

Análise e otimização da avaliação de acessibilidade em páginas web através de confronto de comportamentos

Régis Diniz Carreiro

Orientadores:

Prof^{fa}. Dr^a Lucia Vilela Leite Filgueiras (Escola Politécnica - USP)

Prof. Dr. Marcelo Morandini (Escola de Artes, Ciências e Humanidades - USP)

1 de dezembro de 2010

Monografia apresentada ao Instituto de Matemática e Estatística para conclusão do
Bacharelado em Ciência da Computação

Área de concentração:
Interação Humano-Computador > Usabilidade > Acessibilidade Digital

*"Não sabendo que era impossível, foi lá e fez."
Jean Cocteau*

Resumo

Este trabalho objetiva discorrer sobre acessibilidade e tecnologias assistivas, principalmente no contexto da deficiência visual total. A partir disso, pretende-se observar o comportamento das pessoas com esse tipo de deficiência ao navegar pela web e verificar as principais dificuldades e problemas encontrados no processo. Escolhendo uma questão como foco - a avaliação de acessibilidade nas páginas da internet - espera também analisar as soluções já existentes para este problema e possibilitar, a partir dos estudos feitos, a proposição de um novo e melhor método de resolução.

Ao final, compara-se os resultados obtidos com os métodos usuais de avaliação com os observados a partir da ferramenta proposta, tendo como base as *Web Content Accessibility Guidelines* do W3C. Sugere-se ainda um modo de corroborar os resultados encontrados - através do uso do CheckProj - para que se prove de fato a validade dos mesmos e a eficácia da solução desenvolvida.

Sumário

1	Introdução	6
1.1	Acessibilidade e deficiências	6
1.1.1	Tipos de deficiências	6
1.1.2	Tecnologias assistivas	6
1.2	Motivação	7
1.3	Objetivo	8
1.4	Metodologia	8
2	Acessibilidade na Web	10
2.1	Leitores de Tela	10
2.2	Recomendações e avaliações de acessibilidade	13
2.2.1	WCAG - Web Content Accessibility Guidelines	13
2.2.2	Avaliações de acessibilidade	13
2.2.3	Avaliação remota automática de código	14
2.2.4	Testes de Usabilidade	15
2.2.5	Os problemas desses métodos de avaliação	16
3	Modelo de Confronto de Comportamentos	18
3.1	Uma nova abordagem	18
3.2	Metodologia	18
4	Um Software para o Modelo	20
4.1	O que é?	20
4.2	Como funciona?	20
4.3	Tecnologias Empregadas	20
4.4	WCAG e Comparações com as outras ferramentas	21
4.5	Provando resultados - O CheckProj	23
5	Conclusões e Resultados	25
5.1	Resultados	25
5.2	Trabalhos futuros	25
6	Referências Bibliográficas	27
7	Parte Subjetiva	28
7.1	Desafios e frustrações	28
7.2	Disciplinas relevantes	28
7.3	Agradecimentos	29

1 Introdução

1.1 Acessibilidade e deficiências

"Acessibilidade é um termo genérico usado para descrever o grau em que um produto, dispositivo ou ambiente é acessível ao máximo número possível de pessoas. A acessibilidade pode ser vista como a *capacidade de acessar* de um indivíduo e deste, a partir daí, se beneficiar de algum sistema; é frequentemente focada em pessoas com deficiências e o direito destas ao acesso às entidades, este usualmente feito por meio de tecnologias assistivas."¹

A construção de sistemas únicos que sejam acessíveis a todos já é uma tendência mundial, embora só muito recentemente este tipo de projeto esteja de fato ganhando espaço de implementação no Brasil. Deve ser possível a todas as pessoas ter acesso às mesmas informações e serviços fazendo uso de uma mesma entidade. Além de modelos completamente inacessíveis, que evidentemente se tornaram inaceitáveis, a elaboração de dois modelos diferentes, um para pessoas com e outro para pessoas sem deficiência, também já é pouquíssimo aceita e recomendada, tanto por elevar os custos de projeto tanto por acabar causando um efeito de segregação. Objetiva-se, por meio do *design universal* - que, de modo simplório, pode ser entendido como a criação de uma ferramenta com a preocupação de que o usufruto da mesma seja possível a todas as pessoas, com ou sem deficiência, de modo que nenhuma destas tenha de fazer uso de tecnologias externas ao sistema -, a construção de plataformas únicas e plenamente acessíveis, que não separem ou excluam indivíduos.

1.1.1 Tipos de deficiências

Para promover o acesso pleno de todas as pessoas com deficiência a qualquer tipo de sistema, seja físico ou digital, é preciso conhecer as peculiaridades de cada uma delas. Um ponto determinante entre essas peculiaridades é, claramente, o tipo de deficiência; são vários, que basicamente podemos resumir como segue:

População do Brasil por tipo de deficiência - 2000	
Tipo de deficiência	População residente
Mental	2.844.937
Física	1.416.060
Visual	16.644.842
Auditiva	5.735.099
Motora	7.939.784
Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000	

Além de percebermos, através dos números, que a questão não é mínima - no censo de 2000, 14,5% do total da população brasileira (cerca de 24,6 milhões de pessoas) declarou possuir alguma deficiência -, se pensarmos que para possibilitar o acesso universal teremos de considerar, além da variação do tipo de deficiência de cada um destes indivíduos, suas demais características e ainda o contexto em que estão inseridos, não é de estranhar que este tipo de promoção se torne deveras complexo.

1.1.2 Tecnologias assistivas

"*Tecnologia assistiva* (TA) é um termo que engloba dispositivos assistivos, adaptativos e readaptativos para pessoas com deficiência e também inclui o processo de selecioná-los, localizá-

¹Wikipedia, Definition of Accessibility - <http://en.wikipedia.org/wiki/Accessibility> (2010).

los e utilizá-los. As tecnologias assistivas promovem uma enorme independência por possibilitar a pessoas realizarem tarefas (ao proporcionar adequações ou mudanças nos métodos de interação com as tecnologias necessárias para realização destas) que elas normalmente não conseguiriam ou teriam grande dificuldade em executar."² Muletas, cadeira de rodas, bengala, óculos etc., são apenas alguns exemplos de tecnologias assistivas.

Infelizmente, na elaboração de alguns dispositivos sem o emprego do *design universal*, se fará certamente necessária a utilização de alguma tecnologia assistiva para acesso a estes pelas pessoas com deficiência. O tipo de tecnologia assistiva utilizada varia conforme o caso. Pessoas em diferentes situações, com diferentes peculiaridades e com diferentes deficiências certamente vão lançar mão de diferentes assistências. Evidentemente, uma pessoa com deficiência física que deseja acessar uma página na internet precisará utilizar dispositivos diferentes dos que necessitaria se objetivasse, por exemplo, acessar um outro piso de um edifício. Ainda neste caso, as soluções utilizadas por uma pessoa com tetraplegia (perda total das funções motoras dos membros inferiores e superiores) e por uma com monoplegia (perda total das funções motoras de um só membro, inferior ou superior) seriam provavelmente diferentes.

Do exposto fica bastante claro o quão vasto é o campo das tecnologias assistivas, dada sua provável variação para cada pessoa, deficiência e situação. Por uma questão de escopo, neste trabalho iremos tratar de uma deficiência e contexto bastante específicos: o acesso a páginas web por pessoas com deficiência visual total.

1.2 Motivação

Meu contato com acessibilidade iniciou-se no começo de 2009, quando fui convidado por Lucy Gruenwald - bacharel em Ciência da Computação pelo Instituto de Matemática e Estatística - a integrar a equipe de desenvolvimento do *SIVC - Sistema Integrado de Vagas e Currículos*³, um projeto patrocinado pelo *Selur - Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana* e apoiado pelo *Ministério do Trabalho e Emprego*, que basicamente consiste de um site, voltado exclusivamente às pessoas com deficiência, em que as empresas anunciam suas vagas e os candidatos seus currículos, de modo que o encontro das duas partes interessadas em um processo de contratação é facilitado. Era preciso que o site fosse completamente acessível, dada a motivação e objetivos da construção do mesmo. Com todos os estudos e testes que tivemos de fazer para entender como deve ser uma plataforma online para que seja de fato acessível, faz-se quase que desnecessário dizer o quanto aprendi sobre acessibilidade nesse período.

No final daquele ano, mais interessado pelo assunto - ainda para mim relativamente novo e muito importante - fui aos Estados Unidos participar da *12ª Accessing Higher Ground - Conferência em Mídia, Web e Tecnologias acessíveis*⁴, ocasião em que tive a oportunidade de aprender consideravelmente mais sobre a acessibilidade digital, além de conhecer e conversar com grandes desenvolvedores de tecnologias assistivas e personalidades da área.

No início do ano corrente iniciei, ainda com Lucy Gruenwald e também com a Prof^a. Dr^a. Lucia Filgueiras, uma das orientadoras deste trabalho, o projeto de acessibilização dos cursos do *PECE - Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*⁵. O objetivo do projeto era tornar todas as instalações onde as disciplinas do programa eram ministradas, site e materiais utilizados em seus cursos acessíveis. Nessa época, o contato

²Wikipedia, Definition of Assistive Technology - http://en.wikipedia.org/wiki/Assistive_technology (2010).

