

Um Modelo para o Desenvolvimento de Aplicações Web Acessíveis¹

Lucinéia Souza Maia
Faculdade de Computação
Univ. Federal de Mato
Grosso do Sul
(+55) 67 3345 7506
neiamaia1@gmail.com

Marcelo Augusto Santos
Turine
Faculdade de Computação
Univ. Federal de Mato
Grosso do Sul
(+55) 67 3351 2550
turine@facom.ufms.br

Hércules da Costa
Sandim
Faculdade de Computação
Univ. Federal de Mato
Grosso do Sul
(+55) 67 3345 7506
hsc@facom.ufms.br

Débora Maria Barroso
Paiva
Faculdade de Computação
Univ. Federal de Mato
Grosso do Sul
(+55) 67 3345 7506
debora@facom.ufms.br

ABSTRACT

The Internet is an important mean of information transmission, of interaction between people, accomplishment business-oriented, education and government services. However, problems related to accessibility content have been a factor for exclusion of users, mainly those with some type of disability. Such process of exclusion has motivated research for methods, techniques and tools to offer to the Web professional sustentation for development of accessible Web applications. In this context, this work presents a Accessibility Tasks Model (MTA) inserted in ISO/IEC 12207 Development Process (Standard for Information Technology – Process of Software Life Cycle) to assist analyze, design, implementation, and evaluation of accessible software. Pantaneiro framework is presented to support sub process in MTA. It was modified to produce Web pages with standard of Web accessibility. To test, evaluate and validate the MTA and accessible Pantaneiro, and to evaluate the strategy to promote the accessibility, one case study was elaborated with groups of developers.

Categories and Subject Descriptors

K.4.2 [Social Issues]: *Handicapped persons/special needs*; K.6.3 [Software Management]: *Software development, Software process*; D.2.0 [Software]: *Software Engineering*.

General Terms

Documentação, Fatores Humanos.

Keywords

web accessibility

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da Internet, impulsionado pela popularização dos computadores pessoais, pelos serviços oferecidos na Web e pelas várias formas e locais de acesso, tem impactado no dia-a-dia das pessoas na realização de trabalhos, estudos, negócios e

entretenimento. Contudo, esta tecnologia não pode atingir todo seu potencial se projetistas e desenvolvedores não seguirem as regras e recomendações de acessibilidade Web [1].

A acessibilidade Web permite reunir diferentes necessidades, preferências e situações do usuário [2], diminuindo barreiras que impedem o acesso das pessoas ao conteúdo Web, além de adequar o *site* às leis e regulamentações de acessibilidade Web e aumentar a sua audiência [3].

Diversas iniciativas foram criadas para sustentar a acessibilidade Web [4]. No Brasil, existe o Decreto-Lei 5.296 de 2 de dezembro de 2004 [5] que regulamenta leis de acessibilidade e o e-MAG (Modelo de Acessibilidade do Governo Eletrônico) [6, 7] que apresenta diretrizes para a criação de *sites* com conteúdo acessível. Entretanto, mesmo com iniciativas governamentais e não-governamentais, grandes desafios são encontrados para a promoção da acessibilidade Web, entre eles destacam-se: (1) a conscientização dos clientes; (2) o balanceamento entre acessibilidade e *design* gráfico; (3) a falta de tempo; (4) a necessidade de treinamento e (5) a necessidade de melhores ferramentas [8, 9]. Neste sentido, algumas estratégias podem contribuir promover a acessibilidade Web tais como: conduzir os projetistas na implantação da acessibilidade no processo de desenvolvimento, conscientizar os desenvolvedores sobre a importância do tema e oferecer ferramentas que contribuam e estimulem a criação de *sites* acessíveis.

Com este intuito, este trabalho tem por objetivo propor o MTA (Modelo de Tarefas de Acessibilidade), que é formado por um conjunto de tarefas de acessibilidade que podem ser inseridas nos subprocessos do Processo de Desenvolvimento da Norma ISO/IEC 12207 (Padrão para Tecnologia da Informação – Processos do Ciclo de Vida do Software) [10]. De forma a oferecer uma ferramenta automatizada para auxiliar o desenvolvimento de aplicações Web (*Webapp*) acessíveis, a ferramenta de autoria Pantaneiro foi adaptada considerando um conjunto de tarefas do MTA e diretrizes do WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines*) 2.0 Nível A. Um estudo de caso foi realizado com grupos de desenvolvedores utilizando o MTA e o Pantaneiro acessível com o objetivo de testar, avaliar e validar estes e investigar o quanto eles estão integrados na promoção da acessibilidade e; verificar se as seguintes estratégias: treinamento em acessibilidade Web, utilização do MTA como um modelo para guiar a acessibilidade no processo de desenvolvimento e,

¹ A Model for Development of Accessible Web Applications

utilização do Pantaneiro como uma ferramenta de autoria que oferece suporte ao desenvolvimento de aplicações Web acessíveis, são eficientes na promoção da acessibilidade Web.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 aborda o tema acessibilidade Web de forma a esclarecer conceitos sobre o assunto. A seção 3 apresenta o MTA. A seção 4 trata das adaptações da ferramenta de autoria Pantaneiro para a geração de aplicações acessíveis. A seção 5 especifica o estudo de caso realizado com desenvolvedores, detalhando o processo de realização deste assim como os resultados obtidos, a seção 6 apresenta os trabalhos relacionados e a seção 7 expõe as conclusões e contribuições do trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

2. ACESSIBILIDADE WEB

A acessibilidade Web refere-se a práticas para criar sites que possam ser utilizados por todos os usuários, especialmente por pessoas com deficiência [11, 12, 13].

