

Avaliação de Acessibilidade para Terceira Idade em WebSites Utilizando Lógica Fuzzy

Resumo.

O alcance da Internet tem crescido nas últimas duas décadas e em paralelo tem-se o aumento da expectativa de vida da população, montando um cenário onde os idosos surgem como potenciais usuários da *Web*. Atento a esse público, tanto por fatores legais como de inclusão, os *sites* devem ser norteados pelas normas de acessibilidade e depois de construídos devem ser validados. A proposta desta pesquisa é apresentar uma abordagem de avaliação que, baseado em conceitos de lógica *Fuzzy*, traduza a linguagem natural, aproxime respostas automatizadas às ações humanas e assim represente adequadamente a real experiência do usuário.

1. Introdução

Em constante evolução desde os anos 90's, a Internet alcança grande parte da população mundial. Alguns fatores, como proliferação de locais públicos de acesso à rede mundial, redução de custos para o uso de banda larga, abertura de novas linhas de crédito, avanço dos dispositivos móveis, entre outros, influenciam este cenário. Com isso, o mundo *on-line* consolidou-se como uma plataforma, capaz de transformar modelos de negócios, incentivar novas formas de comunicação e aproximar pessoas diminuindo barreiras continentais (Internet World Stats, n.d).

Essa dimensão globalizada torna a Internet parte do cotidiano das pessoas e sua popularização contribui para que diferentes perfis passem a interagir através da *Web*. Diante desta realidade, a acessibilidade torna-se essencial, com o propósito de atender às diferentes necessidades de quem o acessa.

As pessoas só utilizarão a Internet se as interfaces forem de fácil acesso e compatíveis com suas necessidades. Além disso, com uma grande oferta de *sites* e páginas *Web*, os usuários tornam-se cada vez menos tolerantes e mais críticos a *sites* complexos (Nielsen; Loranger, 2007).

Um projeto *Web* mal planejado pode significar um negócio fracassado ou ainda, a perda de potenciais consumidores. Assim a usabilidade e acessibilidade passam a ser relevantes na garantia do sucesso da divulgação de um conteúdo de determinada organização, e na inclusão de usuários, que mesmo com algum tipo de limitação, motora ou cognitiva, podem usufruir do ambiente digital (Nielsen; Loranger, 2007).

Ao analisar este contexto, no âmbito brasileiro, observa-se também um crescimento no número de pessoas com acesso a Internet, alcançando hoje cerca de 77,8 milhões de pessoas. Paralelamente a esse número tem-se também o aumento da expectativa de vida e o consequente crescimento do número de idosos que navegam pela Internet (IBOPE, 2011). Esse crescimento sinaliza uma mudança positiva e indica que os idosos estão ativos e mais conscientes da sua importância econômica. Entretanto, inserir esses potenciais usuários no mundo digital, ou seja, adequar as interfaces para esse grupo, normalmente inexperiente, é um desafio (Shneiderman, 2000).

Esse desafio concentra-se no fato de que os idosos não possuem familiaridade com as novas Tecnologias de Informação, logo, precisam de uma adaptação ao novo mundo. Além disso, necessitam suprir suas falhas psicomotoras e cognitivas, que começam a surgir em virtude da idade. Garantir que idosos e todos os outros cidadãos tenham acesso ao conteúdo *on-line*, independente de sua condição psicomotora e/ou cognitiva é no Brasil um direito reservado pelo Decreto n.º 5.296, que utiliza diretrizes de acessibilidade definidas pelo Modelo de Acessibilidade de Governo Eletrônico (e-MAG, 2011).

Uma falha encontrada no processo de “acessibilização” está relacionada à avaliação final feita sobre os *sites* para julgá-los acessíveis ou não. Entre os métodos de avaliação, que verificam a aderência do *site* às diretrizes de acessibilidade, encontram-se os programas de avaliação automática que o código em *HyperText Markup Language* (HTML) e verificam se o mesmo está ou não dentro do conjunto das regras estabelecidas; no final. (Ferreira *et al.*, 2011).

Hoje, os avaliadores automáticos assumem a posição de uma das principais formas de análise, mas essa avaliação por si só não é suficiente (Ferreira; Nunes, 2008), pois sua análise se restringe apenas ao código HTML. Assim, apesar de alguns *sites* serem avaliados como acessíveis, quando colocados para análise junto aos usuários não atendem de fato às necessidades esperadas.

A proposta deste artigo é trazer uma nova forma de avaliação de acessibilidade em *sites* na *Web*, agregando fundamentos da lógica *Fuzzy* aos mecanismos de avaliação. Sendo a lógica *Fuzzy* uma técnica capaz de incorporar a forma humana de pensar (Shaw; Simões, 1999) e que

teve, desde sua criação, em 1965 por Zadeh (Zadeh, 1965), seu uso intensificado nas mais diversas áreas, permitindo que opiniões subjetivas, geradas a partir da incerteza da percepção humana, fossem transformadas em indicadores mensuráveis (Santos, 2007).

A utilização da lógica *Fuzzy* como facilitador para apoiar à avaliação, possibilitará que problemas semânticos sejam evidenciados e que os envolvidos no desenvolvimento do *site* consigam enxergar os ajustes de fato necessários. Além disso, é importante ressaltar que o modelo estará, simultaneamente, alinhado com as diretrizes de acessibilidade, como também com as necessidades reais do usuário, no caso, daqueles que estão na terceira idade.

2. Acessibilidade na Web

Acessibilidade é o termo geral usado para indicar a possibilidade de qualquer pessoa usufruir todos os benefícios de uma vida em sociedade, entre eles, o uso da Internet. A acessibilidade digital é mais específica e refere-se apenas ao acesso aos recursos computacionais; a acessibilidade na Internet é o usufruto dos recursos da rede mundial de computadores e a acessibilidade na *Web*, ou e-acessibilidade, refere-se especificamente ao componente *World Wide Web*, ou *Web* (Ferreira; Nunes, 2008).

No ambiente digital, a acessibilidade na Internet é o termo utilizado para definir, de forma ampla, o acesso universal a todos componentes da rede, como *chats* e *e-mails*. Já o termo acessibilidade *Web*, refere-se especificamente ao componente *Web*, conjunto de páginas escritas na linguagem HTML. Representa o direito de acesso à rede de informação, eliminação de barreiras arquitetônicas, de comunicação, de acesso físico, de equipamentos e programas adequados, de conteúdo e apresentação da informação em formatos alternativos (Ferreira *et al.*, 2008).

Construir páginas *Web* que possam suprir todos os tipos de necessidade, é alcançar um nível de acessibilidade ideal. Tem-se em mente que o conteúdo deve estar acessível ao um maior número possível de usuários, e não só com o objetivo de atender leis institucionais, mas também porque, consequentemente alcançam uma maior audiência, aparecem melhor em resultados de busca, possuem um menor custo de manutenção, dentre outros benefícios (W3C, n.d.).

Para orientar os projetistas na elaboração de sistemas acessíveis existem recomendações e diretrizes, como as “Diretrizes para a Acessibilidade de Conteúdo na Web” (WCAG - *Web Content Accessibility Guidelines*), propostas pelo comitê internacional W3C, que regula os assuntos ligados à Internet. Essas diretrizes tratam de questões que dificultam o acesso a sites por usuários com características específicas de acesso ou limitações. O WCAG hoje se encontra em sua segunda versão (W3C, n.d.).

Outras iniciativas para promover a acessibilidade digital estão vinculadas ao governo, que para atender a suas leis e decretos relacionados à acessibilidade *Web*, promovem o desenvolvimento de regras ou normas adaptadas ao seu cenário local, mas que geralmente são baseadas nas recomendações feitas pelo W3C.

Tais normas são adotadas por diversos países, como a *Section 508* do governo dos Estados Unidos, os padrões CLF do Canadá, as diretrizes irlandesas de acessibilidade e documentos propostos por Portugal e Espanha (e-MAG, 2011). Já no âmbito nacional, foi realizado um estudo comparativo das normas internacionais de acessibilidade, o que resultou na confecção do “Modelo de Acessibilidade do Governo Eletrônico” (e-MAG), que consiste de recomendações para padronizar e facilitar o processo de acessibilidade dos sites do Governo, coerente com as necessidades brasileiras e em conformidade com os padrões internacionais (Acessibilidade Brasil, n.d.).

Depois de desenvolver uma página *Web* de acordo com as recomendações propostas, deve-se submetê-la a testes de verificação e validação dos critérios de acessibilidade utilizados.

Esse processo acontece em duas etapas, a primeira através de validação automática e a segunda por meio de validação manual (e-MAG, 2011).

A avaliação automática é feita por *softwares* ou aplicativos *on-line* que alinham as diretrizes de acessibilidade, discutidas anteriormente, ao código HTML de uma página *Web*. Depois dessa checagem, um relatório de possíveis erros e avisos de verificações/recomendações é obtido como resultado. Entretanto, por essa avaliar apenas a sintaxe do código HTML, um resultado positivo desses avaliadores não é suficiente para garantir a acessibilidade de uma página *Web* (e-MAG, 2011); esse tipo de avaliação consegue encontrar alguns erros, omissões óbvias e em paralelo gera uma longa lista de recomendações para serem verificadas, as quais podem não representar problemas (Krug, 2006).

Por isso, em seguida deve ser feita uma avaliação semântica, através da validação manual baseada geralmente em um *checklist* (e-MAG, 2011), que ajuda a garantir a clareza da linguagem e a facilidade de navegação (recomendações de usabilidade e acessibilidade). Neste cenário, surge a abordagem desse artigo, a qual propõe um questionário (*checklist*) voltado para necessidades da terceira idade, mas que ao invés de ser uma checagem manual terá o suporte de conceitos de lógica *Fuzzy*.

2.1. Acessibilidade Web e a Terceira Idade

O declínio da fertilidade e mortalidade, além do aumento da expectativa de vida tem provocado o amadurecimento da população mundial. Hoje o número de idosos alcança um nível inédito na história, e a previsão é de que aumente ainda mais (Transgenerational, n.d.; United Nations, 2009). No Brasil, segundo o Censo Demográfico de 2010, os idosos passam a representar 11% da população total, cerca de 21 milhões de brasileiros. De acordo com a projeção do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2050 o número de idosos chegará a 30% (IBGE, 2010).

Além dos fatores como cor, sexo e classe social, a idade é um dos pilares para segmentação da sociedade, fazendo com que a percepção dela esteja atrelada ao envelhecimento e ao papel do idoso (Moreira, 1997). Os idosos ou pessoas da terceira idade, no Brasil, se enquadram na faixa etária a partir dos 60 anos de idade (Brasil, 2003); esse público amplia a cada ano, e no ano de 2010 já representava 11% das 190 milhões de pessoas, totalizando assim, cerca de 21 milhões (IBGE, 2010).

Neste contexto, surge a necessidade de que bens, serviços e infraestrutura sejam oferecidos de maneira que acompanhem essa transformação estrutural da sociedade, ou seja, que acomodem as mudanças físicas e capacidades sensoriais (Transgenerational, n.d.) envolvidas no processo que se desencadeia ao longo da idade.

Dentre esses bens e serviços destaca-se a Internet, por oferecer um meio de comunicação dinâmico, interativo e com potencialidade para disseminação e acesso a informações. Entretanto, ao mesmo tempo em que a Internet potencializa e pode utopicamente democratizar o acesso às informações, gera também uma nova categoria de excluídos sociais: os excluídos digitais, como é o caso de idosos que ainda possuem uma dificuldade para acessá-la (Sales; Cybis, 2003). Sabe-se que 50% das pessoas acima de 59 anos possuem algum tipo de alteração funcional, ou seja, são usuários com necessidades especiais (Nielsen, 2000). Geralmente, estas necessidades estão diretamente relacionadas à visão, habilidade física, audição, habilidade cognitiva (Sales; Cybis, 2003; WAI-AGE, n.d.).

Com o propósito de atender essas necessidades, propor melhorias e trazer boas experiências às pessoas na terceira idade na navegação *Web*, surgiu o *Web Accessibility Initiative: Ageing Education and Harmonisation*, projeto WAI-AGE/W3C (WAI-AGE, n.d.), que oferece recomendações, e padrões de acessibilidade com foco nos usuários idosos. Entretanto, com o cuidado de evitar duplicações e fragmentações potenciais, dado que os idosos

e pessoas com deficiência possuem requisitos em comum, ou seja, há um conjunto de padrões que podem ser unificados e não necessariamente especificados.

3. Lógica Fuzzy

A lógica *Fuzzy*, também conhecida como Difusa ou Nebulosa, foi formalizada através dos conjuntos difusos propostos em 1965, pelo engenheiro eletrônico Zadeh (Zadeh, 1965). Surgiu como alternativa aos processamentos executados através da lógica *booleana*, com o propósito de permitir que os recursos tecnológicos disponíveis fossem capazes de automatizar as atividades relacionadas a problemas de natureza industrial, biológica ou química que compreendessem situações ambíguas (Moré, 2004).

Esta lógica caracteriza-se, principalmente, como representação de uma técnica que incorpora a forma humana de pensar em um sistema de controle (Shaw; Simões, 1999). Por isso, tem sido utilizada em diferentes áreas do conhecimento humano, por exemplo, na área de *Engenharia de Software* como apoio a avaliação de qualidade de produtos (Belchior, 1997), ou ainda em áreas da administração, como o *marketing* para dar suporte na identificação do perfil de clientes, e assim oferecer serviços e produtos personalizados (Nogueira, 2004). Outras aplicações podem ser encontradas na área de análise de dados, na construção de sistemas especialistas, como também, no controle e otimização e reconhecimento de padrões.

O modelo em discussão se diferencia de modelos convencionais principalmente por permitir a construção de uma estrutura formal quantitativa, capaz de capturar as imprecisões do conhecimento humano, formulado através da linguagem natural. Através de regras baseadas em variáveis linguísticas, tornando mais intuitiva a modelagem de sistemas (Belchior, 1997).

Nos modelos convencionais, segue-se a lógica clássica de Aristóteles, um elemento assume o atributo da bivalência e caracteriza-se por pertencer ou não a um conjunto (Shaw; Simões, 1999). Ou seja, uma condição só pode assumir a posição de verdadeira ou falsa, característica esta denominada conjunto *crisp* (Moré, 2004).

Um conjunto *Fuzzy*, por sua vez, pode ser visto como uma representação de um conjunto na Teoria dos Conjuntos Convencional, mas que só se tem um conhecimento imperfeito (Santos *et al.*, 2010). Neste caso, a pertinência de um elemento a um conjunto é dada não mais por um valor em $\{0,1\}$, mas por um valor qualquer no intervalo $[0,1]$, isto é, a pertinência de um elemento a um conjunto pode ser parcial (Moraes, 1998), assumindo 0, quando não pertencer de maneira alguma ao conjunto e 1 quando é 100% pertinente aquele conjunto. Além do grau de pertinência, o qual define o grau de verdade sobre determinado atributo, o conjunto *Fuzzy* é identificado também por dois importantes elementos, segundo Belchior (1997):

- Variável Linguística – pode-se dizer que é uma variável cujo domínio, ou valores, são termos da linguagem referentes a um certo contexto. Por exemplo, a variável linguística "*Idade*".
- Termos Linguísticos – refere-se a uma variável linguística, corresponde a um adjetivo ou advérbio, que devem estar associado ao universo de discurso da variável linguística. No caso da variável "*Idade*" os termos podem ser: "*Jovem*", "*Adulto*" ou "*Idoso*".

Este processo de classificação garante a flexibilidade fornecida pela função de pertinência, pois possibilita que sejam feitas operações com os intervalos mantendo uma maior adequação com os conceitos do mundo real.

Um sistema *fuzzy* consiste basicamente de processo entrada de dados, números precisos (*crisp*) que representam o estado exato de um fenômeno associado, fuzzyficação, inferência das regras, defuzzyficação, saída (*crisp*). A fuzzyficação é a etapa onde as variáveis linguísticas são atribuídas, através das funções de pertinência, às variáveis de entrada. Sendo as funções de

pertinência uma função numérica, gráfica ou tabulada que atribui valores de pertinência *Fuzzy* para valores discretos de uma variável (valores numéricos) (Shaw; Simões, 1999).

A definição das funções de pertinência para cada variável pode ser apresentada no formato triangular ou trapezoidal, sendo estas as mais fáceis de serem geradas (Shaw; Simões, 1999). Mas, os tipos de funções podem ser os mais diversos possíveis, dependendo da necessidade do problema. Além disso, estas funções não precisam ser simétricas ou igualmente espaçadas, e cada variável pode ter um conjunto de funções de pertinência diferente, com diversos formatos e distribuições (Shaw; Simões, 1999).

A inferência das regras dar-se pela etapa em que proposições (regras), formas que expressam o conhecimento em um sistema *Fuzzy* e são constituídas por valores linguísticos, são interpretadas. Tais proposições, consideradas o mecanismo chave da abordagem *Fuzzy*, formulam-se através do relacionamento entre as variáveis da abordagem e regiões *Fuzzy* (Santos *et al.*, 2010). As regras devem ser do tipo condição-ação, e possuem propriedades sintáticas definidas (Zadeh, 1973).

Por fim a etapa de defuzzyficação, onde as regiões resultantes, da etapa anterior são convertidas em valores para a variável de saída do sistema. Nesse momento é feita a ligação funcional entre as regiões *Fuzzy* e o valor esperado, ou seja, o valor da variável linguística de saída inferida pelas regras *Fuzzy* será traduzido em um valor discreto. Nesse processo vários métodos podem ser aplicados, dentre eles as escolhas de estratégias mais comuns são a seleção do Centro de Área, o qual retorna o centro da área da função inferida, o Critério do Máximo que escolhe o ponto onde a função inferida tem seu máximo e a Média dos Máximos, representando o valor médio dentre todos os pontos de máximo.

4. Método de Pesquisa

A presente pesquisa - de caráter exploratório - teve uma abordagem qualitativa e quantitativa e foi realizada em cinco etapas: (A) escolha do *site*; (B) escolha do avaliador automático; (C) seleção dos usuários testadores; (D) aplicação do questionário com os usuários testadores; (E) implementação/aplicação da abordagem lógica *Fuzzy*; (F) análise dos resultados. Essas etapas são detalhadas a seguir:

a. Escolha do Site

Para fins de validação da abordagem proposta, o *site* da Receita Federal do Brasil (Receita Federal do Brasil, n.d.) foi definido como objeto de estudo; essa escolha se deu pelo fato desse *site* ser um meio que aproxima os diversos serviços promovidos pela Receita essenciais aos cidadãos, como declaração, extrato e restituição do Imposto de Renda; processamento de CPF (Cadastro Pessoa Física) e CNPJ (Cadastro Pessoa Jurídica); administração de tributos internos e do comércio exterior dentre outras atividades. Outra razão dessa decisão foi devido a se tratar de um *site* governamental, ou seja, encontrar-se no conjunto de *sites* que devem obrigatoriamente estar acessíveis.

b. Escolha do Avaliador Automático

Os avaliadores automáticos de *sites* auxiliam os desenvolvedores *Web* na descoberta de erros; destacam-se os programas: *Cynthia Says*, *Hera*, *Examinator* e *DaSilva* (Bach, 2009). Para a presente pesquisa, por se tratar de um *site* governamental brasileiro, optou-se em utilizar o *DaSilva*, por ter sido o primeiro avaliador em português para avaliação de *sites* de acordo com as diretrizes do WCAG e do Modelo de Acessibilidade Brasileiro, o e-MAG.

c. Selecionar os Usuários Testadores

A fim de alcançar o objetivo da pesquisa de forma satisfatória, a amostra de pessoas e/ou objetos participantes deve estar inserida no contexto da pesquisa e possuir os conhecimentos necessários para compreendê-la. Desta forma, optou-se em convidar cinco profissionais que estão alocados na fase de teste do processo de desenvolvimento de sistema de uma organização que trabalha em consultorias de sistemas de uma capital brasileira.

A amostra foi composta apenas por cinco testadores; esse valor foi definido considerando-se as recomendações propostas por Jakob Nielsen (Nielsen, 2000), que afirma que, conforme o número de usuários aumenta, as informações coletadas começam a repetir e a coleta de novas informações diminui. Depois do quinto usuário, pouco se aprende de novo; cinco usuários são capazes de detectar 85% dos problemas de usabilidade.

d. Aplicação do Questionário com os Usuários Testadores

Os cinco usuários testadores responderam a um questionário, com o objetivo esclarecer os dados gerados pelos cinco testadores, para agregar valor a respeito da acessibilidade de um determinado *site*, refletindo a possível experiência vivida por usuários idosos no *site* da Receita Federal.

O questionário foi concebido um através de uma extensão - voltado para as necessidades dos idosos - do *checklist*, proposto por Sales (Sales; Cybis, 2003), o qual se baseia nas diretrizes do W3C, WCAG, WAI-AGE e nas recomendações do *National Institute on Aging* (National Aging Institute Checklist, n.d.).

As questões foram organizadas da maneira exemplificada pela Figura 1, que apresenta uma questão do questionário. Em cada questão foram descritos e evidenciados o fator a ser verificado pelo testador, sua aplicabilidade, e a relevância para o público alvo. Além da prioridade da questão, esta última está alinhada com o conceito de prioridades definidas pela

Questão 1	Verifique se existem descrições textuais associadas a imagens, gráficos, sons, animações, ícones, vídeos, etc., apresentados nas páginas (equivalentes textuais para componentes que não sejam textuais).			
	Aplica-se a: Imagem; figura, ícone; mapa de imagem; animação; vídeo, etc.			
	Sim ()	Parcialmente ()	Não ()	Não se Aplica ()
	Observação:			
Relevância:	Apesar de relevante para usuários em geral, este item é particularmente importante para idosos que apresentem problemas visuais e auditivos. Assim, eventuais dificuldades com um canal perceptivo serão compensadas por apresentações que explorem outro canal.			
Prioridade:	1			
Origem da questão:	Reformulação dos seguintes quesitos W3C 1.1; WCAG 1.1, <i>National Institute on Aging</i> ; IBM.			
Critério Ergonômico:	Compatibilidade.			

Figura 1. Fragmento do questionário.

Nota. Fonte: Sales;Cybis, 2003 - adaptado pelo autor.

W3C, sendo a *Prioridade 1*, *Prioridade 2* e *Prioridade 3*, respectivamente correspondentes ao nível “A”, “AA”, “AAA”.

Além dos fatores apresentado na figura, as questões possuíam opções de respostas de acordo com as variáveis linguísticas definidas. Oferecer um conjunto de opções pré-definidas é essencial para que os parâmetros sejam passíveis de análise, viabilizando comparações posteriores por oferecer o mesmo escalonamento.

A partir dessa coleta de dados elaborada com os cinco testadores foi possível realizar um levantamento com o propósito de registrar, analisar e classificar os fatos ou fenômenos em estudo, que neste caso, estão principalmente relacionadas às variáveis voltadas para acessibilidade.

As Etapas E e F serão detalhadas nas próximas sessões.

5. Aplicação da Abordagem *Fuzzy*

A avaliação de acessibilidade de um *site* está associada a fatores humanos de percepção e traz como retorno dados imprecisos. Logo, propõe-se o uso de lógica *Fuzzy* como apoio para criação de uma abordagem que possa atender a este cenário.

A abordagem consiste no seguinte processo, aplicação de um questionário junto aos testadores, em seguida os valores obtidos são fuzzyficados, dessa fuzzyficação é feita a agregação de opiniões dos cinco avaliadores, posteriormente os valores são defuzzyficados, para então serem utilizados como entrada para um sistema devolvido (ferramenta de apoio). No sistema, os valores passam por um novo processo de fuzzyficação, depois são interpretados através da inferência de regras, para então, serem defuzzyficados e por fim obtido o índice de acessibilidade do *site* em estudo.

Para aplicação desta abordagem foram necessárias algumas subetapas: 1ª) escolha dos termos linguísticos; 2ª) criação das funções de pertinência; 3ª) definição das regras de inferência; 4ª) tabulação dos dados referente aos questionários; 5ª) Análise dos dados.

Escolha dos Termos Linguísticos

As variáveis linguísticas utilizadas foram representadas pelas questões, que representam as diretrizes de acessibilidades, apresentadas no questionário. Mas, para medir o fator presença das variáveis foram definidos três termos linguísticos:

1. Total Presença, indicando que a diretriz foi totalmente verificada;
2. Presença Parcial, indicando que a diretriz foi parcialmente verificada;
3. Total Ausência, indicando que a diretriz não pode ser verificada.

Para medir o nível em que determinada prioridade foi atendida, foram definidos quatro termos para as *Prioridades 1* e *2*:

1. Ótima, indicando que o melhor nível dessa prioridade foi alcançado;
2. Boa, indicando que apesar de não estar no melhor nível, não existem falhas impeditivas;
3. Regular, indicando que a prioridade foi atendida com várias restrições;
4. Ruim, Indicando o pior nível possível, onde a prioridade foi pouco ou não foi atendida.

Mas, para a *Prioridade 3* apenas três termos foram definidos:

1. Ótima, indicando que o melhor nível dessa prioridade foi alcançado;
2. Boa, indicando que apesar de não atender a todas as diretrizes com essa prioridade, boa parte foi atendida;
3. Ruim, indicando que a prioridade foi pouco ou não foi atendida.

Criação das Funções de Pertinência

Para representar as avaliações imprecisas e subjetivas feitas pelos avaliadores, foram escolhidos conjuntos *Fuzzy* triangulares e trapezoidais, quando o intervalo para determinado termo é um pouco maior. Estes conjuntos são capazes de representar a incerteza inerente à avaliação e são mais facilmente computadas (Boente 2009).

A seguir estão representados os números *Fuzzy* correspondentes aos conjuntos *Fuzzy* escolhidos e as funções de pertinência referente a esses conjuntos. Para analisar o grau de presença da recomendação (diretriz) de acessibilidade os números *Fuzzy* correspondentes ao conjunto *Fuzzy* escolhido foram:

- Valor do termo *Fuzzy*: 2; Número triangular *Fuzzy*: (1,2,3); Nível de Presença: Total Ausência.
- Valor do termo *Fuzzy*: 1; Número triangular *Fuzzy*: (0,1,2); Nível de Presença: Presença Parcial.
- Valor do termo *Fuzzy*: 0; Número triangular *Fuzzy*: (1,2,3); Nível de Presença: Total Presença/Não Aplicável.

Tais conjuntos estão representados na Figura 2.

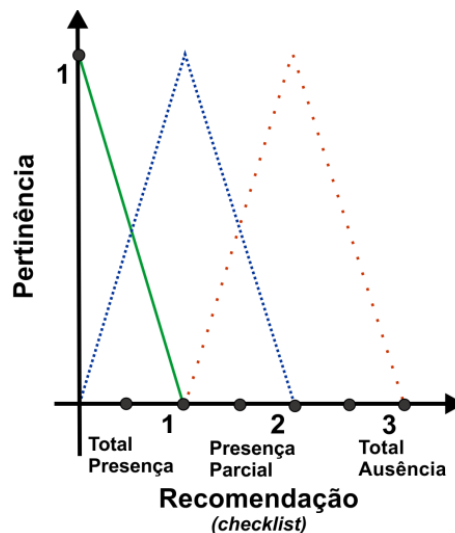


Figura 2. Conjuntos *Fuzzy* dos termos relacionados aos graus de presença da recomendação de acessibilidade.

Nota. Fonte: o autor.

Para analisar o grau em que a *Prioridade 1* foi atendida, ou seja, o nível em que as diretrizes com esta prioridades foram atendidas, os números *Fuzzy* correspondentes ao conjunto *Fuzzy* escolhido foram:

- Valor do termo *Fuzzy*: 3; Número trapezoidal *Fuzzy*: (2,7,15); Nível de Prioridade atendida: Ruim.
- Valor do termo *Fuzzy*: 2; Número trapezoidal *Fuzzy*: (1,5,6,1); Nível de Prioridade atendida: Regular.
- Valor do termo *Fuzzy*: 1; Número triangular *Fuzzy*: (2,4,1); Nível de Prioridade atendida: Boa.
- Valor do termo *Fuzzy*: 0; Número triangular *Fuzzy*: (0,0,4); Nível de Prioridade atendida: Ótima.

Tais conjuntos estão representados na Figura 3.

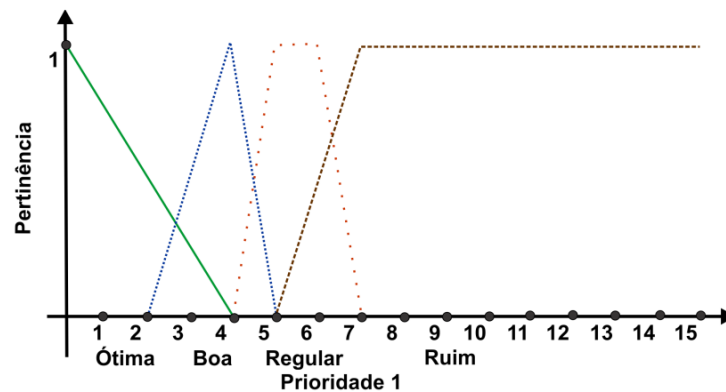


Figura 3. Conjuntos Fuzzy dos termos relacionados aos níveis de Prioridade 1 atendidos.
Nota. Fonte: o autor.

Para analisar o grau em que a *Prioridade 2* foi atendida, ou seja, o nível em que as diretrizes com esta prioridades foram atendidas, os números Fuzzy correspondentes ao conjunto Fuzzy escolhido foram:

- Valor do termo Fuzzy: 3; Número trapezoidal Fuzzy: (2,11,20); Nível de Prioridade atendida: Ruim.
- Valor do termo Fuzzy: 2; Número trapezoidal Fuzzy: (2,8,10,2); Nível de Prioridade atendida: Regular.
- Valor do termo Fuzzy: 1; Número trapezoidal Fuzzy: (1,4,7,1); Nível de Prioridade atendida: Boa.
- Valor do termo Fuzzy: 0; Número triangular Fuzzy: (0,0,4); Nível de Prioridade atendida: Ótima.

Tais conjuntos estão representados na Figura 4.

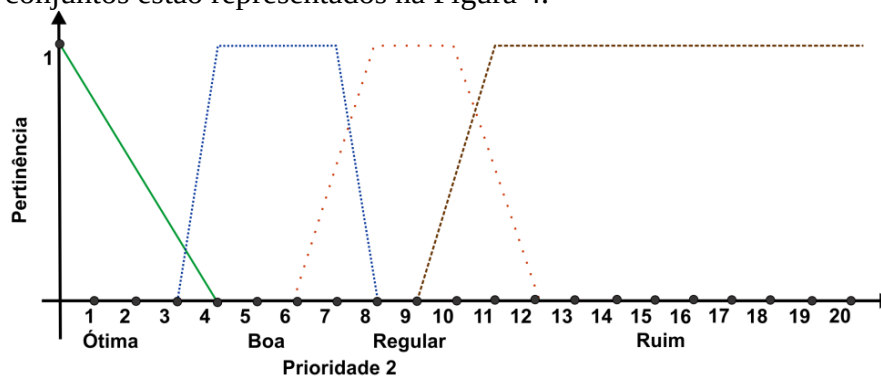


Figura 4. Conjuntos Fuzzy dos termos relacionados aos níveis de Prioridade 2 atendidos.
Nota. Fonte: o autor.

Para analisar o grau em que a *Prioridade 3* foi atendida, ou seja, o nível em que as diretrizes com esta prioridades foram atendidas, os números Fuzzy correspondentes ao conjunto Fuzzy escolhido foram:

- Valor do termo Fuzzy: 2; Número trapezoidal Fuzzy: (2,7,10); Nível de Prioridade atendida: Ruim.
- Valor do termo Fuzzy: 1; Número trapezoidal Fuzzy: (1,4,6,1); Nível de Prioridade atendida: Boa.
- Valor do termo Fuzzy: 0; Número triangular Fuzzy: (0,0,4); Nível de Prioridade atendida: Ótima.

Tais conjuntos estão representados na Figura 5.

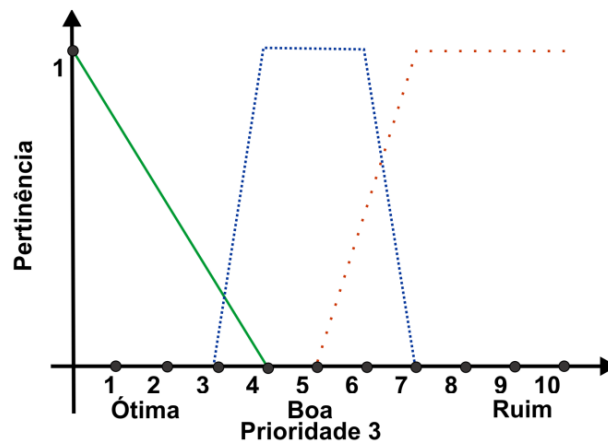


Figura 5. Conjuntos Fuzzy dos termos relacionados aos níveis de Prioridade 3 atendidos.
Nota. Fonte: o autor.

Para analisar o grau da acessibilidade final os números Fuzzy correspondentes ao conjunto Fuzzy escolhido foram:

- Valor do termo Fuzzy: 3; Número trapezoidal Fuzzy: (10,90,100); Nível de Prioridade atendida: Ótima.
- Valor do termo Fuzzy: 2; Número triangular Fuzzy: (20,70,20); Nível de Prioridade atendida: Boa.
- Valor do termo Fuzzy: 1; Número triangular Fuzzy: (20,50,20); Nível de Prioridade atendida: Baixa.
- Valor do termo Fuzzy: 0; Número triangular Fuzzy: (0,0,4); Nível de Prioridade atendida: Péssima.

Tais conjuntos estão representados na Figura 6.

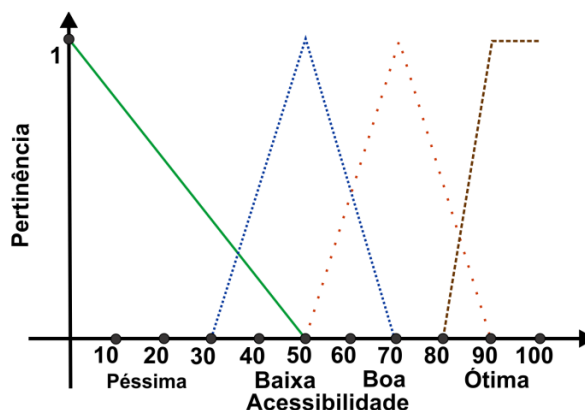


Figura 6. Conjuntos Fuzzy dos termos relacionados aos níveis acessibilidade final.
Nota. Fonte: o autor.

Para melhor análise dos Conjuntos Fuzzy apresentados, é importante notar que os números triangulares ou trapezoidais, excetuando-se pela variável acessibilidade, são maiores para os níveis avaliados como piores (regular, ruins), para que os valores finais obtidos atuem como penalidade.

Definição das Regras de Inferência

Nesta etapa as proposições (regras) foram definidas para serem incluídas no sistema Fuzzy. Um exemplo semântico de uma das regras inseridas na lógica do sistema foi: Se

Prioridade 1 for ótima, *Prioridade 2* for ótima e *Prioridade 3* for ótima então índice de acessibilidade final é ótima.

O relacionamento entre as variáveis da abordagem gerada para formulação de tais proposições foi estabelecido pela combinação de todos os estados possíveis a essas variáveis.

Tabulação dos Dados Referente aos Questionários

A partir dos resultados obtidos e dos conjuntos definidos para o grau de presença da recomendação de acessibilidade, descrito na etapa anterior, foi feita a agregação dos valores para cada questão, gerando um número triangular *Fuzzy*, para em seguida ser encontrado seu valor *crisp* e posteriormente feita sua normalização.

A partir dos números normalizados obtidos anteriormente, pode-se encontrar o valor penalidade sobre cada prioridade, dado pela soma dos valores defuzzificados agrupados pela prioridade da questão. O somatório do valor *crisp* normalizado agrupados foram de: *Prioridade 1*: 2,9554 (15 questões); *Prioridade 2*: 4,0783 (19 questões); *Prioridade 3*: 2,9603 (10 questões).

6. Análise dos Resultados

Nesta etapa, foi feita a comparação do valor obtido como nível de acessibilidade, através da saída do sistema *Fuzzy* desenvolvido, e este mesmo índice obtido como resultado da avaliação de cada testador. Os valores relativos finais, referentes à aplicação do sistema *Fuzzy* proposto individualmente a cada avaliador pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1. Valores *crisp*, referentes à saída do sistema *Fuzzy* proposto ao aplicar os resultados individuais de cada testador.

	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Crisp	63,8108	35,85	35,5	81,88	35,5
Termo Linguístico	Boa	Ruim	Ruim	Boa	Ruim

A análise final do sistema, baseada nos valores individuais agregados ao peso dos avaliadores, retornou o valor de 80,73 para o nível de acessibilidade, atribuindo Média Acessibilidade (Boa) como termo linguístico, assim como o resultado obtido pelos avaliadores de maiores peso.

Percebe-se então a maior relevância dos dados fornecidos por avaliadores mais experientes do que aqueles com um coeficiente de importância menor. Tais resultados ressaltam o valor qualitativo inerente à classificação do nível de acessibilidade de uma página *Web*.

Incluir a imprecisão de uma validação humana, no sistema de avaliação é tentar se aproximar da real experiência vivenciada pelo usuário, pois uma recomendação não é necessariamente totalmente presente ou totalmente ausente.

6.1. Análise da Abordagem Proposta e a Avaliação Automática

Outra análise importante é verificar o resultado fornecido pela avaliação automática, no caso foi utilizado avaliador DaSilva, e assim ter um outro aspecto de resultado.

Ao submeter o *site* da Receita Federal ao avaliador automático, o único critério levantado como não atendido foi um elemento de prioridade 1, referente a Diretriz 1.1 do WCAG, notificando a falha no fornecimento de equivalente textual para componentes que não sejam textuais.

Considerando este resultado, percebe-se que o avaliador automático não identificou problemas semânticos como ao informar valores inválidos em uma das interfaces, que simplesmente apresenta a mensagem “Ocorreu um erro (Código 403)”, dificultando o

entendimento – a ocorrência de um valor inválido – do usuário se recupere do erro ou evite reproduzi-lo.

Além disso, por estar baseado no *guideline* do WCAG, o qual possui ao todo 61 itens de verificação, sendo eles 25 de prioridade 1, 13 prioridade de 2 e 23 prioridade de 3, não atender a um desses itens, ainda que seja um item de prioridade 1, obtém-se um resultado com um nível de acessibilidade maior do que foi obtido nas outras avaliações.

Logo, percebe-se que avaliações automáticas conseguem uma maior precisão em avaliações sintáticas, validação voltada ao código (HTML), por estar direcionada a este aspecto. Entretanto, quando comparado com avaliações semânticas, que visam a facilidade de navegação e qualidade do conteúdo repassado ao usuário, traz um resultado ainda falho.

6.2. Análise da Abordagem Fuzzy Proposto e a Avaliação dos Usuários

Para fins de validação, é interessante também analisar a avaliação feita pelo próprio usuário, a fim de verificar a proximidade entre as respostas obtidas, no caso entre o sistema Fuzzy e a avaliação dos idosos. Afinal, apesar do questionário ter sido baseado em diversos estudos e levantamento das necessidades de usuários da terceira idade, alguns critérios importantes podem não estar mapeados.

Semelhante à escolha dos testadores foi selecionado cinco usuários idosos nesta etapa. Entretanto, ao invés de um questionário, foi realizada uma lista de atividades no *site* da Receita Federal. No entanto, antes da execução das atividades, os usuários aqui selecionados responderam dezoito questões, com o propósito de compor o perfil desses usuários através de diferentes aspectos. Para tal, cada item deste questionário para identificação desses usuários possuíam quatro opções, com valores no intervalo de 0,25 a 1, quanto maior a necessidade de acessibilidade maior a nota. Por exemplo, assumir um valor mais alto no item idade significa ter uma idade maior. O resultado desse nivelamento é utilizado para o cálculo do peso das pessoas, assim como o padrão utilizado para o cálculo do coeficiente de importância dos testadores, diferenciando-se por considerar os menores pesos para os usuários mais experientes. Como resultado do levantamento do coeficiente de importância de cada avaliador, foram obtidos os seguintes resultados: Avaliador1 - 0,17; Avaliador2 – 0,21; Avaliador3 – 0,21; Avaliador4 – 0,19 e Avaliador5 – 0,21.

Cada item da lista de cinco atividades foi avaliado em escala, distribuída como: *Muito Fácil*, *Fácil*, *Regular*, *Difícil* ou *Muito Difícil*, aos quais foram atribuídos pesos, respectivamente de 1, 0,8, 0,6, 0,4 e 0,2.

Sabendo-se que a pontuação máxima seria de 5 pontos e o valor final obtido foi de 3,907, o valor percentual do valor obtido corresponde a 78,2. Considerando a alocação desse valor obtido e o obtido através da abordagem proposta (80,73) em uma escala (estratos) 1 a 100, têm-se valores próximos, entretanto a avaliação feita pelos usuários idosos apresenta um valor inferior. Ou seja, apesar da avaliação Fuzzy poder contribuir com um resultado próximo à real experiência vivida pelo usuário, um mapeamento com um número maior de termos linguístico, pode melhorar esses resultados.

7. Conclusão e Trabalhos Futuros

O objetivo principal deste trabalho foi propor uma nova abordagem para avaliação de páginas Web, com foco nas necessidades dos idosos, que devido ao maior alcance da Internet e ao aumento da expectativa de vida, tem se tornado um usuário potencial.

Uma preocupação importante no desenvolvimento deste projeto foi relacionada ao resultado, no intuito de que ele fosse mais próximo da real experiência vivida pelo usuário. Assim, foram agregados valores semânticos, contrapondo-se ao foco sintático dos atuais avaliadores automáticos.

Para atingir o objetivo proposto foram utilizados conceitos de lógica *Fuzzy*, por ser uma técnica que consegue representar percepções imprecisas como as humanas. Tais conceitos foram alinhados a um questionário baseado em diretrizes e recomendações para terceira idade e por fim desenvolvido um sistema. Este sistema, também baseado em *Fuzzy*, recebe os valores originados do questionário e tem como saída a porcentagem final de acessibilidade atingida, que é transformada em termos linguísticos.

A abordagem proposta foi aplicada ao *site* da Receita Federal, o qual apresentou deficiência no aspecto acessibilidade. Em uma comparação de resultados obtidos entre a abordagem *Fuzzy* e a avaliação dos próprios usuários, os valores ficaram próximos, entretanto o nível de acessibilidade teve um valor inferior quando julgada pelos usuários.

Após realizados os testes iniciais, o objeto em estudo foi submetido à avaliação por um validador automático, o DaSilva (DaSilva, [S.d.]). O resultado foi um ótimo índice para a acessibilidade, mas ficou distante dos resultados reais obtidos a partir dos testes com *Fuzzy* e com os próprios usuários, além de apresentar deficiência ao não encontrar erros já conhecidos. Entretanto, é importante notar que os avaliadores automáticos encontram de forma mais precisa problemas na parte de código em si.

O produto final foi uma abordagem sistematizada de avaliação de acessibilidade para páginas *Web*, o qual representa formalmente o subjetivismo inerente a esse tipo de processo. Este produto está a princípio focado em evidenciar fatores que possam suprir as necessidades dos idosos nos *sites* governamentais, em particular o *site* da Receita Federal.

A abordagem de avaliação apresentada estimula que as barreiras que existem para o acesso ao conteúdo, muitas vezes não enxergadas pelos avaliadores automáticos, sejam evidenciadas. Assim, tais barreiras podem ser reduzidas ou até eliminadas, permitindo uma maior inclusão digital dos novos potenciais usuários e melhora nas experiências *Web* vivenciadas por todos eles.

Para trabalhos futuros, como forma de obter melhores resultados e à consolidação da abordagem, é interessante que ele seja aplicado em um maior número de *sites* e que os termos linguísticos adotados no questionário sejam estendidos de forma a mapear melhor opiniões humanas. Além disso, a integração de uma avaliação automática ao processo aumentaria o fator robustez e daria uma margem maior para precisão do processo, tanto sob o ponto de vista sintático, quanto semântico.

Referências Bibliográficas

- Acessibilidade Brasil. (n.d). *Recursos de Acessibilidade*. Recuperado em 17 de maio, 2012, de <http://www.acessobrasil.org.br/>.
- Bach, C. (2009). *Avaliação de acessibilidade na web: estudo comparativo entre métodos de avaliação com a participação de deficientes visuais*. Dissertação de mestrado, UNIRIO, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Rio de Janeiro.
- Belchior, A. D. (1997) *Um modelo Fuzzy para avaliação da qualidade de software*. Dissertação de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Engenharia de Sistemas e Computação, Rio de Janeiro.
- Boente, A. N. P. (2009). *Um Modelo Fuzzy para Avaliação da Qualidade de Produtos de Software e da Satisfação dos Gerentes de Projetos numa Fundação Pública Estadual*. Dissertação de mestrado, Universidade Estácio de Sá, Administração e Desenvolvimento Empresarial, Rio de Janeiro.

BRASIL (2003). *Lei Nº 10.741, de 1º de outubro de 2003. Dispõe sobre o estatuto do idoso e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]. Poder Executivo.* Brasília, DF.

DaSilva (n.d). *Avaliador de Acessibilidade para Websites*. Recuperado em 26 de abril, 2012, de <http://www.dasilva.org.br/>.

Ferreira, S. B. L.; Nunes, R. R. (2008) *e-Usabilidade* (1a ed.). Rio de Janeiro: LTC Editora.

Ferreira, S. B. L.; Silveira, D. S.; Capra, E. P. (2011). Observando o Contexto: Uma Comparação entre Métodos de Avaliação de Interfaces com Usuários Deficientes Visuais. *Anais do III Encontro de Administração da Informação*, Porto Alegre, RS, Brasil, 3.

Ferreira, S. B. L.; Silveira, D. S.; Nunes, R. R. (2008). *Alinhando os Requisitos de Usabilidade com as Diretrizes de Acessibilidade*. *Anais do XXXII Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 32.

Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (2011). *Mais internautas em casa*. Recuperado em 25 de abril, 2012, de <http://www.ibope.com.br/calandraWeb/servlet/CalandraRedirect?temp=5&proj=PortalIBOPE&pub=T&db=caldb&comp=NotEDcias&docid=C2A2CAE41B62E75E83257907000EC04F>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). *Censo Demográfico de 2010*. Recuperado em 21 de abril, 2012, de <http://www.censo2010.ibge.gov.br>.

Internet World Stats (n.d). *Internet Growth Statistics*. Recuperado em 19 de abril, 2012, de <http://www.internetworldstats.com/emarketing.htm>.

Krug, S. (2006). *Don't make me think! A Common Sense Approach to Web Usability*. (2a ed.). Califórnia: New Riders.

Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico. (2011). *e-MAG versão 3.0*. Recuperado em 22 de abril, 2012, de http://www.governoeletronico.gov.br/biblioteca/resultado_pge_sisp?palavrachave=eMAG&tipo=&acaoprojeto=&tamanho=5&submit22=Buscar.

Moraes, R. M. (1998) *Uma Arquitetura de Sistemas Especialistas Nebulosos para Classificação de Imagens Utilizando Operados da Morfologia Matemática*. Dissertação de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

Moré, J. D. (2004) *Aplicação da Lógica Fuzzy na Avaliação da Confiabilidade Humana nos Ensaios não Destrutivos por Ultra-som*. Dissertação de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de pós-graduação de Engenharia metalúrgica e dos Materiais, Rio de Janeiro.

Moreira, M. M. (1997). *Envelhecimento da população brasileira*. Dissertação de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.

National Aging Institute Checklist (n.d). *Making Your Web Site Senior Friendly*. Recuperado em 19 de abril, 2012, de <http://www.nlm.nih.gov/pubs/checklist.pdf>.

Nielsen, J. (2000) *Designing Web Usability*. Califórnia New Riders.

Nielsen, J. (2000). *Usability Testing with 5 Users*. Recuperado em 26 de abril, 2012, de <http://www.useit.com/alertbox/20000319.html>.

Nielsen, J.; Loranger, H. (2007) *Usabilidade na Web*. (2. ed.). Rio de Janeiro: CAMPUS.

Nogueira, E. P. F. (2004) *Conhecendo o Cliente Utilizando-se da Lógica Fuzzy*. Dissertação de graduação, Faculdade de Economia e Finanças - IBMEC, Rio de Janeiro.

Receita Federal do Brasil (n.d). Recuperado em 20 de abril, 2012, de <http://www.receita.fazenda.gov.br/>.

Sales, M. B.; Cybis, W. A. (2003) *Development of a checklist for the evaluation of the web accessibility for the aged users*. Proceedings of the Latin American conference on Human-computer Interaction, 3.

Santos, A. D. Machado, L. S. Moraes, R. M. Gomes, R. G. S. (2010). *Avaliação baseada em lógica fuzzy para um framework voltado à construção de simuladores baseados em Realidade Virtual*. XII Symposium on Virtual and Augmented Reality, Natal, RN, Brasil, 12.

Santos, R. C. D.(2007). *Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação de usabilidade de sistemas utilizando a lógica fuzzy baseado na iso*. Dissertação de graduação, Faculdade de Economia e Finanças – IBMEC, Rio de Janeiro.

Shaw, I. S., Simões, M. G. (1999). *Controle e Modelagem Fuzzy* (1a ed.). São Paulo: Editora Edgar Blücher LTDA.

Shneiderman, B. (2000). *Universal usability*. Proceedings of the ACM , 43, 5.

Transgenerational (n.d). *The Demographics of Aging*. Recuperado em 20 de abril, 2012, de <http://transgenerational.org/aging/demographics.htm>.

United Nations. (2009). *World Population Ageing*. Recuperado em 20 de abril, 2012, de http://www.un.org/esa/population/publications/WPA2009/WPA2009_WorkingPaper.pdf .

World Wide Web Consortium (n.d.). *W3C - Accessibility*. Recuperado em 20 de abril, 2012, de <http://www.w3.org/standards/webdesign/accessibility>.

Web Accessibility Initiative: Ageing Education and Harmonisation (n.d). *WAI-AGE Project*. Recuperado em 20 de abril, 2012, de <http://www.w3.org/WAI/WAI-AGE/>.

Zadeh, L. A. (1965). *Fuzzy sets*. Information and Control, 8(3), 338-353.

Zadeh, L. A. (1973). *Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 3(1), 28-44.