³SIVC - Sistema Integrado de Vagas e Currículos - <http://www.selursocial.org.br/>

⁴Accessing Higher Ground 2009 - <http://www.colorado.edu/ATconference/about2009.html>

⁵Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - <http://www.pecepoli.org.br/PT/>

intenso com a área de acessibilidade, a clara falta de pessoas interessadas e profissionais capacitados no ramo e a emocionante e intrigante experiência de verificar o quão é frustrante, por muitas vezes, para as pessoas com deficiência (muitas das quais tive o prazer de conhecer de perto), terem seus direitos cerceados e seu acesso aos sistemas restringidos, motivou-me imensamente, como desenvolvedor, a procurar fazer um trabalho de conclusão de curso que pudesse, de alguma forma, evidenciar o problema da marginalização das pessoas com deficiência e, principalmente, ajudá-las de algum modo. A partir dessa definição e com o apoio da Prof^a. Dr^a. Lucia Filgueiras e do Prof. Dr. Marcelo Morandini como meus orientadores, foi que decidimos, então, iniciar este trabalho.

1.3 Objetivo

Como já dito, por uma questão de foco o trabalho se restringe a pessoas com deficiência visual total no contexto do acesso a páginas de internet pelas mesmas. A ideia deste trabalho é que estudemos como as pessoas totalmente cegas fazem, hoje, uso da internet, quais são as principais dificuldades encontradas por elas e a proposição de uma forma de ajudá-las nesse processo. Decidiu-se concentrar o estudo na avaliação de acessibilidade de um website, visto que a falta de páginas completamente acessíveis - infelizmente estas são raras - é hoje certamente o maior impedidor de que uma pessoa com deficiência visual navegue tranquilamente pela web.

Dessa maneira, estudar as formas utilizadas atualmente para medir a acessibilidade de um website e a proposição de uma possível solução (*software*) que torne mais eficiente a avaliação de quão acessíveis são as plataformas online, evidenciando seus problemas e tornando mais fácil, portanto, a resolução destes, constituem também a meta deste trabalho. O objetivo maior é, certamente, fazer a web, como um todo, mais acessível.

1.4 Metodologia

Para que pudéssemos alcançar o objetivo definido, traçamos basicamente as seguintes etapas constituintes da realização do trabalho:

- **Definição do escopo de estudo**

Consiste da definição da área de concentração: interação humano-computador, usabilidade e acessibilidade digital, e de que tema exatamente dentro da Acessibilidade Digital é abordado.

- **Análise de como as pessoas com deficiência visual total fazem uso da internet e quais as principais dificuldades que estas encontram**

Depois de definido o tema, fazer uma análise do contexto deste para identificação de possíveis problemas existentes

- **Definição do problema a ser tratado - avaliação de acessibilidade das páginas web**

Definição precisa de qual problema será objeto de estudo do trabalho.

- **Análise das soluções atuais**

Busca e estudo dos modos já existentes de resolver o problema encontrado, além de análise detalhada dos mesmos.

- **Proposição de uma possível melhor solução para avaliação**

Depois de entendidas as soluções atuais, averiguação e proposição, se viável, de uma solução considerada melhor que as existentes.

- **Discussão de resultados**

Comparações entre as soluções existentes e a nova proposta, além da análise das diferenças entre elas.

- **Averiguação da validade dos resultados**

Discussão sobre a comprovação e veracidade dos resultados obtidos.

- **Conclusões**

Exposição do que se pode concluir de todo o trabalho e estudos realizados.

- **Futuro da solução**

Possível discussão de implementações futuras e melhorias do que foi desenvolvido no projeto.

2 Acessibilidade na Web

Do conceito mais amplo e já visto de *acessibilidade* podemos extrair um mais específico, o de *acessibilidade na web*, que pode ser definida como "a prática inclusiva de fazer com que os websites sejam utilizáveis por todas as pessoas, com ou sem deficiências. Quando os sites são corretamente projetados, desenvolvidos e editados, todos os usuários podem ter igual acesso às informações e funcionalidades"⁶

Assim como para prover a plena acessibilidade física, prover a acessibilidade na web envolve diretamente a preocupação com todos os tipos de deficiência. Neste trabalho, entretanto, como já dito, trataremos apenas de aspectos relativos à acessibilidade para deficientes visuais.

2.1 Leitores de Tela

Uma pessoa completamente cega não faz uso do mouse nem de dispositivos de exibição. Para que seja possível aos cegos entender as informações de uma página web, é normalmente utilizado um *leitor de tela* - um software que interpreta o código fonte das páginas, parseando-o e sintetizando a informação em texto para informação em voz. Em geral, os *leitores de tela* proveem uma quantidade razoável de recursos para que o internauta possa confortavelmente navegar pelo site. A maioria desses softwares hoje já se sofisticou o suficiente para conseguir oferecer facilidades como visualização exclusiva dos *links* da página e navegação por *headers*.

Há uma considerável quantidade de *leitores de tela* disponíveis atualmente. Alguns bastante conhecidos são:

- **JAWS (Freedom Scientific)** - Software proprietário para Windows, é utilizado pela grande maioria das pessoas com deficiência visual.
<http://www.freedomscientific.com/products/fs/jaws-product-page.asp>
- **Window Eyes (GW Micro)** - Outro leitor de tela proprietário para Windows.
<http://www.gwmicro.com/Window-Eyes/>
- **VoiceOver (Apple)** - Leitor de tela para Macintosh. Vem junto com o Mac OS X v10.6 Snow Leopard.
<http://www.apple.com/accessibility/voiceover/>
- **NVDA (NV Access)** - Leitor de tela gratuito e *open source*, para Windows.
<http://www.nvda-project.org/>
- **Virtual Vision (MicroPower)** - Leitor de tela brasileiro, proprietário e para Windows.
<http://www.virtualvision.com.br/virtual.html>
- **Orca (The Gnome Project)** - Leitor de tela gratuito e *open source*, para Linux.
<http://live.gnome.org/Orca>

Os *leitores de tela* são certamente uma tecnologia assistiva formidável. Sem eles seria impossível a milhares de cegos em todo mundo utilizar o computador. Entretanto, infelizmente, o uso de um *leitor de tela* por si só não garante que uma pessoa com deficiência visual vai ser inteiramente capaz de acessar o conteúdo de um website. Esse software tem limitações e não consegue ler nada além do código fonte da página. Portanto, informações presentes em imagens

⁶Wikipedia, Definition of Web accessibility - http://en.wikipedia.org/wiki/Web_accessibility (2010).

sem texto alternativo (*alt*), que dependam exclusivamente da organização dos elementos na página (*layout*) ou que exijam a leitura de uma tabela de modo diferente do que linha a linha, são apenas alguns exemplos de conteúdos que serão perdidos, ou seja, são inacessíveis a estas pessoas. Abaixo segue um gráfico com os problemas mais comuns encontrados por deficientes visuais ao acessar páginas web com leitores de tela:

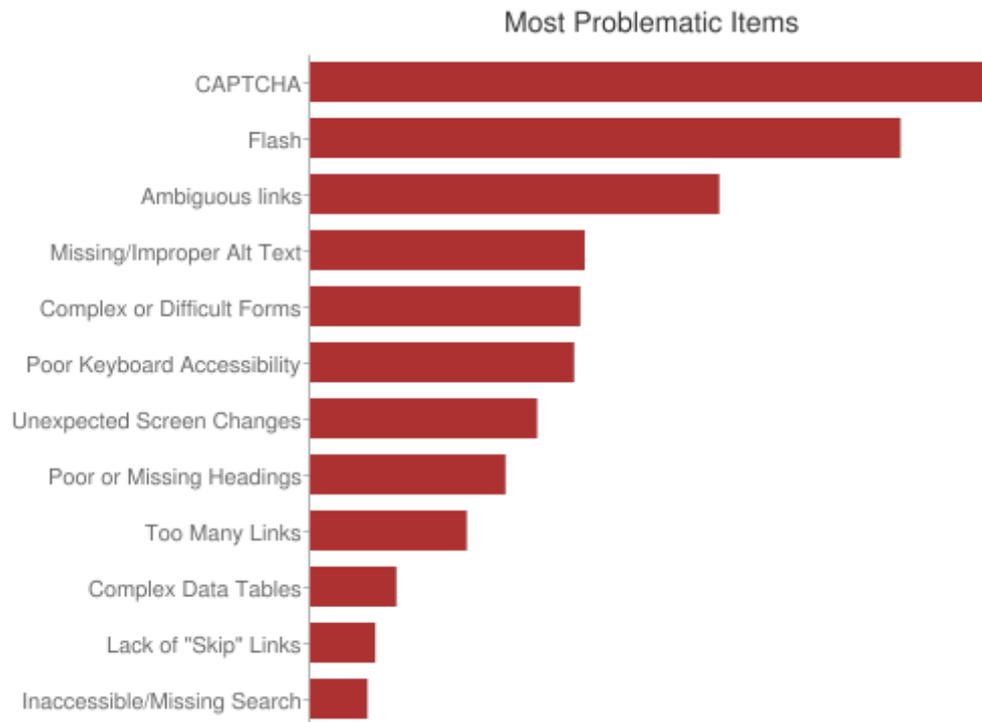


Figura 1: Problemas mais comuns encontrados por deficientes visuais ao acessar páginas web com leitores de tela. Fonte: Web Accessibility in Mind - WebAIM.org

