

Requisitos de Qualidade de Aplicações Web

Maira Athanázio de Cerqueira Gatti

*Depto de Informática e Ciência da Computação
Instituto de Matemática e Estatística
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
mairagatti@hotmail.com*

Vera Maria Benjamim Werneck

*Depto de Informática e Ciência da Computação
Instituto de Matemática e Estatística
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
vera@ime.uerj.br*

Abstract

This paper describes the recent quality model and quality evaluation of software and Web-based application. We will briefly describe the defined model by the ISO/IEC 9126-1 [7] and ISO/IEC 14598[8] International Standards, the MFAQS (a Fuzzy Model to Software Quality Evaluation) and the recent quality evaluation of Web-based application models. At the end, we will describe the quality requirements proposed model by Gatti [5], which defines characteristics and attributes as quality requirements in a Web-based application and explain the evaluation process to be followed using that model.

1. Introdução

As aplicações Web estão cada vez mais complexas e tem se expandido rapidamente entre as organizações. No entanto, modelos de processo de produto bem definidos que promovam um ciclo de desenvolvimento repetível e eficiente, e modelos de processo e metodologias de avaliação que contribuem com a compreensão e melhora da qualidade de aplicações Web, não estão acompanhando este rápido crescimento observado. Torna-se necessário, ou até mesmo obrigatório, uma utilização sistemática e disciplinada de métodos, modelos e técnicas de Engenharia de Software para o desenvolvimento, manutenção e avaliação da qualidade de aplicações Web, principalmente em projetos de médio ou grande porte

Uma das principais metas da avaliação e comparação de qualidade de aplicações Web são medir, analisar e compreender o grau de cumprimento de um conjunto de características e atributos com respeito aos requisitos de qualidade estabelecidos para um perfil de usuário e domínio de aplicação de dados [10].

Assim, podemos afirmar que no processo de avaliação de requisitos de qualidade de aplicações Web complexas, é necessário contar com uma metodologia quantitativa, integrada, flexível e robusta, que se apóie nos princípios e práticas da Engenharia de Software para a avaliação e comparação de características e

Resumo

Este artigo apresenta uma visão geral da qualidade de software de aplicações Web, propondo uma avaliação específica para aplicações Web. Descreveremos brevemente o modelo proposto pelas Normas ISO/IEC 9126-1 [7] e ISO/IEC 14598 [8], o Modelo Fuzzy de Avaliação de Qualidade de Software (MFAQS) e os modelos recentes de avaliação de qualidade de aplicações Web. Por fim, propomos um conjunto de requisitos de qualidade, que define critérios, características e atributos como requisitos de qualidade numa aplicação Web.

atributos, com a finalidade de se obter resultados objetivos e justificáveis.

Neste contexto, vamos apresentar uma visão geral sobre qualidade de software e avaliação da qualidade de software, dando ênfase nas aplicações Web, e propor um modelo mais robusto e adaptável para cada domínio de tipo de usuários.

2. Qualidade de Software

A qualidade, como atributo de um item, se refere a características mensuráveis. E em um software, que é essencialmente uma entidade intelectual, existem medidas das características de um programa. E estas medidas são mensuráveis.

Em paralelo temos que a qualidade da conformidade é o grau com que as especificações de projeto são seguidas. E quanto maior o grau de conformidade, maior é o nível de qualidade de conformidade.

A qualidade de software é definida por Rocha [13] como um conjunto de características que devem ser alcançadas em um determinado grau para que o produto atenda às necessidades de seus usuários.

Cada uma das características pode ser detalhada em vários níveis de subcaracterísticas, chegando-se a um conjunto de atributos que descrevem a qualidade de um produto de software.

A norma ISO/IEC 9126 [7] surgiu com uma

importante tentativa de consolidar as diferentes visões da qualidade em um modelo como norma internacional.

2.1. ISO/IEC 9126-1 [7]

Esta norma descreve um modelo de qualidade do produto de software, composto de duas partes: a qualidade interna e qualidade externa, e a qualidade em uso. O primeiro é a totalidade das características do produto de software do ponto de vista interno, e o segundo é a totalidade das características do produto de software do ponto de vista externo, e é avaliada durante a fase de testes.

O modelo de qualidade para características externas e internas classifica os atributos de qualidade de software em seis características que são, por sua vez, desdobradas em subcaracterísticas. As subcaracterísticas podem ser desdobradas em mais níveis que caracterizam os atributos de qualidade.

As métricas internas e externas aplicam-se, em geral, ao nível dos atributos de qualidade.

Do modelo de qualidade para qualidade externa e interna observamos as seis características a saber:

✧ Funcionalidade: capacidade de prover funções que atendam às necessidades explícitas e implícitas, quando o software estiver sendo utilizado.

Nesta característica estão presentes os seguintes atributos:

- Adequação: capacidade de prover um conjunto apropriado de funções para tarefas e objetivos do usuário especificados;
- Acurácia: capacidade de prover, com grau de precisão necessário, resultados ou efeitos corretos ou conforme acordados;
- Interoperabilidade: capacidade de interagir com um ou mais sistemas especificados;
- Segurança de acesso: capacidade de proteger informações e dados através de diferentes tipos ou grupos de usuários e permissões;
- Conformidade relacionada à funcionalidade: capacidade de estar de acordo com as normas previstas em leis relacionadas à funcionalidade.

✧ Confiabilidade: capacidade de manter um nível de desempenho especificado, quando usado em condições especificadas.

