir preferências gerais a partir dos dados de entrada sobre o tipo de daltonismo (item 2 na Figura 5.1) e contexto da interface (item 4 na Figura 5.1). Elas são expressas em SWRL na ontologia desenvolvida. Como base nessas regras é inferida a **Técnica Padrão** (*t\_padrao*) a ser aplicada a um contexto. Sua aplicação é detalhada na subseção 5.1.3.

Adicionalmente, as cores de preferência de cada usuário distinto em relação às cores originais são inseridas na ontologia. São gravados os códigos de cores associados àquele usuário, para um determinado contexto e vinculado a uma cor original. Essas preferências são utilizadas posteriormente para a disponibilização das cores personalizadas.

O componente possui as seguintes funcionalidades:

- **Inserção:** insere os códigos RGB das cores indicadas pelo usuário, como suas preferências em relação às cores originais de determinado contexto;
- **Consulta:** as consultas na ontologia retornam declarações (*statements*) que foram pré-armazenadas (tipo de daltonismo, cores originais referentes a cada contexto e cores resultantes da aplicação de cada técnica) como aquelas que são inseridas pelo usuário ao utilizar o *framework* (cores de preferência). Com as informações resultantes das consultas, é possível listar cores de preferências, para que o usuário realize suas escolhas, aplicar a técnica de adaptação com base nas preferências gerais ou nas preferências de cada usuário;
- **Exclusão:** quando o usuário escolhe uma cor de preferência em um determinado contexto, é possível que ele reavalie sua opção e modifique sua preferência. Para esse fim, o *framework* realiza a exclusão da cor de preferência para que possa definir outra;

- **Atualização:** assim como acontece com as inserções, o usuário tem a possibilidade de alterar as cores de preferência e ao fazer as alterações, estas são aplicadas na ontologia.

No processo de adaptação, a ontologia é utilizada por meio de consultas que possuem como parâmetro o usuário e o contexto de interação. O resultado da consulta gera códigos RGB das cores preferenciais do usuário para aquele contexto e também códigos referentes às cores resultantes da aplicação de cada uma das técnicas de adaptação. Os códigos das cores de preferência são comparados com os de cada técnica pelo Algoritmo de Similaridade de Cores para Daltônicos (**item 6.4 da Figura 5.1**) (ASCDalt). Com base na comparação, é definida qual técnica de adaptação é a mais adequada para a aplicação naquele contexto e para aquele usuário (*cf.* subseção 5.1.3).

### 5.1.2 Adaptação de Interfaces

As informações de entrada e o conhecimento representado na ontologia são os itens chave para o processo de decisão da adaptação de interfaces (**item 6 na Figura 5.1**). Para este fim, nossa proposta explora um conjunto de técnicas de adaptação combinado com o algoritmo ASCDalt. A partir da decisão obtida após a execução do algoritmo de similaridade de cores, é possível decidir qual é a técnica mais adequada para aplicar em um contexto de interface e usuário. Por exemplo, aplicar no contexto mapas para o usuário A, o algoritmo de coloração de imagens X, uma vez que X foi a técnica apresentada como saída do algoritmo de similaridade.

Neste trabalho, embora o *framework* seja genérico e expansível para um grande número de técnicas, foram utilizadas 4 técnicas de adaptação, sendo 3 baseadas em algoritmos de recoloração de imagens e 1 usando cores pré-estabelecidas que não causem confusão aos usuários conforme o tipo de daltonismo. Essa última técnica foi feita de forma manual, com base no conhecimento sobre os tipos de daltonismo e pode conter tanto alterações de cores como de contraste. As técnicas podem usar um ou mais dos itens listados a seguir:

**6.1 Aplicação de algoritmos de recoloração de imagens:** são os 3 algoritmos que realizam a recoloração de imagens, trocando suas cores para outras que possam ser identificadas por usuários daltônicos. Esses algoritmos são executados apenas sobre imagens, mas os códigos RGB das cores resultantes de sua aplicação são armazenados na ontologia e são usados para realizar a alteração dos elementos da página Web (próximo item);

**6.2 Alteração de elementos da página Web:** alteração dos elementos como cores de fundo, botões ou menus, utilizando CSS<sup>39</sup>, DOM<sup>40</sup> ou *jQuery*<sup>41</sup>, de forma que esses possam ter suas cores adaptadas aos usuários daltônicos. A adaptação dos elementos de interface acontece com base nos 3 algoritmos ou nas cores pré-estabelecidas, ou seja, apesar dos algoritmos serem aplicados somente em imagens, são conhecidas as cores resultantes de suas aplicações em diversas cores originais. Com base nessas informações, as cores resultantes foram armazenadas na ontologia, e ao serem recuperadas durante as consultas são aplicadas nos elementos referentes a cores no CSS, assim alterando as cores desses elementos como se o algoritmo fosse aplicado diretamente sobre eles;

**6.3 Alteração de contraste:** refere-se à alteração de contrastes na visualização das páginas para que seja possível dar destaque aos detalhes e assim ser mais bem identificada por usuários com daltonismo. Esse item pode ser utilizado ao realizar a adaptação pré-estabelecida e pode ser aplicado tanto em imagens como em elementos de página.

Portanto, o *framework* pode utilizar um ou mais itens descritos anteriormente, dependendo do contexto e preferências analisadas. O uso depende do resultado do algoritmo ASCDalt que computa a similaridade de cores (item 6.4 da Figura 5) que é detalhado na próxima subseção.

---

<sup>39</sup> *Cascading Style Sheets* (CSS) é um mecanismo simples para adicionar estilo (por exemplo, fontes, cores, espaçamento) a documentos da Web.

<sup>40</sup> *Document Object Model* (DOM) é uma interface de programação de aplicativo (API) para documentos HTML e XML. Ela define a estrutura lógica de documentos e da forma como um documento é acessado e manipulado.

<sup>41</sup> É uma biblioteca *JavaScript* rápida, pequena e rica em recursos, desenvolvida para simplificar os scripts do lado do cliente que interagem com o HTML, manipulando documentos, eventos e animações em vários tipos de navegadores: [jquery.com](http://jquery.com)

### 5.1.3 Algoritmo de Similaridade de Cores para Daltônicos

Ao escolher suas cores de preferência para um contexto de interação, com base nas cores originais do contexto, o usuário possui 4 opções como alternativa (na implementação descrita neste trabalho) para cada cor original, sendo uma cor advinda de cada técnica explorada nesta investigação (*cf.* Capítulo 6). O objetivo é disponibilizar um conjunto limitado de alternativa de cores para que as preferências sejam definidas. Contudo, um grande conjunto (é possível pensar em todas as cores) poderia estar disponível para o usuário. Igualmente, assumiu-se que uma cor de preferência (substituta) não é definida para cada cor original, pois isso poderia ser inviável em um contexto com muitas cores envolvidas, *e.g.*, imagens com milhões de cores.

Adicionalmente, ao escolher as cores de preferência, pode ocorrer que elas sejam de técnicas diferentes. Por exemplo, para a cor *A* (original) é escolhida como preferência a cor *X* (alternativa advinda da Técnica 1), para a cor *B* (original) é escolhida a cor alternativa *Y* (alternativa advinda da Técnica 2) e para cor *Z* é escolhida a cor *C* (alternativa advinda da Técnica 3).

O problema presente é determinar uma das técnicas de adaptação a ser aplicada que apresente cores adaptadas que melhor se aproximem das cores de preferência definidas pelo usuário. Para resolver essa questão, foi desenvolvido um algoritmo que faz a comparação das cores de preferência de determinado usuário, com as cores resultantes das técnicas disponíveis. O algoritmo explora a distância entre as cores considerando atributos RGB e o tipo de daltonismo na equação dos pesos.

O resultado da computação do algoritmo determina a técnica que mais se aproxima das preferências do usuário para um contexto de interação. A Figura 5.2 apresenta o pseudocódigo do algoritmo de similaridade de cores.

---

**Algoritmo 1** : Similaridade de Cores

---

**ENTRADA:** CP, CT, CO, NT, ctx, t\_padrao, pat

**SAIDA:** t\_escolha

```
1: INICIO
2:   t_escolha ← ‘ ’
3:   c_preferencia ← ‘ ’
4:   c_tecnica ← ‘ ’
5:   valor_menor ← ∞
6:   SE !vazio(CP) ENTAO
7:     PARA cada t ∈ NT[t] FACA
8:       t_similaridade ← 0
9:       PARA cada CO[o] ∈ ctx FACA
10:        c_preferencia ← CP[p] ∈ CO[o]
11:        c_tecnica ← CT[t] ∈ CO[o]
12:        v_similaridade ← Calcula_distancia(c_tecnica, c_preferencia, pat)
13:        t_similaridade ← t_similaridade + v_similaridade
14:     FIM PARA
15:     SE t_similaridade < valor_menor ENTAO
16:       valor_menor ← t_similaridade
17:       t_escolha ← NT[t]
18:     FIM SE
19:   FIM PARA
20: SENAO
21:   t_escolha ← t_padrao
22: FIM SE
23: FIM
```

---

**Figura 5.2:** Algoritmo ASCDalt.

O algoritmo tem como entrada os seguintes parâmetros:

- **CO (Cores Originais):** conjunto de cores originais para um contexto específico.  $CO = \{co_1, co_2, \dots, co_n\}$ .
- **CP (Cores de Preferências):** é o conjunto de pares ordenados com as cores originais e as cores de preferência (cores alternativas), escolhidas pelo usuário para determinado contexto.  $CP = \{(co_i, cp_1), (co_i, cp_2), \dots, (co_i, cp_k)\}$ , sendo  $i \leq n$ .
- **CT (Cores de Técnicas):** conjunto de pares ordenados de cores com as cores originais e as cores resultantes da aplicação de cada técnica, de acordo com o tipo de daltonismo e o contexto.  $CT = \{(co_j, ct_1), (co_j, ct_2), \dots, (co_j, ct_k)\}$ , sendo  $j \leq n$ .

- **NT (Técnicas de Adaptação):** conjunto que define as técnicas de adaptação cadastradas na ontologia.  $NT = \{t_1, t_2, \dots, t_j\}$ .
- **ctx (Contexto):** é o contexto de interação no qual a interface é adaptada (e.g., mapa, gráfico ou menu). As informações sobre cada contexto estão armazenados na ontologia.
- **$t_{padrão}$  (Técnica Padrão):** é a técnica definida para determinado contexto e para um tipo de daltonismo específico (a partir dos experimentos realizados no Capítulo 4). Esta técnica é usada quando não existem preferências pessoais definidas para determinados usuário e contextos. Assumiu-se que  $t_{padrao}$  pertence a  $NT$ .
- **pat (Patologia):** é o tipo de daltonismo do usuário que acessa a interface e que está cadastrado na ontologia.

**Saída do algoritmo.** É constituída pelo resultado da variável  $t_{escolha}$  (Técnica Escolhida). Refere-se à técnica de adaptação que é escolhida para ser aplicada a um contexto e para um usuário, após a execução do algoritmo de similaridade. A  $t_{escolha}$  é umas das técnicas pertences a  $NT$  escolhida pelo grau de similaridade com as preferências, conforme processamento do algoritmo apresentado a seguir.

Descrição do Processamento do Algoritmo:

- **Linhas 2 a 4 :** inicia as variáveis  $t_{escolha}$ ,  $c_{preferencia}$  e  $c_{tecnica}$  com valores vazios.
- **Linha 5:** a variável indicadora  $valor_{menor}$  é usada para definir durante o processamento do algoritmo, qual valor de comparação das cores é o menor e assim possibilitar a escolha da técnica a ser aplicada. Ela é inicializada com “infinito” para que seja substituído por um valor menor durante a primeira execução da comparação.
- **Linha 6:** verifica se existe algum elemento dentro do conjunto de cores de preferências (CP), ou seja, se o usuário escolheu uma ou mais cores alternativas às cores originais. Caso não existam preferências, a variável

$t\_escolha$  receberá o valor de  $t\_padrao$  e assim será aplicada a técnica geral para a adaptação da interface naquele contexto (linha 21). Se existirem cores de preferência, o algoritmo continua sua execução.

- **Linha 7:** cria um laço que executará uma vez para cada técnica  $t$  pertencente ao conjunto NT presente na ontologia. Neste trabalho 4 técnicas foram cadastradas na ontologia para fins experimentais.
- **Linha 8:** a variável acumuladora  $t\_similaridade$  (total da similaridade) é responsável por armazenar de forma incremental os valores obtidos pela comparação das cores de preferência e das cores das técnicas para cada uma das técnicas. Inicialmente, esta variável recebe um valor 0 a cada técnica comparada.
- **Linha 9:** é criado um laço para cada cor original  $CO(o)$  pertencente ao contexto atual acessado ( $ctx$ ).
- **Linha 10:** a variável  $c\_preferencia$ , recebe o valor correspondente à cor de preferência do usuário  $CP[p]$  que pertence à cor original atual  $CO[o]$ .
- **Linha 11:** a variável  $c\_técnica$ , recebe o valor correspondente à cor da técnica corrente  $CT[t]$  que pertence à cor original atual  $CO[o]$ .
- **Linha 12:** chama a função “*Calcula\_distancia*”, passando como parâmetros a cor de preferência, a cor da técnica e a patologia. O retorno da função de **cada par** de cores é armazenado na variável  $v\_similaridade$  (valor da similaridade).
- **Linha 13:** a variável  $t\_similaridade$  é incrementada pelo valor da variável  $v\_similaridade$ , ou seja, acrescenta-se a distância de cores para cada par calculado.
- **Linha 14:** fecha o laço referente à cor original.
- **Linhas 15 a 18:** antes de passar para a próxima técnica, é feita a verificação se o a variável  $t\_similaridade$  referente à técnica atual é menor que a *valor\_menor*. Caso seja menor, então seu valor é armazenado em

*valor\_menor* e a variável *t\_escolha* recebe o valor de NT[t], ou seja, o nome da técnica. Ao iniciar o laço referente a uma nova técnica, o valor de *t\_similaridade* é zerado e inicia-se novamente as comparações.

- **Linha 19:** o laço referente às técnicas é encerrado e o valor de *t\_escolha* é definido como a técnica a ser aplicada àquele contexto e para aquele usuário.

A Figura 5.3 apresenta o funcionamento do procedimento que faz o cálculo da distância das cores, descrito a seguir:

- **Linha 2:** Chama a função *calcula\_peso*, passando como parâmetro o tipo de daltonismo (*pat*). Essa função define um peso específico para cada tipo de daltonismo, uma vez que cada tipo apresenta dificuldade na identificação de uma cor primária aditiva descrita em RGB. É aplicado um peso menor para a cor primária que o usuário tem dificuldade. O resultado da função é retornado para o conjunto **P** [ ], em que **P[r]** corresponde ao peso para a cor primária vermelha, **P[g]** para a cor primária verde e **P[b]** para a cor primária azul. Dessa maneira Tem-se a seguinte distribuição de pesos:
  - Um peso menor é atribuído à cor primária **vermelha (R)** para aqueles usuários definidos como *Protan*<sup>42</sup> como o tipo de daltonismo.
  - Um peso menor é atribuído à cor primária **verde (G)** para aqueles usuários definidos como *Deutan*<sup>43</sup> como o tipo de daltonismo.
  - Um peso menor é atribuído à cor primária **azul (B)** para aqueles usuários definidos como *Tritan*<sup>44</sup> como o tipo de daltonismo.
- **Linha de 3:** calcula a distância das cores das técnicas com as respectivas cores das preferências usando os valores de *t* e *p* da seguinte maneira:
  - São extraídas as cores primárias RGB de cada código hexadecimal da cor pela função *Extrai\_[nome\_da\_cor]*.

---

<sup>42</sup> Grupo de usuários que tem como tipo de daltonismo *Protanopia* ou *Protanomalia*.

<sup>43</sup> Grupo de usuários que tem como tipo de daltonismo *Deutanopia* ou *Deuteranomalia*.

<sup>44</sup> Grupo de usuários que tem como tipo de daltonismo *Titanopia* ou *Tritanomalia*.

- Cada uma das cores primárias é convertida de hexadecimal para decimal com a função *Converte\_Hexadecimal*.

Com esses dados, é aplicada a seguinte fórmula adaptada de Pinho (2016) para considerar o daltonismo:

$$RESULTADO = \sqrt{((tR - pR)^2 * wR + (tG - pG)^2 * wG + (tB - pB)^2 * wB)}$$

A cor primária vermelho da técnica (*tR*) é subtraída pela cor primária vermelha da cor de preferência (*pR*), eleva-se ao quadrado e multiplica-se pelo peso específico para a cor vermelha (*wR*). O mesmo é feito para as cores primárias verde ( $(tG - pG)^2 * wG$ ) e azul ( $(tB - pB)^2 * wB$ ). O procedimento efetua a soma dos resultados das três cores primárias. Por fim, é calculada a raiz quadrada deste resultado e é obtido o valor de similaridade entre a cor de preferência do usuário e a cor da técnica. O valor da comparação é armazenado na variável *RESULTADO*.

A distribuição dos pesos tem valores entre 0 e 1, totalizando 1. Para ilustrar a aplicação dos pesos na função *calcula\_peso*, toma-se como exemplo um usuário com o tipo de daltonismo *deuteranopia*, acessando determinado contexto. Como é conhecido que os usuários com *deuteranopia* têm dificuldades em identificar a cor primária **verde**, esta receberá um peso (*wG*) menor e as cores primárias vermelha (*wR*) e azul (*wB*). Dessa forma os valores para os pesos seriam os seguintes:

- **wR** = 0,4.
- **wG** = 0,2.
- **wB** = 0,4.

Logo, a soma dos pesos das 3 cores primárias é 1, mas com valor menor para aquela que causa dificuldades conforme o tipo de daltonismo.

- **Linha 4:** retorna o valor da variável *RESULTADO*.

---

**Algoritmo 2** : Calcula Distância de Cores

---

```
1: FUNCAO CALCULA_DISTANCIA (c_tecnica, c_preferencia, pat)
2:   P[ ] ← calcula_peso(pat)
3:   RESULTADO ←  $\sqrt{((\text{Converte\_Hexadecimal}(\text{Extrai\_Vermelho}(c\_tecnica)) - \text{Converte\_Hexadecimal}(\text{Extrai\_Vermelho}(c\_preferencia))))^2 * P[r] + (\text{Converte\_Hexadecimal}(\text{Extrai\_Verde}(c\_tecnica)) - \text{Converte\_Hexadecimal}(\text{Extrai\_Verde}(c\_preferencia))))^2 * P[g] + (\text{Converte\_Hexadecimal}(\text{Extrai\_Azul}(c\_tecnica)) - \text{Converte\_Hexadecimal}(\text{Extrai\_Azul}(c\_preferencia))))^2 * P[b]}$ 
4:   RETORNA RESULTADO
5: FIM FUNCAO
```

---

**Figura 5.3:** Procedimento para cálculo da proximidade das cores.

Após a execução do algoritmo de similaridade de cores, é definida a técnica a ser aplicada na adaptação conforme o contexto e o usuário. Com essa informação, leva-se em consideração o conteúdo do contexto (se é imagem e/ou elementos de página *Web*). Caso o contexto seja composto apenas de imagem, o algoritmo de recoloração é executado e assim é realizada a alteração de suas cores conforme o tipo de daltonismo passado como parâmetro durante a execução.

No caso em que o contexto é composto por elementos de página *Web*, a adaptação é feita com base nas cores dos algoritmos de recoloração de imagens. Essas cores são pré-armazenadas na ontologia e assim recuperadas e aplicadas aos valores referentes às cores no CSS, alterando as cores desses elementos na interface *Web* (e.g., plano de fundo ou botões). Uma vez aplicada a técnica, a interface adaptada é disponibilizada (renderizada pelo navegador - **item 7 na Figura 5.1**) ao usuário.

#### 5.1.4 Ilustrando o Processo de Adaptação

É apresentado um exemplo do processo de adaptação da interface, de maneira a ilustrar todas as etapas envolvidas. A seguir apresenta-se a simulação do seguinte cenário:

- **Usuário:** ruben.alves.
- **Tipo de daltonismo:** *Deuteranopia*.
- **Contexto de acesso:** Mapa Colorido.

Inicialmente, o usuário acessa a interface sem haver escolhido suas preferências, e é feita a busca na ontologia para definir a técnica a ser aplicada para um usuário com *Deuteranopia* para Mapa Colorido. A regra SWRL que define essa informação é a seguinte:

- $Deuteranopia(?y) \wedge Maps(?w) \wedge User(?x) \wedge hasPathologyType(?x, ?y) \wedge adaptationTechniquesName(?z, "Manual\_Colored\_Maps") \Rightarrow CommonDeutMapsRule(?z)$

Esta regra informa que para qualquer usuário com *Deuteranopia*, que acessar o contexto de Mapa Colorido, a técnica aplicada é a coloração manual de mapas. Dessa forma, a interface para o usuário “*rubem.alves*” será aquela que foi adaptada manualmente.

Continuando o cenário simulado, o usuário realiza algumas escolhas de cores de sua preferência, de maneira que agora o algoritmo *ASCDalt* é aplicado para definir com base na comparação das suas cores de preferência com as cores alternativas de cada técnica aplicada ao contexto de Mapa Colorido. Para a recuperação das cores das técnicas, a seguinte regra é usada:

- $AdaptedColor(?a) \wedge Deuteranopia(?y) \wedge Maps(?w) \wedge algorithmAdaptedColorAccessContext(?w, ?a) \wedge pathologyTypeAdaptedColor(?y, ?a) \Rightarrow DeutMapsAdaptedColor(?a)$

A regra lista todas as cores alternativas, ou seja, resultantes das técnicas, aplicadas para *Deuteranopia*, no contexto de Mapa Colorido. A consulta às preferências do usuário seguiu a regra SWRL abaixo:

- $PreferredColor(?a) \wedge User(?u) \wedge Maps(?w) \wedge UserPreferences(?p) \wedge hasUserPreferences(?u, ?p) \wedge isConditionedAccessContext(?u, ?w) \wedge hasPreferredColorChange(?u, ?a) \Rightarrow DeutMapsPreferredColor(?a)$

Esta regra retorna todas as cores definidas como preferência do usuário para o contexto Mapa Colorido. Com as informações obtidas pelas duas regras anteriores é

possível realizar o cálculo de similaridade entre as cores. Em sequência, durante o processamento do algoritmo ASCDalt foram obtidos os seguintes valores do cálculo de similaridade para cada técnica:

- **Técnica 1 “*rasche*”** (Rasche e Geist, 2005) = 78,93.
- **Técnica 2 “*kuhn*”** (Kuhn, et al., 2008) = 146,93.
- **Técnica 3 “*huang*”** (Huang et al., 2008) = 188,03.
- **Técnica 4 “*Manual\_Colored\_Maps*”** (Adaptação manual) = 230,33.

O resultado acima assume que quanto menor for o valor atribuído a uma técnica, mais próximas serão suas cores após a adaptação das cores preferidas pelo usuário. Assim, para o usuário “*rubem.alves*”, no contexto de Mapa Colorido, após a definição de suas preferências, a técnica aplicada é *rasche*. Com base nessa informação, o algoritmo escolhido é aplicado e a imagem é apresentada para o usuário na interface com as novas cores. O usuário altera suas preferências quantas vezes ele desejar, e ao acessar a interface de adaptação, o algoritmo de similaridade de cores é executado e se define uma técnica a ser aplicada. Caso opte por não escolher cores de preferência, a técnica geral para o contexto Mapa Colorido para usuários com *Deuteranopia* é usada.

## 5.2. Arquitetura, Componentes e Tecnologias Empregadas

A arquitetura que implementa o FAIBOUD permite a criação de interfaces *Web* que se adaptam para atender às necessidades e preferências de usuários com daltonismo. A arquitetura inclui três camadas descritas a seguir (cf. Figura 5.4):

- **(I) Camada de componentes de interface de usuário.** São os elementos que serão visualizados pelos usuários na página e que serão adaptados utilizando as técnicas de adaptação presentes na camada II, após o processamento das informações contidas na camada III;
- **(II) Camada de componentes de técnicas de adaptação.** Nela estão os algoritmos de adaptação de imagens, as técnicas de adaptação de elementos de interface *Web* e o algoritmo de similaridade de cores. Esses elementos são os responsáveis pela adaptação dos elementos de interface presentes na camada I, a partir das informações armazenadas na camada III;

- **(III) Camada de componentes de acesso aos dados e conhecimento.** Nela encontram-se as informações sobre os contextos e suas cores exibidas na camada I, as características das técnicas de adaptação da camada II, o conhecimento sobre os tipos de daltonismo e as preferências de cada usuário em relação a cada contexto. Todos esses dados estão presentes na ontologia e eles são a base para a execução das técnicas de adaptação sobre as interfaces. Por motivos de desempenho, há casos em que as informações são retornadas diretamente para a camada I. Por exemplo, quando o usuário acessa a interface para escolha de cores de preferência, essas cores são enviadas diretamente da camada III para a camada I. Uma vez que esses dados servem somente para disponibilização das cores na tela, sem a necessidade de aplicação de técnicas de adaptação. É a partir desta camada que são feitas as buscas ou inserções de informações na ontologia.

As subseções a seguir detalham cada camada com seus respectivos componentes em conjunto com as tecnologias empregadas.

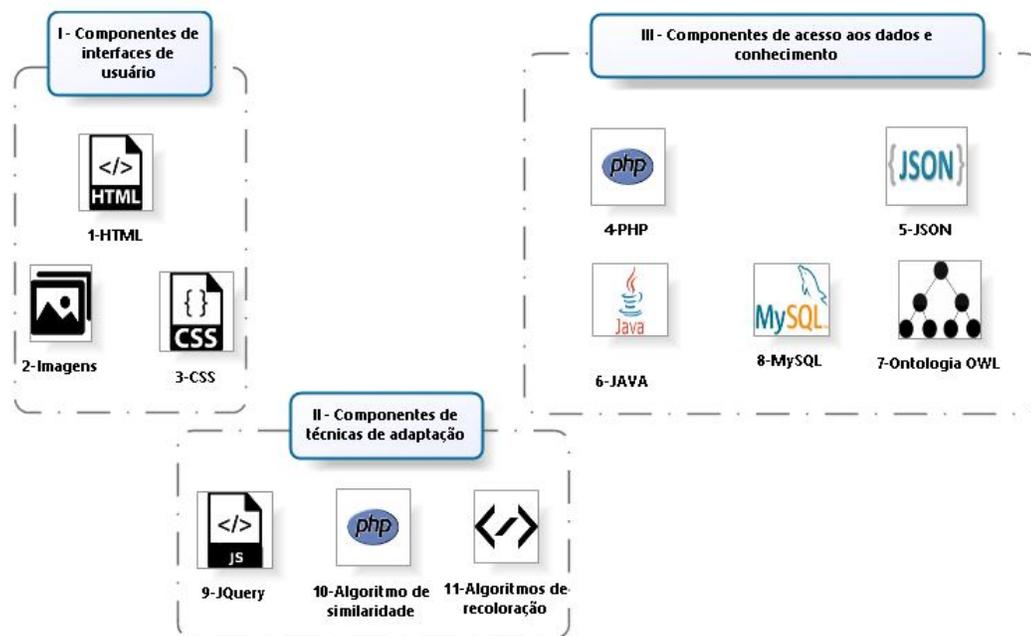


Figura 5.4: Arquitetura do FAIBOUD.

### 5.2.1 Componentes de interfaces de usuário

Nesta camada há componentes que implementam as interfaces que propiciam a interação do usuário com a aplicação e que podem ser adaptadas no contexto do FAIBOUD. São usadas as seguintes tecnologias para o desenvolvimento de aplicações hospedeiras adaptativas:

- **HTML<sup>45</sup>**: as interfaces da aplicação hospedeira são desenvolvidas em HTML5. Portanto, a adaptação ocorre por meio da alteração das cores dos elementos HTML (**item 1 da Figura 5.4**) e imagens utilizadas (**item 2 da Figura 5.4**).
- **CSS**: folhas de estilos descritas em CSS (**item 3 da Figura 5.4**) alteram as cores dos elementos HTML.

### 5.2.2 Componentes de técnicas de adaptação

Os componentes dessa camada são responsáveis pela execução da adaptação das imagens, dos elementos HTML e também pelo cálculo que realiza a comparação das cores em relação com as preferências do usuário. É nesta camada que é definida a decisão sobre a técnica a ser utilizada na adaptação conforme o contexto de interação. As tecnologias empregadas na implementação desses componentes são listadas a seguir:

- **PHP<sup>46</sup>**: O algoritmo de similaridade de cores (Figura 5.2), descrito na subseção 5.1.3, foi desenvolvido usando a linguagem PHP;
- **JQuery**: esta biblioteca escrita em *Javascript* é utilizada para a alteração dinâmica dos elementos de estilos de CSS e para a realização da alteração das cores conforme a técnica a ser aplicada. Os *scripts* JQuery recebem os códigos RGB das cores alternativas vindos da ontologia e realizam a alteração nos estilos CSS, substituindo os códigos das cores originais pelos das cores alternativas (**item 9 da Figura 5.4**);
- **C++<sup>47</sup>**: Esta linguagem implementa dois algoritmos de recoloração de imagens (Rasche e Geist, 2005) e (Kuhn, *et al.*, 2008) (**item 10 da Figura 5.4**). Nesse

---

<sup>45</sup> HyperText Markup Language (HTML) ou em português Linguagem de Marcação de Hipertexto, é a linguagem principal de quase todo o conteúdo da web.. <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/HTML/HTML5>

trabalho, esses dois algoritmos foram usados como opções para a adaptação dos cenários;

- **Matlab**<sup>48</sup>: o algoritmo de recoloração de imagens (**item 10 da Figura 5.4**) de Huang *et al.*, 2008 é implementado utilizando esta linguagem. Esse algoritmo também foi usado como opção para a adaptação de cenários.

Algoritmos adicionais que utilizam outras tecnologias podem ser acoplados ao *framework* conforme necessidade. Durante a adaptação de imagens, os algoritmos de recoloração de imagens são executados pelo comando *exec*<sup>49</sup> do PHP passando o tipo de daltonismo como parâmetro para a realização da adaptação. Uma vez adaptada, a exibição da imagem original é alterada na interface *Web* em que ela está inserida, sendo substituída pela imagem adaptada pelo algoritmo. Essa imagem é disponibilizada apenas para o usuário que está acessando aquele contexto, havendo uma exibição diferente para cada usuário conforme suas preferências.

Para a adaptação de elementos de interface *Web*, são recuperados os códigos RGB das cores alternativas da ontologia (via camada III), de acordo com a técnica a ser aplicada, o contexto e cada elemento presente nesse contexto. Essas cores são aplicadas por *scripts* JQuery, sobre as suas respectivas cores originais nos estilos de CSS referente ao contexto acessado. Desta maneira as cores originais são alteradas pelas cores alternativas.

### 5.2.3 Componentes de acesso aos dados e conhecimento

Esta camada da arquitetura implementa componentes responsáveis pelo armazenamento e recuperação das informações necessárias ao uso do *framework*. As tecnologias utilizadas nos componentes de acesso a dados são as seguintes:

---

<sup>47</sup> É uma linguagem de programação compilada multi-paradigma (seu suporte inclui linguagem imperativa, orientada a objetos e genérica) e de uso geral. <https://pt.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>

<sup>48</sup> MATLAB (MATrix LABoratory) trata-se de um software interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico. É um sistema interativo cujo elemento básico de informação é uma matriz que não requer dimensionamento. <https://pt.wikipedia.org/wiki/MATLAB>

<sup>49</sup> Comando PHP responsável por executar um programa externo. [http://php.net/manual/pt\\_BR/function.exec.php](http://php.net/manual/pt_BR/function.exec.php)

- **PHP:** a maior parte do FAIBOUD foi desenvolvida nessa linguagem, utilizando o *Codeigniter*<sup>50</sup> (**item 4 da Figura 5.4**). O *Codeigniter* utiliza uma arquitetura MVC<sup>51</sup>, que além de trabalhar nesta camada, possui uma interação com as camadas I e II da Figura 5.4.
- **MySQL**<sup>52</sup>: é o gerenciador de banco de dados que armazena os dados de acesso dos usuários e as informações gerais dos usuários na implementação do protótipo que hospeda o FAIBOUD. Não há armazenamento interno do *Framework* em banco de dados, uma vez que toda informação para adaptação é armazenada na ontologia (**item 8 da Figura 5.4**).
- **OWL:** Linguagem de descrição de ontologia que são formuladas as classes, instâncias e regras que apoiam o processo de adaptação (**item 7 da Figura 5.4**);
- **Java - OWL-API**<sup>53</sup>: API<sup>54</sup> implementada em Java<sup>55</sup> responsável pela inserção, exclusão, recuperação e alteração das informações na ontologia (**item 6 da Figura 5.4**).
- **JSON**<sup>56</sup>: utilizado como interface entre a API em Java e a interface através do PHP, ou seja, onde as informações consultadas pela API na ontologia gravadas e posteriormente lidas pelos algoritmos em PHP para a realização do processamento e posterior adaptação (**item 5 da Figura 5.4**);

<sup>50</sup> *Framework* para a construção de aplicações em PHP e que utiliza a arquitetura MVC. <https://www.codeigniter.com/>

<sup>51</sup> *Model-view-controller* (MVC), em português modelo-visão-controlador, é um padrão de arquitetura de software (design pattern) que separa a representação da informação da interação do usuário com ele <https://pt.wikipedia.org/wiki/MVC>

<sup>52</sup> É um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD), que utiliza a linguagem SQL (Linguagem de Consulta Estruturada, do inglês Structured Query Language) como interface <https://www.mysql.com/>

<sup>53</sup> É uma API em Java para a criação, manipulação e serialização de Ontologias OWL. <http://owlapi.sourceforge.net/>

<sup>54</sup> *Application Programming Interface* (Interface de Programação de Aplicativos) é um conjunto de rotinas e padrões de programação para acesso a um aplicativo de software ou plataforma baseado na Web.

<sup>55</sup> É uma linguagem de programação interpretada orientada a objetos desenvolvida na década de 90 por uma equipe de programadores chefiada por James Gosling, na empresa Sun Microsystems. [https://pt.wikipedia.org/wiki/Java\\_\(linguagem\\_de\\_programa%C3%A7%C3%A3o\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Java_(linguagem_de_programa%C3%A7%C3%A3o))

<sup>56</sup> JSON (JavaScript Object Notation - Notação de Objetos JavaScript) é uma formatação leve de troca de dados. <http://www.json.org/>

- **Pellet:** é utilizado em conjunto com a OWL-API (item 6 da Figura 5.4) para a inferência de regras SWRL na ontologia.

A aplicação executa a OWL-API através do comando *exec* do PHP, passando os parâmetros necessários para a realização da operação na ontologia (*e.g.* usuário, tipo de daltonismo e contexto). Já o Pellet executa as operações requisitadas na ontologia como consulta, atualização, exclusão ou inserção. No caso de ser realizada uma consulta, o resultado desta é gravado em um arquivo JSON específico. Esse é lido e processado pela aplicação em PHP, passando as informações para o componente que as usa; seja para adaptação (Componentes de Técnicas de Adaptação), ou apenas visualização na tela (Componentes de Interfaces de Usuários).