Para esclarecer os conceitos, vamos discutir abaixo os problemas ponto a ponto:

- **CAPTCHA (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart)** - São as imagens com códigos que em geral os sites pedem para que sejam digitados para verificar se de fato é uma pessoa e não um *script* que está acessando determinado serviço. Como a informação é estritamente visual, costuma ser completamente inacessível. Já existem hoje versões de *CAPTCHA* com alternativa de áudio, por exemplo, mas infelizmente essas ainda não são maioria.
- **Flash** - O leitor de tela, ao ler apenas o código *HTML*, não consegue identificar nada acerca do conteúdo de um elemento *flash*. Em geral, quando se faz uso de tal elemento, no código aparece apenas a instrução de inclusão do mesmo. Sites feitos totalmente em *flash* são completamente inacessíveis.
- **Links/botões mal-estruturados** - São links e botões que não possuem informação textual clara associada e geralmente estão em um contexto cujo entendimento depende de informações visuais, confundindo a pessoa cega.
- **Texto alternativo (*alt*) faltando ou inadequado** - Quando há uma imagem no website, o responsável pelo conteúdo do mesmo deve sempre fornecer um texto alternativo.

Em geral, a falta desse texto ou sua inadequação - por exemplo, fornecer "instruções" como texto alternativo para uma figura com as instruções ilustradas passo-a-passo para realização de um determinado processo - tornam a informação completamente inacessível à pessoa com deficiência visual.

- **Formulários difíceis e/ou complexos** - Geralmente as pessoas cegas têm bastantes problemas com formulários. Dificuldades em entender os campos de *input* em que os *labels* não foram associados corretamente e, usualmente, a impossibilidade de ler as mensagens de erro ou identificar campos obrigatórios, fazem com que este usuário acabe, por vezes, a nunca conseguir submeter a informação que deseja.
- **Acessibilidade via teclado insuficiente** - Vídeos e/ou áudios que não podem ter a execução acionada via teclado e elementos da página que dependem exclusivamente de ações via *mouse* são exemplos de informações que também se tornam completamente inacessíveis.
- **Mudanças inesperadas de tela** - Depois de um tempo na página a pessoa com deficiência visual total acaba se acostumando ao *layout* da mesma, o que facilita a navegação. Mudanças inesperadas por solitação assíncrona ao servidor (*ajax*) ou mesmo por acionar links que levam o usuário a lugares completamente diferentes (páginas externas, arquivos .pdf etc.) sem avisá-lo costumam confundir enormemente a pessoa cega.
- **Headings ausentes ou mal-estruturados** - A presença dos *headers* - h1, h2, h3 etc. - facilita muito a navegação pelo site pela pessoa com deficiência visual, pois ela pode usar recursos dos *leitores de tela* para se orientar através dessas marcações. Infelizmente, poucos sites têm *headings* estruturados adequadamente.
- **Muitos links** - Usualmente a pessoa cega navega por *tabs*. A presença de uma quantidade muito grande de *links* faz com que esse processo se complique, dada a grande quantidade de informações e o tempo que ela demorará para percorrê-los todos.
- **Tabelas complicadas** - A leitura da tabela pelo leitor de tela se dá sempre na forma linha a linha. Tabelas muito grandes ou que dependam de uma visualização diferente desta para serem entendidas acabam ficando incompreensíveis, logo inacessíveis.
- **Falta de skip links** - Os *skip links* são muito utilizados pelas pessoas com deficiência visual total para passarem direto ao próximo elemento da página sem ter de percorrer todos os elementos anteriores por *tab*. O mais conhecido, em geral colocado bem no início da página, é o *skip to content*, que proporciona ao usuário a facilidade de ir já para o conteúdo daquela página, sem ter de passar por menus, campos de busca etc. A falta desses links dificulta bastante a navegação da pessoa cega.
- **Busca inacessível ou inexistente** - A função de busca é muito útil para os deficientes visuais totais, pois possibilita que estes acessem diretamente a informação que desejam. A falta dessa funcionalidade ou muitas vezes o fato da mesma ser inacessível - se trata de um mini-formulário; e já tratamos aqui deste elemento - também contribui para a inacessibilidade da página. Podemos acrescentar como problemática também a apresentação dos resultados da busca, mesmo que esta seja acessível. A desorganização dos resultados prejudica mais a pessoa cega do que a capaz de enxergar, que faz uma rápida inspeção nos resumos de conteúdo, enquanto a pessoa com deficiência visual tem de ler tudo para escolher a opção mais adequada. Há critérios de organização de resultados de busca que nem sempre são respeitados.

2.2 Recomendações e avaliações de acessibilidade

Da seção 2.1 é possível que concluamos que muito de quão acessível é uma determinada página da web é reflexo de um bom desenvolvimento da mesma pelo programador, que deve se preocupar com alguns aspectos-chave para que a página possa ser realmente vista pelo maior número possível de pessoas. É importante que o desenvolvedor tenha claro em mente o conceito de *design universal* no momento de construir uma *webpage*.

É facilmente inferível, a partir do exposto, que a existência de um padrão internacional que sirva como referência para a elaboração de sites acessíveis seria muito bem-vinda, pois constituiria uma base em que os desenvolvedores poderiam se pautar durante a criação de suas aplicações. Dessa forma, com o objetivo de listar os principais aspectos para os quais um desenvolvedor web deve atentar na construção de uma página realmente acessível, o *W3C (World Wide Web Consortium)*⁷ divulgou a *WCAG 2.0 (Web Content Accessibility Guidelines)*⁸, que basicamente consiste em uma lista de recomendações para que se verifique a acessibilidade completa do conteúdo dos websites.

2.2.1 WCAG - Web Content Accessibility Guidelines

A WCAG 2.0, lançada em 11 de dezembro de 2008 como sucessora da 1.0, de 5 de maio de 1999, envolve uma grande quantidade de recomendações que objetiva tornar a web acessível para qualquer pessoa com deficiência(s), seja(m) esta(s) qual(is) for(em). As *guidelines* foram pensadas para abranger cegueira, baixa visão, surdez, perda da audição, deficiências de aprendizado, limitações cognitivas, movimentação limitada, deficiências da fala, fotosensibilidade e mesmo combinações dessas. O documento foi revisado por membros do W3C, desenvolvedores de software e outros grupos do W3C e partes interessadas e tem como objetivo maior aumentar a funcionalidade e interoperacionalidade da Web.

No começo da próxima página segue uma imagem ilustrativa das *guidelines*, que discutiremos ponto a ponto mais adiante.

2.2.2 Avaliações de acessibilidade

Embora existam as recomendações de acessibilidade do *W3C (WCAG)*, como fazer para verificar se de fato estas foram seguidas pelos desenvolvedores? Após a construção da página é preciso fazer uma análise da mesma para certificação de que o uso pleno de suas funcionalidades e a extração de toda informação ali existente é possível à pessoa com deficiência. A avaliação da qualidade da interação homem-computador, ou usabilidade, pode ser realizada por uma série de métodos descritos na norma *ISO 13407 - Human-centred design processes for interactive systems*. Entre esses métodos, existem duas categorias: métodos de inspeção (*expert evaluation*), nos quais um avaliador especialista procura por situações de violação de regras ou "melhores práticas" de projeto e métodos de teste com usuários (*user-based evaluation*) nos quais é o desempenho do usuário que indica as situações que demandam ajustes na interação. Em geral as avaliações de usabilidade costumam empregar um método de cada categoria, por produzirem resultados diferentes e complementares.