Nesta característica estão presentes os seguintes atributos:

- Maturidade: capacidade de evitar falhas decorrentes de defeitos no software;
- Tolerância à falhas: capacidade de manter um nível de desempenho especificado em casos de defeitos no software ou de violação de sua interface especificada;
- Recuperabilidade: capacidade de restabelecer seu nível de desempenho especificado e recuperar dados diretamente afetados no caso de falha;

- Conformidade relacionada à confiabilidade: capacidade de estar de acordo com as normas previstas em leis relacionadas à confiabilidade.

✧ Usabilidade: capacidade de ser compreendido, aprendido, operado e atraente ao usuário, quando usado sob condições especificadas.

Nesta característica estão presentes os seguintes atributos:

- Inteligibilidade: capacidade de possibilitar ao usuário de compreender se o software é apropriado e como ele pode ser usado para tarefas e condições de uso específicas;
- Apreensibilidade: capacidade de possibilitar ao usuário de aprender sua aplicação;
- Operacionalidade: capacidade de possibilitar ao usuário de operar e controlar o software;
- Atratividade: capacidade de ser atraente ao usuário;
- Conformidade relacionada à usabilidade: capacidade de estar de acordo com as normas previstas em leis relacionadas à usabilidade.

✧ Eficiência: capacidade de apresentar desempenho apropriado, relativo à quantidade de recursos usados, sob condições especificadas.

Nesta característica estão presentes os seguintes atributos:

- Comportamento em relação ao tempo: capacidade de fornecer tempos de resposta e de processamento, além de taxas de transferência apropriadas, quando o software executa as suas funções;
- Utilização de recursos: capacidade de usar tipos e quantidades apropriados de recursos;
- Conformidade relacionada à eficiência: capacidade de estar de acordo com as normas previstas em leis relacionadas à eficiência.

✧ Manutenibilidade: capacidade de ser modificado, seja por correções, melhorias ou adaptações.

Nesta característica estão presentes os seguintes atributos:

- Analisabilidade: capacidade de permitir o diagnóstico de deficiências ou causas de falhas no software, ou a identificação de partes a serem modificadas;
- Modificabilidade: capacidade de permitir que uma modificação especificada seja implementada;
- Estabilidade: capacidade de evitar efeitos inesperados decorrentes de modificações no software;
- Conformidade relacionada à manutenibilidade: capacidade de estar de acordo com as normas previstas em leis relacionadas à manutenibilidade.

✧ Portabilidade: capacidade de ser transferido de um ambiente para outro.

Nesta característica estão presentes os seguintes atributos:

- Adaptabilidade: capacidade de ser adaptado para diferentes ambientes especificados;
- Capacidade para ser instalado;
- Capacidade para substituir: capacidade de ser usado em substituição a outro produto de software especificado, com o mesmo propósito e no mesmo ambiente;
- Conformidade relacionada à portabilidade: capacidade de estar de acordo com as normas previstas em leis relacionadas à portabilidade.

O modelo de qualidade para qualidade em uso são categorizados em quatro características:

✧ Eficácia: capacidade de permitir que usuários atinjam metas especificadas com acurácia e completitude.

✧ Produtividade: capacidade de permitir que os usuários empreguem quantidade apropriada de recursos em relação à eficácia obtida.

✧ Segurança: capacidade de apresentar níveis aceitáveis de riscos de danos a pessoas, negócios, software, propriedades ou ao ambiente em um contexto de uso especificado.

✧ Satisfação: capacidade de satisfazer usuários.

Para o modelo de qualidade para qualidade externa e interna são aplicadas métricas internas e externas. As métricas internas podem ser aplicadas a um produto de software não executável, tais como uma especificação ou código fonte. Suas medições utilizam números ou frequências de elementos que compõe o software e que aparecem, por exemplo, em declarações de códigos-fonte, no gráfico de controle e nas representações de fluxo de dados e de transição de estados.

As métricas externas podem ser aplicadas a um produto de software executável durante seu teste ou operação.

Uma relação importante entre esses dois tipos de métricas é que as métricas internas devem ter uma relação tão forte quanto possível com as métricas externas selecionadas.

Já para o modelo de qualidade para qualidade em uso, temos as métricas de qualidade em uso. Estas medem o quanto um produto atende às necessidades de usuários especificados para que atinjam metas especificadas com eficácia, produtividade, segurança e satisfação.

Após a obtenção de todas as métricas é necessário utilizar uma escala para verificar em qual categoria o software se encontra, podendo ser classificado como excelente, bom, regular ou ruim, ou ainda, satisfatório ou insatisfatório.

3. Qualidade de Aplicações Web

Os produtos em domínios de aplicações específicos, como a Web, e as diferentes tecnologias utilizadas no

desenvolvimento desses produtos requerem características específicas que vão determinar a qualidade desse produto.

Uma aplicação Web com tantos recursos pode ser comparada a um software como outro qualquer. Como exemplo, temos que uma Aplicação de Software baseada na Web (às vezes implementada como uma Intranet ou Extranet) pode ser um sistema de controle de pagamentos, um sistema de ensino à distância, um sistema de geração de gráficos e de estatísticas, um sistema de seguros, entre outros.

Percebemos, então, que a Web é um ambiente complexo, além de dinâmico, o que dificulta a avaliação de produtos de software voltados para este domínio de aplicação. Além do mais, existe uma diversidade de objetivos nas aplicações que exige um processo de garantia da qualidade considerando diferentes aspectos que abrangem desde a qualidade da interface, no que se refere a uso de recursos gráficos e cores até a necessidade de garantir a correção do conteúdo disponibilizado e a segurança de informações e acesso.

Vários trabalhos têm sido apresentados na literatura [1], [2], [3], [4], [6], [14] tanto no que se refere ao que se deve ser avaliado em aplicações Web, quanto aos métodos de avaliação que podem ser utilizados.