De acordo com o W3C (*World Wide Web Consortium*) [2], a acessibilidade diz respeito a diminuição ou eliminação de barreiras que impeçam o acesso a algo. Com relação a Web, estas barreiras configuram-se em obstáculos que dificultam a percepção, o entendimento, a navegação e a interação com o conteúdo pelo usuário [13].

Uma forma de amenizar os obstáculos de acesso ao conteúdo Web é a utilização de recomendações que direcionam a promoção da acessibilidade. Estas recomendações têm como objetivo encorajar projetistas a desenvolverem sites conforme especificações, possibilitando a conformidade com tecnologias assistivas para que usuários com deficiência possam interagir com o conteúdo Web [13].

A principal recomendação de acessibilidade Web existente é o WCAG [14], criado pelo W3C/WAI (*World Wide Web Consortium/Web Accessibility Initiative*). Além desta, diversos países criaram suas próprias leis e regulamentações de acessibilidade Web [15, 16, 17]. No Brasil, a legislação de acessibilidade foi regulamentada por meio do Decreto-Lei 5.296 em dezembro de 2004 [5]. E em janeiro de 2005 foi criado o e-MAG [6, 7] para padronizar a acessibilidade dos sites e portais do governo eletrônico. Ele é baseado nos princípios, diretrizes, recomendações e níveis de prioridade do WCAG 1.0.

Para verificar a acessibilidade de um site avaliações são realizadas. Dependendo da natureza dos requisitos de acessibilidade, diferentes técnicas de inspeções e testes de acessibilidade Web podem ser combinados, tais como: avaliação com ferramentas automatizadas, julgamento de especialistas em acessibilidade e testes com usuário [18].

As ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade Web determinam a conformidade do site à recomendação a que ele foi submetido e ajudam os revisores nos ajustes necessários quando o mesmo não está de acordo com tal recomendação [19]. Existem diversas ferramentas de avaliação de acessibilidade: Total Validator (www.totalvalidator.com), A-checker (www.atutor.ca/achecker/index.php), Hera (www.sidar.org/hera/index.php.pt), entre outras. Para avaliar sites

de acordo com o e-MAG é oferecido o DaSilva (www.dasilva.org.br) e o ASES, que é sua versão *desktop*.

3. MTA: MODELO DE TAREFAS DE ACESSIBILIDADE

Uma forma de garantir que as aplicações sejam acessíveis é amparar o desenvolvimento das mesmas conforme padrões de acessibilidade Web. De acordo com Melo e Baranauskas [20] é importante apoiar o desenvolvimento de sistemas de informação acessíveis na Web com uso de métodos e técnicas adequados para explicitá-lo e representá-lo. Neste contexto, foi proposto o modelo MTA para apoiar o desenvolvimento de aplicações acessíveis com base na Norma ISO/IEC 12207.

Essa Norma oferece um padrão de desenvolvimento de software que contém um conjunto de processos separados em fundamentais, de apoio e organizacionais. Cada um deles é dividido em atividades ou subprocessos e cada subprocesso subdivide-se em tarefas. A definição clara dos subprocessos e tarefas é importante para direcionar o desenvolvimento de forma que os membros da equipe sejam conduzidos à criação de aplicações que atendam as necessidades de quem as adquire, permitindo o gerenciamento das atividades que envolvem o desenvolvimento de sistemas, visualizando suas fases ou estágios e como estes são integrados no processo de desenvolvimento geral. Contudo, no modelo de processo as técnicas específicas usadas para realizar as atividades não são descritas, mas é fornecido um *framework* onde é possível entender e planejar o processo de desenvolvimento [21].

Conforme observado por Hoffman *et al* [22], a introdução da acessibilidade em aplicações finalizadas pode resultar em reprojeção e recodificação significativa, ultrapassando o orçamento do projeto e o escopo. Neste contexto, o MTA foi idealizado com o objetivo de guiar o processo de desenvolvimento desde as fases iniciais para que a aplicação desenvolvida seja acessível, de forma a evitar o retrabalho ocasionado pelas correções de acessibilidade realizadas somente na fase de testes, como acontece tradicionalmente.

A Tabela 1 mostra os subprocessos do processo de desenvolvimento da ISO/IEC 12207 e as tarefas de acessibilidade que foram incluídas.

Tabela 1 – Tarefas de acessibilidade

Subprocessos da ISO/IEC 12207	Tarefas de acessibilidade
1. Elicitação dos requisitos do sistema	1.1 - Identificar os requisitos de acessibilidade do sistema
2. Análise de requisitos do sistema	2.1 - Especificar os requisitos de acessibilidade do sistema 2.2 - Avaliar os requisitos de acessibilidade do sistema
3. Projeto arquitetural do sistema	3.1 - Alocar os requisitos de acessibilidade aos elementos do sistema 3.2 - Avaliar o projeto arquitetural do sistema com relação aos requisitos de acessibilidade
4. Análise de	4.1 - Estabelecer os requisitos de

requisitos do software	acessibilidade do software 4.2 - Avaliar os requisitos de acessibilidade do software
5. Projeto de software	5.1 - Projetar as interfaces externas acessíveis 5.2 - Realizar o projeto navegacional acessível 5.3 - Avaliar acessibilidade do projeto de software
6. Construção do Software (código e teste de unidade)	6.1 - Planejar teste de acessibilidade para cada unidade de software 6.2 - Codificar cada unidade de software de acordo com as técnicas de acessibilidade 6.3 - Executar testes de acessibilidade de cada unidade de software
7. Integração do software	7.1 - Planejar teste de acessibilidade do software integrado
8. Teste do software	8.1 - Realizar testes de acessibilidade do software 8.2 - Avaliar os resultados do teste de acessibilidade
9. Integração do sistema	9.1 - Realizar testes de acessibilidade no sistema 9.2 - Avaliar os resultados dos testes de acessibilidade do sistema
10. Teste do sistema	10.1 - Certificar a conformidade com os requisitos do sistema.