No caso da avaliação de acessibilidade, o método mais usado é um método de inspeção, a *avaliação remota automática de código*. Os *testes clássicos de usabilidade*, realizados com

⁷The World Wide Web Consortium (W3C) é uma comunidade internacional em que organizações-membro, uma equipe *full-time* e o público trabalham juntos para desenvolver padrões para a Web. Liderado pelo inventor da Web Tim Berners-Lee e pelo CEO Jeffrey Jaffe, a missão do W3C é conduzir a Web a seu total potencial. - <http://www.w3.org/Consortium/>

⁸Web Content Accessibility Guidelines, 11 de Dezembro de 2008 - <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>

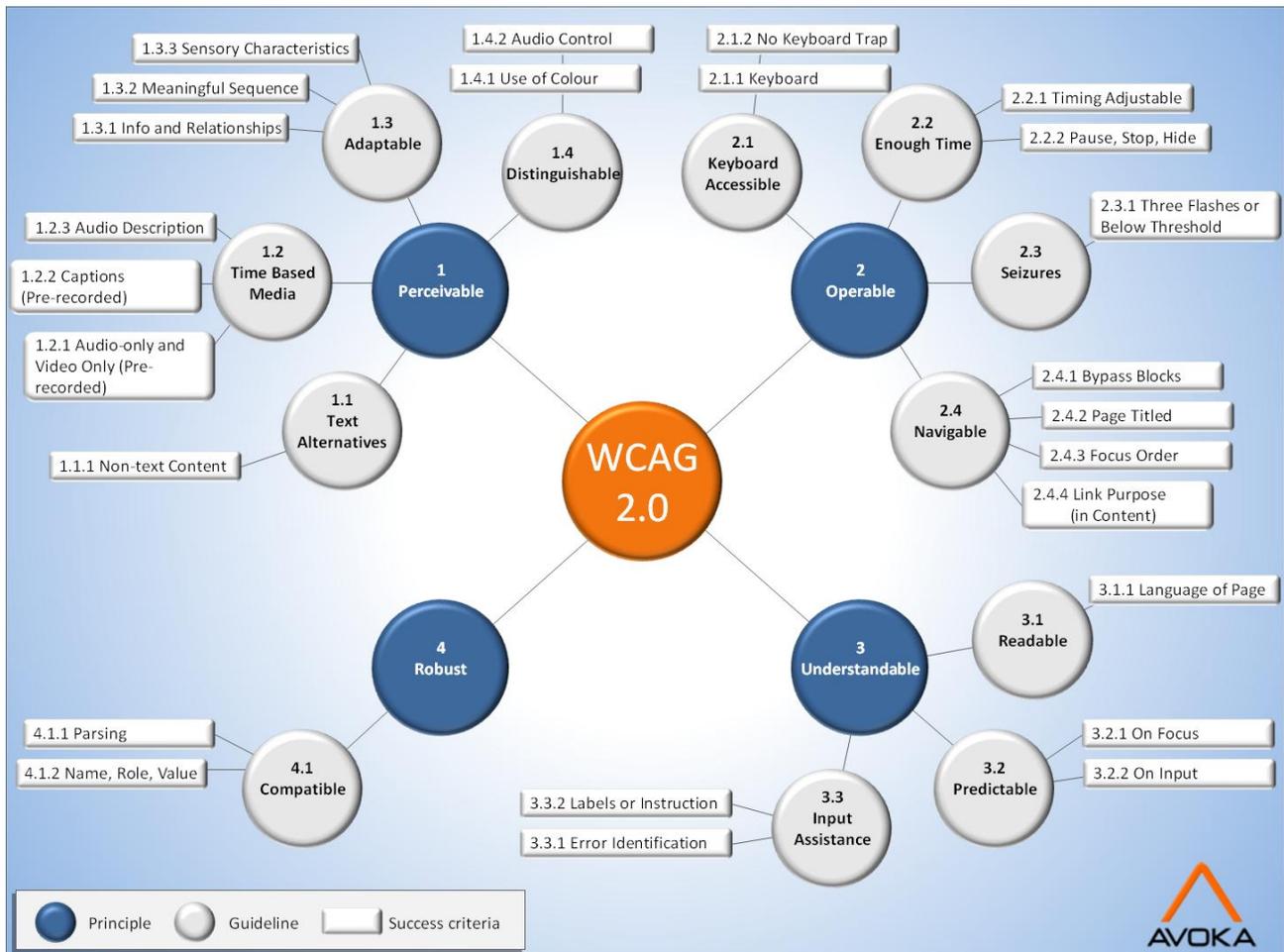


Figura 2: Ilustração das Web Content Accessibility Guidelines 2.0. Fonte: <http://www.avoka.com/blog/>

usuários com deficiência, são eventualmente usados como complemento. Discutiremos ambos os métodos, em maior detalhe, a seguir.

2.2.3 Avaliação remota automática de código

Esse tipo de avaliação consiste da verificação do código-fonte (*HTML*) da aplicação e das propriedades deste para que se possa ter certeza de que nenhuma das normas de acessibilidade (WCAG) é violada. A ferramenta checa uma série de aspectos, tais como:

- Se foi atribuído texto alternativo (*alt*) para toda imagem presente;
- Se os *headings* do documento foram utilizados de modo correto;
- Se todo elemento do formulário possui um *label*;
- Se há presença de javascript na página, entre muitos outros...

Atualmente existem na internet uma série de ferramentas que fazem esse trabalho de avaliação e oferecem, posteriormente, um relatório indicando os principais problemas encontrados. Alguns desses avaliadores são:

- *WAVE - Web Accessibility Evaluation Tool*: Ferramenta gratuita para avaliação de acessibilidade através de checagem remota de código - <http://wave.webaim.org/>. Foi desenvolvida pelo bastante conhecido WebAIM⁹
- *CynthiaSays*: Também é uma conhecida ferramenta para checagem de acessibilidade por verificação de código - <http://www.cynthiasays.com/>. Desenvolvido pela HiSoftware¹⁰.
- *DaSilva*: Primeiro avaliador do tipo em português - <http://www.dasilva.org.br/>. Desenvolvido pela Acessibilidade Brasil¹¹.

Abaixo, para melhor entendimento de como é o resultado de uma avaliação desse tipo, temos a ilustração de uma realizada pelo supracitado *DaSilva*:

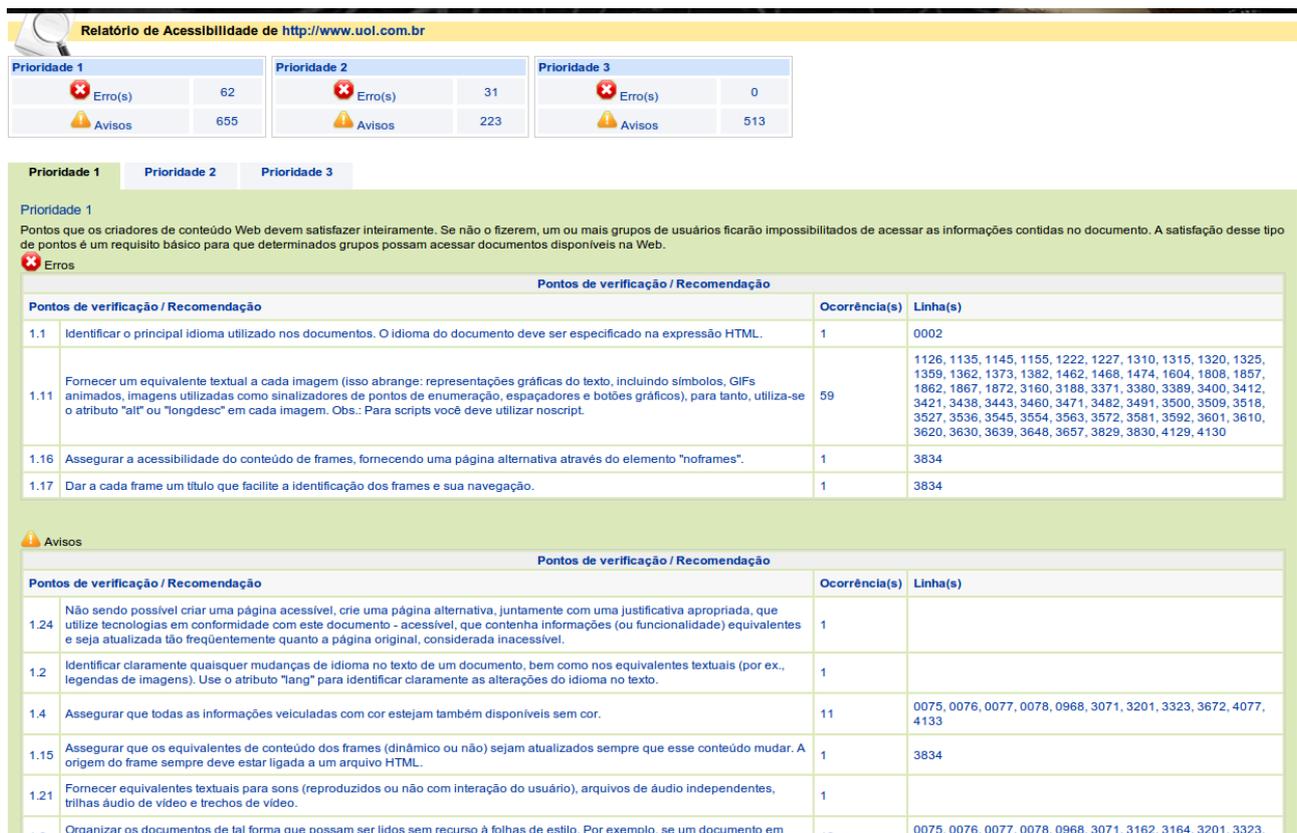


Figura 3: Resultado da avaliação de acessibilidade, através de verificação remota de código-fonte, da página inicial do Portal UOL - <http://www.uol.com.br> pelo DaSilva

2.2.4 Testes de Usabilidade

Em nosso contexto, os *testes de usabilidade* podem ser entendidos como acionar os usuários-alvo, em nosso caso os deficientes visuais, para utilizar o sistema e através da análise do uso destes indivíduos verificar se a página da web está de fato acessível. Esta análise pode ser feita em tempo real ou pode se fazer a gravação da navegação do usuário, para seu posterior envio para um especialista em acessibilidade.