### 5.3 Funcionamento da Solução Implementada

Para realizar o processo de adaptação, existe uma interação entre os componentes, nos quais suas tecnologias são utilizadas para armazenar informações (*e.g.*, ontologia OWL), realizar consultas (*e.g.*, OWL-API) e adaptar conteúdos (*e.g.*, algoritmos de recoloração de imagens). Para uma melhor descrição do comportamento do FAIBOUD em execução, detalha-se tecnicamente o funcionamento da arquitetura conforme as interfaces disponibilizadas aos usuários via aplicação hospedeira:

- **Interfaces adaptadas e personalizadas:** são as interfaces apresentadas ao usuário daltônico, com adaptações para atender suas necessidades de identificação das informações nela contidas. O conteúdo da interface é adaptado de duas maneiras. Na primeira, a adaptação acontece sem a interação do usuário, com base nas preferências gerais dos usuários, de acordo com o tipo de daltonismo e o contexto acessado. Essas informações são pré-cadastradas na ontologia e recuperadas para a definição da técnica de adaptação a ser aplicada no contexto. Na segunda maneira, a adaptação acontece após o usuário escolher cores de preferência para as cores originais do contexto. Com base nessas cores escolhidas, é aplicada a técnica de adaptação que mais se aproxima das cores preferidas do usuário. Essas cores preferidas são gravadas na ontologia e após

serem consultadas, são usadas para a escolha da técnica a ser aplicada naquele contexto;

- **Interface de alteração de preferências:** nessa interface, o usuário tem a opção de definir suas preferências (cores de preferência) para um contexto de interação.

Nas subseções a seguir é descrita detalhadamente a interação entre as camadas e tecnologias ilustradas na Figura 5.4 para cada uma das interfaces apresentadas acima.

### 5.3.1 Funcionamento Técnico das Interfaces Adaptadas e Personalizadas

A Figura 5.5 apresenta a relação entre os componentes definidos na arquitetura para possibilitar o acesso à interface de adaptação, em que os elementos de interação são adaptados de acordo com as preferências gerais dos usuários daltônicos, ou da preferência pessoal. Após o usuário acessar o FAIBOUD com seu usuário e senha, é permitido acessar o sistema e seguem as etapas para a disponibilização do cenário adaptado conforme destacadas a seguir.

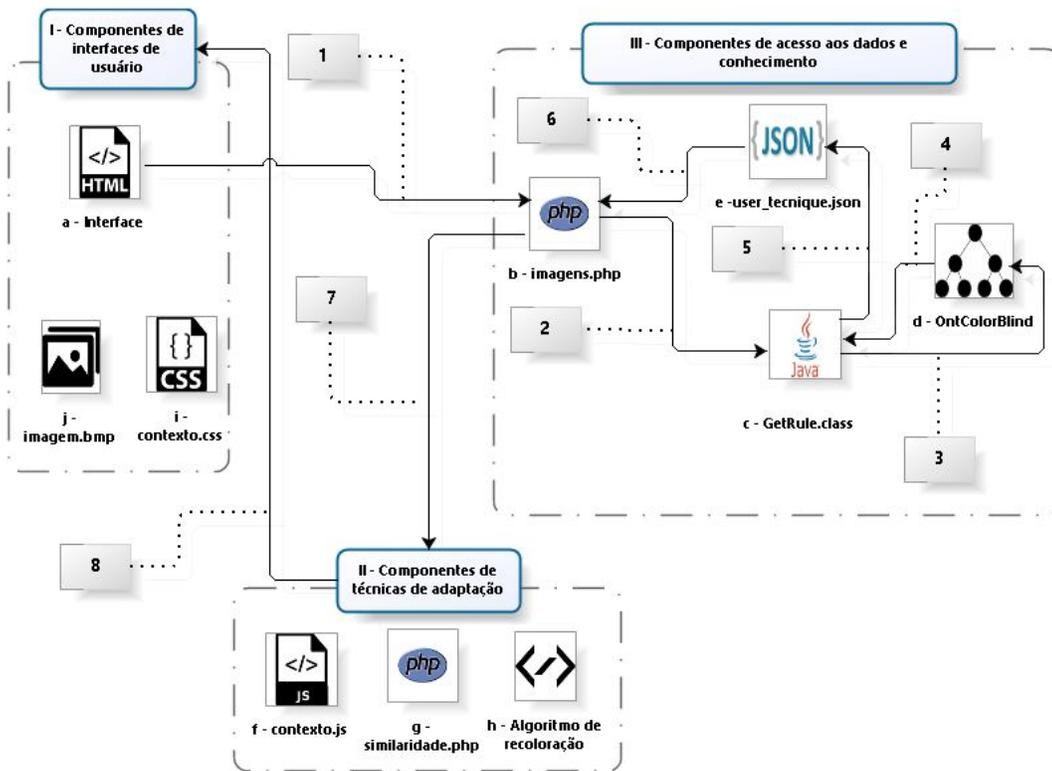


Figura 5.5: Fluxo de execução na adaptação de interfaces

Inicialmente, a **etapa 1**, a partir da interface (**item a**), contida nos **componentes de interface de usuário**, chama a classe imagens (**item b**) em PHP. Essa classe é responsável por executar via comando *exec* (**etapa 2**), a classe em Java, chamada *GetRule* (**item c**), passando como parâmetro o contexto de acesso e o tipo de daltonismo do usuário. Na **etapa 3**, a classe em Java executa a *OWL-API*, realizando a consulta na ontologia *OntColorBlind* (**item d**). O objetivo é buscar as informações referentes à adaptação para aquele contexto em que o usuário acessou, e conforme as preferências gerais e pessoal. As regras executadas com o uso do *reasoner* Pellet na ontologia definem uma técnica de adaptação aplicada naquele contexto.

Na **etapa 4**, as informações consultadas na ontologia (**item d**), são retornadas para a classe *GetRule* (**item c**). Em seguida, a **etapa 5** exporta as informações referentes às cores de preferências gerais e pessoais, cores alternativas do contexto atual para cada uma das técnicas de adaptação para um arquivo do tipo *JSON* chamado *user\_technique.json* (**item e**), sendo, “*user*” o identificador do usuário que acessa o contexto. O arquivo *JSON* contém igualmente os valores em hexadecimal dos códigos RGB referente às cores a serem aplicadas na adaptação. Na **etapa 6**, a classe imagens (**item b**) faz a leitura do arquivo *JSON*. Nessa etapa, a classe denominada *imagens* verifica inicialmente se durante a consulta na ontologia existem cores de preferência cadastradas para aquele usuário. Caso exista uma ou mais cores de preferência, é ativada uma *flag* chamada *tipo\_de\_adaptacao*, com o valor “personalizado”. Caso contrário, ou seja, se não existirem cores de preferência para o usuário, então a *flag* recebe o valor “adaptado”.

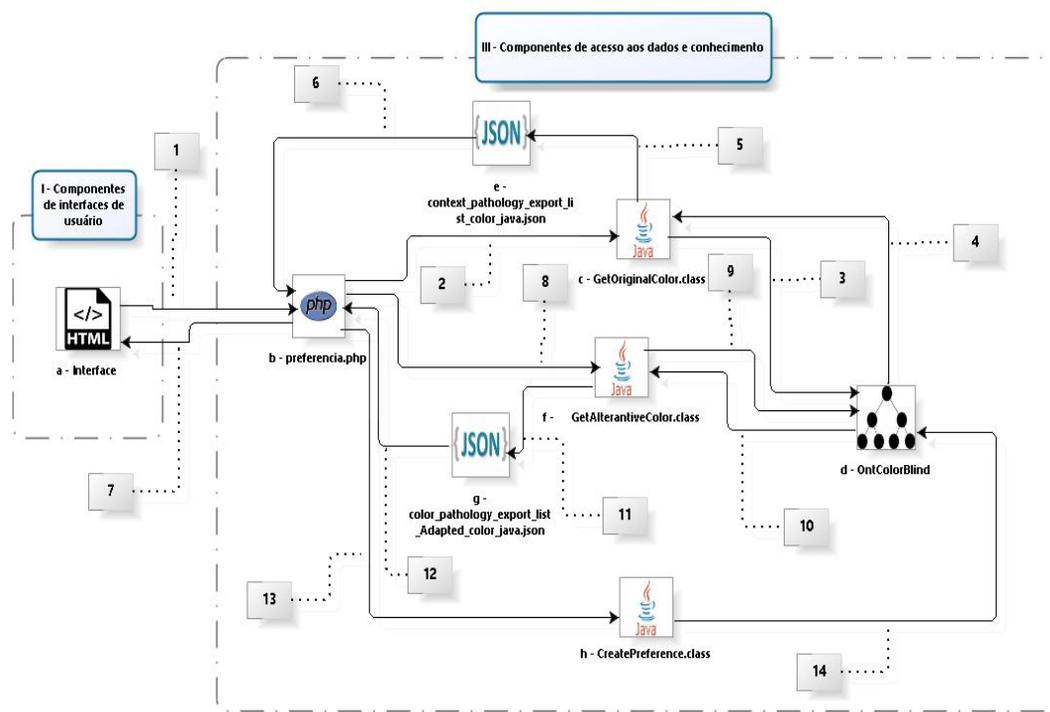
Após o processamento dos dados advindos da ontologia, nos **componentes de acesso aos dados e conhecimento**, na **etapa 7**, as informações consultadas na ontologia são enviadas aos **componentes de técnicas de adaptação** juntamente com o valor da *flag* referente ao tipo de adaptação. Nesse componente, primeiramente, verifica-se o tipo de adaptação aplicado com base na *flag* enviada dos componentes de acesso a dados e conhecimento. O algoritmo de similaridade de cores (**item g**) analisa o tipo de adaptação. Se o seu valor for “personalizado”, é aplicado o algoritmo sobre as cores de

preferência do usuário e das técnicas disponíveis, com base no tipo de daltonismo para definir a técnica de adaptação será aplicada para aquele contexto.

Caso o valor seja “adaptado”, o algoritmo assinala que a técnica a ser aplicada é a padrão para o contexto conforme o tipo de daltonismo (*cf.* subseção 5.1.3). Em ambos os casos, a saída do processamento do algoritmo de similaridade é a técnica que será aplicada ao contexto atual para o usuário. De acordo com a técnica definida são executados os algoritmos de recoloração (**item f**) para as imagens e/ou o *script JQuery contexto.js* (**item h**) para elementos de interface *Web*. Em que “contexto” é o nome do contexto acessado pelo usuário. Após a execução das técnicas, na **etapa 8** são exibidos no navegador, os elementos alterados.

### 5.3.2 Funcionamento Técnico das Alterações de Preferências

Para uma melhor personalização, apresenta-se como é a interação dos componentes para possibilitar que o usuário defina suas preferências de cores. Essas preferências serão usadas posteriormente para a personalização da interface. A Figura 5.6 apresenta as etapas e os itens na interação dos componentes e suas tecnologias.



### Figura 5.6: Fluxo de execução na alteração de preferências

Ao acessar o **componente de interfaces de usuário**, por meio da interface (**item a**), na **etapa 1** é chamada a classe PHP *preferência.php* (**item b**) no **componente de acesso a dados e conhecimento**. Na **etapa 2**, a classe *GetOriginalColor.class* (**item c**) definida na linguagem Java é executada, passando parâmetros sobre o tipo de daltonismo e o contexto acessado. Nessa classe, que contém o acesso a *OWL-API*, na **etapa 3** realiza uma consulta na ontologia (**item d**) para buscar as cores originais que compõem o contexto acessado.

Na **etapa 4**, a *OntColorBlind* (**item d**) retorna as informações solicitadas à classe em Java (**item c**). Na **etapa 5**, os códigos RGB das cores são exportados para um arquivo *JSON* (**item e**). A classe PHP (**item b**), faz a leitura e processa os dados importados do *JSON* (**etapa 6**), e os envia para o **componente de interfaces de usuário** (**etapa 7**). Este através dos códigos RGB apresenta para o usuário na interface (**item a**) uma lista com as cores originais para o contexto solicitado.

Para cada uma das cores listadas na interface (**item a**), o usuário tem a opção de escolher as cores alternativas conforme sua preferência. Ao selecionar uma dessas cores, uma solicitação é enviada a classe preferência (**item b**), informando o código RGB da cor original que foi escolhida pelo usuário (**etapa 1**). Na **etapa 8**, a classe PHP executa a classe *GetAlterantiveColor* (**item f**). Essa por sua vez, na **etapa 9** o *framework* realiza a busca na ontologia (**item d**) de todas as cores alternativas resultantes de técnicas de adaptação aplicadas àquela cor original escolhida pelo usuário.

A *OntColorBlind* (**item d**) retorna os códigos RGB das cores alternativas solicitadas (**etapa 10**). Uma cor para cada técnica de adaptação gravada na ontologia é retornada. A classe em Java (**item f**), que explora a *OWL-API*, faz a leitura e exportação (**etapa 11**) dos dados para o arquivo *JSON* (**item g**).

Na **etapa 12**, os dados do arquivo (**item g**) são lidos pela classe em PHP (**item b**). Os dados são processados e enviados para a interface (**item a**), para que sejam exibidas as cores alternativas (**etapa 7**). As cores alternativas são listadas para que o usuário possa escolher uma delas.

Na interface (**item a**), ao escolher uma cor alternativa, ela é enviada à classe em PHP (**item b**). A **etapa 13** executa a classe *CreatePreference* (**item h**) em Java passando como parâmetro, o código da cor escolhida como alternativa, a cor original, o usuário e o contexto de acesso. Através da OWL-API, o código da cor é gravado na ontologia (**item d**) e associado ao usuário e ao contexto, podendo ser consultada e aplicada quando for acessar um cenário personalizado (**etapa 14**). As etapas de 1 a 14 serão executadas pelo FAIBOUD a cada escolha de cor alternativa.

#### 5.4. Síntese do Capítulo

Neste capítulo foi apresentado o *framework* FAIBOUD definindo o processo de adaptação, os algoritmos projetados, a arquitetura de implementação e o fluxo de execução da solução. O FAIBOUD refere-se contribuição central desta dissertação de mestrado.

O processo e técnicas de adaptação exploram uma ontologia como um artefato que representa e armazena o conhecimento no domínio de daltonismo e adaptação de interfaces. As instâncias armazenadas na ontologia expressam fatos sobre cores, tipos de daltonismo e técnicas de adaptação. Possibilitam consultas sobre as representações do conhecimento do domínio, bem como as regras modeladas permitem o uso de inferência como suporte ao processo de adaptação.

A solução admite que o usuário realize escolhas sobre as cores de preferência para imagens e elementos de páginas Web. As preferências são armazenadas na ontologia e usadas para apoiar na decisão sobre as técnicas de adaptação aplicadas em um contexto de interação. O algoritmo de cálculo de similaridade de cores desenvolve um papel central nesse processo de decisão.

Elaborou-se uma arquitetura em camadas para a implementação do *framework*. Ela demonstrou a viabilidade de implementação dos conceitos envolvidos na proposta. Foi necessário utilizar e combinar diversas tecnologias no desenvolvimento. Elas são orquestradas para que as informações tanto sejam inseridas como recuperadas da ontologia e aplicadas nas imagens e elementos HTML de maneira dinâmica.

Os fluxos de execução demonstraram o funcionamento e articulação dos componentes e tecnologias da arquitetura do FAIBOUD. Eles podem ser explorados individualmente ou de forma conjunta em aplicações Web que sejam mais adequadas a daltônicos. O próximo capítulo descreve a avaliação experimental com base em um protótipo desenvolvido com o FAIBOUD.

# Capítulo 6

## Avaliação Experimental

Neste capítulo é apresentada a avaliação desta pesquisa com o objetivo de experimentar a proposta de adaptação de interfaces desenvolvida no FAIBOUD. Para a realização da avaliação foi desenvolvido um protótipo com o objetivo de possibilitar que participantes do estudo definissem suas preferências em diversas situações de adaptação. A Seção 6.1 apresenta o design do experimento, que inclui a descrição do perfil dos participantes envolvidos, dos procedimentos e das medidas utilizadas na análise de resultados. São descritos na Seção 6.2 os resultados obtidos com o experimento. Enquanto a Seção 6.3 discute os benefícios e limitações com base nos resultados alcançados nesta pesquisa, a Seção 6.4 encerra o capítulo com uma síntese das contribuições do mesmo.

### 6.1. Design do Experimento

A avaliação experimental foi realizada à distância através do acesso ao protótipo (sistema Web) que implementa uma aplicação hospedeira construída com o objetivo de realizar a experimentação do FAIBOUD. O design do experimento inclui a definição dos participantes e etapas (subseção 6.1.1), o procedimento de avaliação (subseção 6.1.2) e o método de análise de resultados (subseção 6.1.3).

#### 6.1.1. Participantes e Situações de Avaliação

Realizaram a avaliação 15 usuários, sendo 13 do sexo masculino e 2 do sexo feminino. Todos estes usuários participaram do experimento inicial. Os usuários tinham idades entre 20 e 45 anos, e possuíam os tipos de daltonismo *Protanopia* ou *Deuteranopia*. Dos 15 usuários, 13 declararam como “alta” a familiaridade com o uso de computadores e outros 2 como “média”. Para orientá-los na realização do experimento foi criado um tutorial em vídeo, orientações na página inicial do protótipo e botões de ajuda em todas as páginas disponíveis. Além desses recursos, foi disponibilizado um suporte por e-mail para sanar dúvidas ou dificuldades. Os participantes foram pré-cadastrados no sistema, atribuindo usuário, senha e o tipo de daltonismo. Essas credenciais foram enviadas aos usuários por e-mail.

O experimento envolve a avaliação em 3 etapas (A, B e C), incluindo a análise de 6 casos: 3 imagens (mapa, gráfico e tomografia) e 3 interfaces de página Web (formulário, menu e tabela).

As etapas da avaliação são as seguintes, conforme apresenta a Figura 6.1:

- **Etapa A:** fase preliminar da avaliação, com orientações sobre o experimento e preenchimento de dados pessoais complementares.
- **Etapa B:** apresenta contextos que são avaliados pelos usuários e incluem os 6 casos, sendo os casos de 1 a 3 compostos por imagens e os casos de 4 a 6 por elementos de página *Web* (*cf.*, Capítulo 4):
  - **Caso 1:** é a imagem de um mapa do Brasil, dividido em regiões, que apresenta os riscos da Dengue para cada uma das regiões. Esses riscos são apresentados por diferentes cores no mapa e em legendas ao lado do mesmo;
  - **Caso 2:** é a imagem de um gráfico do tipo “pizza” sobre tipos de investimentos financeiros. Cada tipo de investimento é representado por uma cor no gráfico e em suas respectivas legendas;
  - **Caso 3:** é a imagem de um exame médico do tipo tomografia, de um cérebro humano. As regiões desta imagem são representadas por cores. Para cada cor presente na imagem, existe uma legenda com escala para identificá-las;
  - **Caso 4:** é um formulário de registro em uma página *Web* que contém campos para preenchimento, botões e imagens com cores distintas para a identificação das informações;
  - **Caso 5:** é um menu lateral e expansível que contém imagens e elementos de página *Web* com diversas cores para a identificação das informações;
  - **Caso 6:** é uma tabela dentro de uma página *Web* com o objetivo de fornecer informações financeiras de cotações e riscos de investimentos. A composição das cores dos elementos e imagens deste caso tem o objetivo de identificação das informações contidas na interface.
- **Etapa C:** o usuário realiza a avaliação final do experimento.

Para cada caso, foram propostas duas situações de avaliação desenvolvidas para averiguar os benefícios da adaptação e da personalização. O objetivo é que os participantes avaliem a partir de uma imagem e interface original, as melhorias em termos de identificação das informações e da estética em relação a uma proposta de adaptação e personalização da interface pelo sistema.

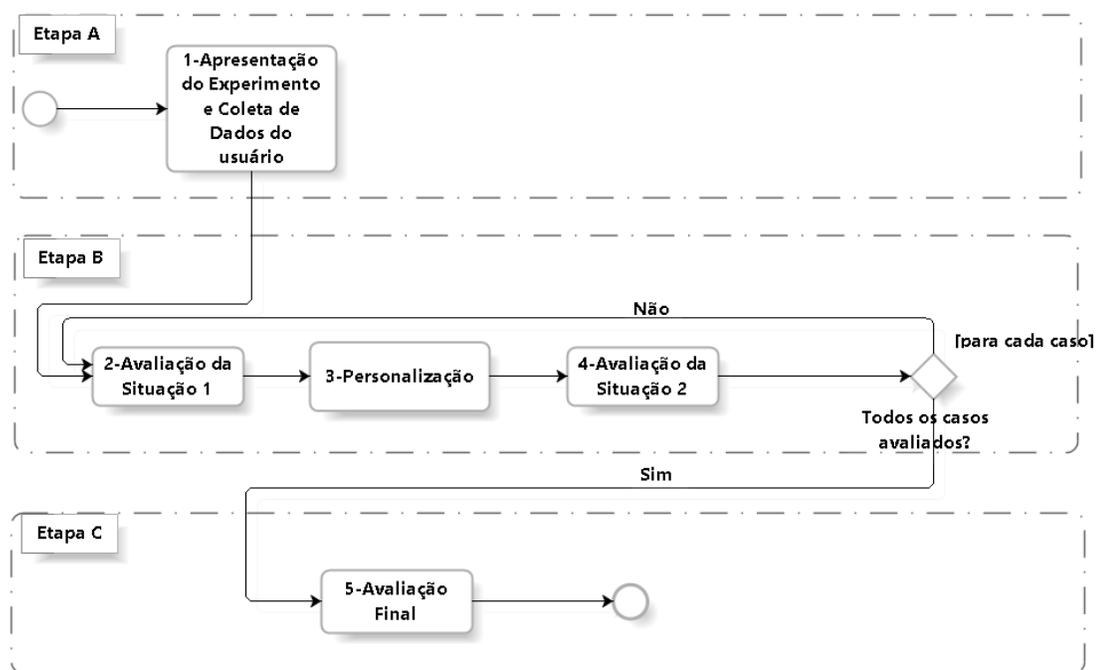
- **Situação 1 (Original X Adaptado):** Primeiramente foi desenvolvida uma interface com cores que podem causar confusão de acordo com cada tipo de daltonismo. Esta interface foi chamada de “Cenário Original”. Em tempo de execução, foi definida uma interface que chamada de “Cenário Adaptado”, nela é aplicada uma técnica de adaptação proposta pelo sistema sobre a interface definida no “Cenário Original”. A escolha dessa técnica foi realizada com base na análise de respostas que refletem preferências gerais dos usuários daltônicos para cada contexto e tipo de daltonismo, conforme resultados do experimento descrito no Capítulo 4. As regras que definem o tipo de adaptação a ser empregada foram definidas em SWRL, conforme apresentou o Capítulo 4, e são detalhadas no Apêndice I;
- **Situação 2 (Original X Personalizado):** Assim como na primeira situação de avaliação, essa possui uma interface chamada de “Cenário Original”, mas ao lado é apresentada outra interface chamada de “Cenário Personalizado”. Essa interface também é resultante da aplicação de uma técnica de adaptação no “Cenário Original”, entretanto a escolha da técnica é definida conforme as preferências pessoais de cada usuário. Essas preferências são inseridas na ontologia e analisadas pelo algoritmo ASCDalt conforme demonstrado no Capítulo 5.

### 6.1.2 Procedimento de Avaliação

A Figura 6.1 apresenta uma visão geral do procedimento de avaliação. Este procedimento é dividido em 3 etapas e é composto por 5 tarefas. Na Etapa A, o usuário deve se identificar (*login*) no sistema para ter acesso aos recursos do FAIBOUD. Nesta etapa, foram apresentadas ao usuário as orientações sobre a avaliação, e também foi solicitado alguns dados pessoais referentes como seu sexo, idade e familiaridade com o uso do computador (*cf.* Etapa A na Figura 6.1).

Em seguida, na Etapa B é realizada a avaliação dos 6 casos; os casos analisados são 3 imagens e 3 páginas Web. As tarefas 2, 3 e 4 são executadas para os 6 casos. Para cada caso, foi realizada a avaliação do “cenário adaptado” em relação ao “cenário original” (denominado de Situação 1), e a avaliação do “cenário personalizado” em relação ao “cenário original” (denominado de Situação 2).

Por fim, a Etapa C realizada uma avaliação final. Portanto, as avaliações seguiram um formato linear, ou seja, foram realizadas em uma sequência de tarefas a serem seguidas para a conclusão do procedimento. As tarefas que compõe o procedimento de avaliação são descritas a seguir.



**Figura 6.1: Procedimento de Avaliação.**

### ***Tarefa 1 – Apresentação do Experimento e Coleta de Dados do Usuário***

Inicialmente foi enviado um convite para os usuários via *email*, com o *link* de acesso ao sistema e uma senha inicial. Ao acessar o sistema, o usuário visualiza na primeira página um texto contendo a apresentação do experimento, e as orientações para a realização da avaliação. Na mesma página, é disponibilizado ao usuário o termo de consentimento informando sobre a confidencialidade dos dados coletados conforme apresenta o Apêndice II. Os participantes foram informados que a apresentação dos resultados é feita

de forma anônima. Após a leitura das instruções e do termo de consentimento, o usuário é levado ao formulário de coleta de dados, onde é solicitada a inserção de seus dados relacionados a sexo, idade e familiaridade em relação ao uso de computadores.

### ***Tarefa 2 – Avaliação da Situação 1 (Original X Adaptado)***

Para cada caso (Mapa, Gráfico, Tomografia, Formulário, Menu e Tabela), o usuário é convidado a avaliar se houve melhoria do “cenário adaptado” em relação ao “cenário original”. Para tanto, é apresentado ao usuário do lado esquerdo da interface o cenário original (Figura 6.2 apresenta exemplo para o caso de Mapa), onde não foram aplicadas técnicas de adaptação, e que o usuário com daltonismo pode encontrar dificuldades de identificação das informações; do lado direito é apresentado o cenário adaptado, que é o mesmo cenário original, mas com a aplicação de técnica de adaptação segundo a execução da nossa proposta. Essas técnicas de adaptação são aplicadas conforme o caso (contexto), tipo de daltonismo e o resultado do experimento do Capítulo 4 traduzido para regras SWRL.

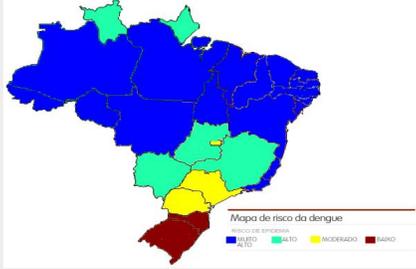
O usuário deve realizar uma comparação entre os dois cenários e avaliar se houve melhora ou piora do cenário adaptado em relação ao original. A avaliação foi composta por 3 questões, que examinam se o cenário adaptado é melhor ou pior em relação ao original nos quesitos referentes à identificação das informações (Questão 1), estética (Questão 2) e geral (Questão 3). O usuário define em uma escala de -5 a +5 como exibe as barras da Figura 6.2, em que quanto menor o número, pior é a relação e quanto maior melhor, sendo a escala 0 (meio da barra) como indiferente.

### Cenário original



Mapa de risco da dengue  
RISCO DE EPIDEMIA  
 ALTO BAIXO AUMENTADO MUITO BAIXO

### Cenário Adaptado



Mapa de risco da dengue  
RISCO DE EPIDEMIA  
 ALTO BAIXO AUMENTADO MUITO BAIXO

## AVALIAÇÃO

Em todas as questões abaixo, movendo a barra para a direita ou esquerda, conforme sua preferência em relação aos cenários. Quanto mais à esquerda, significa que considerou pior e quanto mais à direita, melhor. Após a escolha das respostas, salve-as clicando no botão no final da página.

**Questão 1 (Identificação das informações)**

O Cenário Adaptado é melhor ou pior para a identificação das informações em relação ao Cenário Original?

☹️

☹️

☺️

0

**Questão 2 (Estética)**

O Cenário Adaptado é melhor ou pior esteticamente, em relação ao Cenário Original?

☹️

☹️

☺️

0

**Questão 3 (Geral)**

O Cenário Adaptado, de uma forma geral, é melhor ou pior, em relação ao Cenário Original?

☹️

☹️

☺️

0

**Figura 6.2: Exemplo de Avaliação para a Situação 1.**

### ***Tarefa 3 – Fase de Personalização***

Após o usuário salvar as suas respostas, é disponibilizada uma nova interface com uma tabela contendo todas as cores originais presentes no caso, como apresenta a Figura 6.3 (caso com Mapa). Para cada uma dessas cores o usuário tem a opção de escolher entre cores alternativas para serem utilizadas na adaptação da interface seguinte. O usuário pode escolher quantas cores alternativas quiser, inclusive pode não escolher cor alguma. Para cada cor que desejar personalizar estão disponíveis 4 cores alternativas (Figura 6.3). Essas quatro cores correspondem às cores de 3 algoritmos de recoloração e uma personalizada manualmente.



**Figura 6.3: Exemplo de Personalização.**

***Tarefa 4 – Avaliação da Situação 2 (Original X Personalizado)***

Após a definição das cores alternativas, o sistema aplica o algoritmo ASCDalt que define qual das técnicas disponíveis é a mais próxima das preferências pessoais (cf. Capítulo 5). Este procedimento gera o “cenário personalizado”. A avaliação foi realizada utilizando as escalas exibidas na Figura 6.4 (exemplo de caso com Mapa); tendo do lado esquerdo a apresentação do cenário original e do lado direito o cenário personalizado.

A Figura 6.4 exibe o Cenário Personalizado obtido por meio da escolha de cores preferidas, na qual foi aplicada uma técnica de recoloração diferente da escolhida inicialmente na Figura 6.2 (Cenário Adaptado). As questões de avaliação são similares às aquelas aplicadas na Situação 1, e o participante é convidado a avaliar o quanto o cenário personalizado melhora ou piora em relação ao cenário original em termos de identificação de informações, estética e geral.

### Cenário original



### Cenário Personalizado



## AVALIAÇÃO

Para as questões abaixo, movendo a barra para a direita ou esquerda, conforme sua preferência em relação aos cenários. Quanto mais à esquerda, significa que considerou pior e quanto mais à direita, melhor. Após a escolha das respostas, salve-as clicando no botão no final da página.

**Questão 1 (Identificação das informações)**

O Cenário Personalizado é melhor ou pior para a identificação das informações em relação ao Cenário Original?

☹️

☹️

☺️

0

**Questão 2 (Estética)**

O Cenário Personalizado é melhor ou pior esteticamente, em relação ao Cenário Original?

☹️

☹️

☺️

0

**Questão 3 (Geral)**

O Cenário Personalizado, de uma forma geral, é melhor ou pior, em relação ao Cenário Original?

☹️

☹️

☺️

0

**Figura 6.4: Exemplo de Avaliação para a Situação 2.**

### *Tarefa 5 – Avaliação Final*

Após realizar a avaliação na Etapa B (Figura 6.1), o usuário responde a avaliação final na Etapa C, que consiste de 3 questões conforme apresenta a Figura 6.5. A primeira questão é uma questão aberta para sugestões sobre o uso do sistema, a segunda é uma questão com uma escala sobre a dificuldade de uso (Muita Dificuldade, Pouca Dificuldade, Sem Dificuldades, Foi Fácil, Foi Muito Fácil). A última questão é aberta, onde o usuário pode descrever suas dificuldades em relação ao uso do sistema.

**AVALIAÇÃO**

Questão 1

Descreva suas observações e sugestões sobre o uso do protótipo.

Questão 2

Teve dificuldades para realizar as adaptações?

Muita Dificuldade    Pouca Dificuldade    Sem Dificuldades    Foi Fácil    Foi Muito Fácil

Questão 3

Descreva suas dificuldades.

**Figura 6.5: Interface de Avaliação final.**

### **6.1.3 Análise de Resultados**

Teve como objetivo, examinar em termos estatísticos se os cenários adaptado e personalizado são mais efetivos em relação ao original. Para este fim, foram realizados 3 testes distintos que avaliam cada um dos 6 casos estudados. Para cada uma das questões avaliadas, o teste 1 compara o cenário original com o adaptado. Similarmente, o teste 2 compara o cenário original com o cenário personalizado. O teste 3 verifica o quanto o cenário personalizado se difere do cenário adaptado.

Os dados coletados em análise segundo as respostas das questões na escala *Likert* são não paramétricos. Desse modo optou-se por utilizar, os dados de cada participante.

Assumindo as amostras em uma população não distribuída normalmente, e dadas as características do experimento (*within group*), o método estatístico considerado adequado e utilizado para testar as hipóteses neste estudo é *Wilcoxon Rank Sum*<sup>57</sup> (com diferença pareada) para cada questão nos 3 testes propostos (Wilcoxon, 1945). Foram consideradas as seguintes hipóteses e parâmetros.

- **H0:** Não existe diferença estatisticamente significativa entre cenário original e adaptado.
- **H1:** Não existe diferença estatisticamente significativa entre cenário original e personalizado.
- **H2:** Não existe diferença estatisticamente significativa entre cenário adaptado e personalizado.
- **Nível de significância:** 95% de confiança.
- **Hipótese Nula:** se o valor de  $p$  para H0, H1 ou H2 for menor que 0,05, a hipótese nula é rejeitada e tem-se um resultado positivo, senão, a hipótese nula é aceita e um resultado negativo pode ser considerado.

Primeiramente, os testes foram realizados para as questões nos 6 casos individualmente. Adicionalmente, para ter uma análise dos grupos em estudo (imagem e interface Web), foram aplicados os testes para o agregado de resultados nesses dois grupos. Para este fim, o valor da mediana das respostas foi explorado nos testes estatísticos. Foi apresentado também o resultado geral que agrega todos os casos.

Na análise qualitativa com base nos resultados da Etapa C, são examinados os dados das questões abertas 1 e 3 para definir as principais observações e sugestões dos usuários sobre sua experiência na avaliação usando o protótipo (**questão 1**). Foram analisadas igualmente as principais dificuldades relatadas durante a realização do experimento (**questão 3**).

A questão 3 complementa a questão 2, que define uma escala objetiva de dificuldade. Para a realização da análise das questões abertas, primeiramente foi feita a geração de *tag clouds* para cada uma, em que foram identificadas as palavras mais recorrentes nas respostas de cada questão. Em seguida, realizou-se uma leitura das respostas para identificar quais teriam relação entre si. E finalmente, com base nas duas

---

<sup>57</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Wilcoxon\\_signed-rank\\_test](https://en.wikipedia.org/wiki/Wilcoxon_signed-rank_test)

análises anteriores, as respostas foram organizadas em grupos em que foram reunidas todas as respostas com alguma relação entre elas. Para a questão 2, foi apresentada a frequência de respostas para cada nível de dificuldade percebido.

## **6.2. Resultados**

Esta seção apresenta os resultados quantitativos e qualitativos dos experimentos conduzidos com os usuários na avaliação do protótipo. Os resultados são organizados segundo as diferentes configurações de testes estudados.

### **6.2.1 Resultados Quantitativos**

Esta subseção apresenta primeiramente os resultados estatísticos referentes a comparação entre o cenário original e o cenário adaptado (Teste 1). Logo após, são apresentados os dados da comparação de resultados entre o cenário adaptado e o personalizado (Teste 2). Por fim, são apresentados os resultados estatísticos comparando o desempenho do cenário adaptado com o cenário personalizado (Teste 3).

*Teste 1 (Original X Adaptado):* A Tabela 6.1 apresenta o resultado do teste estatístico, no qual foram analisados os 6 casos comparando o cenário original com o adaptado nas seguintes questões:

- **QA1 para Cenário Original X Cenário Adaptado:** relacionada à identificação das informações apresentadas ao usuário na imagem ou interface. Em que a questão a ser respondida pelo usuário foi: “O Cenário Adaptado é melhor ou pior para a identificação das informações em relação ao Cenário Original?”.
- **QA2 para Cenário Original X Cenário Adaptado:** relacionada à estética da imagem ou interface apresentado ao usuário. Em que a questão a ser respondida pelo usuário foi: “O Cenário Adaptado é melhor ou pior esteticamente, em relação ao Cenário Original?”.
- **QA3 para Cenário Original X Cenário Adaptado:** relacionada aos aspectos gerais da imagem ou interface apresentada ao usuário. Cujas questões a serem respondidas pelo usuário foram: “O Cenário Adaptado, de uma forma geral, é melhor ou pior, em relação ao Cenário Original?”.

**Tabela 6.1. Resultado do teste estatístico para Cenário Original X Cenário Adaptado**

<b>Cenário</b>	<b>Questões</b>	<b>Valor de H0</b>	<b>Hipótese Nula</b>
<b>Mapas coloridos</b>	QA1	0,0005245	Rejeitada
	QA2	0,05693	Aceita
	QA3	0,0006739	Rejeitada
<b>Gráficos de pizza</b>	QA1	0,000632	Rejeitada
	QA2	0,004442	Rejeitada
	QA3	0,0006653	Rejeitada
<b>Tomografia</b>	QA1	0,3474	Aceita
	QA2	0,719	Aceita
	QA3	0,1646	Aceita
<b>Grupo imagens</b>	QA1	0,001	Rejeitada
	QA2	0,05101	Aceita
	QA3	0,0009743	Rejeitada
<b>Formulários de registro</b>	QA1	0,04759	Rejeitada
	QA2	0,001586	Rejeitada
	QA3	0,01329	Rejeitada
<b>Menus laterais</b>	QA1	0,1924	Aceita
	QA2	0,2812	Aceita
	QA3	0,2075	Aceita
<b>Tabelas financeiras</b>	QA1	0,005522	Rejeitada
	QA2	0,02513	Rejeitada
	QA3	0,004007	Rejeitada
<b>Grupo elementos de interface Web</b>	QA1	0,02513	Rejeitada
	QA2	0,02389	Rejeitada
	QA3	0,01441	Rejeitada
<b><u>Geral</u></b>	QA1	0,001057	Rejeitada
	QA2	0,003753	Rejeitada
	QA3	0,001018	Rejeitada

Os resultados do teste estatístico presentes na Tabela 6.1 ressaltam os seguintes fatos:

- O resultado da adaptação de imagens foi positivo de maneira geral, isto é, demonstra melhora significativa nas interfaces adaptadas em relação aos originais. A exceção foi a imagem referente a tomografias, pois esta apresenta uma característica diferente das demais imagens analisadas (gráfico de pizza e mapas coloridos). Ao contrário das demais imagens, que tem suas cores bem delimitadas entre si (*e.g.*, o mapa que está dividido em regiões e estas tem seus limites bem definidos), na imagem da tomografia a delimitação das cores não são bem definidas, apresentando diferentes tons na transição de uma cor para a outra. Durante a aplicação dos algoritmos de recoloração é possível observar que essa

disposição das cores prejudicou a adaptação, que em alguns casos houveram cores que foram sobrepostas após a recoloração e assim modificando as informações a serem transmitidas pela imagem. Esses fatores, aliados ao fato de ser uma imagem técnica que não é compreendida por muitos usuários, fizeram com que a avaliação desta imagem fosse prejudicada;

- Apesar de ter ficado próximo ao limite com valor de 0,05693, a adaptação de mapas coloridos foi considerada negativa no quesito estética (QA2) e o mesmo aconteceu no resultado geral do grupo de casos relacionados com imagens;
- O resultado para os casos relacionados com elementos de interface Web também foi positivo, exceto os elementos referentes a menus laterais que foram considerados negativo.
- Ao contrário do grupo de imagens, o grupo de elementos, no geral, foi positivo em todas as três questões.
- O resultado geral de todos os casos adaptados foi positivo em todas as questões.

**Teste 2 (Original X Personalizado):** A Tabela 6.2 apresenta os resultados comparando o cenário original com o personalizado nas seguintes questões:

- **QP1 para Cenário Original X Cenário Personalizado:** relacionada à identificação das informações apresentadas ao usuário na imagem ou interface. Em que a questão a ser respondida pelo usuário foi: “O Cenário **Personalizado** é melhor ou pior para a identificação das informações em relação ao Cenário Original?”.
- **QP2 para Cenário Original X Cenário Personalizado:** relacionada à estética da imagem ou interface apresentado ao usuário. Em que a questão a ser respondida pelo usuário foi: “O Cenário **Personalizado** é melhor ou pior esteticamente, em relação ao Cenário Original?”.
- **QP3 para Cenário Original X Cenário Personalizado:** relacionada aos aspectos gerais da imagem ou interface apresentada ao usuário. Em que a questão a ser respondida pelo usuário foi: “O Cenário **Personalizado**, de uma forma geral, é melhor ou pior, em relação ao Cenário Original?”.

**Tabela 6.2. Resultado do teste estatístico para Cenário Original X Cenário Personalizado**

<b>Cenário</b>	<b>Questões</b>	<b>Valor de H1</b>	<b>Hipótese Nula</b>
<b>Mapas coloridos</b>	QP1	0.0004682	Rejeitada
	QP2	0.6799	Aceita
	QP3	0.0005874	Rejeitada
<b>Gráficos de pizza</b>	QP1	0.0004337	Rejeitada
	QP2	0.002437	Rejeitada
	QP3	0.0006502	Rejeitada
<b>Tomografia</b>	QP1	0.004489	Rejeitada
	QP2	0.2242	Aceita
	QP3	0.003646	Rejeitada
<b>Grupo imagens</b>	<i>QP1</i>	<i>0.0004145</i>	<i>Rejeitada</i>
	<i>QP2</i>	<i>0.007116</i>	<i>Rejeitada</i>
	<i>QP3</i>	<i>0.0004317</i>	<i>Rejeitada</i>
<b>Formulários de registro</b>	QP1	0.005541	Rejeitada
	QP2	0.0008333	Rejeitada
	QP3	0.001571	Rejeitada
<b>Menus laterais</b>	QP1	0.09824	Aceita
	QP2	0.05343	Aceita
	QP3	0.02897	Rejeitada
<b>Tabelas financeiras</b>	QP1	0.004489	Rejeitada
	QP2	0.03144	Rejeitada
	QP3	0.004489	Rejeitada
<b>Grupo elementos de interface Web</b>	<i>QP1</i>	<i>0.005698</i>	<i>Rejeitada</i>
	<i>QP2</i>	<i>0.005635</i>	<i>Rejeitada</i>
	<i>QP3</i>	<i>0.003684</i>	<i>Rejeitada</i>
<b><i>Geral</i></b>	<i>QP1</i>	<i>0.001618</i>	<i>Rejeitada</i>
	<i>QP2</i>	<i>0.001048</i>	<i>Rejeitada</i>
	<i>QP3</i>	<i>0.0006981</i>	<i>Rejeitada</i>

A partir da análise dos resultados apresentados na Tabela 6.2, é possível ressaltar as seguintes conclusões:

- O resultado para os casos do cenário personalizado foi considerado positivo, mostrando melhoras significativas em relação ao original nas 3 questões. Esses resultados foram mais positivos comparados com aqueles da Tabela 6.1. Isso indica ganhos da personalização;
- Tanto no grupo de imagens, como no de elementos de interface *Web*, o resultado foi positivo em todas as questões;

- Em todos os casos, a questão relacionada às características gerais foi positiva.
- Com exceção do caso onde é apresentado o menu lateral, todos os casos foram positivos na questão relacionada à identificação das informações presentes em seus conteúdos;
- Todos os casos foram positivos em relação à estética das cores apresentadas, exceto o caso de tomografia, do grupo de imagens e o caso de menu lateral, do grupo de elementos de interface.

**Teste 3 (Adaptados X Personalizados):** A Tabela 6.3 descreve os resultados comparando a melhora obtida com os cenários adaptados versus a melhora obtida com os cenários personalizados:

- **QA1 x QP1:** Comparação entre os resultados da questão 1 para os resultados adaptados versus os resultados personalizados;
- **QA2 x QP2:** Comparação entre os resultados da questão 2 para os resultados adaptados versus os resultados personalizados;
- **QA3 x QP3:** Comparação entre os resultados da questão 3 para os resultados adaptados versus os resultados personalizados.

**Tabela 6.3. Resultado do teste estatístico para Adaptado X Personalizado**

Cenário	Questões	Valor de H2	Hipótese Nula
Mapas coloridos	QA1 x QP1	1	Aceita
	QA2 x QP2	0,5862	Aceita
	QA3 x QP3	1	Aceita
Gráficos de pizza	QA1 x QP1	0,07755	Aceita
	QA2 x QP2	0,09751	Aceita
	QA3 x QP3	0,4568	Aceita
Tomografia	QA1 x QP1	0,00861	Rejeitada
	QA2 x QP2	0,1079	Aceita
	QA3 x QP3	0,004995	Rejeitada
Grupo imagens	QA1 x QP1	0,02772	Rejeitada
	QA2 x QP2	0,09467	Aceita
	QA3 x QP3	0,01484	Rejeitada
Formulários de registro	QA1 x QP1	0,05778	Aceita
	QA2 x QP2	0,1984	Aceita
	QA3 x QP3	0,02178	Rejeitada
Menus laterais	QA1 x QP1	0,7512	Aceita
	QA2 x QP2	0,1489	Aceita
	QA3 x QP3	0,2021	Aceita
Tabelas financeiras	QA1 x QP1	0,3234	Aceita

<i>Grupo elementos de interface Web</i>	QA2 x QP2	0,7737	Aceita
	QA3 x QP3	0,3683	Aceita
	QA1 x QP1	0,4403	Aceita
	QA2 x QP2	0,35	Aceita
	QA3 x QP3	0,3372	Aceita
<b>Geral</b>	<b>QA1 x QP1</b>	<b>0,07755</b>	<b>Aceita</b>
	<b>QA2 x QP2</b>	<b>0,09751</b>	<b>Aceita</b>
	<b>QA3 x QP3</b>	<b>0,4568</b>	<b>Aceita</b>

Por meio da análise dos resultados da Tabela 6.3, é possível ressaltar os seguintes aspectos:

- O resultado geral da personalização do grupo de imagens foi positivo em relação às melhorias obtidas com a adaptação, mas particularmente duas delas, mapas coloridos e gráficos de pizza, foram negativas. O quesito relacionado à estética também foi negativo para todos os casos de imagens;
- O resultado geral do grupo de elementos de interface *Web* foi negativo, *i.e.*, não houve diferença significativa entre a melhora obtida com personalização e adaptação para este caso;
- Em todos os elementos de interface *Web*, somente a questão relacionada aos aspectos gerais de formulários de registro foi positivo, isto é, nesses casos a personalização foi significativamente melhor do que a adaptação inicial proposta.
- Considerando o resultado geral da melhoria da personalização em relação à adaptação em todos os elementos de interface foi negativo.

Tendo em vista que o resultado da maioria dos casos não houve diferenças significativas entre os resultados dos cenários personalizados e adaptados (resultados negativos), foi necessária uma investigação mais aprofundada para identificar possíveis causas desses resultados.

Inicialmente foram investigadas as situações em que o usuário tinha a possibilidade de escolher uma quantidade de cores alternativas e as escolhas dessas cores influenciaram a técnica utilizada no processo de adaptação. A Tabela 6.4 apresenta como foram essas escolhas de cores alternativas, e ilustra em que medida a quantidade de cores alternativas impactaram na personalização.

Tabela 6.4. Alteração de cores pelos usuários durante a personalização

Caso	Quantidade de cores disponíveis para alteração por caso	Média de cores alteradas por usuário no caso	Porcentagem de cores alteradas por caso
Mapas coloridos	4	2,29	57,25%
Gráficos de pizza	5	2,75	55%
Tomografia	8	2,31	28,88%
<i>Grupo imagens (média)</i>	<i>5,66</i>	<i>2,45</i>	<i>43,29%</i>
Formulários de registro	5	1,33	26,60%
Menus laterais	11	2	18,18%
Tabelas financeiras	8	1,46	18,25%
<i>Grupo elementos de interface Web (média)</i>	<i>8</i>	<i>1,59</i>	<i>19,88%</i>
<b>Geral</b>	<b>6,83</b>	<b>2,02</b>	<b>29,58%</b>

Posteriormente, foram verificados quais os casos em que após a fase de personalização (alteração de cores de preferência), a técnica aplicada no cenário de personalização foi diferente daquela inicialmente aplicada no cenário adaptado. A Tabela 6.5 ilustra os dados obtidos a partir da quantidade de avaliações efetuadas.

Tabela 6.5. Mudanças de técnica de adaptação no cenário personalizado em relação ao cenário adaptado

Caso	Quantidade de avaliações por caso	Técnica diferente		Técnica igual à adaptada	
		Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Mapas coloridos	15	4	26,67%	11	73,33%
Gráficos de pizza	15	0	0%	15	100%
Tomografia	15	9	60%	6	40%
<i>Grupo imagens (soma)</i>	<i>45</i>	<i>13</i>	<i>28,89%</i>	<i>32</i>	<i>71,11%</i>
Formulários de registro	15	4	26,67%	9	73,33%
Menus laterais	15	4	26,67%	9	73,33%
Tabelas financeiras	15	9	60%	9	40%
<i>Grupo elementos de interface Web (soma)</i>	<i>45</i>	<i>17</i>	<i>37,78%</i>	<i>28</i>	<i>62,22%</i>
<b>Geral</b>	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>31,91%</b>	<b>60</b>	<b>63,83%</b>

Com base nas informações apresentadas nas Tabelas 6.4 e 6.5, foram observados os seguintes aspectos durante a personalização de cores:

- De maneira geral, a porcentagem de cores disponíveis em cada cenário que foram alteradas foi baixa;
- Ao confrontar os resultados da Tabela 6.3, o qual o grupo de imagens teve um resultado melhor que o grupo de elementos de interface Web, com a Tabela 6.4, percebe-se que a porcentagem de alteração das cores foi maior no grupo de imagens que no grupo de elementos de Interface. Isso sugere que o aumento na quantidade de cores alteradas influenciaram os resultados;
- De maneira geral, foi observada uma porcentagem baixa de vezes em que a técnica aplicada no cenário personalizado foi diferente da técnica usada no cenário adaptado;
- Como a quantidade de cores alteradas nas preferências foi baixa, conseqüentemente pode ter havido uma influência na baixa quantidade de vezes em que as técnicas usadas após a personalização foram diferentes daquelas usadas no cenário adaptado. Isso potencialmente explica a diferença não ser estatisticamente significativa entre cenário adaptado e cenário personalizado;
- Um número maior de opções de técnicas (*e.g.*, outros algoritmos implementados) poderia resultar em uma porcentagem maior em que a técnica escolhida após a personalização fosse diferente da técnica escolhida com a adaptação.

### 6.2.1 Resultados Qualitativos

Durante a **Etapa C** (*cf.* Figura 6.1), os usuários realizaram uma avaliação do experimento composta por 3 questões finais (**QF**), descritas a seguir:

- **QF1:** Questão aberta que visava coletar as observações e sugestões sobre o uso do FAIBOUD pelos usuários: “*Descreva suas observações e sugestões sobre o uso do protótipo.*”;

- **QF2:** Questão objetiva para definir o grau de dificuldade encontrado pelos usuários: *“Teve dificuldades para realizar as adaptações?”*. Como resposta, os usuários poderiam escolher, de acordo com o grau de dificuldade encontrado, as seguintes opções: *“Muita Dificuldade”*, *“Pouca Dificuldade”*, *“Sem Dificuldades”*, *“Foi Fácil”* ou *“Foi Muito Fácil”*;
- **QF3:** Questão aberta de complemento da **QF2** que permitiu aos usuários descreverem suas dificuldades: *“Descreva suas dificuldades.”*.

A Tabela 6.6 quantifica os relatos mais recorrentes encontrados entre as respostas para a **QF1** divididos em 2 grupos. Eles são descritos a seguir.

**Tonalidades e combinações de cores nas técnicas:** nesse grupo os usuários sugeriram combinações de cores e tonalidades mais amplas do que aquelas resultantes das técnicas de adaptação usadas no experimento. Foi sugerido também que a identificação das informações contidas nos casos não fosse dependente apenas de cores, mas que pudessem ser usados outros símbolos complementando o seu conteúdo (*e.g.* no gráfico, os *labels* contendo as informações de porcentagem, dentro dos seus respectivos espaços no gráfico). Um exemplo de relato de um usuário para esta questão é:

*“Sugiro que nunca coloque o vermelho e o verde juntos, porque eles confundem, coloque cores de tons diferentes como azul e amarelo, ou mesmo o vermelho e o verde, mas com outras cores. Marrom é um problema, azul com roxo, opte também por diferenças de tonalidades, pode ser útil”*.

**Configurações de cenário:** este foi o relato mais recorrente e engloba toda a configuração dos cenários. Usuários sugeriram a possibilidade de que, após a personalização, pudessem simplesmente escolher se o cenário utilizado será o personalizado, o adaptado ou mesmo o original. Segundo os relatos, essa seria uma forma de facilitar a definição de um cenário adequado. Durante a escolha das cores de preferência, também foi sugerido que possam ser exibidas em tempo real todas as cores já escolhidas na mesma tela em que se está realizando a escolha das novas cores. Uma descrição de um usuário com uma sugestão é apresentada a seguir:

“Achei o mecanismo de troca de cores difícil de usar e confusa. Se pudesse clicar sobre o item que eu gostaria de mudar e surgisse a cartela de cores neste ponto, seria mais interessante...”.

As sugestões e observações feitas pelos usuários ao responderem a **QF1** fornecem contribuições de grande importância para o aprimoramento do *framework*, assim como para a realização da adaptação de interfaces de forma geral. Essas melhorias envolvem as mudanças na interface da aplicação e escolhas de novas técnicas de adaptação, possibilitando mais opções para a personalização.

**Tabela 6.6. Análise qualitativa da QF1**

<b>Grupo de Observações/Sugestões</b>	<b>Quantidade</b>
<b>Tonalidades e combinações de cores nas técnicas</b>	6
<b>Configurações de cenário</b>	8

O resultado apresentado para a **QF2** é o nível de dificuldade percebido pelos usuários ao realizar as adaptações durante o experimento. O gráfico da Figura 6.6 demonstra que 4 usuários relataram “*Muita Dificuldade*” na realização do processo de adaptação de interfaces. A maioria dos usuários (10) afirmou terem encontrado “*Pouca Dificuldade*” na tarefa. Nenhum dos usuários declarou que o nível foi “*Sem Dificuldades*” ou que “*Foi Muito Fácil*”. E apenas 1 usuário declarou que “*Foi Fácil*”.

Esta avaliação foi colocada como parâmetro para verificar a dificuldade que os usuários tiveram no experimento em questão. Embora inclua solução de interação para especificação de preferência na interface, ela não corresponde ao sistema para uso da aplicação final. Para tanto, são necessários experimentos e estudos em longo prazo e que estão fora do escopo desta dissertação.



Figura 6.6: Níveis de dificuldade para a adaptação (QF2).

A Tabela 6.7 apresenta os resultados da **QF3**, no qual foram definidos 3 grupos de dificuldades relatadas pelos usuários.

**Layout de escolha de cores de preferência:** os usuários relataram dificuldades em escolher as cores de preferência sem poderem visualizar àquelas cores que já tinham sido escolhidas. Para terem esta visão era necessário voltar à tela em que eram listadas as cores originais. Essa dificuldade também foi relatada na **QF1** por alguns usuários como sugestões para melhorias do protótipo. A seguir o relato de um usuário que descreve essa dificuldade:

*“É muito difícil trocar cores sem comparar. Muitas vezes sugerir uma boa cor no lugar de outra exige comparação com as cores que estão sendo exibidas.”*

**Exibição do cenário personalizado:** os usuários relataram que muitas vezes as cores que eram escolhidas como de preferência, não eram as mesmas cores presentes após a exibição do cenário personalizado. As cores presentes no cenário após o processo de adaptação da interface são definidas pela técnica, que é escolhida com base nas cores de preferências de cada usuário, com base no algoritmo de similaridade (cf. Capítulo 5) que define as mais próximas, mas não há garantia que sejam as mesmas. Destaca-se o relato de um usuário sobre tal dificuldade:

*“Na fase de escolher cores alternativas, o sistema me permite visualizar o original e permite fazer alterações de cores em relação ao original, mas quando clica pra visualizar ele mostra um cenário atualizado com outras cores. Ou seja, as cores que me deixava satisfeito no cenário original não são mantidas.”*

**Limitação de cores alternativas:** a maioria das dificuldades relatadas pelos usuários é referente à limitação de cores alternativas. É descrito que em muitas vezes as cores alternativas eram muito parecidas com as cores originais e isso dificultava a escolha de uma cor para realizar a personalização. Foi igualmente descrito que algumas cores alternativas melhoravam a identificação das informações, mas piorava em relação à estética. Por exemplo, a resposta seguinte ressalta:

*“Deveriam aparecer as cores azul e amarela em todas as opções como cores alternativas, às vezes as cores alternativas eram todas iguais entre si e às vezes até iguais as cores originais.”*

As dificuldades encontradas pelos usuários estão alinhadas com aquelas sugestões e observações apresentadas na **QF1**. Assim, mudanças na interface de personalização e adaptação das atuais ou inserção de novas técnicas pode oferecer maiores opções de cores alternativas aos usuários.

**Tabela 6.7. Análise qualitativa da QF3**

<b>Tipo de Dificuldade</b>	<b>Quantidade</b>
<b>Layout de escolha de cores de preferência</b>	4
<b>Exibição do cenário personalizado</b>	3
<b>Limitação de cores alternativas</b>	9

### **6.3. Discussão**

Com os resultados experimentais obtidos pelo protótipo do FAIBOUD, é possível considerar que tanto na situação 1 estudada, em que a adaptação aconteceu de forma automática conforme as preferências gerais dos usuários modeladas de acordo com o tipo de daltonismo e contexto, como na situação 2, em que a adaptação aconteceu após os usuários definirem suas preferências, tiveram resultados positivos em apresentar aos usuários com daltonismo as informações contidas em imagens e interfaces *Web*. Isso foi confirmado com medidas estatísticas para a maioria dos casos e questões apresentadas.

O uso de ontologias possibilitou a criação de uma base de conhecimento relacionado ao daltonismo e adaptação de cores. Além dos fatos que foram pré-cadastrados na ontologia, como as cores e os tipos de daltonismo, durante o uso do FAIBOUD, quando os usuários realizaram as personalizações, suas preferências também foram inseridas, aumentando o refinamento sobre as informações armazenadas sobre o usuário. O conhecimento representado na ontologia pode permitir o uso da mesma em outras páginas *Web* e situações de uso, de maneira que essas possam adaptar-se para atender às necessidades e preferências dos usuários daltônicos. Ainda, por ser um modelo expansível, uma vez que ontologias OWL permitem a inclusão gradativa de novas técnicas e situações de uso que possibilitem um maior número de alternativas para adaptação e personalização.

Apesar do cenário adaptado não apresentar diferenças estatisticamente significativas quando comparada ao cenário personalizado, devido a pouca quantidade de cores de preferência definidas pelos usuários, o cenário personalizado obteve um maior número de resultados positivos em relação ao cenário original, se comparado com o cenário adaptado.

Destaca-se que a fase de personalização abriu possibilidades para o usuário, no qual ele pode tanto optar pelo cenário pré-adaptado, como pode igualmente modificar as cores conforme suas preferências e assim decidir qual dos cenários obtidos melhor atende suas necessidades, sem deixar de lado suas preferências pessoais.

A baixa porcentagem de cores alternativas que foram definidas pelos usuários na fase de personalização justifica-se pelo esforço e demora na realização desse processo e dificuldades na escolha de cores. Esse esforço está relacionado ao número de cores originais para os casos, que podem conter até 8 cores e para cada uma dessas cores

houveram 4 cores alternativas. Registros do sistema relatam que durante a escolha das cores de preferência, os usuários não visualizaram todas as opções. Consequentemente, não experimentaram a aplicação de todas as técnicas antes de realizar a avaliação do cenário personalizado.

De acordo com os resultados qualitativos, foi possível identificar que apesar da maioria dos usuários terem encontrado pouca dificuldade durante o experimento, algumas barreiras foram destacadas como: dificuldade de uso da interface de personalização, o número limitado de cores e a presença de cores resultantes das técnicas parecidas com as originais. As sugestões de melhorias para o protótipo acompanharam as dificuldades relatadas pelos usuários e podem ser importantes para melhorar o processo de personalização das interfaces para daltônicos em pesquisas futuras. Vale ressaltar ainda que a maior parte dos problemas apontados estão relacionados à implementação do protótipo desenvolvido para o experimento, e não estão relacionados a características internas do *framework* FAIBOUD.

#### **6.4. Síntese do Capítulo**

Este capítulo apresentou os resultados da avaliação experimental sobre a adaptação de interfaces com base em ontologias para usuários daltônicos. Foram desenvolvidas análises quantitativas e qualitativas e demonstradas empiricamente a efetividade da proposta. O experimento, realizado com 15 usuários daltônicos, foi conduzido com base em um protótipo desenvolvido utilizando o *framework* FAIBOUD. Os usuários puderam comparar em diversas situações de uso o quão melhor a adaptação das cores de imagens e elementos de interfaces *Web* é com base em modificações propostas pelo sistema. Durante o experimento, o usuário pôde avaliar de forma geral suas dificuldades para efetuar a personalização e sugerir mudanças para melhorar o processo.

A avaliação quantitativa efetuou a comparação de cenários em 2 situações possíveis. A primeira situação comparou o cenário denominado original, com cores que poderiam causar confusão para daltônicos conforme o tipo de daltonismo, com um cenário adaptado a partir de uma técnica definida pela preferência geral dos usuários. A

segunda situação comparou o mesmo cenário original com um cenário adaptado por uma técnica definida a partir da personalização das cores feita pelo usuário.

Os resultados obtidos segundo testes estatísticos sobre a avaliação dos usuários em relação às duas situações mostraram que a tanto na situação 1 (adaptada), quanto na situação 2 (personalizada), houveram ganhos consideráveis nos aspectos de identificação de informações, estética e geral, ao serem comparados com o cenário original. A comparação efetuada entre cenário adaptado e personalizado não apresentou diferenças significativas na maioria dos casos, uma vez que houve um baixo percentual de cores alteradas pelos usuários durante o experimento.

A avaliação qualitativa apresentou os resultados relacionados às dificuldades encontradas pelos usuários junto às suas observações e sugestões de melhorias no processo de personalização. Esses resultados revelaram que o processo de adaptação apresentado no experimento, foi realizado sem muitas dificuldades pelos usuários, mas que melhorias na interface são necessárias para uma utilização mais apropriada do protótipo construído com base no *framework* FAIBOUD. Os participantes identificaram possibilidades de melhorias nas técnicas de adaptação ou a inserção de novas para que as opções de cores alternativas e de adaptação sejam ampliadas.

Uma outra melhoria nos instrumentos de coletas de dados da avaliação seria a não identificação dos cenários como “Cenário Original”, “Cenário Adaptado” e “Cenário Personalizado”. Pois com estas nomenclaturas, os usuários podem sofrer influências em definir como melhor sempre aquele apresentado ao lado direito do “Original”. Uma solução seria o uso apenas de “Cenário 1” e “Cenário 2” para a apresentação e intercalando a posição dos mesmos em cada situação.

# Capítulo 7

## Conclusão

Pessoas com daltonismo enfrentam barreiras no seu dia-a-dia, na vida profissional e no acesso a *Web*. Devido à representação de muitas informações por meio de cores nas páginas *Web*, os usuários daltônicos não conseguem explorar todo o conteúdo oferecido por essas, como por exemplo, a identificação de legendas de gráficos ou mapas.

Para lidar com esta problemática, esta dissertação de mestrado pesquisou a possibilidade de adaptar automaticamente interfaces para usuários daltônicos, em que as alterações das cores permitem uma melhor identificação das informações e possibilitam uma melhor acessibilidade aos usuários levando em consideração suas características individuais.

Apesar de existir diversos trabalhos científicos com o objetivo de melhorar a acessibilidade na *Web* para usuários daltônicos, essas soluções são apresentadas de forma isoladas e com poucas experimentações empíricas. Entre as limitações mais comuns estão soluções que apenas atendem a um tipo de daltonismo ou trabalham apenas com um tipo de contexto (*e.g.*, imagens). Mais precisamente, a principal limitação é que não são consideradas as preferências pessoais dos usuários, levando-se em conta apenas as suas limitações de acordo com a patologia (*e.g.*, não reconhecimento da cor verde). Portanto, o presente trabalho visou investigar como aprimorar a acessibilidade de interfaces *Web* para pessoas com daltonismo de forma adaptativa às suas necessidades e preferências no que se refere à visualização, distinção e gostos.

### 7.1. Contribuições da Pesquisa

Com o objetivo de avançar o estado da arte, esta dissertação contribuiu em vários pontos na pesquisa por uma melhor acessibilidade dos usuários daltônicos, em que as interfaces são adaptadas com base nas limitações de cada tipo de daltonismo e nas suas preferências pessoais. Na abordagem proposta, todo o processo de adaptação é realizado com base na representação do conhecimento do domínio em ontologia que modela os tipos de daltonismo, as técnicas de adaptação de interfaces, os vários contextos de uso e

as preferências individuais de cada usuário. As principais contribuições desta dissertação são descritas a seguir.

**Estudo sobre preferências gerais de usuários daltônicos.** O experimento inicial com usuários daltônicos identificou as principais preferências “gerais” de usuários daltônicos ao acessarem diversos tipos de interfaces adaptadas com diferentes técnicas. Por meio da análise do resultado deste experimento definiram-se os fatores de satisfação e de agradabilidade para cada cenário presente nos diferentes casos que abrangem situações de uso variadas em que daltônicos enfrentam barreiras. Como resultado desses fatores, foram criadas ordens de aplicação de técnicas de adaptação de interfaces que podem contribuir tanto no processo de design de interfaces acessíveis quanto da definição de regras para construção de interfaces adaptativas.

**Ontologia sobre adaptação de interfaces para daltônicos:** A partir da análise da literatura sobre daltonismo e acessibilidade, juntamente com os resultados do experimento inicial, foi desenvolvida uma ontologia que representa o conhecimento sobre adaptação de interfaces para usuários com daltonismo (*OntColorBlind*). Além do conhecimento sobre daltonismo e adaptação de interfaces, a ontologia modela igualmente declarações que representam as preferências individuais de cada usuário em relação à adaptação. A *OntColorBlind* permite construir mecanismos computacionais para inferir técnicas de adaptação que devem ser aplicadas em um contexto específico para determinado usuário.

**Framework de adaptação de interfaces baseado em ontologias para usuários daltônicos.** O FAIBOUD foi desenvolvido com o objetivo de realizar a adaptação de interfaces *Web* ao incorporar e aplicar diversas técnicas de adaptação. Para a decisão de qual técnica é aplicada a determinado contexto, o *framework* realiza consultas na ontologia e as adaptações são feitas de acordo com o conhecimento geral sobre daltonismo, o contexto de uso e/ou com as preferências individuais de cada usuário. Foi apresentado o funcionamento do ponto de vista técnico da solução implementada incluindo a arquitetura definida, seus componentes e tecnologias empregadas.

**Algoritmo de similaridade de cores para daltônicos.** O ASCDalt é um algoritmo que realiza o cálculo de proximidade de cores considerando o daltonismo. Ele é aplicado entre as cores preferidas pelos usuários e as cores usadas pelas técnicas

disponíveis. O cálculo de similaridade é feito com base em diferentes valores de pesos de acordo com o tipo de daltonismo. Como resultado do ASCDalt, é definida a técnica de adaptação que mais se aproxima das cores escolhidas como preferidas para o usuário. O ASCDalt pode ser utilizado em conjunto com o FAIBOUD ou em qualquer outra situação que se faz necessário o cálculo de similaridade de cores para daltonismo.

**Estudo sobre a adaptação de interfaces de acordo com preferências.** O estudo é resultado da avaliação experimental da adaptação de interfaces utilizando o FAIBOUD, a *OntColorBlind* e o ASCDalt. A avaliação demonstrou empiricamente a efetividade da proposta. O experimento revelou que a adaptação foi considerada melhor em relação ao contexto original nos aspectos de identificação de informações, estética e geral. Este estudo também destaca aspectos gerais sobre pesquisas de acessibilidade de usuários daltônicos na Web, bem como desafios a serem superados em pesquisas futuras.

**Publicações científicas.** Como resultados desta dissertação, foram desenvolvidos dois artigos científicos para publicação em conferências internacionais (cf. Apêndice V). O primeiro artigo foi publicado na *19<sup>th</sup> International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2016)*, com o título “*Ontology-Based Adaptive Interfaces for Colorblind Users*” O segundo artigo obteve aprovação para publicação na *20<sup>th</sup> International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2017)* com o título “*Colors Similarity Computation for User Interface Adaptation*”.

## **7.2. Trabalhos Futuros**

Esta pesquisa apresentou soluções para a adaptação de interfaces que permitam uma melhor acessibilidade aos usuários daltônicos. Entretanto, por envolver diversos desafios científicos e tecnológicos para alcançar seus objetivos, devido à complexidade do tema, possui limitações que impedem uma solução definitiva para o problema.

Para uma maior flexibilidade na representação de contextos de acesso e de técnicas de adaptação na ontologia, é necessário investigar um mecanismo que execute a extração automática das cores originais de cada contexto. Então suas respectivas cores adaptadas para cada técnica e as cores originais sejam representadas automaticamente na ontologia. Para a realização do experimento descrito nesta dissertação, todo o processo de extração e representação das cores foi realizado manualmente, o que dificultaria a

escalabilidade da solução. Procedimentos (semi)automáticos de detecção e representação de contextos de uso também devem ser alvos de estudo nos próximos passos dessa pesquisa.

Para uma melhor aplicação das técnicas de adaptação em interfaces de páginas *Web*, é necessária a adaptação dos algoritmos de recoloração (C++ e Matlab) para linguagens de programação *Web* (e.g., PHP, Java) ou plataformas integradoras. Isso deve possibilitar a adaptação dos elementos desses contextos *Web* de forma mais prática. Para a realização do experimento final nesta dissertação foram armazenadas na ontologia as cores com base na execução simulada desses algoritmos em cada contexto. Mesmo para a adaptação de imagens, observa-se a necessidade de que os algoritmos sejam executados em uma linguagem *Web*, uma vez que para o experimento esses algoritmos foram executados via linha de comando pelo comando *exec* do PHP. Isso implicou em uma leve ineficiência de tempo na aplicação da técnica. Além dos aspectos técnicos de desenvolvimento e desempenho, pesquisas futuras preveem a investigação e construção de mecanismos que possibilitem a incorporação (semi)automática de novos algoritmos, de modo a determinar o melhor algoritmo a ser aplicado de acordo com suas características. Foi destacada igualmente a possibilidade de expandir esta pesquisa para produzir uma plataforma de adaptação de cores independente da deficiência e situação de uso. Tal plataforma deve ser capaz de considerar as características dos usuários (deficiente ou não), as preferências declaradas e suas experiências anteriores para inferir preferências, bem como considerar aspectos como: características dos dispositivos em uso (que possuem diferentes calibrações de cores), luminosidade do ambiente e localização. A plataforma deve ser utilizada para a adaptação de ambientes ubíquos, de maneira que seja possível integrar totalmente a relação tecnologia/máquina com os seres humanos, de forma que esta interação seja invisível e automática. Por fim, foi destacada a possibilidade de integrar a plataforma a sistemas denominados enativos, possibilitando, por exemplo, uma resposta adequada ao estado emocional do usuário, garantindo uma interação mais rica.

## Referências

- Abascal, J., Aizpurua, A., Cearreta, I., e Gamecho, B. 2011a. A modular approach to user interface adaptation for people with disabilities. *13th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*. pp. 01-11.
- Abascal, J., Aizpurua, A., Cearreta, I., Gamecho, B., Garay-Vitoria, N., e Miñón, R. 2011b. Automatically generating tailored accessible user interfaces for ubiquitous services. *13th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*. pp.187-194.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos: *ABNT NBR 9050*. Rio de Janeiro, 2004.
- Andrade, D. S. D. 2011. Web Semântica: Dificuldades e Desafios. *TEMA-Revista Eletrônica de Ciências (ISSN 2175-9553)*, pp. 11(16).
- Araújo, R.J., Dos Reis, J.C., Bonacin, R. Ontology-based adaptive interfaces for colorblind users. In: Antona, M., Stephanidis, C. (eds.) *Universal Access in Human-Computer Interaction. Methods, Techniques, and Best Practices. HCII 2016*. pp. 27{37. Springer International Publishing
- Bailey, J. D. 2010. *Color Vision Deficiency: A Concise Tutorial for Optometry and Ophthalmology*. Albuquerque, NM, USA: *Richmond Products Inc*, pp. 16 .
- Berners-Lee, Hendler e Lassila 2001. The semantic Web. *Scientific American*, v. 284, n.5, pp. 33-34.
- BRASIL. Lei n. 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências.
- Breitmam, Karin Koogan. 2005. *Web Semântica - A Internet do Futuro*. LTC, 2005. pp. 188 .
- Chen, Y., e Liu, L. 2014. The Knowledge Base Development for the Web Content Accessibility Guidelines. *International Journal of Intelligence Science*, v. 4 No. 1, 2014, pp. 29-37.

- Connell, B.R., Jones, M., Mace, R. et al. 1997. The Principles of Universal Design, Version 2.0. *The Center for Universal Design*, North Carolina State University. Available: [http://www.design.ncsu.edu/cud/about\\_ud/udprinciples.htm](http://www.design.ncsu.edu/cud/about_ud/udprinciples.htm). [Accessed 14 June 2015].
- Conforto, D., e Santarosa, L. M. C. 2002. Acessibilidade À Web : Internet Para Todos. *Revista de Informática Na Educação: Teoria, Prática*, 5, pp. 87–102.
- Fayzrakhmanov, R. R., Göbel, M. C., Holzinger, W., Krüpl, B., e Baumgartner, R. 2010. A unified ontology-based web page model for improving accessibility. *Proceedings of the 19th International Conference on World Wide Web - WWW '10*. New York, NY, USA. pp.1087-1088
- Findlater, L., e McGrenere, J. 2004. A comparison of static, adaptive, and adaptable menus. *Proc. of ACM CHI 2004*, 6(1), pp. 89–96.
- Flatla, D. R., e Gutwin, C. 2010. Individual models of color differentiation to improve interpretability of information visualization. *Proceedings of the 28th International Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '10*. Atlanta, Georgia, USA. pp.2563.
- Flatla, D. R., e Gutwin, C. 2011. Improving calibration time and accuracy for situation-specific models of color differentiation. *The Proceedings of the 13th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility – ASSETS*. Dundee, Scotland, UK. pp. 195-202.
- Flatla, D. R., e Gutwin, C. 2012a. 'So That's What You See!' Building Understanding with Personalized Simulations of Colour Vision Deficiency. *ASSETS '12: The proceedings of the 14th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, Boulder, Colorado, USA. pp.167–174.
- Flatla, D., e Gutwin, C. 2012b. SSMRecolor: improving recoloring tools with situation-specific models of color differentiation. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human .* Austin, Texas, USA. pp. 2297–2306.
- Flatla, D. R., e Gutwin, C. 2012c. Situation-Specific Models of Color Differentiation. *ACM Transactions on Accessible Computing*. New York, NY, USA. v.4(3). pp.1–44.

- Flatla, D. R. 2012. Accessibility for individuals with color vision deficiency. *Proceedings of the 24th annual ACM symposium adjunct on User interface software and technology (UIST '11 Adjunct)*. ACM, New York, NY, USA, pp.31-34.
- Flatla, D. 2013. SPRWeb: Preserving Subjective Responses to Website Colour Schemes through Automatic Recolouring. *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA. pp.2069–2078.
- Fortuna, F. 2010. Normas no desenvolvimento de ambientes Web inclusivos e flexíveis. *Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação)*. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil. 86 f.
- Germonprez, M., e Collopy, F. 2004. Designing Tailorable Technologies. *{SIGHCI} 2004 Proceedings*, pp. 55–59.
- Gibson, B. 2007. Enabling an accessible web 2.0. *W4A '07 Proceedings of the 2007 international cross-disciplinary conference on Web accessibility*. New York, NY, USA. pp.1-6.
- Gómez-Martínez, E., Gonzalez-Cabero, R., e Merseguer, J. 2014. Performance assessment of an architecture with adaptative interfaces for people with special needs. *Empirical Software Engineering*. Hingham, MA, USA. pp.1967-2018.
- Gruber, T. R.1993. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition - Special issue: Current issues in knowledge modeling*. London, UK. pp.199 – 220.
- Han, S. H., Hwan Yun, M., Kim, K. J., e Kwahk, J. 2000. Evaluation of product usability: Development and validation of usability dimensions and design elements based on empirical models. *International Journal of Industrial Ergonomics*. v26(4). pp 477-488.
- Hervás, R., e Bravo, J. 2011. Towards the ubiquitous visualization: Adaptive user-interfaces based on the Semantic Web. *Interacting with Computers*. New York, NY, USA. pp.40-56.
- Huang, J., Wu, S., e Chen, C. 2008. Enhancing color representation for the color vision impaired. *ECCV Workshop on Computer Vision Applications for the Visually Impaired*. Villeurbanne, France. pp.12.

- Huang, J.B., Chen, C.S., Jen, T.C., e Wang, S.J. 2009. Image recolorization for the colorblind. *2009 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. Ieee*. Taipei, Taiwan. pp. 1161 – 1164.
- Iaccarino, G., Malandrino, D., Percio, M. e Scarano, V. 2006a. Efficient edge-services for colorblind users. *Proceedings of the 15th International Conference on World Wide Web - WWW '06*. New York, New York, USA. pp. 919-920.
- Iaccarino, G., Malandrino, D., e Scarano, V. 2006b. Personalizable edge services for Web accessibility. *W4A '06 Proceedings of the 2006 international cross-disciplinary workshop on Web accessibility (W4A): Building the mobile web: rediscovering accessibility?*. New York, NY, USA. pp. 23–32.
- Jefferson, L., e Harvey, R. 2006. Accommodating color blind computer users. *Proceedings of the 8th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility - Assets '06*. New York, New York, USA. pp. 40 – 47.
- Jefferson, L., e Harvey, R. 2007. An interface to support color blind computer users. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '07*. New York, New York, USA. pp. 1535-1538.
- Jones, P., e Wixey, S. 2005. Measuring accessibility as experienced by different socially disadvantaged groups. *End of project summary report to the EPSRC*. London, UK.
- Kjaer, A., e Madsen, K. H. 1995. Participatory analysis of flexibility. *Communications of the ACM*. New York, NY, USA. pp. 53-60.
- Kuhn, G. R., Oliveira, M. M., e Fernandes, L. A. F. 2008. An efficient naturalness-preserving image-recoloring method for dichromats. In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. Los Alamitos, CA, USA. v. 14. pp. 1747–1754).
- Kuhn, G. R., e Oliveira, M. M. O. 2015. Recoloração de Imagens para Portadores de Deficiência na Percepção de Cores. *Image (Rochester, N.Y.)*, (June), pp.113–120.
- Kuhn, G. R. 2009. Image Recoloring for Color-Vision Deficients.. *Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação)*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. 74 f.

- Malandrino, D., Mazzoni, F., Riboni, D., Bettini, C., Colajanni, M., e Scarano, V. 2009. MIMOSA: context-aware adaptation for ubiquitous web access. *Personal and Ubiquitous Computing*. v. 14(4). pp.301–320.
- Machado, G. M., e Oliveira, M. M. 2010. Real-Time Temporal-Coherent Color Contrast Enhancement for Dichromats. *Computer Graphics Forum*. pp. 933-942
- Martini e Librelotto, G. 2012. Uma abordagem para a personalização automática de interfaces de usuário para dispositivos móveis em Ambientes Pervasivos. *SEMISH*. Curitiba, Brazil.
- Mereuta, A., Aupetit, S., Monmarché, N., e Slimane, M. 2013. Web Page Textual Color Contrast Compensation for CVD Users Using Optimization Methods. *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms in Operations Research*. v.13. pp.447–470.
- Morch, A.I. 1995. Three Levels of End-User Tailoring: Customization, Integration, and Extension. *Computers and design in context*. MIT Press. Cambridge, MA. pp. 51-76.
- Neiva, J. M. F. 2008. Sistema de Identificação da Cor Para Indivíduos Daltônicos: Aplicação aos Produtos de Vestuário. *Dissertação (Mestrado em Design e Marketing)*. Universidade de Minho, Portugal. 122 f.
- Neris, V. P. A. 2010. Estudo e proposta de um framework para o design de interfaces de usuário ajustáveis. *Tese (Doutorado em Ciência da Computação)*. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil. 132 f.
- Neris, V. P. A., Bonacin, R., e Fortuna, F. 2013. Aspectos de Flexibilidade em Sistemas Inclusivos. In: *Baranauskas, M. C. C., Martins, M. C. and Valente, J. A. Codesign de Redes Digitais: Tecnologia e Educação a serviço da inclusão social*. Porto Alegre RS Editora, 2013. pp. 120-138.
- Pinho, M, S. 2016. Computação Gráfica - Manipulação de Imagens. Disponível em:< <http://www.inf.pucrs.br/~pinho/CG/Aulas/Img/IMG.htm/>>. Acesso em: 28 de nov. 2016.
- Rasche, K., Geist, R., e Westall, J. 2005. Re-coloring images for gamuts of lower dimension. *Computer Graphics Forum*. Clemson, SC, USA. pp.423–432.
- Ribeiro, M. e Gomes, A. 2012. Recoloração de web conteúdos para daltonicos. *CIDAG 2012-Conferência Internacional em Design e Artes Gráficas*. Lisboa, Portugal. pp. 470-472.

- Ribeiro, M., e Gomes, A. 2013. Adaptação da cor da tipografia páginas web para pessoas com deficit na visão da cor. *Encontro de Tipografia*. Idanha-a-Velha, Portugal. pp.1–13.
- Rodriguez, A. Q. 2013. Usabilidade Web para usuarios daltónicos. *Universidad de San Martín de Porres*. Lima, Peru pp.15–16.
- Sherchan, W., Nepal, S., Bouguettaya, A., e Chen, S. 2012. Context-sensitive user interfaces for semantic services. *ACM Transactions on Internet Technology*. New York, NY, USA.
- Stallman, R. 1980. EMACS, the extensible, customizable, self-documenting display editor. *Proc ACM SIGPLAN SIGOA Symposium on Text Manipulation*. Portland, Oregon.
- Tanuwidjaja, E., Huynh, D., Koa, K., Nguyen, C., Shao, C., Torbett, P., Emmenegger, C. e Weibel, N. 2014. Chroma: A Wearable Augmented-Reality Solution for Color Blindness. *In To be presented in UBIComp 2014*. New York, NY, USA. pp.799–810.
- Troiano, L., Birtolo, C., e Miranda, M. 2008. Adapting palettes to color vision deficiencies by genetic algorithm. *Proceedings of the 10th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation - GECCO '08*. New York, New York, USA. pp. 1065-1072.
- Tzovaras, D. 2012. Accessibility Assessment Simulation Environment for New Applications Design and Developmen. Available: <http://www.accessible-eu.org>. [Accessed 04 November 2015].
- W3C 2012. OWL 2 Web Ontology Language Quick Reference Guide (Second Edition). Available: <http://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-quick-reference-20121211>. [Accessed 12 July 2015].
- W3C Brasil 2014. World Wide Web Consortium. Available: <http://www.w3.org/Translations/WCAG20-pt-PT>. [Accessed 12 July 2015].
- Wang, M., Liu, B. e Hua, X . 2009. Accessible image search for colorblindness. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*. New York, NY, USA. v.1 n.1, pp.1-26.

Wakita, K., e Shimamura, K. 2005. SmartColor: Disambiguation Framework for the Colorblind. *SIG ACCESS Conference on Assistive Technologies*. New York, NY, USA. pp.158–165.

Wilcoxon, Frank. 1945. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*. pp. 80–83. Zakraoui, J., e Zagler, W. 2010. An Ontology for representing Context in User Interaction for enhancing Web Accessibility for All. *LEAFA 2010 The First International Conference on e-Learning For All*. Hammamet, Tunisia. pp.3-5.

## **Anexo I — Teste de *Ishihara***

Modelo do teste disponível *online*:

<http://colorblind.ifsuldeminas.edu.br/anexos/Anexo%20I%20-%20Teste%20de%20Ishihara.pdf>

## **Apêndice I — Regras SWRL**

Regras SWRL utilizadas na ontologia disponível *online*:

<http://colorblind.ifsuldeminas.edu.br/apendices/Apendice%20%20I%20-%20Regras%20SWRL.pdf>

## **Apêndice II — Termo de Consentimento**

### CONSENTIMENTO DO PARTICIPANTE

Eu, abaixo referido concordo a participar voluntariamente do estudo: “Interfaces Adaptativas para Daltônicos com base em Ontologias”. Fui devidamente informado e esclarecido sobre a pesquisa e os procedimentos nela envolvidos. Estou ciente que todos os dados coletados serão confidenciais de forma a assegurar a sua privacidade. Os resultados divulgados em congressos ou revistas científicas serão apresentados de forma a não identificar-me. Todas as informações que serão produzidas a partir dos resultados dessa pesquisa visam exclusivamente evidenciar a realização da pesquisa em publicações científicas, não sendo necessário em momento nenhum a identificação de meu depoimento nesses objetos. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

## **Apêndice III — Formulário de Avaliação Preliminar**

Modelo do formulário disponível *online*:

<http://colorblind.ifsuldeminas.edu.br/apendices/Apendice%20III%20-%20Formulario%20de%20Avaliacao%20Preliminar.pdf>

## Apêndice IV — Formulário do Experimento Inicial

Modelo do formulário completo disponível online:

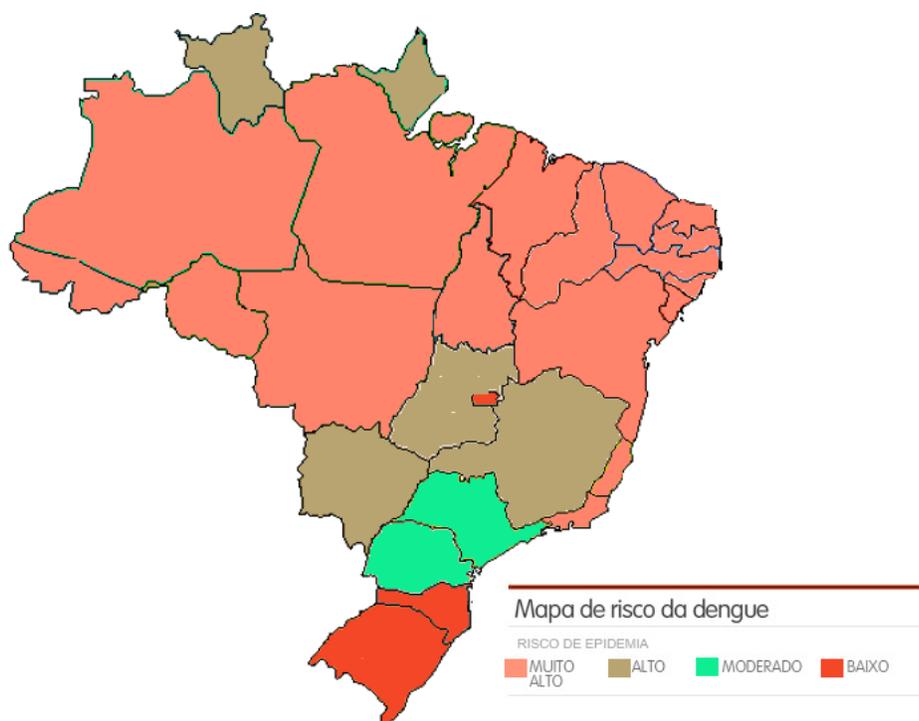
<http://colorblind.ifsuldeminas.edu.br/apendices/Apendice%20IV%20-%20Formulario%20do%20Experimento%20Inicial.pdf>

**Versão resumida contendo apenas o caso de Mapas:**

### IMAGENS - Mapas

Analise as 7 imagens abaixo, informando seu grau de satisfação na visualização das mesmas. Depois classifique essas 7 imagens de acordo com suas preferências, colocando no topo da coluna aquela que mais lhe agradou e na parte de baixo aquela menos agradável.

**Mapa 1**

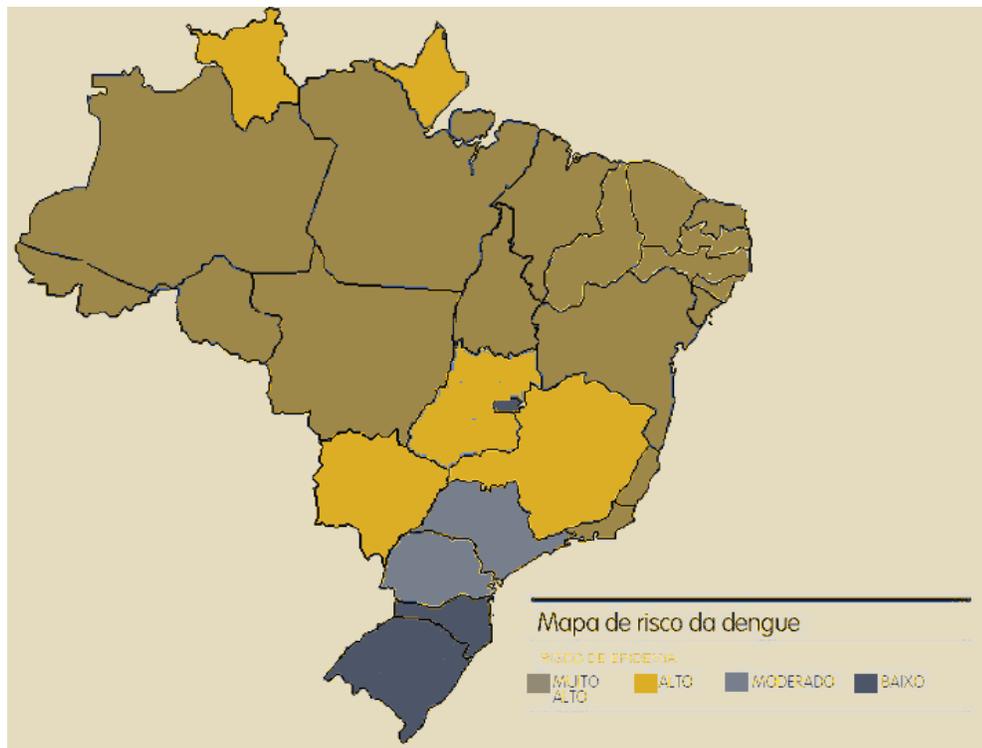


\*

Favor escolher apenas uma das opções a seguir:

- Muito satisfatória
- Satisfatória
- Indiferente
- Insatisfatória
- Muito insatisfatória

**Mapa 2**

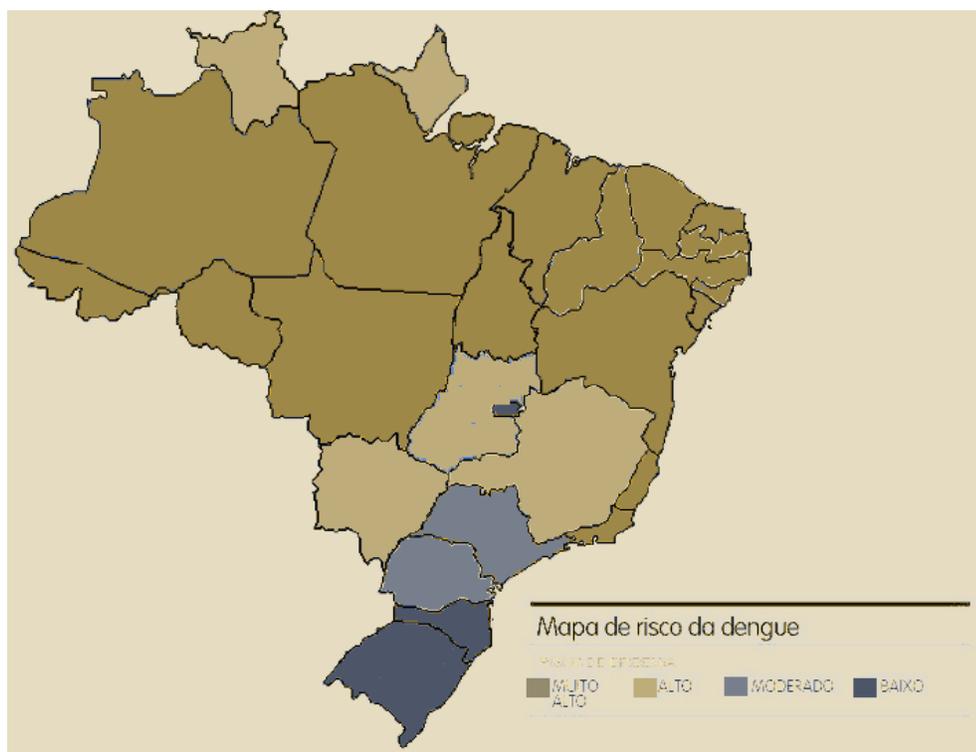


\*

Favor escolher apenas uma das opções a seguir:

- Muito satisfatória
- Satisfatória
- Indiferente
- Insatisfatória
- Muito insatisfatória

Mapa 3

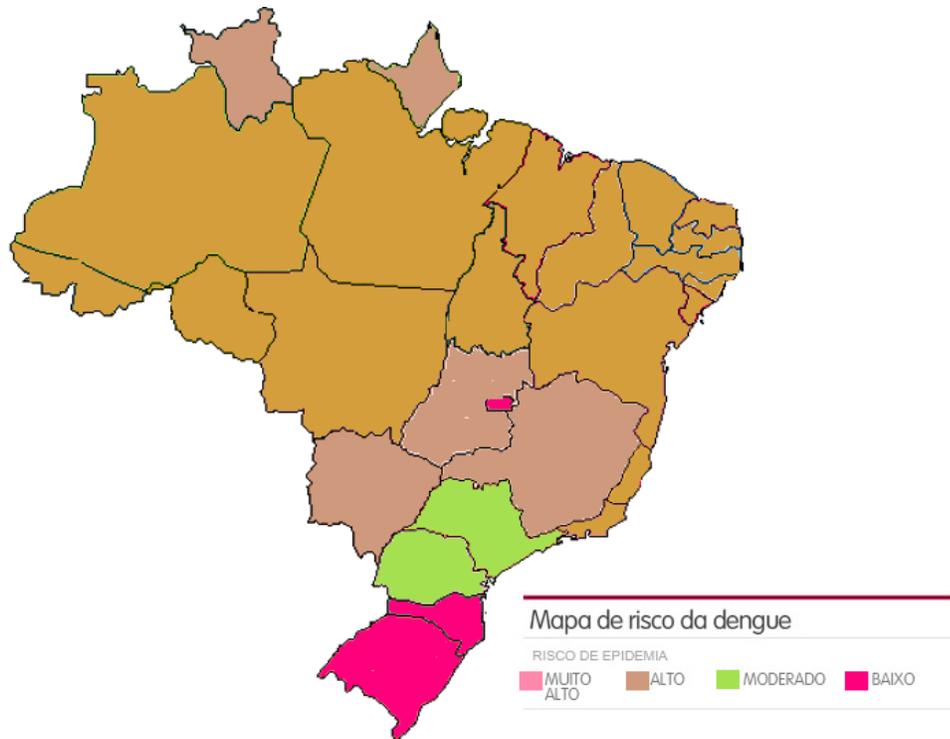


\*

Favor escolher apenas uma das opções a seguir:

- Muito satisfatória
- Satisfatória
- Indiferente
- Insatisfatória
- Muito insatisfatória

Mapa 4

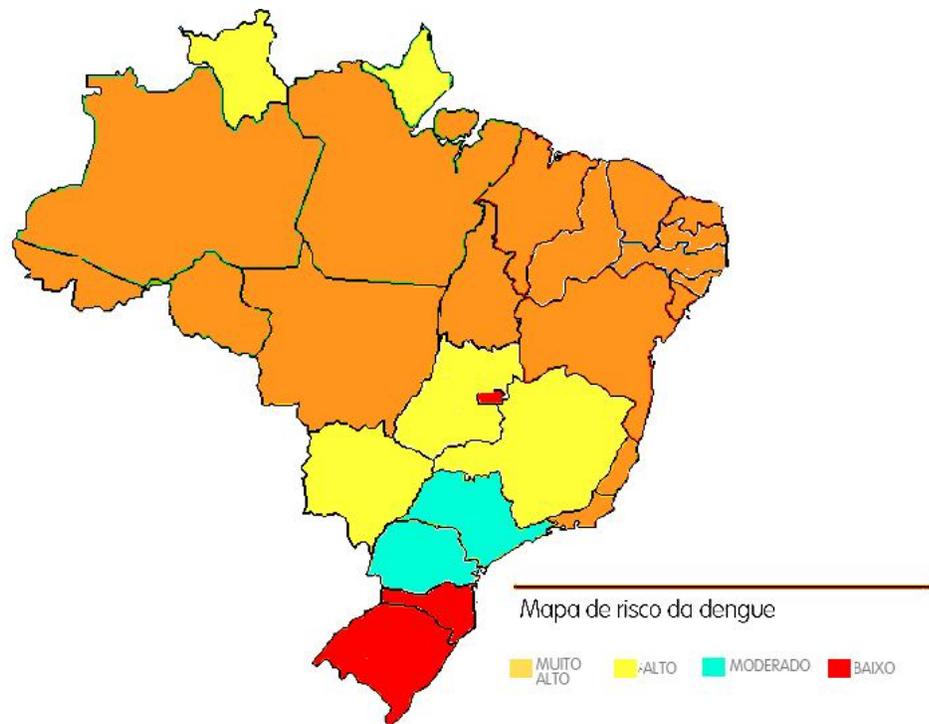


\*

Favor escolher apenas uma das opções a seguir:

- Muito satisfatória
- Satisfatória
- Indiferente
- Insatisfatória
- Muito insatisfatória

Mapa 5

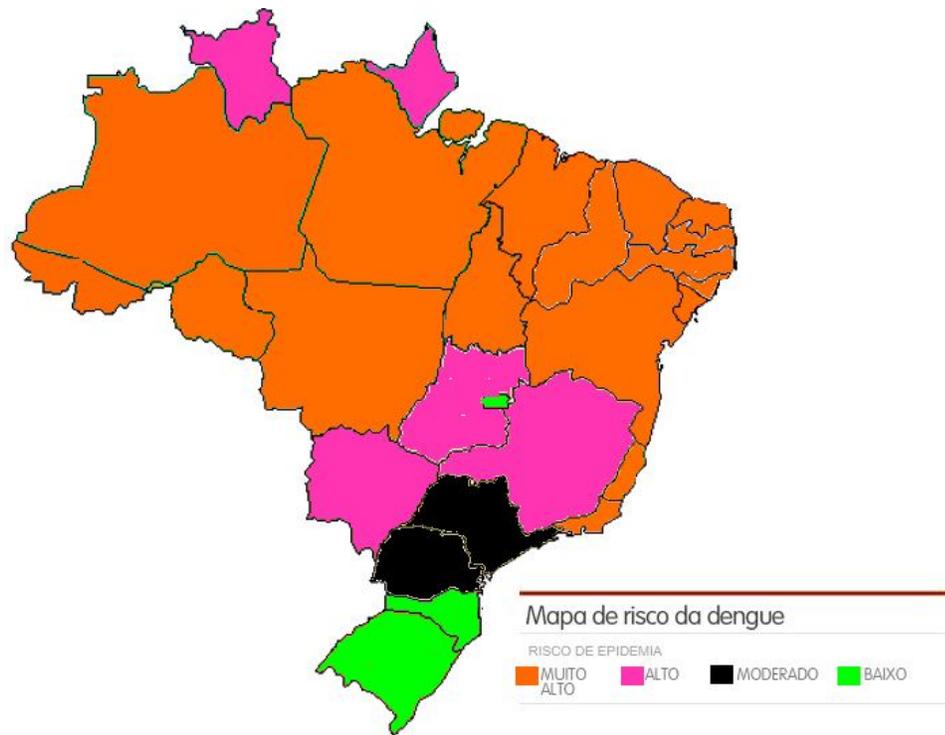


\*

Favor escolher apenas uma das opções a seguir:

- Muito satisfatória
- Satisfatória
- Indiferente
- Insatisfatória
- Muito insatisfatória

Mapa 6

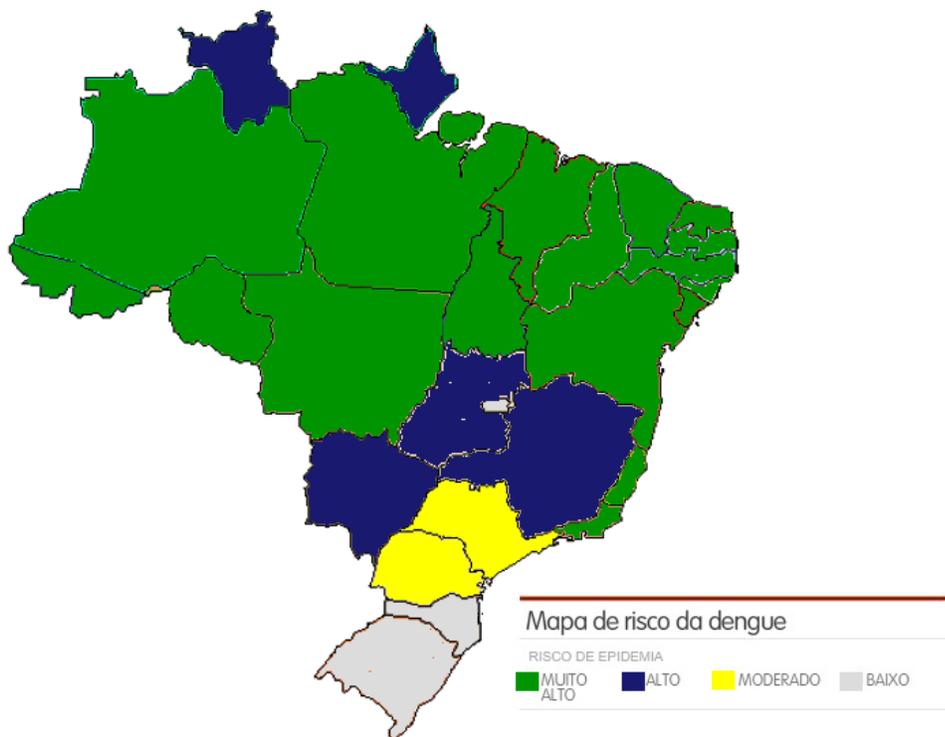


\*

Favor escolher apenas uma das opções a seguir:

- Muito satisfatória
- Satisfatória
- Indiferente
- Insatisfatória
- Muito insatisfatória

Mapa 7



\*

Favor escolher apenas uma das opções a seguir:

- Muito satisfatória
- Satisfatória
- Indiferente
- Insatisfatória
- Muito insatisfatória

**Selecione em ordem de preferência os nomes das imagens na coluna da esquerda e arraste para a coluna da direita. Organize de forma que quanto mais agradável a imagem, ela fique mais alta na coluna e quanto menos agradável, ela fique na parte de baixo da coluna. \***

Todas as respostas devem ser diferentes e classificadas em ordem.

Por favor, numere cada caixa por ordem de preferência, de 1 a 7

Mapa 1

Mapa 2

Mapa 3

Mapa 4

Mapa 5

Mapa 6

Mapa 7

**Quais os fatores foram importantes para que colocasse a imagem no topo da coluna na questão anterior? (Melhor imagem). \***

Por favor, coloque sua resposta aqui:

**Quais os fatores foram importantes para que colocasse a imagem no final da coluna na questão anterior? (Pior imagem). \***

Por favor, coloque sua resposta aqui:

## Apêndice V — Publicações

Até o momento da defesa, esta dissertação resultou na publicação de dois artigos científicos:

1. ARAUJO, R. J.; DOS REIS, J. C.; BONACIN, R. 2016. *Ontology-Based Adaptive Interfaces for Colorblind Users*. Anais da 18<sup>th</sup> International Conference on Human–Computer Interaction (HCI International 2016)<sup>58</sup>. Toronto, Canadá. pp. 27-37. DOI: 10.1007/978-3-319-40250-5\_3

**Abstract** — Nowadays, the utilization of colors is essential in the design of rich interactive interfaces. However, the widespread use of colors on the web affects the accessibility of colorblind users. Existing proposals in literature fail in not considering the various types of pathologies and individuals' needs and preferences. This article defines techniques for the development of adaptive interfaces that might facilitate the interaction of colorblind people with web systems. Our research explores the use of ontologies, as suitable artifacts for representing knowledge about types of colorblindness, recoloring algorithms, accessibility guidelines and users' preferences. We define a framework and software architecture that employs such ontology. Prototypes and scenarios illustrate the application of the framework. Obtained results allow determining and automatically applying the best recoloring techniques suited to adapting interfaces for colorblind users.

**Keywords:** Accessibility, Colorblind, Ontology, Adaptive interfaces

2. ARAUJO, R. J.; DOS REIS, J. C.; BONACIN, R. 2017. *Colors Similarity Computation for User Interface Adaptation*. Anais da 19<sup>th</sup> International Conference on Human–Computer Interaction (HCI International 2017)<sup>59</sup> [em processo de publicação]. Vancouver, Canadá.

**Abstract** — Color blind people face various difficulties interacting with web systems. Interface adaptation techniques designed to recoloring images and web interfaces may deal with several color blindness visualization issues. However, different situations, preferences and individual needs make complex choosing the most

---

<sup>58</sup> [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-40250-5\\_3](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-40250-5_3)

<sup>59</sup> <http://colorblind.ifsuldeminas.edu.br/apendices/Apendice%20V%20-%20Abstract%20Artigo%20HCI%202017.pdf>

*suitable recoloring technique. This article proposes an original algorithm to compute similarity between colors. We aim to support the decision process of select the most suitable adaptation technique according to the type of color blindness and interaction context. The algorithm ponders arguments for taking the users' preferences and limitations into account. Our experimental analysis implement various configurations by testing the weights in the color distance calculation according to the color blindness type. The obtained results reveal the advantages of considering the type of color blindness in the color similarity computation.*

**Keywords:** *Accessibility, Color blindness, Interface Adaptation, Color Similarity*