Como exposto, o MTA propõe que 19 tarefas de acessibilidade sejam executadas durante o processo de desenvolvimento de um software de forma a contribuir para a obtenção de produtos finais que contemplem a acessibilidade. Certamente, a inclusão destes subprocessos em um processo real não pode ser considerada uma atividade trivial. Os gerentes, analistas e programadores de software em geral realizam diversas atividades do ciclo de vida de desenvolvimento e a inclusão de novas atividades pode ser onerosa, devendo-se considerar uma análise custo-benefício da adoção completa ou parcial do MTA. Com relação ao apoio ferramental, cabe aos desenvolvedores ou fabricantes de ferramentas de autoria e ferramentas CASE embutirem nas funcionalidades destinadas a oferecer suporte ao desenvolvimento de aplicações acessíveis, neste sentido, cada ferramenta oferecerá apoio a uma ou mais tarefas do MTA de acordo com a sua finalidade no desenvolvimento de software.

Cada tarefa do MTA foi especificada e descrita em detalhes, de forma a sugerir subtarefas e mecanismos que facilitem suas implantações. Devido a restrição de espaço, essa descrição não será apresentada neste artigo, podendo ser encontrada em <http://pet.ledes.net/?section=program&itemId=12>

4. GERAÇÃO DE APLICAÇÕES WEB ACESSÍVEIS USANDO O PANTANEIRO

O Pantaneiro é um *framework* desenvolvido para facilitar a geração de aplicações Web e portais corporativos em uma plataforma *e-gov*, além de gerenciar e compartilhar o conteúdo dinamicamente. Atualmente existem 54 portais de secretarias e/ou

órgãos do governo estadual de Mato Grosso do Sul instanciados pelo Pantaneiro [23].

O Pantaneiro é composto por três ambientes: de Autoria, de Projeto Navegacional e de Publicação. O Ambiente de Autoria tem como objetivo realizar a modelagem da aplicação, a definição dos componentes, a modelagem da interface e as configurações necessárias para a gerência de permissões sobre os componentes e interfaces geradas. O Ambiente de Projeto Navegacional é onde o gestor da *WebApp* instanciada projeta a navegação entre os componentes criados no Ambiente de Autoria. Por fim, no Ambiente de Publicação são realizadas as fases de instanciação e publicação das *WebApps*, além da fase de povoamento e publicação das instâncias dos componentes.

Para oferecer suporte ao MTA e gerar aplicações Web acessíveis, o Pantaneiro foi adaptado. A Figura 1 mostra a arquitetura do Pantaneiro juntamente com o MTA. O Pantaneiro contempla as tarefas: 5.1 – Projetar Interfaces Externas Acessíveis, na Modelagem de Interface; 5.2 - Realizar Projeto Navegacional Acessível, na Modelagem Navegacional e; 6.2 – Codificar cada Unidade de Software de acordo com Técnicas de Acessibilidade, na Publicação e Teste. Para isto, técnicas de acessibilidade do WCAG 2.0 Nível A foram implementadas nos ambientes gerenciados pelos usuários Gestor e Moderador da *WebApp*.

Inicialmente, avaliações de acessibilidade utilizando ferramentas de avaliação foram realizadas em várias páginas geradas pelo Pantaneiro de forma a perceber os erros comuns destas páginas. Em seguida, o *site* da Pró-Reitoria de Ensino e Graduação da UFMS (PREG) foi selecionado para verificar as correções de acessibilidade.

A primeira avaliação foi realizada utilizando a ferramenta *checker*² na página inicial do *site* da PREG retornou vinte e um erros conhecidos, onze erros prováveis e noventa e seis em potencial, de acordo com o WCAG 2.0 Nível A.

Os erros conhecidos eram oriundos de código HTML, neste sentido, eles tiveram que ser rastreados nos diversos arquivos utilizados para gerar as páginas visualizadas pelo usuário final, desta forma, as correções realizadas nestes foram propagadas em todas as páginas subsequentes geradas pelo Pantaneiro.

Na verificação dos erros prováveis percebeu-se que estes eram erros ocasionados durante a instanciação dos dados dos componentes que compõem o *site*. Neste contexto, para auxiliar na resolução destes erros foram inseridas dicas e lembretes de acessibilidade nos campos onde o texto digitado pelo desenvolvedor usuário do Pantaneiro será exibido na aplicação gerada.

Por fim, os erros em Potencial detectados na avaliação eram erros que caberiam ao avaliador verificar manualmente a sua relevância. Assim, durante esta avaliação manual foram percebidos erros referentes à navegação do *site*. Para a correção destes, o Ambiente de Gerência Navegacional do Pantaneiro foi melhorado de forma a incluir a funcionalidade de ordenar os elementos da interface e inserir automaticamente o link para ir para o conteúdo principal e para o menu. Outra alteração realizada na Gerência Navegacional foi a substituição do menu gerado com *javascript* que era

²www.atutor.ca/checker/index.php

completamente inacessível via teclado, por um menu gerado por uma lista HTML.

conteúdo” porque as páginas geradas pelo Pantaneiro não contêm conteúdo que atualizam automaticamente.