⁹WebAIM - Web Accessibility in Mind - <http://webaim.org/>

¹⁰HiSoftware - <http://www.hisoftware.com/index.html>

¹¹Acessibilidade Brasil - www.acessobrasil.org.br

Este tipo de checagem é extremamente efetiva, dado que o avaliador tem condições de ver em detalhes quais exatamente são os problemas que estão sendo encontrados pelo usuário e porque eles estão ocorrendo.

Para um melhor entendimento de como é feito esse tipo de análise, segue abaixo uma imagem de uma das lousas que utilizamos para anotar os resultados de um teste de usabilidade que fizemos este ano no site do PECE - Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica de São Paulo:

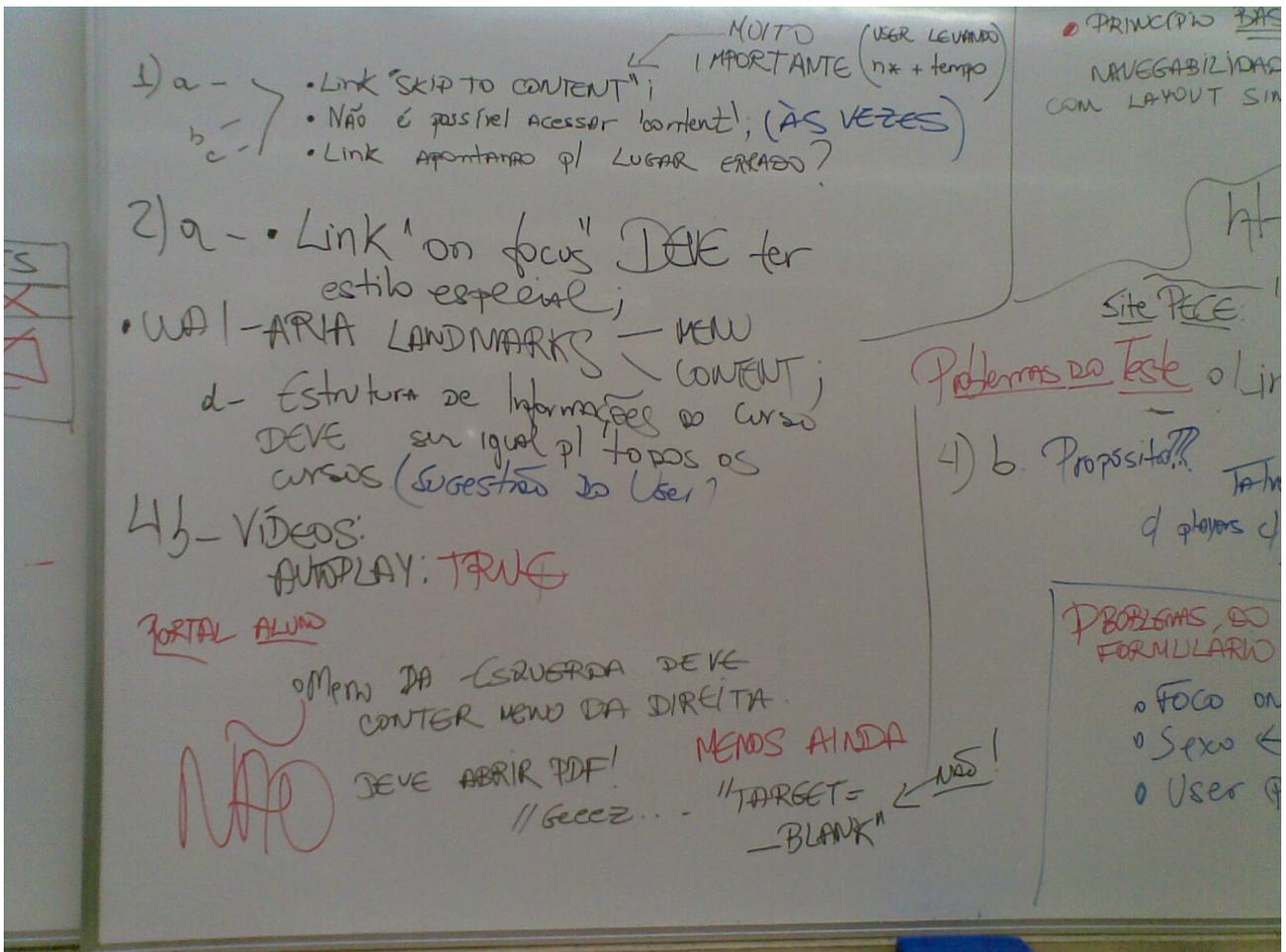


Figura 4: Teste de usabilidade. Lousa com alguns resultados da avaliação feita em tempo real enquanto usuário com deficiência visual total fazia uso do site do PECE.

2.2.5 Os problemas desses métodos de avaliação

Muito embora os métodos apresentados consigam medir, de certa forma ao menos, quão acessível é determinada página da web, eles apresentam algumas falhas. A avaliação automática de código é remota e barata, no entanto, peca por não poder avaliar aspectos da acessibilidade que estão além do código em si. Por exemplo, se uma imagem possui um texto alternativo mas este, contudo, não define de fato a imagem eficientemente, o avaliador apontará que está tudo correto, pois considera apenas válida a existência do texto alternativo, não possuindo, entretanto, a capacidade avaliar a adequação e correteza do mesmo. Discorreremos acerca de outras falhas desse método mais adiante.

Os *testes de usabilidade*, por sua vez, são muito eficazes. É praticamente impossível o desenvolvimento de um método de avaliação automático que seja tão efetivo quanto inspecionar os usuários do sistema fazendo uso do mesmo e verificar, a partir daí, os problemas. Todavia, essa checagem é muito custosa, dado que sua proposta é avaliar um a um os testes dos usuários e diagnosticar os problemas relacionados às peculiaridades de deficiência e navegação de cada um deles.

3 Modelo de Confronto de Comportamentos

3.1 Uma nova abordagem

Depois de todo estudo desenvolvido até aqui acerca da acessibilidade na web para deficientes visuais, a percepção da existência clara de problemas nos métodos de avaliação de acessibilidade existentes nos motivou a pensar em uma outra solução que pudesse ser mais eficiente que um *avaliador automático de código*, respondendo a questões que este não tem a capacidade de responder, e ao mesmo tempo menos custosa, visto que dificilmente seria melhor, que um *teste de usabilidade*, através da observação e/ou gravação do uso da plataforma.

Durante o trabalho realizado para o *PECE - Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da USP* - já mencionado na seção "Motivação" deste texto -, foram realizados alguns testes de usabilidade. Na realização destes testes ficou claro que muitas vezes os deficientes visuais executavam ações que eram completamente diferentes das esperadas, pelo desenvolvedor, que fossem realizadas ao se desejar realizar uma determinada tarefa. Diante da observação deste fato e após uma longa reflexão sobre os conceitos estudados, nos foi possível idealizar um outro modelo para avaliação de acessibilidade, que chamamos de *modelo de confronto de comportamentos*.

3.2 Metodologia

O modelo de confronto de comportamentos consiste basicamente da definição de um padrão ideal de execução de uma tarefa pelo desenvolvedor, que gravará este padrão. Depois o padrão deve ser confrontado com os padrões gravados a partir da experiência de cada usuário. Grandes distorções entre a execução esperada pelo desenvolvedor e a execução real pelo usuário são um sinal de que algo não está bem.

A metodologia do modelo passo a passo:

1. O desenvolvedor coloca em suas páginas a serem avaliadas um código que permite a interação da mesma com o software;
2. O desenvolvedor define no software o momento em que deseja iniciar uma ação para monitoramento. A partir deste momento, todos os eventos ocorridos na página e o tempo para ocorrência dos mesmos são medidos e é construído um grafo - na verdade estes dados são guardados de modo conveniente em tabelas do banco de dados, mas o uso do conceito de grafo se faz aqui bastante útil para ilustrar o procedimento - em que cada vértice possui um par (*ação, tempo de chegada*). Esse primeiro grafo é entendido como o *modelo padrão de comportamento*. O vértice inicial do caminho de ações corresponde à primeira ação do desenvolvedor e o vértice final à última;
3. Ao entrar na página, o comportamento de interação do usuário é verificado. Se este usuário faz uso do mouse em sua navegação, é considerado integrante do grupo de *usuários regulares*, entretanto, se faz uso exclusivamente do teclado, é classificado como pertencente ao grupo de *possíveis deficientes visuais*. Infelizmente, não encontramos um método capaz de garantir, subjetivamente, que um usuário é deficiente visual. Aceitamos ser consideravelmente reduzido o número de usuários que não utilizam o mouse em nenhum momento de sua navegação e que não possuem qualquer deficiência, o que torna a segmentação válida;

4. Toda vez que algum usuário entra na página e aciona o evento que corresponde ao vértice inicial do caminho no grafo gerado pelo desenvolvedor, um outro grafo de ações começa a ser construído, gravado e comparado ao grafo original do desenvolvedor em cada etapa. O processo é finalizado com êxito se o usuário atinge com sucesso a última ação da sequência de ações previstas. Se o usuário desvia-se de algum dos vértices do caminho e não volta para ele em menos de N etapas ou excede o tempo limite entre ações, o monitoramento é encerrado e a experiência é dada como mal-sucedida.
5. Um relatório com as experiências bem e mal-sucedidas dos usuários é montado, com o objetivo de auxiliar o desenvolvedor a encontrar o porquê de eventualmente os usuários não estarem atingindo a meta estabelecida, facilitando, desta forma, o processo de correção do problema.