Olsina [10] organizou um conjunto de características específicas para aplicações Web considerando as seis características da ISO 9126-1 [7] propôs um conjunto de fases, atividades, conjuntos modelos e construtores de processos para se avaliar a qualidade deste tipo de aplicação.

Pressman [11] utiliza parte desse conjunto de características em sua árvore de qualidade de aplicações Web, definindo somente os critérios usabilidade, funcionalidade, confiabilidade, eficiência e manutenibilidade.

Temos ainda Lima et al. [6], que definiram um conjunto de atributos de qualidade adequados a software da Web que abrange aspectos referentes ao uso da tecnologia e ao conteúdo disponibilizado. O conjunto de atributos de qualidade foi organizado, conforme proposto por Rocha [12], em objetivos, fatores, subfatores e critérios de qualidade.

Em Andrade [2], o conjunto de atributos foi dividido em atributos relacionados à qualidade interna, que são percebidos pelos próprios desenvolvedores, e atributos relacionados à qualidade externa, que são percebidos pelos usuários. A árvore de qualidade é baseada basicamente nas 6 características presentes na ISO 9126-1 [7], porém com mais atributos voltados para o domínio de aplicação.

Fitzpatrick [4] apresentou os requisitos visibilidade, inteligibilidade, credibilidade, atratividade e diferenciação como novos fatores de qualidade que são específicos para a Web. A visibilidade diz respeito à facilidade de encontrar ou de acessar o site, e a facilidade de *download*. A inteligibilidade está

associada com a destreza de os usuários assimilarem e interpretarem o conteúdo do *website*. O atributo credibilidade determina que um *website* deve adquirir a confiança dos usuários e ter um conteúdo preciso e correto. A atratividade é a medida pela qual um *website* consegue atrair a atenção de um visitante. E a diferenciação é a medida pela qual o site demonstra a superioridade da corporação, estando relacionada com a imagem e marca da empresa.

É importante ressaltar que o processo de definição de características deve sempre levar em consideração a visão do usuário final, o objetivo do *website* e aspectos técnicos que venham a tornar a aplicação fácil de corrigir, adaptar e melhorar.

Vale destacar ainda que o projeto e a implementação de aplicações Web incorporam três importantes tecnologias: desenvolvimento baseado em componentes, segurança e padrões de Internet. Além disso, os engenheiros de software devem ter razoável familiaridade com essas tecnologias para poderem construir aplicações Web de qualidade [11].

Concluimos, então, que as aplicações Web vêm exigindo sistemas confiáveis, fáceis de serem utilizados e adaptáveis.

4. Avaliação de Software

Podemos afirmar que a avaliação é baseada em métricas e modelos de qualidade e que estes devem ser reconhecidos pelos especialistas. Contudo, as decisões finais são baseadas na subjetividade e intuição, tendo como base os modelos e métodos quantitativos de pontuação. E uma aplicação Web não pode ser considerada simples e complexa a partir de uma avaliação de qualidade, mas através do número de subsistemas e componentes, que por sua vez se decompõem em elementos.

Existem diversos modelos de avaliação de qualidade. Iremos descrever somente o definido pela Norma ISO/IEC 14598 [8] e o MFAQS (*Modelo Fuzzy para Avaliação de Qualidade de Software*) [3].

4.1. ISO/IEC 14598 [8]

Segundo a ISO/IEC 14598 [8], avaliação de qualidade é o exame sistemático do quanto uma entidade é capaz de atender aos requisitos especificados. E, para efetuar o processo de avaliação, é necessário seguir os seguintes passos:

i. Estabelecer requisitos de avaliação: o objetivo deste processo é descrever as metas e os objetivos da avaliação. Tais objetivos se relacionam com o uso da aplicação em consideração de um ou vários pontos de vista e as regras associadas. O domínio da aplicação do produto a ser avaliado deve ser considerado, assim como aspectos críticos como de segurança, econômicos e legais devem ser tomados em conta.

i.a Estabelecer o propósito da avaliação

i.b Identificar tipo(s) de produto(s) avaliados

i.c Especificar modelo de qualidade

ii. Especificar a avaliação: o objetivo deste processo consiste em definir o escopo da avaliação e as medidas a serem realizadas na avaliação. O nível de detalhamento da saída (o documento de especificação da avaliação) deve ser de tal modo que se assegure a repetitividade e reprodutibilidade do processo.

ii.a Selecionar as métricas

ii.b Estabelecer níveis de pontuação às métricas

ii.c Estabelecer critérios para o julgamento

iii. Projetar a avaliação: o objetivo deste processo consiste em documentar os métodos e procedimentos a serem utilizados pelo avaliador para realizar as medições e verificações contidas no documento de especificação da avaliação. O avaliador produzirá como resultado deste processo um plano de avaliação que descreve os recursos necessários (humanos, materiais, tecnológicos, etc) e a distribuição e designação dos mesmos às atividades.

iii.a Produzir o plano de avaliação

iii.b Planejar as atividades conforme os recursos disponíveis

iv. Executar a avaliação: o objetivo deste processo é obter os resultados ao realizar todas as ações para medir e verificar o produto conforme os requisitos da avaliação, segundo o especificado e planejado. Ao final do processo, se completam os

iv.a Obter as medidas

iv.b Comparar com critérios

iv.c Julgar os resultados

v. Conclusão da avaliação: este processo consiste na revisão do especificado entre as partes (solicitante e avaliador) e disponibilizar os documentos finais.

v.a Revisão conjunta do formulário da avaliação

4.2. Modelo Fuzzy para Avaliação de Qualidade de Software

Belchior [3], em *Um Modelo Fuzzy para Avaliação de Qualidade de Software* (MFAQS), estendeu o Modelo Rocha [12] para que este fosse um modelo de avaliação de qualidade de software baseado na lógica fuzzy que surgiu da necessidade de um procedimento eficiente na aplicação de métricas, obtendo-se resultados satisfatórios em processos de avaliação de software.