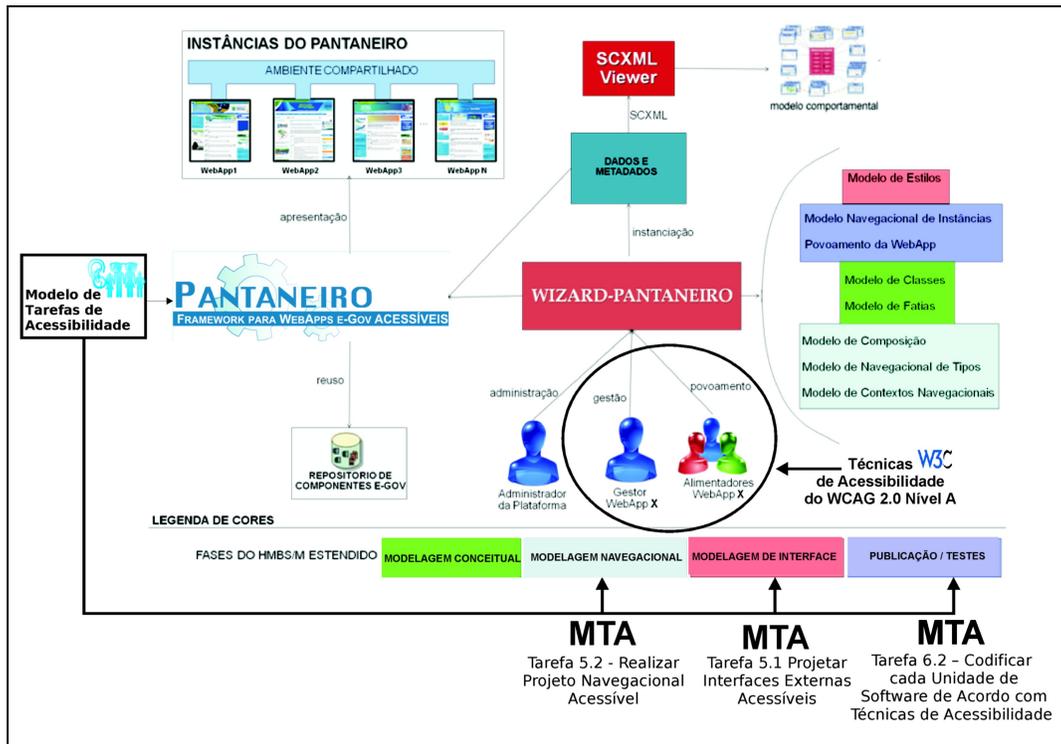


Figura 1. Arquitetura do Pantaneiro com o MTA

A análise inicial realizada no Pantaneiro considerando o *site* da PREG foi importante, sobretudo, por permitir o contato inicial com o Pantaneiro e a geração de *sites*. Neste sentido, o *site* da PREG foi cuidadosamente escolhido considerando que vários problemas de acessibilidade fossem detectados e sugerissem correções no Pantaneiro. No entanto, sabe-se que outro tipo de avaliação que cobrisse todos os critérios do WCAG 2.0 Nível A era necessária, portanto, optou-se pelo julgamento do especialista em acessibilidade Web.

Durante o julgamento do especialista foram percebidos outros pontos a serem melhorados no Pantaneiro. Neste sentido, algumas restrições de acessibilidade foram embutidas na estrutura dos componentes, de forma que os atributos indispensáveis para promover a acessibilidade dos elementos em HTML fossem obrigatoriamente preenchidos. Foi realizado um *checklist*, em que os critérios de sucesso do WCAG 2.0 Nível A para cada uma das onze recomendações foram avaliados no site da PREG. Após as adaptações realizadas no Pantaneiro como consequência do julgamento do especialista, apenas dois critérios de sucesso do WCAG continuaram não sendo cobertos. No primeiro caso, o critério de sucesso “o vídeo e o áudio têm tratamento que diferem dos demais conteúdos não-textuais” não foi atendido porque o Pantaneiro não suporta conteúdo audiovisual. No segundo caso, o critério de sucesso “caso a aplicação gerada tenha operações que precisam ser feitas em determinado período de tempo ou o conteúdo atualize automaticamente, a temporização do mesmo deverá ser ajustada. E o usuário pode pausar, parar ou ocultar o

Finalizadas as correções no Pantaneiro para que ele atendesse os critérios de acessibilidade do WCAG 2.0 Nível A e, findadas as avaliações das páginas geradas por ele para verificar o cumprimento destes critérios, foi realizada a avaliação para verificar a conformidade do Pantaneiro com as adaptações de acessibilidade com relação ao ATAG (*Authoring Tool Accessibility Guidelines*) 2.0 Nível A Parte B. Esta avaliação é importante pois suas verificações são diretamente ligadas à ferramenta de autoria para o desenvolvimento de aplicações Web acessíveis, assim, ela complementa e conclui todo o processo de adaptação do Pantaneiro exposto nesta seção.

5. ESTUDO DE CASO

Foi realizado um estudo de caso com o objetivo de avaliar o MTA e o Pantaneiro, considerando-se a proposta de Wohlin *et al* [24] para experimentação. Nas próximas subseções são apresentados o planejamento, a execução e os resultados do estudo de caso.

5.1 Definição e planejamento do estudo de caso

Os objetivos do estudo de caso foram: (1) avaliar a eficácia do MTA como um modelo de desenvolvimento que contribui para a criação de aplicações Web acessíveis; (2) avaliar se a implementação realizada no Pantaneiro contribui para a geração de aplicações Web acessíveis e (3) observar o quanto o MTA, o Pantaneiro e o conhecimento em acessibilidade devem estar integrados para que aplicações Web acessíveis sejam desenvolvidas.

O estudo de caso foi realizado com trinta e dois participantes durante o I Workshop de Engenharia de Software) na FACOM - UFMS (FAculdade de COMputação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul). Todos os participantes eram alunos da UFMS, sendo 16 alunos do curso de Ciência da Computação (13 alunos do 3º ano e 3 alunos do 2º ano), 14 alunos do curso de Análise de Sistemas (10 alunos do 3º ano, 2 alunos do 4º ano e 2 alunos do 2º ano) e 2 alunos do 2º ano do Mestrado em Ciência da Computação. Entre 32 os participantes, 15 tinham em média 1 ano de experiência, 27 tinham conhecimento em HTML, 8 tinham conhecimento prévio em acessibilidade Web e apenas 1 participante tinha experiência de utilização de um processo.

5.1.1 Seleção do contexto

Os trinta e dois participantes do estudo de caso foram distribuídos aleatoriamente em dezesseis grupos (cada grupo composto por dois participantes), dentro de oito tratamentos, de acordo com as três variáveis: (1) utilização do MTA; (2) conhecimento em acessibilidade Web e (3) utilização do Pantaneiro após os incrementos de acessibilidade. A Tabela 2 mostra esta distribuição.

Tabela 2 – Seleção do contexto

Tratamento	Grupo	Variáveis		
		Uso do MTA	Conhec. acessibilidade	Uso Pantaneiro
1	A	SIM	SIM	SIM
	B			
2	A	SIM	SIM	NÃO
	B			
3	A	SIM	NÃO	SIM
	B			
4	A	SIM	NÃO	NÃO
	B			
5	A	NÃO	SIM	SIM
	B			
6	A	NÃO	SIM	NÃO
	B			
7	A	NÃO	NÃO	SIM
	B			
8	A	NÃO	NÃO	NÃO
	B			

5.1.2 Instrumentação

Para a execução do estudo de caso os participantes receberam diversos recursos, de acordo com o grupo e o tratamento a que pertenciam. Por exemplo, a ferramenta Pantaneiro e o manual do usuário foram fornecidos somente aos grupos pertencentes aos tratamentos 1, 3, 5 e 7 enquanto o tutorial sobre o MTA foi fornecido aos grupos 1, 2, 3 e 4.

O estudo de caso foi dividido em quatro módulos: (1) treinamento em acessibilidade web; (2) treinamento em desenvolvimento de aplicações web acessíveis; (3) treinamento sobre o Pantaneiro e (4) prática de desenvolvimento. Considerando as variáveis do estudo de caso apresentado na Tabela 2, apenas os módulos (3) e (4) tiveram a participação de todos os grupos.

5.2 Execução

Na execução do estudo de caso, todos os participantes foram encaminhados para o laboratório de Computação da FACOM/UFMS onde receberam os recursos necessários de acordo com o grupo que participavam. Todos desenvolveram o *site* do PET – Programa de Educação Tutorial do curso de Ciência da Computação da UFMS. O *site* continha quatro páginas cuidadosamente selecionadas, de forma que as interfaces tivessem elementos críticos para a acessibilidade, tais como imagens e formulários, além dos textos.

Os participantes que não utilizaram o Pantaneiro desenvolveram o *site* utilizando editores HTML tais como Notepad++, Bluefish, Emacs e Eclipse. Os participantes que utilizaram o MTA receberam um formulário digital com as tarefas de acessibilidade e o preenchimento de forma que o desenvolvimento da aplicação fosse realizado e registrado de acordo com as tarefas do Modelo. Estes grupos, também completaram um outro formulário com questões referentes à percepção e uso do MTA.

5.3 Validação dos dados das avaliações de acessibilidade dos sites

A validação dos dados de acessibilidade dos *sites* foi realizada a partir de avaliações de acessibilidade considerando o WCAG 2.0 Nível A, tomado como base por ser a principal recomendação de acessibilidade Web e por reunir critérios básicos de acessibilidade. Todas as páginas que compõem todos os *sites* desenvolvidos pelos dezesseis grupos foram avaliadas com a ferramenta de avaliação de acessibilidade Web TotalValidator³. A Tabela 3 mostra a média de erros e o desvio padrão.

Tabela 3: Erros de acessibilidade por tratamento

Tratamento	Média de erros	Desvio padrão
1	3	2,83
2	21,5	4,95
3	2	0
4	37	4,24
5	21,5	14,85
6	25,5	17,68
7	12	7,07
8	17,5	0,71

5.4 Análise e Interpretação dos dados

5.4.1 Eficácia do MTA

A Figura 2 mostra a relação entre os erros de acessibilidade Web e a utilização do MTA. Como pode ser observado, a média de erros dos *sites* desenvolvidos utilizando o Modelo foi de 15 erros, enquanto os *sites* desenvolvidos sem a utilização do MTA tiveram uma média de 19 erros. Apesar da pouca diferença, observou-se que o uso do Modelo foi uma forma de trazer a acessibilidade para o processo de desenvolvimento e contribuiu para a promoção da acessibilidade do *site*.

³ <http://www.totalvalidator.com/>

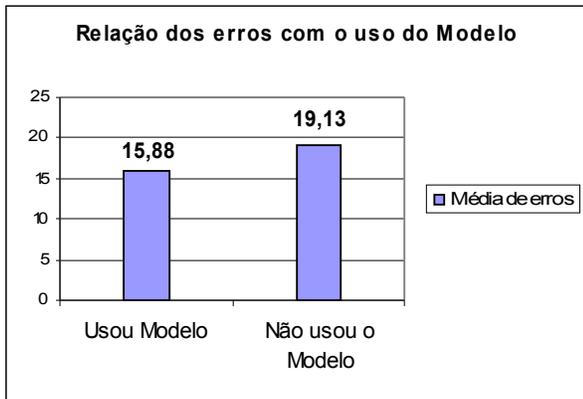


Figura 2: Média de erros de acessibilidade de acordo com o uso do MTA

5.4.2 Eficácia do MTA relacionando-o com o conhecimento sobre acessibilidade Web

Essa análise buscou verificar se a eficácia do MTA na promoção da acessibilidade Web está relacionada ao conhecimento dos desenvolvedores sobre acessibilidade Web. Observando a Figura 3 é possível verificar aspectos positivos da utilização do Modelo e o conhecimento em acessibilidade, pois o melhor resultado observado foi obtido pelos grupos que utilizaram o MTA e tinham conhecimento em acessibilidade Web (média de 12,25 erros). O resultado menos satisfatório nesta análise foi observado nos *sites* desenvolvidos sem a utilização do Modelo, mesmo os participantes tendo conhecimento em acessibilidade Web (média de 23,5 erros).

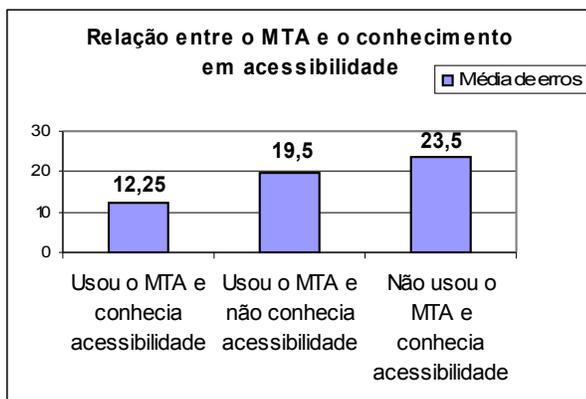


Figura 3: Relação entre a utilização do MTA e o conhecimento em acessibilidade Web

5.4.3 Eficácia do MTA relacionando-o com o uso do Pantaneiro

Esta análise buscou verificar se a eficácia do MTA na promoção da acessibilidade Web está relacionada à utilização do Pantaneiro com as implementações de acessibilidade. Como pode ser verificado na Figura 4, os *sites* desenvolvidos por participantes que utilizaram o MTA juntamente com o Pantaneiro obtiveram média de erros menor (2,5 erros), enquanto os *sites* desenvolvidos utilizando o MTA e não fazendo uso o Pantaneiro tiveram média de erros maior (29,25).

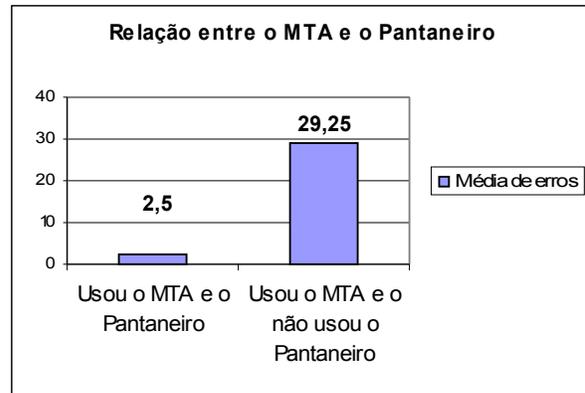


Figura 4: Relação entre o MTA e o Pantaneiro

5.4.4 Relacionamento entre o uso do Pantaneiro e o MTA

A Figura 5 mostra que os *sites* desenvolvidos no estudo de caso por meio do Pantaneiro e com o apoio do MTA tiveram menos erros de acessibilidade Web (média de 2,5 erros), enquanto os *sites* desenvolvidos utilizando o Pantaneiro porém sem utilizar o MTA tiveram média de erros de acessibilidade maior (16,75 erros).

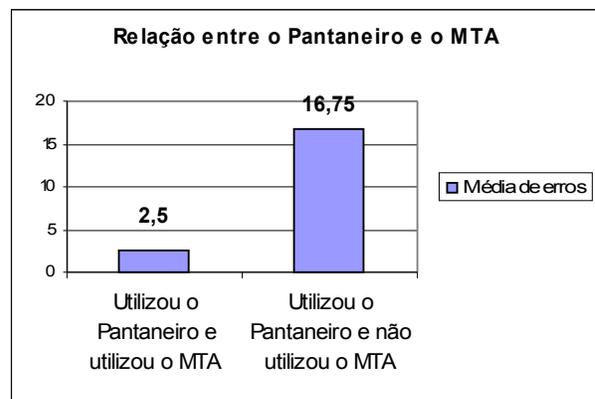


Figura 5: Relação entre o Pantaneiro e o MTA

5.5 Limitações do Estudo de Caso

Durante a avaliação, análise e interpretação dos dados, algumas limitações foram percebidas. Elas devem ser consideradas, pois podem configurar em tendências nos resultados do estudo de caso. Neste sentido, as limitações observadas foram enumeradas, a seguir:

- **Pouco conhecimento dos participantes em desenvolvimento de software.** Neste aspecto observou-se a falta de conhecimento dos estudantes em termos de teste e avaliação de software e a dificuldade dos participantes em discernir o que era relacionado a sistema e o que era relacionado a software;
- **Pouco tempo para o desenvolvimento do site.** O módulo que consistiu no desenvolvimento dos *sites* teve duração de duas horas. Durante este, foi possível perceber que, para pesquisas por técnicas de acessibilidade mais apuradas e para a realização de avaliações e correções de acessibilidade, o tempo não foi suficiente para alguns grupos;

- **Insuficiência de treinamento em Acessibilidade Web.** O módulo de treinamento em acessibilidade teve duração de trinta minutos. Por mais que os participantes receberam o material explicativo sobre o tema com antecedência, percebeu-se que o tempo para realização da palestra foi curto para exemplificar com mais detalhes técnicas de acessibilidade. Em situações reais é necessário fornecer treinamento mais completo, seguido por exemplos práticos de teste e de avaliação de acessibilidade e técnicas.

- **Insuficiência do aprendizado sobre o Pantaneiro.** Todos os participantes receberam treinamento sobre o Pantaneiro, porém eles alegaram que a ferramenta tem muitas funcionalidades, assim, seria necessário mais tempo para aprender utiliza-la.

- **Erros de acessibilidade do Pantaneiro:** Os critérios de acessibilidade foram criteriosamente reunidos no Pantaneiro. Para isto avaliações e testes de conformidade foram realizados de forma a atestar a eficácia do Pantaneiro na promoção da acessibilidade Web. Contudo, durante a validação dos dados foi possível observar alguns aspectos no Pantaneiro, não percebidos anteriormente, que não contemplam acessibilidade, o principal deles está relacionado ao componente “Página HTML”. Este componente é instanciado em um editor de textos embutido no Pantaneiro, que despercebidamente, não recebeu cuidados de acessibilidade. Ainda durante a geração das páginas dos *sites* desenvolvidos utilizando o Pantaneiro no estudo de caso, algumas funcionalidades não funcionaram a contento, tais como: os recursos de imagens não foram corretamente gerados nas páginas, os *links* de salto não tiveram a formatação padronizada programaticamente no Pantaneiro e os componentes nas interfaces não ficaram localizados onde os desenvolvedores determinaram.

- **Falta realização de avaliação com deficientes:** outra limitação encontrada foi não ter realizado avaliações com usuários deficientes. Esta avaliação é importante para captar as estratégias de utilização do *site* por usuários deficientes em situações reais.

5.6 Conclusões do estudo de caso

Diversas verificações foram realizadas no estudo de caso. Primeiramente, buscou-se observar o entendimento dos participantes sobre o MTA. Neste sentido, tendo em vista as limitações dos participantes do estudo de caso, não houveram discrepâncias se comparadas as respostas que atenderam a proposta do modelo, as que não atenderam e as que foram medianas. Houve um número muito alto de respostas em branco, principalmente das últimas tarefas, porém este número não afetou negativamente no resultado do entendimento do Modelo. Sob esta perspectiva, conclui-se que o MTA foi compreendido pelos participantes do estudo de caso que o utilizaram, inclusive por aqueles que não tinham conhecimento em acessibilidade Web. De acordo com os participantes do estudo de caso, o Modelo atende aos atributos de qualidade aos quais foi submetido a avaliação.

Com relação a eficácia do MTA na promoção da acessibilidade, verificou-se que os erros de acessibilidade do *sites* desenvolvidos utilizando o MTA foram menores que os erros dos *sites* desenvolvidos sem a utilização do MTA. Portanto, a utilização do MTA no processo de desenvolvimento contribui para a promoção da acessibilidade. Assim, as aplicações usando o Modelo foram

melhores. Os participantes que conheciam acessibilidade, porém não utilizaram o MTA, tiveram uma média de erros alta em relação aos participantes que conheciam acessibilidade e utilizaram o MTA. De fato, a utilização do MTA guia as considerações de acessibilidade nas fases do desenvolvimento, favorecendo criação de *sites* acessíveis.

No que se refere ao suporte do Pantaneiro para a criação de aplicações Web acessíveis, pode-se concluir que o mesmo contribui para a promoção da acessibilidade, pois os *sites* desenvolvidos utilizando-o tiveram menos erros de acessibilidade do que os desenvolvidos sem o suporte dele. O Pantaneiro é eficiente quando utilizado juntamente com o MTA e, mesmo sendo utilizado por pessoas sem conhecimento em acessibilidade, contribui para a promoção da acessibilidade. Esta conclusão fornece importantes diretrizes, pois este é um grupo que representa a grande maioria dos desenvolvedores em situações reais. No que diz respeito ao uso do Pantaneiro para oferecer suporte ao MTA, constatou-se que os melhores resultados das avaliações de acessibilidade foram extraídos dos *sites* desenvolvidos utilizando o Modelo com suporte do Pantaneiro. Neste contexto, o Pantaneiro prestou o apoio esperado ao modelo.

6. TRABALHOS RELACIONADOS

Algumas abordagens foram encontradas no sentido de considerar a acessibilidade no processo de desenvolvimento. Neste contexto, Melo e Baranauskas [20] propõem um Modelo de Processo para *Design* Inclusivo de Sistemas de Informação na Web. O Modelo pressupõe a participação do usuário em espaços colaborativos de *design*, na concepção, proposição e avaliação de sistemas e suas interfaces. Ele é representado por disciplinas, conforme sugerido em OMG [25], e cada disciplina é composta por atividades, onde considerações de acessibilidade são inseridas. Esta abordagem de *design* inclusivo é relevante para o contexto do desenvolvimento de aplicações Web acessíveis, porém, a acessibilidade não é o principal objetivo a ser alcançado neste modelo.

A abordagem que mais se aproxima deste artigo foi proposta por Abou-Zahra [18], onde avaliações de acessibilidade Web são sugeridas nos estágios do Processo de Desenvolvimento da ISO/IEC 12207, esclarecendo a importância da acessibilidade nestes. Outro estudo referente a acessibilidade no processo de desenvolvimento baseado na ISO/IEC 12207 foi realizado por Freire *et al.* [8]. Os autores fizeram um levantamento de técnicas de acessibilidade em publicações da literatura, constatando as concentrações de estudos em cada atividade do processo de desenvolvimento.

7. CONCLUSÕES

O trabalho foi importante para apontar estratégias para a promoção da acessibilidade Web no desenvolvimento de *sites* por meio de um Modelo de Tarefas de Acessibilidade que direciona a criação de aplicações Web acessíveis em todas as fases do processo de desenvolvimento. E, como verificado, o Modelo é eficaz na promoção da acessibilidade e pode ser utilizado por desenvolvedores que não tem conhecimento em acessibilidade Web, o que caracteriza o cenário atual das empresas de software.

Além do mais, as adaptações de acessibilidade realizadas no Pantaneiro contribuíram para a geração de páginas acessíveis e

para apontar formas de promover a acessibilidade nas ferramentas de autoria para que estas gerem aplicações Web acessíveis.

Agradecimentos: Os autores agradecem à FUNDECT, CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro

8. REFERÊNCIAS

- [1] Pühretmair, F., Miesenberger, K. 2005. Making Sense of Accessibility in IT Design - Usable Accessibility vs. Accessible Usability. In Proceedings of the 16th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (Copenhagen, Denmark, August 22 – 26, 2005) 861-865.
- [2] W3C/WAI. 2005. Introduction to Web Accessibility. <http://www.w3.org/WAI/intro/accessibility.php>
- [3] Paddison, C., Englefield, P. 2003. Applying Heuristics to Perform a Rigorous Accessibility Inspection in a Commercial Context. In Proceedings of the 2003 ACM Conference on Universal Usability (Vancouver, British Columbia, Canada). CUU'03. ACM, New York, NY, 126-133. DOI=<http://doi.acm.org/957205.957228>
- [4] W3C. 2006. Policies Relating to Web Accessibility. <http://www.w3.org/WAI/Policy>
- [5] Brasil. 2004. Decreto-lei 5296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis n°s 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade. Publicado no D.O.U, n° 232, 03 de dezembro de 2004.
- [6] Brasil. 2005. Recomendações de Acessibilidade para a Construção e Adaptação de Conteúdos do Governo Brasileiro na Internet. e-MAG, Acessibilidade de Governo Eletrônico. **Modelo de Acessibilidade**, versão 2.0. 13 p.
- [7] Brasil. 2005. Recomendações de Acessibilidade para a Construção e Adaptação de Conteúdos do Governo Brasileiro na Internet. e-MAG, Acessibilidade de Governo Eletrônico. **Cartilha Técnica**, versão 2.0. 45 p.
- [8] Freire, A. P., Goularte, R., Fortes, R. P. M. 2007. Techniques for Developing More Accessible Web Applications: a Survey Towards a Process Classification. In Proceedings of the 25th Annual ACM International Conference on Design of Communication (El Paso, Texas, USA, 22-24).. 162-169.
- [9] Lazar, J., Sponaugle-Dudley, A., Greenidge, K. 2004. Improving Web accessibility: a study of Webmaster perceptions. In Computers in Human Behavior. Vol. 20, Issue 2. The Compass of Human-Computer Interaction Elsevier. 269-288
- [10] IEEE/EIA 12207.0-1996. 1998. Industry Implementation of International Standard ISO/IEC 12207: 1995. (ISO/IEC 12207) Standard for Information Technology – Software life cycle processes. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, New York, NY, USA.
- [11] Paciello, M. G. 2000. Web accessibility for people with disabilities. CMP Books. Kansas-USA.
- [12] Thatcher, J., Burks, M. R., Heilmann, C., Henry, S. L., Kirkpatrick, A., Lauke, P. H., Lawson, B., Regan, B., Rutter, R., Urban, M., Waddel, C.D. 2006. Web accessibility: web standards and regulatory compliance.
- [13] Harper, S., Yesilada, Y. 2008. Web Accessibility and Guidelines. In: Web Accessibility – A Foundation for Research, S. Harper and Y. Yesilada (editors), Springer-Verlag London Limited, 2008, 61-78.
- [14] WCAG 2.0. 2008. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. <http://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/>
- [15] USA. 1998. Section 508 of the Rehabilitation Act (29 U.S.C. 794d), of August 7, 1998. Amended by the Workforce Investment Act of 1998 (P.L. 105-220).
- [16] Deutschland. 2002. Barrierefreie Informationstechnik-Verordnung (BITV): Einfach für Alle, 27. April 2002.
- [17] Italian. 2004. Law n. 4. Provisions to support the access to information technologies for the disabled. Published on the Official Gazette of the Italian Republic n. 13. 17, 2004.
- [18] Abou-Zahra, S. 2008. Web Accessibility Evaluation, In: Web Accessibility – A Foundation for Research, S. Harper and Y. Yesilada (editors), Springer-Verlag London Limited, 79-106.
- [19] WCAG 2.0. 2008. Techniques for WCAG 2.0. <http://www.w3.org/TR/2008/NOTE-WCAG20-TECHS-20081211>
- [20] Melo, A. M., Baranauskas, M.C.C. 2006. Design para a Inclusão: Desafios e Proposta. In Proceedings of VII Brazilian symposium on Human factors in computing systems on ACM International Conference Proceeding Series; Vol. 323.,2006). 11- 20.
- [21] Ginige, A. 1998. Web Engineering: Methodologies for Developing Large and Maintainable Web Based Information Systems. Sch. of Comput. & Technol., Univ. of Western Sydney, Campbelltown, NSW, Australia.
- [22] Hoffman, D., Grivel, E., Battle, L. 2005. Designing software architectures to facilitate accessible Web applications. In IBM Systems Journal , Vol 44, n° 3, 457 – 483.
- [23] Sandim, H.C. 2009. Pantaneiro: Framework de Aplicações Web Para Plataformas E-Gov. Dissertação de Mestrado. Junho de 2009 Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – DCT/UFMS, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.
- [24] Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. O., Regnell, B., Wesslén, A. 2000. Experimentation in Software Engineering – An Introduction. Kluwer Academic Publishers Boston/Dordrecht/London.
- [25] OMG. 2005. Software Process Engineering Metamodel, Version 1.1. Object Management Group. <http://www.omg.org/technology/documents/formal/spem.htm>