Para ilustrar, representamos abaixo o processo de registro em um website, composto pelos passos: ativar o link "Iniciar cadastro", escolher um nome de usuário, escolher uma senha, confirmá-la e finalizar. Cada passo, para melhor entendimento, está totalmente simplificado. Por exemplo, a ação *preencher "usuário"* é composta, na verdade, de várias ações menores que correspondem a entrar no campo, pressionar várias teclas, e deixar o campo.

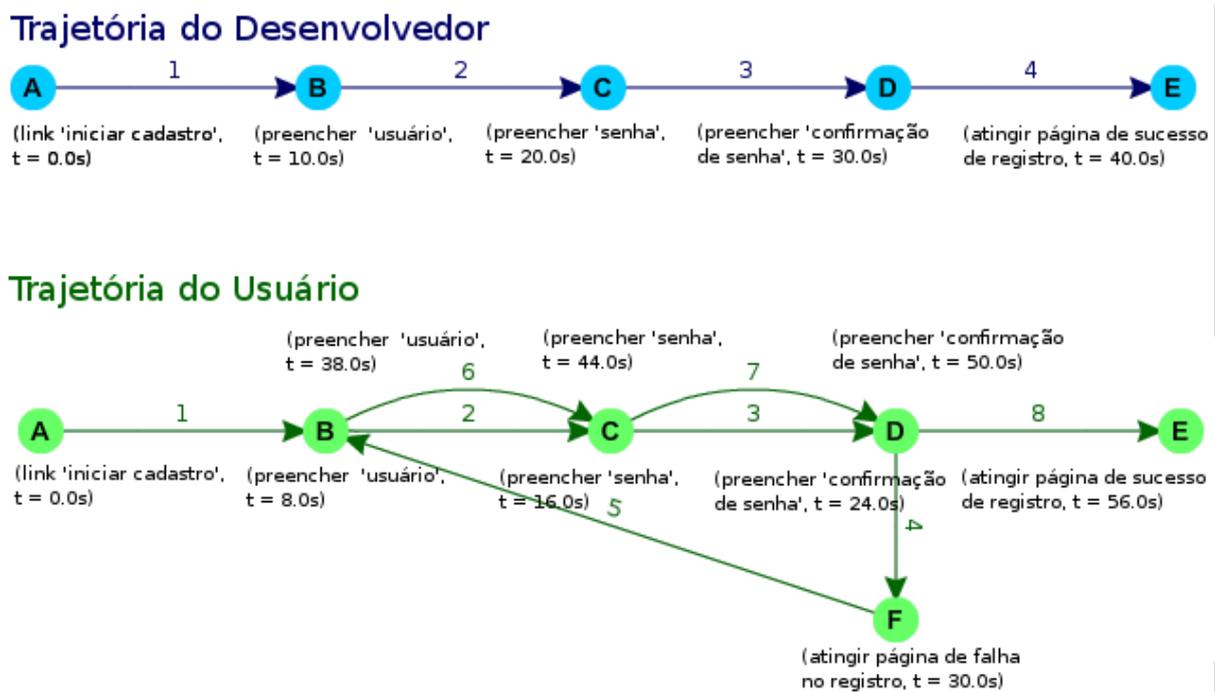


Figura 5: Grafo simulador de navegação no processo de registro simples de uma página web

4 Um Software para o Modelo

4.1 O que é?

Depois de pensarmos termos de fato conseguido encontrar uma melhor solução para o problema avaliado, decidimos partir para um **ensaio de sua implementação**. A ideia foi construirmos um software que pudesse tornar utilizável o *modelo de confronto de comportamentos*, descrito anteriormente.

O software basicamente consiste de um monitoramento de eventos na página, através de código *javascript*, se comunicando com o banco de dados via *ajax* para confronto dos modelos (do desenvolvedor e do usuário) com *PHP* e criação dos relatórios.

4.2 Como funciona?

Podemos descrever o funcionamento do software tecnicamente, a partir do passo-a-passo definido na seção 3.2:

1. Um código para inclusão, em *XHTML*, de *script (javascript)* é colocado na página;
2. Um botão "iniciar monitoramento" aparece. A partir do acionamento deste, todas as ações executadas pelo desenvolvedor, interpretadas como eventos em elementos com respectivos *ids* pela *jQuery*, é gravada (junto com seu tempo) no banco de dados via *ajax*;
3. Quando o usuário aciona o evento inicial gravado pelo desenvolvedor, todas as ações são também gravadas no banco de dados via *ajax*, através da monitoração feita com auxílio da *jQuery*;
4. Através dos eventos monitorados pela *jQuery* desde quando o usuário entrou na página, seu comportamento é observado e lhe é atribuído um grupo - *regular* ou *possível deficiente visual*;
5. Utilizamos *PHP* para confrontar os comportamentos do banco de dados e gerar um *output XHTML* como relatório final.

4.3 Tecnologias Empregadas

Para a elaboração do software foram utilizadas basicamente tecnologias para construção e monitoramento de páginas da internet. São elas:

- *XHTML - eXtensible HyperText Markup Language*: uma versão estendida do *HTML*, a linguagem em que são escritas as páginas Web;
- *CSS - Cascading Style Sheets*: uma linguagem de estilo utilizada para definir a formatação e aparência de um documento escrito em *HTML* ou *XHTML*;
- *Javascript*: Uma implementação do padrão de linguagem *ECMAScript*; foi utilizada para capturar eventos no lado do cliente (usuário);
- *jQuery*: um biblioteca de *javascript* desenvolvida para simplificar os códigos escritos para averiguação de eventos no lado do cliente;

- *PHP - Hypertext Preprocessor*: linguagem de script largamente utilizada para desenvolvimento de páginas web dinâmicas. Código *PHP* é colocado em meio ao código *HTML* e interpretado por um servidor que o processa, gerando o código final da página;
- *MySQL*: um sistema de banco de dados relacional que roda em um servidor permitindo acesso de múltiplos usuários a várias bases de dados;
- *Ajax - Asynchronous JavaScript and XML*: na verdade não é uma tecnologia, mas sim um modo de agrupar algumas técnicas para desenvolvimento web. Utilizamos *ajax* para que a aplicação seja capaz de interagir com o banco de dados de modo assíncrono, ou seja, em *background*, sem interferir diretamente com o comportamento da página.

4.4 WCAG e Comparações com as outras ferramentas

Concluindo nosso ensaio do *software*, restava agora saber, portanto, em que aspectos, de acordo com nossa visão, ele conseguiu superar a ferramenta de *avaliação automática de código*. Não cabe aqui comparação com os *testes de usabilidade*, visto que os mesmos, como já discutimos, são extremamente eficazes para detecção de erros. A meta, também já descrita, era construir algo mais eficiente que a *avaliação automática de código* e mais barato que os *testes de usabilidade*. Embora nossa ferramenta ainda não seja de todo automática, como veremos mais adiante, é facilmente inferível que uma avaliação automática deve ser mais barata que um teste presencial e que necessita de uma averiguação por especialistas. A ideia, entretanto, é que evoluções no sistema proposto podem fazer a automação praticamente da totalidade do processo de análise, o que o tornaria mais barato ainda.

Assim sendo, vamos analisar ponto a ponto os itens da *WCAG* e discuti-los em relação a possibilidade de checagem da *guideline* pela ferramenta desenvolvida e pela *avaliação automática de código*, no escopo da acessibilidade para deficientes visuais totais, comparando as ferramentas.

- **Guideline 1.1 - Text Alternatives: Provide text alternatives for any non-text content so that it can be changed into other forms people need, such as large print, braille, speech, symbols or simpler language.**

A ferramenta de avaliação automática consegue verificar no código se um texto alternativo está presente quando se trata, por exemplo, de um elemento gráfico. Entretanto, não é possível para a ferramenta dizer o quão adequado e fiel ao elemento está este texto para que seja claramente compreendido por um usuário com deficiência visual. Todavia, com a solução desenvolvida podemos aqui avaliar as diferentes ações dos usuários (caminhos do "grafo") a partir de quando chegam na página que contém a imagem. Por exemplo, se percebermos que, entre os usuários regulares, se costuma observar a imagem (inércia) por cerca de 10 segundos e depois disso executar um determinado número de passos, e notarmos que um possível deficiente visual já começa, em tempo bem menor, a pressionar muitos *tabs* e *enters*, temos aqui um indicativo claro de um problema exclusivo de acessibilidade. Exemplo bastante prático: *CAPTCHA*.