A generalidade do modelo permite realizar a avaliação de um padrão de qualidade ou de um produto de software, seja ele intermediário ou final. Esse modelo engloba três situações distintas, a saber:

produtos de software web é uma tarefa difícil dado o conjunto de características e particularidades envolvidas. Além disso, as aplicações web existentes têm diferentes objetivos o que exige um processo de garantia da qualidade que considere diferentes aspectos que abrangem desde a qualidade da interface, no que se refere ao uso de recursos gráficos e cores, até a necessidade de garantir a correção do conteúdo disponibilizado e a segurança de informações e de acesso.

Trochim [14] considera que a avaliação dos sites Web pode ser feita utilizando as diferentes metodologias de avaliação existentes, apenas adaptando-as para considerar as características próprias da Web. Ele utiliza um modelo baseado em um ciclo de desenvolvimento idealizado para websites. Este modelo sugere que o desenvolvimento é um esforço contínuo e que progride através de diversos estágios definidos. O ciclo estaria dividido em quatro fases: conceitualização do domínio do conteúdo do web site, desenvolvimento do web site e seu conteúdo, implementação do web site e avaliação do web site e seus efeitos.

Olsina et al. [10] elaboraram um método de avaliação de qualidade de aplicações Web, ainda na fase de requisitos, chamado QEM (Quality Evaluation Methodology), composto por um conjunto de fases, atividades, conjuntos modelos e construtores de processos. Este método é bem mais robusto, complexo e propõe uma metodologia específica para avaliação de websites. Esta metodologia é composta de seis etapas:

- > seleção do site ou do conjunto de sites concorrentes para avaliar ou comparar, devendo ter claro qual o domínio da avaliação;
- > especificação dos objetivos e pontos de vista dos usuários, ou seja, definição do escopo de acordo com todos os usuários e identificação da importância relativa das características de qualidade, considerando os diferentes usuários (visão do desenvolvedor, visão do gerente e visão do visitante);
- > definição de uma árvore de características de qualidade de acordo com a norma ISO 9126-1 [7], contendo características, subcaracterísticas e atributos; e especificação descritiva da árvore.
- > definição de um critério de avaliação para cada atributo (o resultado da avaliação será um valor elementar que pode ser interpretado como o grau em que o requisito de qualidade é satisfeito);
- > definição de como os valores elementares são agregados para definir a característica global;
- > análise, avaliação e comparação dos valores obtidos para a qualidade parcial e global.

Esta será a metodologia que utilizaremos como estudo de caso será detalhada a seguir, na seção 5.1.

Outra metodologia semelhante é o relatado em Lima [6], que define um processo para avaliação de sites com base no modelo usado para avaliação da

qualidade de software definido por Rocha [12] e nos objetivos, fatores, subfatores e critérios de qualidade definidos para aplicação na web. Resumidamente, o processo consiste em 5 etapas:

- > definição das características de qualidade pertinentes;
- > definição dos formulários de avaliação a partir dos critérios definidos;
- > seleção dos sites a serem avaliados;
- > definição dos procedimentos específicos para a realização das avaliações e categorias de avaliadores;
- > definição de como os resultados finais serão agregados para se ter o julgamento final.

E por fim, temos o modelo [2] que é específica para avaliação de websites dentro do ambiente [GET@OTI](#), que é um ambiente que fornece apoio à organização no desenvolvimento, escolha de pacotes e implantação de tecnologia, tendo foco os processos de negócio. Esta abordagem pode ser aplicada a qualquer produto resultante do desenvolvimento do website, principalmente, em um processo incremental ou de prototipagem.

Esta abordagem se baseia nos requisitos de qualidade, no processo de avaliação e na análise de resultados.

Os requisitos de qualidade a serem considerados são divididos em duas categorias: atributos relacionados à qualidade externa do website e atributos relacionados à qualidade interna. Os requisitos a serem considerados são baseados nas normas de Qualidade ISO/IEC 9126-1 [7], no conjunto de características presentes em Pressman [11] e em Lima [6]. Estes requisitos serão considerados para fazer uma avaliação tanto do produto quanto no processo de desenvolvimento.

O processo de avaliação consiste na definição do produto a ser avaliado, na identificação dos atributos relevantes definidos na árvore de qualidade, na incorporação de novos atributos, na definição da relevância dos atributos, onde são atribuídos graus de importância e na avaliação feita através de um formulário a ser preenchido ao longo de um teste/demonstração do website e de uma visita informal feita pelo público alvo.

Na análise de resultados é feita uma quantificação dos requisitos de qualidade realizada atribuindo um valor a cada característica que tenha sido pré-selecionada (através de graus de importância). As características podem ser imprescindíveis, importantes, desejáveis e pouco importantes. Depois é atribuído um peso ao nível de atendimento das características, que podem ser total, parcial, pouco e nenhum. E além disso é atribuído um peso ao tipo de solução adotado, que pode ser excelente, boa, regular, fraca e sem solução. A partir disto, é realizado um cálculo da nota somando-se todas as notas obtidas e obtendo um indicador global da qualidade do site em percentual que pode ser utilizado na comparação com

outro site, com índices pré-definidos que devem ser atingidos pela aplicação ou no estudo da evolução do índice geral da qualidade.

5.1. A metodologia QEM (Quality Evaluation Methodology)

A metodologia QEM [10] recebe como entrada um documento de requisitos e produz, como saída, a avaliação do futuro produto, espelho daquele documento.

A elaboração de um documento de requisitos pressupõe a existência da definição do domínio da aplicação, para que possam ser levantadas características importantes que possuem relação direta com o produto a ser desenvolvido. Este documento de requisitos descreve os requisitos do sistema utilizado para prover comunicação entre usuários, desenvolvedores e gerentes.

Uma vez produzido o documento de requisitos será possível aplicar a metodologia proposta.

Para a sua aplicação, é necessário seguir cinco passos: representação das características e atributos de qualidade; especificação descritiva da árvore de características e atributos de qualidade; associação de pesos aos atributos; associação de notas aos atributos; cálculo geral (média ponderada).

1° Passo: Representação das características e atributos de qualidade.

É preciso elaborar a árvore de características e atributos de qualidade conforme o domínio e o perfil do usuário selecionado. Para o nosso caso, vamos utilizar a árvore proposta no Capítulo 4. É importante que a árvore de requisitos esteja de acordo com o documento de requisitos, já que determinará os critérios de medição.

2° Passo: Especificação descritiva da árvore de características e atributos de qualidade.

A título de documentação, para cada característica, sub-característica ou atributo, devem ser preenchidas planilhas de informações, com o nome, código, tipo, super-característica, sub-características, atributos, definições, peso e nota.

3° Passo: Associar pesos aos atributos.

Como os atributos possuem importâncias diferentes, onde uns são mais relevantes que outros em determinados domínios da aplicação, deve-se associar a cada atributo um peso entre 0 (zero) e 10 (dez).

Quanto maior a importância do atributo, maior deverá ser o seu peso. Se uma característica é decomposta em subcaracterísticas, a soma de todos os pesos dessas subcaracterísticas deve ser 10.

4° Passo: Associar notas aos atributos.

Estas devem ser 0, 2, 5 ou 10, dependendo do seu

grau de cumprimento com os requisitos. As notas das subcaracterísticas serão calculadas através das notas dos respectivos atributos, associadas a seus pesos. De modo análogo para as características. Caso a subcaracterística ou característica não possua atributos, a sua nota deve ser multiplicada por 10 para ser válida.

5° Passo: Cálculo geral (média ponderada).

Após o cálculo da nota de cada atributo, esta deve ser multiplicada pelo o seu peso e adicionada entre os atributos do mesmo nível que resultará da nota da subcaracterística ou característica (dependendo do nível). Esta por sua vez, deverá ser multiplicada pelo peso do seu nível e adicionada com o resultado das subcaracterísticas do seu nível. E assim deve ser feito com toda a árvore de características resultando numa nota única.

Cada uma das metodologias acima expostas possui a sua própria árvore de requisitos ou, no caso de Olsina [10], propõe uma árvore base que deve ser aperfeiçoada através dos requisitos de acordo com o domínio da aplicação web.

Na próxima seção apresentamos as características, subcaracterísticas e atributos utilizados pelos modelos mencionados que representam o conjunto de requisitos necessários para a avaliação de aplicações web.

6. Modelo de Requisitos de Qualidade Proposto

Para que uma das metodologias de avaliação de qualidade de aplicações web possa ser aplicada é necessário utilizar uma árvore de requisitos da qualidade. Esta árvore deve conter todos os requisitos necessários para a obtenção de uma qualidade aceitável da aplicação. Estes requisitos são especificados em atributos que são agrupados em características que, por sua vez, são agrupados em critérios. Isto é, um critério pode ter n características, assim como uma característica pode ter n subcaracterísticas, que, por sua vez, pode ter n atributos.

A árvore proposta foi organizada a partir dos modelos mencionados, e baseada na norma ISO/IEC 9126-1 [7] e objetiva ser o mais genérica possível, podendo ser utilizada por qualquer domínio de sites ou aplicações web.

Esta árvore é composta por dez critérios: usabilidade, funcionalidade, eficiência, confiabilidade, manutenibilidade, portabilidade, uniformidade, implementabilidade, manipulabilidade e diferenciação, dentre estes, os seis primeiros estão presentes na ISO/IEC 9126-1 [7].

Tabela 1 - Árvore de requisitos de qualidade para o critério Usabilidade

	Referências
1. Usabilidade	[7]; [10]; [11]
1.1. Compreensibilidade global do site	[10]; [11]; [2]
1.1.1. Mapa do site: o diagrama da árvore do site é explicativo.	[10]; [2]
1.1.2. Índice alfabético ou de links: índice analítico dos links principais e/ou ordenado	[10]; [2]
1.2. Mecanismos de ajuda e retorno	[5]
1.2.1. Qualidade da ajuda	[5]
1.2.1.1. Ajuda explicativa orientada ao usuário final.	[10]
1.2.2. Indicador da última atualização	[5]
1.2.2.1. Global do site: o indicador de atualização do site contém todas as últimas atualizações.	[10]; [2]
1.2.2.2. Restringido: indicador de atualização do subsite/página contém as últimas atualizações.	[10]; [2]
1.2.3. Endereço eletrônico para dúvidas: responsáveis respondem corretamente.	[10]; [2]
1.2.4. Facilidade FAQ (Frequently Asked Questions).	[10]
1.2.5. Formulário de retorno	[10]
1.2.5.1. Questionário.	[10]
1.2.5.2. Comentários ou sugestões.	[10]
1.3. Aspectos de interface	[10]; [11]; [2]
1.3.1. Coesão no agrupamento dos objetos de controle principais.	[10]
1.3.2. Aspectos de estilo	[10]
1.3.2.1. Uniformidade entre as cores de ligação.	[10]
1.3.2.2. Uniformidade no estilo do site global.	[10]
1.3.2.3. Guia de estilo global.	[10]
1.3.3. Intuição dos links: nome ou figura associados reflete a informação.	[2]
1.3.4. Título da janela resume a informação contida na página corrente.	[10]
1.4. Miscelânea	[10]
1.4.1. Suporte à linguagem estrangeira.	[10]
1.4.2. Indicador de resolução de tela.	[10]
1.5. Pops	[5]
1.5.1. O website evita o uso de popups.	[5]
1.5.2. O website evita o uso de popunders.	[5]
1.6. Banners	[5]
1.6.1. O website evita o uso abusivo de banners.	[5]
1.7. Legibilidade	[6]; [1]
1.7.1. Clareza .	[6]; [1]
1.7.2. Concisão .	[6]; [1]
1.7.3. Estilo .	[6]; [1]
1.7.4. Simplicidade .	[6]
1.7.5. Uniformidade de terminologia .	[6]; [1]
1.7.6. Uniformidade no grau de abstração .	[6]; [1]
1.8. Atratividade	[7]; [4]
1.8.1. Capacidade que o site possui de atrair um visitante casual.	[5]
1.8.2. Capacidade que o site possui de atrair um visitante intencional.	[5]
1.8.3. Capacidade que o site possui de atrair um visitante expert.	[5]
1.9. Navegabilidade	[10]
1.9.1. Orientação	[10]
1.9.1.1. Indicador do caminho.	[10]; [2]
1.9.1.2. Indicador da posição atual.	[10]; [2]
1.9.2. Média de links por site: existe boa distribuição do número de links	[2]
1.9.3. Nível de deslocamento	[10]
1.9.3.1. Deslocamento vertical.	[10]
1.9.3.2. Deslocamento horizontal.	[10]
1.9.4. Disponibilidade de atalhos.	[5]
1.9.5. Disponibilidade de voltar para a página principal sempre visível.	[5]
1.9.6. Caminho mínimo: é fácil realizar um caminho mínimo até obter a informação desejada.	[1]
1.9.7. Ausência de erros na navegação.	[5]
1.9.8. Separação de audiências: as informações são agrupadas por segmentação de usuários.	[5]
1.9.9. Previsão de navegação	[10]; [1]
1.9.9.1. Link com título: link com texto explicativo .	[10]
1.9.9.2. Qualidade da frase do link .	[10]

Critério 1: Usabilidade - é composto por um conjunto de características que vão definir a capacidade que o site possui de ser compreendido, legível, atrativo, navegável, interpretado e retroalimentado. Esses objetivos estão expostos na Tabela 1.

Critério 2: Funcionalidade - é composto por um conjunto de características que vão definir a capacidade que o site possui de ter mecanismos de busca, de recuperação, serviços, relevância de conteúdo, índices, compatibilidade com o browser, segurança, entre outros. Esses objetivos estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Árvore de requisitos de qualidade para o critério Funcionalidade

	Referências
2. Funcionalidade	[7]; [10]; [11]; [1]; [2]
2.1. Aspectos de busca e recuperação	[10]; [11]; [2]
2.1.1. Mecanismo de busca no site	[10]; [2]
2.1.1.1. Busca restringida por categorias do site: resultado com acurácia.	[10]; [2]
2.1.1.2. Busca global: resultado com acurácia.	[10]; [2]
2.1.2. Mecanismo de recuperação	[10]
2.1.2.1. Nível de personalização.	[10]
2.1.2.2. Nível de retroalimentação na recuperação.	[10]
2.2. Aspectos do domínio orientado ao usuário final	[10]
2.2.1. Relevância de conteúdo: o conteúdo é relevante.	[10]
2.2.2. Índices das informações.	[10]
2.2.3. Índices dos agrupamentos de informações.	[5]
2.2.4. Serviços on-line.	[10]
2.3. Compatibilidade	[5]
2.3.1. Linguagens de script funcionam corretamente (Javascript/Vbscript).	[5]
2.3.2. Imagens dinâmicas funcionam corretamente (Flash).	[5]
2.4. Segurança	[7]; [1]; [2]
2.4.1. Segurança de acesso: restrição ao acesso de dados não autorizados.	[2]
2.4.2. Administração de perfil de usuários: vários níveis de acesso.	[2]
2.4.3. Autenticação do usuário: controle de login e senha.	[1]
2.4.4. Criptografia	[2]
2.4.4.1. Utilização com uma chave: chave pública.	[5]
2.4.4.2. Utilização com duas chaves: chave pública e chave privada.	[5]
2.4.4.3. Utilização com assinatura digital.	[5]
2.4.4.4. Utilização com certificados eletrônicos.	[5]
2.4.4.5. Utilização do protocolo SSL	[5]
2.4.4.6. Utilização do protocolo SET	[5]
2.4.5. Não vulnerabilidade.	[5]
2.4.6. Não rejeição.	[5]
2.4.7. Autenticação do site.	[1]

Critério 3: Eficiência - é composto por um conjunto de características que vão definir a capacidade que o site possui de ter uma boa performance, acessibilidade e utilização de recursos quando da execução de uma página. Esses objetivos estão expostos na Tabela 3.

Critério 4: Confiabilidade - é composto por um conjunto de características que vão definir a capacidade que o site possui de ter uma confiabilidade funcional, que diz respeito ao processamento correto dos links e à recuperação de erros, confiabilidade conceitual, que se refere à maturidade, tolerância à falhas e recuperabilidade, e confiabilidade de conteúdo, que se refere à integridade, fidedignidade e adequabilidade. Esses objetivos estão expostos na Tabela 4.

Critério 5: Manutenibilidade - é composto por um conjunto de características que vão definir a capacidade que o site possui de ser modificável, estável, adaptável evolutivo quanto às funcionalidades e testável. Esses

objetivos estão expostos na Tabela 5.

Critério 6: Portabilidade - é composto por um conjunto de características que vão definir a capacidade que o site possui de portar ou interoperar seus scripts e/ou programas executáveis, seu banco de dados, e de ser reutilizável. Esses objetivos estão expostos na Tabela 6.

Critério 7: Uniformidade - é composto por um conjunto de características que vão definir a capacidade que o site possui de ter um padrão de interface, um padrão de programação e um padrão de navegação mínimo. Esses objetivos estão expostos na Tabela 7.

Tabela 3 - Árvore de requisitos de qualidade para o critério Eficiência

	Referências
3. Eficiência	[7]; [10]; [11]; [1]; [2]
3.1. Performance	[10]; [11]; [2]
3.1.1. Desempenho do tempo de resposta para as páginas estáticas: respondem dentro do tempo desejado.	[11]; [2]
3.1.2. Desempenho do tempo de resposta para páginas dinâmicas: respondem dentro do tempo desejado.	[11]; [2]
3.1.3. Desempenho do tempo de carregamento das páginas estáticas: respondem dentro do tempo desejado.	[11]; [2]
3.1.4. Desempenho do tempo de carregamento das páginas dinâmicas: respondem dentro do tempo desejado.	[11]; [2]
3.1.5. Velocidade de geração de gráficos: dentro do tempo desejado.	[11]; [2]
3.1.6. Velocidade de geração de imagens dinâmicas: dentro do tempo desejado.	[5]
3.1.7. Desempenho de download.	[5]
3.1.8. Desempenho de tempo de resposta do servidor web.	[5]
3.1.9. Desempenho de tempo de resposta do servidor do banco de dados.	[5]
3.2. Acessibilidade	[10]
3.2.1. Acessibilidade de informação.	[10]
3.2.1.1. Legibilidade ao desativar a propriedade de imagem do browser.	[10]
3.2.2. Acessibilidade de telas.	[10]
3.2.3. Utilização de recursos: uso de tipos e quantidades apropriados de recursos na execução de uma página.	[7]

Tabela 4 - Árvore de requisitos de qualidade do critério Confiabilidade

	Referências
4. Confiabilidade	[7]; [10]; [11]; [1]; [2]
4.1. Confiabilidade funcional	[6]
4.1.1. Processamento correto dos links: os links apontam para o local correto.	[11]; [2]
4.1.2. Recuperação de erros:	[11]
4.1.2.1. Auxílio para correção de erro do usuário.	[2]
4.1.2.2. Validação de input do usuário.	[11]; [2]
4.1.2.3. Recuperação de input do usuário.	[11]; [2]
4.2. Confiabilidade conceitual	[6]; [1]
4.2.1. Maturidade: capacidade de evitar falhas decorrentes de erros no site.	[7]; [6]; [1]
4.2.2. Tolerância à falhas: capacidade de manter um nível de desempenho especificado em casos de defeitos.	[7]; [6]; [1]
4.2.3. Recuperabilidade: capacidade de restabelecer seu nível de desempenho especificado e recuperar os dados diretamente afetados no caso de uma falha.	[7]
4.3. Confiabilidade de conteúdo	[5]
4.3.1. Integridade	[6]; [1]
4.3.1.1. Integridade dos dados.	[1]
4.3.1.2. Robustez.	[6]; [1]
4.3.1.3. Estabilidade.	[6]; [1]
4.3.2. Fidedignidade	[6]; [1]
4.3.2.1. Completeza.	[6]
4.3.2.2. Consistência.	[6]
4.3.3. Adequabilidade.	[6]; [1]
4.3.3.1. Atualidade.	[6]; [1]
4.3.3.2. Respeitabilidade.	[6]; [1]
4.3.3.3. Abrangência.	[6]

Tabela 5 - Árvore de requisitos de qualidade do critério Manutenibilidade

	Referências
5. Manutenibilidade	[7]; [11]; [1]; [2]
5.1. Modificabilidade	[1]
5.1.1. Facilidade de correção de erros em páginas estáticas.	[2]
5.1.2. Facilidade de correção de erros em páginas dinâmicas.	[2]
5.1.3. Facilidade de correção de erros no banco de dados.	[2]
5.2. Estabilidade	[1]
5.2.1. Adaptabilidade às condições de tráfego na rede.	[2]
5.2.2. Adaptabilidade às condições de sobrecarga no servidor.	[2]
5.2.3. Adaptabilidade ao volume de dados no banco de dados.	[2]
5.3. Evolutibilidade: facilidade de evoluir as funcionalidades do site.	[5]
5.4. Testabilidade: facilidade de testar as funcionalidades do site.	[5]

Tabela 6 - Árvore de requisitos de qualidade do critério Portabilidade

	Referências
6. Portabilidade	[7]; [2]
6.1. Portabilidade de scripts e/ou programas executáveis.	[2]
6.2. Portabilidade do banco de dados.	[2]
6.3. Interoperabilidade de scripts e/ou programas executáveis.	[2]
6.4. Interoperabilidade do banco de dados.	[2]
6.5. Reutilizabilidade	[1]
6.5.1. Desenvolvimento baseado em componentes.	[1]
6.5.2. Modularidade.	[1]
6.5.3. Adaptabilidade.	[1]

Tabela 7 - Árvore de requisitos de qualidade do critério Uniformidade

	Referências
7. Uniformidade	[6]; [1]
7.1. Padrão de interface.	[6]; [1]
7.2. Padrão de programação.	[6]; [1]
7.3. Padrão de navegação.	[6]; [1]
7.3.1. Padrões internacionais.	[6]

Critério 8: Implementabilidade - é composto por um conjunto de características que vão definir a capacidade que o site possui de ser implementável seja economicamente, tecnologicamente, socialmente, legalmente ou temporalmente quanto ao cronograma. Esses objetivos estão expostos na Tabela 8.

Critério 9: Manipulabilidade - é composto por um conjunto de características que vão definir a capacidade que o site possui de disponibilizar documentação e de

ser manipulável quanto a sua estrutura. Esses objetivos estão expostos na Tabela 9.

Critério 10: Diferenciação - é composto por um conjunto de características que vão definir a capacidade que o site possui de ser diferenciável quanto à imagem da empresa ou do produto no próprio site e perante os concorrentes. Esses objetivos estão expostos na Tabela 10.

Tabela 8 - Árvore de requisitos de qualidade do critério Implementabilidade

	Referências
8. Implementabilidade	[6]; [1]
8.1. Viabilidade econômica.	[6]; [1]
8.2. Viabilidade tecnológica.	[6]; [1]
8.3. Viabilidade social.	[6]; [1]
8.4. Viabilidade legal.	[6]; [1]
8.5. Viabilidade de cronograma.	[6]; [1]

Tabela 9 - Árvore de requisitos de qualidade do critério Manipulabilidade

	Referências
9. Manipulabilidade	[6]; [1]
9.1. Disponibilidade da documentação.	[6]; [1]
9.2. Estrutura.	[6]; [1]
9.3. Rastreabilidade.	[6]; [1]

Tabela 10 - Árvore de requisitos de qualidade do critério Diferenciação

	Referências
10. Diferenciação	[4]
10.1. A imagem da empresa ou do produto ou do logotipo é forte, e possui um tamanho razoável em posição de destaque em todo o website.	[5]
10.2. O produto possui um diferencial entre os concorrentes do mesmo domínio do website.	[5]

7. Conclusões

Verificamos que a qualidade de software é definida pelo atendimento de um conjunto de características, e que estas características nada mais são que os

requisitos do software. Descrevemos, então, as características propostas pela norma ISO/IEC 9126-1 [7] que virão a ser a base do modelo de características. Aliadas a estas características, foi feito um levantamento e descrição de outras propostas especificamente para aplicações Web. Além disso, novas características foram propostas, para que o modelo ficasse mais completo e atualizado de acordo com as novas aplicações lançadas.

Este modelo de qualidade foi utilizado na avaliação comparativa de duas aplicações Web, e foi muito bem sucedido quanto ao resultado obtido. Além disso, percebeu-se que além da utilização de um processo disciplinado para o desenvolvimento de aplicações Web, uma abordagem onde haja o envolvimento dos usuários, desde o início do projeto, é fundamental para a garantia e controle da qualidade durante todo o ciclo de vida do site. Nessa abordagem, os usuários participam interativamente através de avaliações durante o ciclo de vida, auxiliando os desenvolvedores na definição de suas funções, avaliando protótipos e informando o estágio que o site se encontra e o que ainda se espera do mesmo.

8. Referências

- [1] ALBUQUERQUE, A. B., 2001, “*Qualidade de Websites de Comércio Eletrônico*”, Tese de Mestrado, MIA/UNIFOR, M.Sc., Engenharia de Software, Universidade de Fortaleza – CE.
- [2] ANDRADE, Edson, 2003, “*Avaliação de Qualidade de Aplicações Web*”, IME – Departamento de Informática e Ciência da Computação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- [3] BELCHIOR, A. D., 1997, “*Um modelo fuzzy para Avaliação da Qualidade de Software*”, Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia de Sistemas e Computação - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.
- [4] FITZPATRICK, R., 2000, “*Additional quality factors for the world wide Web*”;
http://ganymeda2.kst.dit.re/rfitzpatrick/papers/2_RF_AQF_WWW.pdf.
- [5] GATTI, M. A. C., 2004, “*Qualidade em Aplicações Web*”, IME – Departamento de Informática e Ciência da Computação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- [6] [6], “*R. Evaluating Websites for an educational environment target for cardiology*”, FESMA.
- [7] NBR ISO/IEC 9126, 2001, *Software engineering – Product quality*.
- [8] NBR ISO/IEC 14598, 2001, *Information Technology – Software product evaluation*.
- [9] OLIVEIRA, K. R., 2002, “*AdeQuaS: Ferramenta Fuzzy para Avaliação da Qualidade de Software*”, Tese de Mestrado, MIA/UNIFOR, M.Sc., Engenharia de Software, Universidade de Fortaleza – CE.
- [10] OISINA, L. A., 1999, “*Metodologia Cuantitativa para la Evaluación y Comparación de la Calidad de Sitios Web*”, Tese de Doutorado, Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP, Universidad Nacional de La Plata – Argentina.
- [11] PRESSMAN, R. S., 2000, “*Software engineering: a practitioner’s approach*”, Fifth edition, McGraw Hill, Nova York.
- [12] ROCHA, A. R. C., 1983, “*Um modelo para avaliação da qualidade de especificações*”, Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia de Software e Ciências da Computação, Pontifícia Universidade Católica (PUC), Rio de Janeiro, RJ.
- [13] ROCHA, A. R. C., *et.al.*, 2001, “*Qualidade de Software: Teoria e Prática*”, São Paulo, Prentice Hall.
- [14] TROCHIM, W. M. K., 1999, “*Evaluating Websites*”;
<http://trochim.human.cornell.edu/webval/webintro/webintro.htm>