- **Guideline 1.2 - Time-based Media: Provide alternatives for time-based media.**

Um avaliador automático de código não consegue, majoritariamente, dizer se um vídeo é de fato acessível, dado que não há como checar se um elemento *flash* vai ou não responder aos controles de teclado ou tem legenda, por exemplo, apenas verificando o código de inclusão do mesmo na página. Dessa forma, no caso do nosso sistema, poderíamos detectar o comportamento de navegação dos possíveis deficientes visuais e comparar o tempo de

permanência na página do vídeo com o tempo médio de permanência na mesma página por usuários regulares. Uma diferença muito considerável poderia ser um indicativo forte de inacessibilidade do material.

- **Guideline 1.3 - Adaptable: Create content that can be presented in different ways (for example simpler layout) without losing information or structure.**
Infelizmente, entendemos que a avaliação do *layout* está fora do escopo das possibilidades de ambos avaliadores.

- **Guideline 1.4 - Distinguishable: Make it easier for users to see and hear content including separating foreground from background.**
Neste caso específico, é melhor a checagem através da *avaliação automática de código*. É fácil fazer uma verificação precisa com comparação de cor de texto e cor dos *backgrounds* e depois checar o grau de proximidade de tons.

- **Guideline 2.1 - Keyboard Accessible: Make all functionality available from a keyboard.**

Infelizmente não há como verificar com a *avaliação automática de código* se todas as funcionalidades estão acessíveis pelo teclado. Já citamos o exemplo do *flash* e é possível a existência desse tipo de inacessibilidade também em outras situações, como, por exemplo, a criação de menus dinâmicos com *javascript* e *css*, que só aparecem quando o usuário coloca o mouse sobre determinada região da página. Embora na *avaliação automática de código* possamos avisar sobre a presença de algum elemento *javascript* na página, avaliar se o uso da tecnologia resultou ou não em inacessibilidade do conteúdo é bastante difícil. Com a nova ferramenta poderíamos avaliar se os usuários regulares obtêm um resultado diferente dos possíveis deficientes visuais quando disparam uma ação. Por exemplo, se existe um *link* cuja ação está especificada por "*onclick*" apenas, usuários regulares tenderão a chegar na página alvo enquanto os do grupo de possíveis deficientes visuais provavelmente não conseguirão nem focar o link.

- **Guideline 2.2 - Enough Time: Provide users enough time to read and use content.**

Não há como checar com a *avaliação automática de código* se o tempo dado ao usuário foi suficiente. Com a ferramenta desenvolvida existe a possibilidade de verificar, caso na página ocorra algum evento disparado pelo servidor após determinado tempo que mude os elementos do site sem ação do usuário, se o possível deficiente visual costuma apertar *refresh*, voltar ou se sente perdido (grande inércia ou vários *tabs* em ciclo), enquanto os usuários regulares não apresentam esse comportamento.

- **Guideline 2.3 - Seizures: Do not design content in a way that is known to cause seizures.**

A avaliação dessa característica está fora do escopo de avaliação automática para deficientes visuais totais.

- **Guideline 2.4 - Navigable: Provide ways to help users navigate, find content, and determine where they are.**

Não é possível verificar precisamente a *guideline* com a *avaliação automática de código*, embora seja possível dar alertas, como a falta ou mal uso de *headings*, por exemplo. Com o *software* para o *modelo de confronto de comportamentos* podemos analisar se a maioria dos usuários regulares, ao estar em uma página, costuma executar determinada

ação dentro de determinado intervalo de tempo e, no caso da navegação dos possíveis deficientes visuais, observamos foco em ciclos por um tempo muito superior à referida média ou *refresh* constante da página. Se essa situação ocorrer, provavelmente estamos em um caso de navegação inacessível ou com acessibilidade muito baixa.

- **Guideline 3.1 - Readable: Make text content readable and understandable**

Basicamente essa *guideline* se refere a um texto que seja escrito de maneira inteligível pela maioria dos usuários. Acreditamos ainda ser muito difícil avaliar este aspecto, relacionado, de certa forma, à web semântica, de forma que nenhuma das duas ferramentas é adequada.

- **Guideline 3.2 - Predictable: Make Web pages appear and operate in predictable ways.**

Novamente, não é possível avaliar plenamente esta *guideline* com a *avaliação automática de código*, embora seja possível dar alguns avisos, como a presença de um link para um arquivo .pdf, que abrirá na janela atual, por exemplo. Com a nova ferramenta pode-se checar se quando determinada ação é executada e é notável a mudança considerável de elementos da página (drástica mudança de *layout*) ocorre, entre os possíveis deficientes visuais, o comportamento caracterizado por foco em ciclos em links ou *refresh* constante do site, indicando provavelmente que temos um caso de página operando de modo imprevisível.

- **Guideline 3.3 - Input Assistance: Help users avoid and correct mistakes.**

Essa *guideline* refere-se a entrada de dados, em geral em formulários. É muito difícil averiguá-la com a *avaliação automática de código*. Com a ferramenta desenvolvida podemos observar que se é perceptível entre os possíveis deficientes visuais uma taxa de retorno a uma página de entrada de dados muito superior à média da navegação dos usuários regulares. Se isso de fato ocorre, provavelmente o sistema não está informando os erros ao usuário cego de maneira efetiva ou mesmo o formulário está completamente inacessível.

- **Guideline 4.1 - Compatible: Maximize compatibility with current and future user agents, including assistive technologies.**

Acreditamos ser mais fácil checar a compatibilidade da página com as tecnologias existentes através da *avaliação automática de código*.

4.5 Provando resultados - O CheckProj

Da seção anterior podemos inferir que, a partir de nosso estudo, análise e avaliações, a ferramenta ensaiada possui claras vantagens em relação às existentes, porque consegue ao mesmo tempo ser automática, barata e eficiente. Uma questão que pode surgir naturalmente, entretanto, é: como garantir que o estudo exposto está correto? Como provar que os resultados dos relatórios de fato são mais esclarecedores que a *avaliação automática de código* e estão corretos?

Pensando também no problema, resolvemos utilizar no projeto o *CheckProj*¹², uma ferramenta que possibilita a criação de questionários personalizados para serem respondidos por usuários após a execução, pelos mesmos, de determinadas ações. Pretende-se, em um momento inicial, lançar mão deste software para arguir os usuários sobre suas experiências e verificar se de fato suas respostas são compatíveis com as inferidas a partir da verificação da similaridade

¹²Software desenvolvido pelo Prof. Dr. Marcelo Morandini, um dos orientadores desse trabalho, em conjunto com seus alunos.

entre o caminho definido no "grafo" padrão e o caminho trilhado pelo usuário. É uma forma eficiente de corroborar os resultados obtidos.

5 Conclusões e Resultados

Uma das conclusões do trabalho, que talvez possa ser melhor descrita como uma consequência, foi a enorme quantidade de informações que adquiri sobre acessibilidade, principalmente no que tange ao uso da web pelos deficientes visuais totais. Foi certamente extremamente enriquecedor conhecer tão mais sobre essa área ainda tão pouco explorada no Brasil.

Como resultado prático, de acordo com nossos estudos, esse novo modelo de solução desenvolvido possibilita uma avaliação de acessibilidade mais eficaz que o modelo de *avaliação automática de código* e menos custosa que os *testes de usabilidade*, provando-se, portanto, muito útil.

5.1 Resultados

Segue uma tabela com o resumo e estatísticas dos resultados comentados na seção "WCAG e Comparações com as outras ferramentas":

Guideline (W3C/WCAG)	Melhor avaliado por
1.1	Modelo de confronto de comportamentos
1.2	Modelo de confronto de comportamentos
1.3	Fora de escopo
1.4	Avaliação automática de código
2.1	Modelo de confronto de comportamentos
2.2	Modelo de confronto de comportamentos
2.3	Fora de escopo
2.4	Modelo de confronto de comportamentos
3.1	Fora de escopo
3.2	Modelo de confronto de comportamentos
3.3	Modelo de confronto de comportamentos
4.1	Avaliação automática de código

Estatísticas:

Descrição	n ^o	%
Todas as Guidelines (W3C/WCAG)	12	100%
Guidelines fora do escopo de avaliação no contexto dos deficientes visuais totais	3	25%
Guidelines melhor avaliadas pela avaliação automática de código	2	16,7%
Guidelines melhor avaliadas pelo modelo de confronto de comportamentos	7	58,3%

5.2 Trabalhos futuros

Para o futuro, gostaríamos de expandir o software ensaiado e torná-lo utilizável mundialmente. Mais que uma aplicação simples que funciona localmente, pretendemos que exista um sistema online, aos moldes de como funciona hoje o *Google Analytics*¹³, que permita aos desenvolvedores ter sua área exclusiva na plataforma (através de acesso com usuário e senha) para que incluam códigos em suas páginas, gravem ações e vejam os relatórios associados às execuções da tarefa por um número considerável de usuários.

¹³Google Analytics - <http://www.google.com/analytics/>

Acreditamos que, em escala global, o modelo inicial definido pelo desenvolvedor tem até mesmo a capacidade de ser ajustado dinamicamente. Nesse caso, teríamos de mudar a implementação para que as ações constituíssem um grafo com pesos nos caminhos, de acordo com a quantidade de vezes que é trilhado. Um caminho diferente do definido pelo desenvolvedor, mas muito mais utilizado, acabaria sendo considerado o novo *modelo padrão de comportamento*. Embora mais complexa, essa abordagem poderia trazer mais resultados interessantes acerca da usabilidade e acessibilidade das páginas.

6 Referências Bibliográficas

1. J. Tatcher e M. R. Burks. Web Accessibility: Web Standarts and Regulatory Compliance. *Friendsoft, Apress*. Berkeley, CA, 2006.
2. T. Tullis e B. Albert. Measuring the user experience. *Morgan Kaufmann*. Burlington, MA, 2008.
3. B. Bibeault e Y. Katz. jQuery in Action. *Manning*. Stamford, CT, 2010.
4. WebAIM. Web Accessibility in Mind - <http://webaim.org>, 2010.
5. The World Wide Web Consortium (W3C) - <http://www.w3.org/Consortium/>, 2010.
6. WCAG 2.0. Web Content Accessibility Guidelines v2.0 - <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>, 2008.
7. jQuery - Write less. Do more - <http://jquery.com/>, 2010.
8. WAI Interest Group (IG) mailing list - <http://www.w3.org/WAI/IG/#mailinglist>, 2010.
9. DaSilva. Primeiro avaliador de websites em português - <http://www.dasilva.org.br/>, 2010.
10. Wikipedia. Accessibility Definition - <http://en.wikipedia.org/wiki/Accessibility>, 2010.
11. Wikipedia. Definition of Web accessibility - http://en.wikipedia.org/wiki/Web_accessibility, 2010.

7 Parte Subjetiva

7.1 Desafios e frustrações

Acredito que o principal desafio deste trabalho foi, inicialmente, defini-lo. Dado todo meu envolvimento com a causa da acessibilidade e o quanto ela é para mim relevante, tendo em vista tudo que foi exposto na seção "Motivação", eu desejava mesmo fazer desta o tema de meu trabalho de conclusão de curso. Como já tinha esse desejo antes do contato com a prof^a Lucia, da Poli, confesso que me senti um pouco perdido em relação ao que exatamente fazer e como encontrar algum professor que poderia me orientar. Cheguei a considerar até desistir da ideia, o que foi de certa forma uma frustração. Felizmente, entretanto, no projeto do PECE conheci a prof^a Lucia, que muito gentilmente se ofereceu para orientar-me e, a partir daí, as coisas caminharam.

Uma grande frustração certamente, que acredito nem ter sido de fato na realização do trabalho, mas em sua motivação, foi observar um usuário com deficiência visual total não conseguindo acessar um sistema desenvolvido por mim mesmo ou ainda levando 20 minutos para realizar uma tarefa que a maioria das pessoas realiza em alguns segundos, se sentindo totalmente perdido e, de certa forma, marginalizado. De verdade, causa uma sensação horrível, que nem sei como descrever. Associando isso ao fato de que escassos desenvolvedores no Brasil se preocupam hoje com a acessibilidade dos sistemas que projetam, a sensação é ainda pior...

7.2 Disciplinas relevantes

Para descrever as disciplinas relevantes com justiça, eu deveria citar aquelas - e são muitas - que me ajudaram inclusive a executar os projetos anteriores que me puseram em contato com determinadas tecnologias e pessoas que acabaram por culminar com a realização deste trabalho. Mas, por uma questão de foco, listarei aqui apenas as disciplinas relevantes para a execução deste projeto em específico:

- **MAC0110 - Introdução à Computação**

Para entender como funcionam as ferramentas atuais estudadas e pensar em como criar os algoritmos necessários para a nova ferramenta, certamente a noção inicial de computação dada nessa disciplina foi fundamental.

- **MAC0122 - Princípios de Desenvolvimento de Algoritmos**

Essa disciplina é essencial para basicamente qualquer projeto que envolva computação. Um contato mais aprofundado com os métodos e estruturas ensinados possibilita ao desenvolvedor uma visão muito mais ampla das possibilidades da programação.

- **MAC0328 - Algoritmos em Grafos**

Embora não tenhamos usado um grafo propriamente dito, a noção da teoria para modelar a solução e torná-la fácil de explicar e entender foi muito importante.

- **MAC0426 - Sistemas de Bancos de Dados**

Dado que a ferramenta ensaiada se comunica com o banco de dados através de *ajax* e utiliza a tabela para "gravar" os relatórios, entender melhor o funcionamento dos bancos de dados e como manipulá-los eficientemente - foco da disciplina - certamente se fez útil aqui.

- **MAC0323 - Estruturas de Dados**

Os elementos de uma página da web são modelados em uma *DOM* (*Document Object*

Model) tree e daí monitorados. O entendimento do conceito de árvore ou mesmo de algumas estruturas mais simples foi certamente relevante para o trabalho.

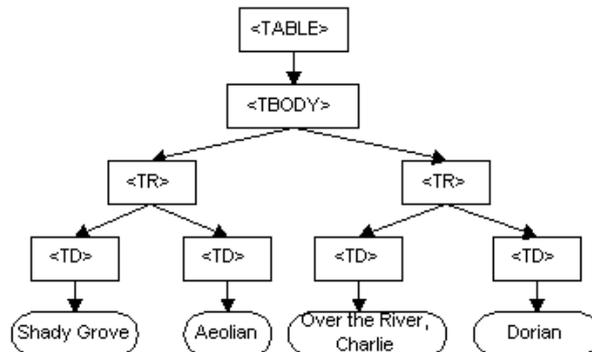


Figura 6: Dom Tree de uma tabela HTML

- **MAC0332 - Engenharia de Software**

A disciplina foi relevante no sentido de fornecer noções básicas de organização e gerenciamento de projetos. Certamente esses conceitos são importantes no desenvolvimento de um trabalho com tantas etapas ao longo do ano como este.

7.3 Agradecimentos

Nossa, são muitos...

Gostaria de agradecer ao enorme apoio dado pela minha família, que, muito embora morando longe, no Espírito Santo, sempre deixou claro estar lá por mim em qualquer momento que eu possa precisar. Nessa etapa final, não posso deixar de expressar minha profunda gratidão, em especial, a meus pais - Leila Diniz e Pedro Carreiro -, aos meus avós - Cerli Rodrigues, Walbert Diniz e Marlene Fia -, e a meus tios - Altivo Carreiro, José Rodrigues Carreiro e Maria Inês Carreiro -, que foram pessoas que certamente exerceram um papel ímpar na minha educação e no apoio que deram para que fosse possível minha chegada à universidade e sem os quais eu certamente não teria conseguido alcançar esse ponto e nem mesmo passar pela enorme mudança que para mim significou sair da vida com toda família, numa cidade do interior do Espírito Santo, para viver sozinho na maior metrópole do país. Família, muitíssimo obrigado mesmo, vocês foram e são sensacionais e tenho uma sorte enorme de tê-los!

Agradeço ainda aos meus amigos de São Paulo, tanto do trabalho, quanto da faculdade e de casa, que me deram força pra continuar esse extenso trabalho nos momentos mais difíceis, conselhos quando eu não estava no rumo certo e compreensão quando eu estava difícil de aguentar... Mônica Paula, Delma Tonetti, Maiara Faigle, Anderson Hartmann, Gabriel Dechice, Yuri Dechiche e Cássia Ferreira, entre tantos outros certamente, obrigado!

Agradeço também, claro, ao apoio dos meus orientadores - Prof. Dr. Marcelo Morandini e Prof^a. Dr^a. Lucia Vilela Leite Filgueiras -, que foram simplesmente incríveis comigo com toda a compreensão e auxílio que ofereceram e por se colocarem sempre à disposição. Faço aqui um agradecimento especial à prof^a Lucia, que com a enorme sabedoria e bondade que possui, soube me conduzir em um momento muito difícil do semestre e possibilitar o encerramento deste trabalho. Professora, eu realmente não teria conseguido sem a senhora. Obrigadíssimo!

Não poderia deixar de agradecer ainda à Lucy Gruenwald, que me apresentou essa fantástica causa, me convidou para projetos interessantíssimos e certamente foi uma das grandes motiva-

doras deste trabalho. Pela excelente companhia que foi na nossa participação no congresso em Westminster e pela excelente amiga que é. Obrigado!

Obrigado ainda a todos os outros, aqui não mencionados por limitações de espaço, que estiveram presentes em minha vida e contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui...