

# Processos de Desenvolvimento para Aplicações Web: Uma Revisão Sistemática

Tayana Conte  
PESC - COPPE/UFRJ  
Cx. Postal 68.511, CEP 21945-970  
Rio de Janeiro – RJ – Brasil  
(55)2125628654  
tayana@cos.ufrj.br

Emília Mendes  
Computer Science Department  
The University of Auckland  
Private Bag 92019  
Auckland, New Zealand  
0064 9 3737599 ext. 86137  
emilia@cs.auckland.ac.nz

Guilherme Horta Travassos  
PESC - COPPE/UFRJ  
Cx. Postal 68.511, CEP 21945-970  
Rio de Janeiro – RJ – Brasil  
(55)2125628712  
ght@cos.ufrj.br

## ABSTRACT

This paper describes a systematic review on Web development processes. A systematic review is a highly structured review used to identify, appraise and summarize the evidence on a specific research question. We describe how the review was organized and carried out, and discuss the results using the criteria employed to categorize Web development processes.

## Categories and Subject Descriptors

A.1 [Introductory and Survey].

D.2.4 [Software/Program Verification].

D.2.9 [Management]: Software Quality Assurance.

H.4.0 [Information Systems Applications]: General.

K.6.3 [Software Management]: Software process.

## General Terms

Design, Experimentation, Standardization, Verification.

## Keywords

Processo de Desenvolvimento, Aplicação Web, Revisão Sistemática.

## 1. INTRODUÇÃO

O rápido crescimento das aplicações Web, tanto em seu escopo quanto na extensão de seu uso, tem afetado todos os aspectos de nossas vidas [Ginige e Murugesan 2001]. Por representar uma evolução do software convencional, algumas preocupações adicionais motivaram as pesquisas relacionadas à engenharia de aplicações Web (*Web Engineering*), mantendo o objetivo de aplicar princípios de engenharia para desenvolver aplicações Web de qualidade [Pressman 2000]. De forma similar à engenharia do software convencional, seu foco está em como desenvolver uma aplicação correta e completa, de acordo com os

requisitos do usuário. O diferencial está no fato de que esta deve ser desenvolvida no contexto de um projeto que deve considerar a infra-estrutura Web para sua execução e disponibilização.

Segundo Christodoulou et al. [apud Mendes et al. 2004], aplicações Web podem ser classificadas em duas categorias: aplicações hipermídia Web e/ou aplicações de software Web. Uma aplicação hipermídia Web é uma aplicação não convencional caracterizada pela publicação de informação utilizando nós, links, ancoras, estruturas de acesso e disponibilizada através da Web. Já uma aplicação de software Web é uma aplicação de software convencional que depende da infra-estrutura Web para a sua execução. Cabe notar que essa dependência pode ser parcial; também são consideradas aplicações de software Web casos onde apenas um ou alguns módulos da aplicação de software utilizam a infra-estrutura Web na sua execução. O termo aplicação Web representa uma aplicação que possui características de ambas aplicações hipermídia Web e aplicações de software Web.

Devido à utilização da infra-estrutura Web, as aplicações passam a possuir características específicas. Segundo Fraternali e Paolini (1998), o projeto de uma aplicação Web deve considerar particularidades relacionadas às dimensões:

- Estrutural (conceitual): define a organização das informações a serem tratadas pela aplicação e os seus relacionamentos;
- Navegacional: representa como as informações serão acessadas através da aplicação, e;
- Apresentação: descreve como as informações e o acesso a essas serão apresentados ao usuário da aplicação.

Cada uma dessas dimensões define diferentes visões para o projeto da aplicação. De acordo com Pastor (2004), o objetivo principal da Engenharia Web é desenvolver aplicações corretas, nas quais suas estruturas, funcionalidades, aspectos navegacionais e de interação com o usuário estejam representados de forma apropriada.

Processos de desenvolvimento para aplicações de software Web devem produzir representações para projeto de aspectos de aplicações tradicionais, como estrutura e funcionalidades; e também para aspectos orientados para Web, como navegação e apresentação (com recursos Web). Mendes e Mosley (2005) discutem as principais diferenças entre desenvolvimento de software convencional e Web. Vários métodos voltados para o desenvolvimento de aplicações Web têm sido propostos

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

WebMedia '05, December 5–7, 2005, Poços de Caldas, MG, Brazil.  
Copyright 2005 ACM X-XXXXX-000-0/00/0005...\$X.00.

atualmente (OOHDM [Schwabe et al. 1996], WebML [Ceri et al. 2000], W2000 [Baresi et al. 2000], WAE [Conallen 2002], UWE [Koch e Kraus 2002], OOWS [Fons et al. 2003], ADM [Diaz et al. 2004]). A construção de modelos conceituais específicos para a *Web* é uma tarefa relevante nesses métodos. No entanto, não há técnicas de desenvolvimento padronizadas para projetos de desenvolvimento *Web* [Mendes et al, 2004]. Segundo Standing (2002), os processos aplicados na prática são em sua maioria *ad-hoc*. Processos *ad-hoc* não são formalmente definidos e muitas vezes as melhores práticas de Engenharia de Software, que focam em garantir a qualidade de processo e de produto, não estão explícitas ou mesmo não são atendidas.

Os riscos de se utilizar processos de desenvolvimento *ad-hoc* são bem conhecidos [Pressman 2005]. Ao iniciar um projeto de aplicação *Web* em larga escala que necessite garantir a qualidade de seus resultados, um engenheiro de aplicações *Web* se depara com a seguinte pergunta: “que processos de desenvolvimento de aplicações apoiados por atividades de garantia de qualidade têm sido utilizados para desenvolver aplicações *Web*?”. Para que esta questão seja respondida com rigor científico, é necessário primeiramente identificar e caracterizar os processos propostos na literatura técnica e posteriormente pesquisar quais as práticas atuais da indústria, incluindo a avaliação de quais dos processos sugeridos são adotados atualmente.

De acordo com as melhores práticas de Engenharia de Software [Pfleeger 2004], todos os processos de desenvolvimento devem incluir atividades de garantia da qualidade. Segundo Abrahão et al. (2003), a qualidade de aplicações *Web* tem sido avaliada, de um modo geral, de maneira também *ad-hoc*, baseada primariamente em senso comum, intuição e conhecimento de desenvolvedores. No entanto, para atender aspectos relativos a desenvolvimento *Web* e garantir a qualidade de modelos específicos, faz-se necessário definir novas atividades relacionadas à qualidade de processos em Engenharia *Web*.

Para conseguir desenvolver atividades e técnicas de garantia da qualidade que apoiem efetivamente processos de desenvolvimento de aplicações *Web*, também é necessário caracterizar esses processos, a fim de conhecer as atividades existentes e os artefatos específicos por eles produzidos.

Pelas razões mencionadas acima, conduzimos um levantamento dos processos de desenvolvimento *Web* citados na literatura técnica. Tendo por objetivo alcançar um grau de rigor científico, decidimos não realizar uma revisão convencional de literatura e sim uma revisão sistemática [Kitchenham 2004]. Ao contrário das revisões convencionais da literatura, onde o pesquisador não segue um processo definido para sua condução, uma revisão sistemática é executada de maneira formal obedecendo a um protocolo pré-estabelecido. Em comparação com revisões informais de literatura, revisões sistemáticas requerem maior rigor na sua realização. Em compensação, seu resultado tende a ser mais confiável, visto que elas fazem uso de uma metodologia rigorosa e passível de auditoria e repetição.

Desta forma, realizamos uma revisão sistemática com o objetivo de caracterizar os processos de desenvolvimento que têm sido utilizados para desenvolver aplicações *Web*. Além dos processos de desenvolvimento em si, pesquisamos também a aplicação de inspeções para garantia da qualidade nesses processos. No presente trabalho, apresentamos como foi feita esta revisão, e

discutimos seus resultados utilizando a categorização dos processos encontrados. Com isso, pretendemos apresentar um resumo abrangente dos processos de desenvolvimento de aplicações *Web*.

Este trabalho pretende oferecer um levantamento sistemático que sirva como base de pesquisa para trabalhos futuros em Engenharia *Web*. O mesmo foi desenvolvido no contexto de uma pesquisa de âmbito maior, cujo objetivo principal é a definição de atividades de garantia da qualidade específicas para processos de desenvolvimento de aplicações *Web*.

O restante do texto está dividido em quatro seções. A Seção 2 relata o planejamento da revisão sistemática e o protocolo preparado para a mesma. A Seção 3 descreve a condução desta revisão e os resultados obtidos. A Seção 4 apresenta os resultados da revisão sistemática fazendo uso da categorização proposta para os processos encontrados. A Seção 5 discute os resultados da análise e aponta direcionamentos para trabalhos futuros.

## 2. PLANEJAMENTO DA REVISÃO SISTEMÁTICA

Kitchenham (2004) apresenta uma síntese das três diretrizes que são citadas mais frequentemente na comunidade médica. Uma revisão sistemática da literatura é definida como um meio de identificar, avaliar e interpretar toda pesquisa disponível relevante a uma questão, ou área, ou fenômeno de interesse de uma pesquisa particular. Os estudos individuais (*surveys*, estudos de caso, pré-experimentos) [Wohlin et al. 2000] que contribuem para uma revisão sistemática são chamados de estudos primários. A revisão sistemática em si é considerada um estudo secundário [Pai et al. 2004].

Uma questão de pesquisa bem formulada deve descrever a sua população, o fator em estudo (intervenção), assim como o resultado esperado para a revisão. As atividades de uma revisão sistemática devem incluir [Pai et al. 2004]: formulação de uma questão de pesquisa; identificação da necessidade de conduzir uma revisão sistemática; busca exaustiva e abrangente, com inclusão dos estudos primários; avaliação da qualidade dos estudos incluídos; extração de dados; síntese dos resultados do estudo; interpretação dos resultados para determinar sua aplicabilidade; escrita do relatório.

Revisões sistemáticas são baseadas em uma estratégia de pesquisa bem definida, que visa detectar o máximo possível de material bibliográfico relevante. Antes de iniciar a busca dos estudos primários, deve-se definir um protocolo de revisão que especifica a questão central da pesquisa e os métodos que serão utilizados para executar a revisão. O protocolo deve indicar os critérios de inclusão e exclusão explícitos para acessar cada estudo primário potencial e documentar a estratégia de busca utilizada, de forma a permitir que leitores (e outros pesquisadores) possam conhecer seu grau de rigor e completude [Biolchini et al. 2005]. De acordo com Mafra e Travassos (2005), uma revisão sistemática propõe uma avaliação justa do tópico de pesquisa à medida que utiliza uma metodologia de revisão rigorosa, confiável e passível de auditoria.

Com a condução desta revisão sistemática, pretendemos identificar todo material relevante sobre processos de desenvolvimento de aplicações *Web*. Para este fim, seguimos o método proposto por Kitchenham (2004) e utilizamos o protocolo

disponibilizado por Mendes e Kitchenham (2004) como um modelo.

Apresentamos a seguir os componentes do protocolo desenvolvido. Desta forma, torna-se possível a avaliação e repetição da revisão por outros pesquisadores. É intenção também, ao mostrar um exemplo de protocolo, facilitar o desenvolvimento de outros protocolos para contextos diferentes de pesquisa.

## 2.1 Questão de Pesquisa (*Research Question*)

O escopo para aplicação desta revisão sistemática relaciona-se aos projetos de desenvolvimento de aplicações *Web*, particularmente de aplicações de software *Web*. Dessa forma, a questão de pesquisa enfoca especificamente em processos de desenvolvimento de software para *Web*. Além dessa questão principal, foi elaborada uma questão secundária de pesquisa, pois havia interesse em distinguir quais desses processos faziam uso de inspeções de software para o controle de qualidade das aplicações.

- Questão principal: Quais processos de desenvolvimento têm sido utilizados para desenvolver aplicações *Web*?
- Questão secundária: Que processos têm sido utilizados para inspecionar aplicações *Web* para controle de qualidade?
- População: Projetos de desenvolvimento *Web*.
- Intervenção: Para a questão principal: processos de desenvolvimento *Web* e para a questão secundária: processos de desenvolvimento *Web* que utilizam inspeções para controle de qualidade.
- Resultados: Processos de desenvolvimento *Web*.
- Abordagem de Avaliação e Experimentação: qualquer tipo.

## 2.2 Estratégia utilizada para pesquisa dos estudos primários

A estratégia para pesquisa deve tornar explícito o escopo da pesquisa, assim como os termos a serem utilizados na mesma, que são utilizados para compor as *strings* de busca (*search strings*). Estes termos são definidos a partir da população, intervenção e resultados esperados definidos na questão de pesquisa. Na revisão em questão, além do pesquisador que definiu a primeira versão do protocolo, dois especialistas revisaram o mesmo e ajudaram a definir os termos.

- Escopo da pesquisa: pesquisa em bases de dados eletrônicas, incluindo *journals* e anais de conferências.
  - Fontes: Editoras selecionadas entre os periódicos disponíveis no portal CAPES (IEEE *journals*, IEEE *conferences*, ACM *journals*, ACM *conferences*, Kluwer *journals* e Elsevier *journals*).
  - Não estão definidas restrições referentes à data inicial de publicação para os artigos a serem pesquisados nas fontes de informação.

- Termos utilizados na pesquisa (em inglês, por ser a língua utilizada nas bibliotecas digitais consultadas):
  - Web Application, Web system, Web-based system, Web software, Internet applications;
  - Project, development, engineering;
  - Process, method, technique, methodology.

As *strings* de busca (*search strings*) foram geradas a partir da combinação dos termos chave. Devido ao grande número de termos, foi decidido dividir a busca em várias *strings*. Com isso a complexidade da string de busca foi reduzida, o que garante melhor legibilidade e diminui a probabilidade de erro (humano e das máquinas de busca das editoras). As *strings* utilizadas são listadas a seguir:

**Search 1a:** web application project OR web application development OR web application engineering AND (process OR method OR technique OR methodology)

**Search 1b:** web system project OR web system development OR web system engineering AND (process OR method OR technique OR methodology)

**Search 1c:** web-based system project OR web-based system development OR web-based system engineering AND (process OR method OR technique OR methodology)

**Search 1d:** web software project OR web software development OR web software engineering AND (process OR method OR technique OR methodology)

**Search 1e:** Internet applications project OR Internet applications development OR Internet applications engineering AND (process OR method OR technique OR methodology)

## 2.3 Critérios e procedimentos de seleção de estudos

Os critérios definidos para inclusão de estudo foram:

- Para a questão primária: Estudo sobre desenvolvimento de aplicações *Web*.
- Para a questão secundária: Estudo sobre desenvolvimento de aplicações *Web* que utiliza inspeção para controle de qualidade.

Critério para exclusão de estudo:

- Para a questão primária: Estudo sobre desenvolvimento de outros tipos de aplicações que não são aplicações *Web*.
- Para a questão secundária: Estudo sobre desenvolvimento de software *Web* que não utilize inspeções para controle de qualidade.

Quanto ao processo de seleção preliminar, foi decidido que um pesquisador aplica a estratégia de pesquisa para identificar estudos primários em potencial. Resultados são revisados por todos os pesquisadores envolvidos (três pesquisadores no total) e quaisquer desacordos são discutidos e resolvidos. Caso não se alcance consenso sobre determinado estudo, este deverá ser incluído.

O processo de seleção final: cópias de todos os artigos incluídos como resultados da pesquisa inicial são revisados inteiramente por pelo menos um dos pesquisadores. Esta revisão conclui a seleção de artigos a serem incluídos no processo de extração de dados. Quaisquer desacordos sobre os artigos revisados conjuntamente são discutidos e resolvidos. Em casos que o acordo não seja alcançado, o artigo deve ser incluído.

Procedimentos explícitos para avaliação da qualidade do material não foram preparados. A revisão se concentrou em procurar por estudos que descrevam processos de desenvolvimento de aplicações *Web* e opcionalmente também incluíam inspeções para controle da qualidade. A única questão considerada é que o artigo deve incluir uma descrição do processo de desenvolvimento de aplicações *Web*, pois esta descrição fará parte dos dados a serem extraídos.

## 2.4 Estratégia para extração de dados

De cada artigo aprovado pelo processo de seleção completo, um pesquisador extraiu os seguintes dados:

- Informação para referência padrão.
- Para a questão primária:
  - Especificação do processo de desenvolvimento *Web* utilizado;
  - Descrição do processo de desenvolvimento.
- No caso de atender também a questão secundária:
  - Especificação da técnica de inspeção utilizada para aplicações *Web*;
  - Descrição da técnica de inspeção utilizada.

## 3. CONDUÇÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA

As *strings* de busca preparadas foram executadas nas respectivas máquinas de busca das editoras selecionadas como fontes no protocolo (IEEE, Elsevier, ACM e Kluwer). No entanto, algumas máquinas de busca apresentaram limitações que impediram uma correta execução das *strings*. A seguir é apresentado um resumo sobre a execução da pesquisa em cada base de dados:

- IEEE: As *strings* de busca executaram normalmente utilizando o módulo “Pesquisa Avançada” do IEEE Xplore. A execução das cinco *strings* referentes à questão primária coletou 48 artigos.
- Elsevier: Também foi possível executar as *strings* preparadas utilizando o módulo “Pesquisa Avançada”

da máquina de busca da editora. Foram coletados no total 60 artigos.

- ACM: A máquina de busca da biblioteca digital da ACM não permitiu a execução das *strings* de busca, nem mesmo em seu módulo “Pesquisa Avançada”. As *strings* tiveram que ser revisadas e divididas em 15 novas de menor complexidade. No entanto, a pesquisa com as novas *strings* resultou em um número significativamente maior de artigos coletados. Por esta razão, o procedimento de execução da pesquisa foi revisto, novas buscas foram realizadas a posteriori, porém o número de artigos retornados impossibilita a execução da seleção conforme o protocolo definido.
- Kluwer: A máquina de busca desta biblioteca digital também possui limitações semelhantes às encontradas na biblioteca digital da ACM.

O planejamento da revisão sistemática e a primeira execução das *strings* de busca preparadas ocorreram no período de outubro a dezembro de 2004. Posteriormente, no período de fevereiro a maio de 2005, foram feitas várias reformulações das *strings* de pesquisa, objetivando superar as limitações encontradas em algumas máquinas de busca de bibliotecas digitais. No entanto, nenhuma dessas reformulações posteriores trouxe um conjunto de resultados que possibilitasse uma seleção de artigos conforme planejado. Devido a este fato, o domínio de fontes para a revisão sistemática precisou ficar restrito às bibliotecas digitais IEEE e Elsevier. A condução completa da revisão sistemática, com suas posteriores reformulações está documentada em [Conte et al. 2005], assim como as lições aprendidas com a execução desta revisão estão descritas em [Mian et al. 2005].

Em relação à questão secundária de pesquisa, foi realizada uma análise de todos os artigos coletados através das *strings* de busca nas bibliotecas digitais do IEEE e da Elsevier, avaliando quantos responderiam também a questão secundária.

Os artigos retornados por cada *string* de busca em cada biblioteca digital encontram-se listados em [Conte et al. 2005]. Os procedimentos de seleção foram executados e foram selecionados 13 artigos coletados na biblioteca digital do IEEE e 09 artigos na biblioteca digital da Elsevier. Em relação à questão secundária de pesquisa, nenhum dos artigos selecionados comenta a utilização de inspeções para controle da qualidade nos processos propostos.

### 3.1 Resultados obtidos com a execução da Revisão

Na Tabela 1 listamos os artigos selecionados e descrevemos sucintamente os processos de desenvolvimento de aplicações *Web* relacionados.

**Tabela 1 - Resultados Selecionados**

Referência	Especificação do Processo de Desenvolvimento <i>Web</i> utilizado
(Arch-int & Batanov, 2003)	Metodologia baseada em componentes de negócio para o desenvolvimento de sistemas de informação <i>Web</i> . Possui duas tarefas principais: Modelagem de componentes de negócio (modelo em XML); Modelagem da implementação <i>Web</i> .
(Barta & Schranz, 1998)	Propõe não exatamente um método e sim uma linguagem p/ especificação: JESSICA, cuja sintaxe tem por base SGML. JESSICA consiste de objetos, templates para objetos, packages e PRAGMAS (diretivas).
(Ceri et al., 2000)	Propõe a WebML - Linguagem de Modelagem Conceitual para Web, baseada no modelo Entidade-Relacionamento – ver (Ceri et al., 2002).
(Ceri et al., 2002)	Processo centrado no uso de WebML, que provê modelagem de abstrações que uma ferramenta CASE (WebRatio) pode traduzir em páginas concretas. Segundo essa abordagem, uma aplicação <i>Web</i> possui duas dimensões conceituais ortogonais: Modelo de dados; Modelo de hipertexto.
(Díaz et al., 2004)	Apresenta o método de desenvolvimento Ariadne (Ariadne Development Method – ADM), que apóia as diferentes visões de modelagem hipermedia para o Projeto: Navegacional; Apresentação; Estrutural; Comportamental; Processos, e Segurança.
(Fuchs et al., 2003)	Processo a ser utilizado com o framework model-based MOBI-D (abordagem MVC).
(Gellersen et al., 1997)	Abordagem WebComposition,. Ver referência mais atual: (Gellersen & Gaedke, 1999).
(Gellersen & Gaedke, 1999)	WebComposition: abordagem para desenvolvimento Web com princípios OO
(Ginige & Murugesan, 2001b)	Sem descrever um processo recomenda a adoção de 10 passos no desenvolvimento de aplicações <i>Web</i> , enfatizando a necessidade de processos e garantia da qualidade.
(Guelfi et al., 2003)	Descreve um processo que utilize a ferramenta MEDAL (UML Generic Model Transformer Tool) e no framework arquitetural JAFAR2
(Lee & Shirani, 2004)	Propõe um método para desenvolvimento Web baseado em componentes, com duas etapas principais: Análise de requisitos de componentes; Especificação de componentes.
(Po-Hao et al., 2004)	Sugere um framework que executa tradução ‘source-to-source’, dependendo de políticas de desenvolvimento e contexto requerido, e descreve como desenvolver no framework.
(Richardson 2000)	Discute um ciclo de desenvolvimento para sistemas <i>Web</i> , propondo uma revisão do sistema para a incorporação de novos dados e idéias estruturais. A revisão em questão não objetiva garantia da qualidade em si.
(Scharl, 2001)	Propõe uma técnica complementar ao processo de desenvolvimento, específica para design de páginas, aplicável em sistemas de informação <i>Web</i> (WIS) - eW3DT (Extended World Wide Web Design Technique).
(Scott, 2003)	O artigo descreve um processo genérico que, de acordo com o autor, é típico de desenvolvimentos <i>Web</i> . Este processo é criticado e são sugeridas formas de melhorá-lo.
(Standing, 2002)	Apresenta a metodologia ICDM (Internet Commerce Development Methodology) própria para desenvolvimento de aplicações de e-commerce. Os requisitos considerados críticos para o desenvolvimento de aplicações de e-commerce através de ICDM são três: Foco no Negócio; Foco Externo (Análise competitiva com SWOT e análise do usuário); Velocidade de Mudança (o que conduz a um desenvolvimento evolucionário).
(Tam et al., 2000)	Proposta de abordagem para <i>scripting</i> de aplicações p/ facilitar desenvolvimento <i>Web</i> . Utiliza um modelo em duas camadas com uso de ferramentas próprias para <i>scripting</i> .
(Uden, 2002)	Sugere um processo com atividades específicas de análise de requisitos e projeto de interface para desenvolvimento <i>Web</i> .
(Vogelsang & Carstensen, 2001)	Discute o processo de desenvolvimento seguido de um estudo de caso (desenvolvimento de um portal <i>Web</i> ), com diferentes <i>stakeholders</i> colaborando no desenvolvimento.
(Zhang et al., 2003)	Descreve a metodologia Mockup-driven fast-prototyping (MODFM), aplicável apenas se a aplicação <i>Web</i> satisfizer quatro restrições: ser uma típica aplicação <i>Web</i> , navegável através de um conjunto de páginas; poder ser decomposta em módulos descritos através de um menu hierárquico; o projeto já iniciar com uma descrição de alto nível do sistema; a hierarquia do menu não ser maior que três níveis.
(Zhang et al., 2003b)	Outro exemplo de aplicação da MODFM - ver Zhang et al., 2003
(Zhao & Chen, 1999)	Propõe o modelo CoOWA (Component Oriented Web Application model), que descreve uma aplicação Web como uma coleção de componentes.

## 4. CATEGORIZAÇÃO DOS PROCESSOS ENCONTRADOS

Posteriormente à execução da seleção dos resultados da revisão sistemática, os processos encontrados foram classificados de acordo com critérios propostos para facilitar sua análise. Os critérios propostos foram:

- Amplitude do Processo – (Todo o ciclo/ restrito a fases): aponta se o processo proposto cobre todo o ciclo de desenvolvimento *Web* ou se propõe a cobrir apenas fases específicas. Os processos pertencentes à categoria “todo o ciclo de desenvolvimento” são os processos que englobam as seguintes macro-atividades: análise de requisitos, projeto do sistema, implementação e entrega.
- Geração de artefatos próprios para projeto *Web* – (sim/ não): relata se em alguma(s) atividade(s) do processo

em questão são gerados artefatos específicos para projetos *Web* como, por exemplo, artefatos relacionados com navegação ou apresentação com recursos *Web*.

- Apoio Computacional – (requer apoio específico/ sugere apoio específico/ não): aponta se o processo exige (é dependente de) ou sugere apoio computacional de ferramenta específica.
- Abrangência de Uso – (Uso em Ambiente Industrial/ Uso em Ambiente Acadêmico): relata se o processo em questão foi utilizado (conforme informações obtidas até o término da pesquisa e nas fontes previamente estabelecidas) somente em projetos acadêmicos ou se já foi empregado em projetos reais, na indústria ou outras organizações.

**Tabela 2 - Resultados Classificados**

Referência	Amplitude do Processo	Geração de artefatos próprios	Apoio Computacional	Abrangência de Uso
(Arch-int & Batanov, 2003)	Todo o ciclo	Sim	Não	Ambiente Industrial
(Barta & Schranz, 1998)	Todo o ciclo	Sim	Requer apoio específico	Ambiente Industrial
(Ceri et al., 2000)	Ver (Ceri et al., 2002)	Ver (Ceri et al., 2002)	Ver (Ceri et al., 2002)	Ver (Ceri et al., 2002)
(Ceri et al., 2002)	Todo o ciclo	Sim	Sugere apoio específico	Ambiente Industrial
(Díaz et al., 2004)	Todo o ciclo	Sim	Não	Ambiente Industrial
(Fuchs et al., 2003)	Todo o ciclo	Sim	Requer apoio específico	Ambiente Acadêmico
(Gellersen & Gaedke, 1999)	Restrito a fases (sugere utilizar OOHDM)	Sim	Requer apoio específico	Ambiente Acadêmico
(Gellersen et al., 1997)	Ver (Gellersen & Gaedke, 1999)	Ver (Gellersen & Gaedke, 1999)	Ver (Gellersen & Gaedke, 1999)	Ver (Gellersen & Gaedke, 1999)
(Ginige & Murugesan, 2001b)	Todo o ciclo	Não	Não	Ambiente Acadêmico (recomendações para Ambiente Industrial)
(Guelfi et al., 2003)	Todo o ciclo	Sim	Requer apoio específico	Ambiente Acadêmico
(Lee & Shirani, 2004)	Restrito a fases	Sim	Não	Ambiente Acadêmico
(Po-Hao et al., 2004)	Restrito a fases	Não	Requer apoio específico	Ambiente Acadêmico
(Richardson, 2000)	Todo o ciclo	Não	Não	Ambiente Acadêmico (recomendações para Ambiente Industrial)
(Scharl, 2001)	Restrito a fases (design de páginas)	Sim	Requer apoio específico	Ambiente Acadêmico
(Scott, 2003)	Todo o ciclo	Não	Não	Ambiente Acadêmico (recomendações para Ambiente Industrial)
(Standing, 2002)	Todo o ciclo	Sim	Não	Início de uso em Pilotos em Ambiente Industrial
(Tam et al., 2000)	Restrito a fases	Sim	Requer apoio específico	Ambiente Acadêmico
(Uden, 2002)	Todo o ciclo	Sim	Não	Ambiente Industrial
(Vogelsang & Carstensen, 2001)	Todo o ciclo	Sim	Não	Ambiente Industrial
(Zhang et al., 2003)	Todo o ciclo	Sim	Não	Ambiente Industrial
(Zhang et al., 2003b)	Ver (Zhang et al., 2003)	Ver (Zhang et al., 2003)	Ver (Zhang et al., 2003)	Ver (Zhang et al., 2003)
(Zhao & Chen, 1999)	Restrito a fases	Sim	Não	Ambiente Acadêmico



Na Tabela 2 pode ser encontrada a classificação dos processos identificados de acordo com os critérios propostos. Após a categorização dos processos, foi possível realizar a seguinte análise em relação a cada critério:

- Critério Amplitude do Processo: este critério separa as abordagens que apóiam o ciclo de desenvolvimento como um todo das outras abordagens que apóiam apenas algumas atividades específicas. Cerca de 06 artigos descreviam processos que deveriam ser aplicados apenas em determinadas fases ou atividades do ciclo de vida de desenvolvimento.
- Geração de artefatos próprios para projeto Web: cerca de 16 dos 19 processos encontrados (excetuando-se as três repetições de processos descritos em outros artigos) apontam a geração de artefatos específicos, como diagramas de navegação e artefatos próprios para projeto de apresentação da informação através de recursos Web.
- Apoio Computacional: os processos que requerem apoio computacional específico para sua execução restringem significativamente a adoção do processo sugerido apenas por organizações com acesso ao framework/ferramenta computacional em questão.
- Abrangência de uso: Mesmo os processos utilizados em ambientes industriais foram aplicados em sua maioria em projetos piloto controlados pelo grupo que os desenvolveu. Isso mostra que os métodos não demonstram ainda abrangência de utilização que permita ao engenheiro de aplicação Web entender ou identificar os riscos associados à sua utilização em projetos em larga escala.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos processos coletados mostra a existência de atividades específicas para o desenvolvimento de aplicações de software *Web*, que exigem a construção e manuseio de artefatos próprios.

Um aspecto importante a ressaltar é que nem todas as abordagens atualmente propostas para o ciclo de desenvolvimento *Web* foram coletadas pela pesquisa realizada. Há propostas bem divulgadas no ambiente acadêmico, como OOWS (Fons et al 2003) e UWE (Koch e Kraus 2002), sobre as quais a pesquisa não coletou nenhum artigo, devido à limitação nas fontes de pesquisa.

Considerando esta limitação inicial, os resultados apontam que, até a data da realização da revisão sistemática, não foi possível identificar uma abordagem padronizada que promova e utilize o conhecimento adquirido em Engenharia de Software em prol da construção de produtos de software *Web*. Além disso, não foi possível identificar indícios da existência de unificação e correspondente representação dos artefatos de projeto. Isto pode representar um risco, já que a maioria das abordagens captura situações específicas de trabalho, explorando normalmente processos de desenvolvimento *ad-hoc*. Esta situação é similar às apresentadas por Mendes et al. (2004) e Standing (2002), de acordo com o cenário descrito na Seção 1 deste artigo.

Um ponto a se ressaltar é que em nenhum dos artigos coletados e selecionados foi encontrado relato de utilização de técnicas de revisão ou inspeção de software para garantia da qualidade das aplicações *Web*, confirmando Abrahão et al. (2003). Usualmente, a aplicação destas técnicas de garantia de qualidade é facilitada pela existência de processos ou abordagens de construção que apresentam maturidade para o desenvolvimento. Portanto, isto pode representar um forte indício de imaturidade das abordagens para o desenvolvimento de aplicações *Web* e da falta de uma perspectiva com foco amplo nos princípios de engenharia comumente utilizados para o desenvolvimento de aplicações de software convencionais em larga escala. Por outro lado, este cenário também pode sugerir a tendência à baixa utilização de inspeção ou outras técnicas para garantia da qualidade no desenvolvimento de aplicações *Web*; ou falta de interesse neste tópico por parte da comunidade de Engenharia *Web*. É necessário averiguar se existe alguma característica de aplicações *Web* que tornem particularmente difícil a aplicação de inspeções para garantia da qualidade ou se é possível a definição de um processo de desenvolvimento para aplicações *Web* que contemple estas atividades permitindo, conseqüentemente, aos desenvolvedores e organizações trabalhar com a maturidade necessária para a construção de aplicações *Web* em larga escala.

Adicionalmente, várias novas metodologias e processos (OOHDM [Schwabe et al. 1996], WebML [Ceri et al. 2000], W2000 [Baresi et al. 2000], WAE [Conallen 2002], UWE [Koch e Kraus 2002], OOWS [Fons et al. 2003], ADM [Diaz et al. 2004]) propõem a criação de artefatos específicos para o projeto de aplicações *Web*. É necessário, então, caracterizar esses artefatos e classificá-los, criando um conjunto mínimo de “artefatos para desenvolvimento *Web*”. Acreditamos ser, do ponto de vista da qualidade do processo, esses artefatos fortes candidatos para avaliar sua viabilidade de utilização prática na indústria e na aplicação de técnicas de garantia da qualidade, tais como revisão e inspeção de software.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEAM e ao CNPq pelo apoio financeiro para este trabalho. Um agradecimento especial à pesquisadora Barbara Kitchenham por compartilhar seu conhecimento relacionado a revisões sistemáticas.

## 7. REFERÊNCIAS

- Abrahão, S., Condori-Fernández, N., Olsina, L., Pastor, O. (2003), “Defining and Validating Metrics for Navigational Models”, *Proceeding of the Ninth International Software Metrics Symposium (METRICS’03)*.
- Ach-int, S., Batanov, D. (2003), “Development of industrial information systems on the Web using business components”, *Computers in Industry*, Vol. 50, Issue: 2.
- Baresi, L., Garzotto, F., Paolini, P. (2000), “From Web Sites to Web Applications: New Issues for Conceptual Modeling”. In *Proc. of the ER’00 Workshop on World Wide Web and Conceptual Modeling*, Salt Lake City (USA).
- Barta, R., Schranz, M. (1998), “JESSICA: an object-oriented hypermedia publishing processor”, *Computer Networks and ISDN Systems*, Vol. 30, Issues: 1 – 7.

- Biolchini, J., Mian, P., Natali, A., Travassos, G. (2005), "Systematic Review in Software Engineering: Relevance and Utility". Technical Report, PESC - COPPE/UFRJ.
- Ceri, S., Fraternali, P., Matera, M. (2002), "Conceptual modeling of data-intensive Web applications", *IEEE Internet Computing*, Vol. 6, Issue, 4, July-Aug.
- Ceri, S., Fraternali, P., Bongio, A. (2000) "Web Modeling Language (WebML): a Modeling Language for Designing Web Sites". WWW9 Conference, Amsterdam.
- Conallen, J. (2002) "Building Web Applications with UML", second edition Addison-Wesley, ISBN: 0-20-173038-3.
- Conte, T., Travassos, G.H., Mendes E. (2005), "Revisão Sistemática sobre Processos de Desenvolvimento para Aplicações Web", Relatório Técnico ESE/PESC - COPPE/UFRJ.
- Diaz, P., Montero, S., Aedo, I. (2004), "Modelling hypermedia and web applications: the Ariadne Development Method", *Information Systems*, Article in Press.
- Fons, J., Pelechano, V., Albert, M., Pastor, O. (2003) "Development of Web Applications from Web Enhanced Conceptual Schemas", *Conference on Conceptual Modeling (ER)*, Is International, 22nd, Il-Yeol Song, Stephen W. Liddle, Tok Wan Ling, Peter Scheuermann, Springer-Verlag, *Lecture Notes in Computer Science*, 3-540-20299-4, 2813.
- Fraternali, P., Paolini, P. (1998), "A Conceptual Model and a Tool Environment for Developing More Scalable, Dynamic, and Customizable Web Applications", In *EDBT 98*, p.p.: 421-435.
- Fuchs, M., Niederre, C., Hemmje, M., Neuhold, E. (2003), "Supporting model-based construction of semantic-enabled Web applications", *Proceedings of the Fourth International Conference on Web Information Systems Engineering (WISE 2003)*.
- Gellersen, H., Gaedke, M. (1999), "Object Oriented Web Application Development", *IEEE Internet Computing*, Jan-Feb.
- Ginige, A., Murugesan, S. (2001), "Web Engineering: an Introduction", *IEEE Multimedia*, Vol. 8, Issue: 1, pp: 14 – 18.
- Ginige, A., Murugesan, S. (2001b), "The essence of web engineering - managing the diversity and complexity of web application development", *IEEE Multimedia*, Vol 8, Issue: 2, April-June.
- Guelfi, N., Ries, B., Sterges, P. (2003), "MEDAL: a case tool extension for model-driven software engineering", *Proceedings of the IEEE International Conference on Software: Science, Technology and Engineering (SwSTE'03)*.
- Kitchenham, B. (2004), "Procedures for Performing Systematic Reviews", Keele technical report SE0401 and NICTA technical report 0400011T.1.
- Koch, N., Kraus, A. (2002) "The expressive Power of UML-based Web Engineering". Second Int. Workshop on Web-oriented Software Technology (IWWOST'02).
- Lee, S., Shirani, A. (2004), "A component based methodology for Web application development", *Journal of Systems and Software*, Vol. 71, Issues: 1 – 2.
- Mafra, S., Travassos, G. (2005) "Técnicas de Leitura de Software: Uma Revisão Sistemática". XIX Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES 2005).
- Mendes, E., Kitchenham, B. (2004), "Protocol for Systematic Review". Available at <http://www.cs.auckland.ac.nz/emilia/srsp.pdf>. Último acesso em 10/05/2005.
- Mendes, E., Mosley, N., Counsell, S. (2004), "Investigating Web size metrics for early Web cost estimation", *The Journal of System and Software*, In Press, Corrected Proof, Available online 22 October 2004.
- Mendes, E., Mosley, N. (2005) "The Need for Web Engineering: an Introduction", *Web Engineering - Theory and Practice of Metrics and Measurement for Web Development*, Springer-Verlag (accepted for publication).
- Mian, P., Conte, T., Natali, A., Biolchini, J., Mendes, E., Travassos, G. (2005), "Lessons Learned on Applying Systematic Reviews to Software Engineering", 3rd Intern. Workshop "GUIDELINES FOR EMPIRICAL WORK" in the Workshop Series on Empirical Software Engineering (WSESE 2005).
- Pai, M., McCulloch, M., Gorman, J., Pai, N., Enanoria, W., Kennedy, G., Tharyan, P., Colford Jr., J. (2004), "Systematic reviews and meta-analyses: An illustrated step-by-step guide". *The National Medical Journal of India*, 17(2), pp: 86-95.
- Pastor, O. (2004), "Fitting the Pieces of the Web Engineering Puzzle", Invited Talk, XVIII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES 2004), Brasília.
- Pfleeger, S. (2004) "Engenharia de Software: Teoria e Prática", São Paulo: Prentice Hall, 2ª edição.
- Po-Hao Chang, Kim, W., Agha, G., "An adaptive programming framework for Web applications", *Proceedings of International Symposium on Applications and the Internet*.
- Pressman, R. (2000), "What a tangled Web we have", *IEEE Software*, (Jan – Feb.), pp: 18 – 21.
- Pressman, R. (2005), "Software Engineering: A Practitioner's Approach", McGraw Hill, 6<sup>th</sup> edition.
- Richardson, O. (2000). "Gathering accurate client information from World Wide Web sites", *Interacting with Computers*, Vol. 12, Issue: 6.
- Scharl, A. (2001), "Explanation and exploration Visualizing the topology of web information systems", *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 5, Issue 3.
- Schwabe, D., Rossi, G., Barbosa, S. (1996) "Systematic Hypermedia Design with OOHDM", *ACM Conference on Hypertext*.
- Scott, Z. (2003), "Internet/web systems development: what can be learned from hi-tech new product strategic planning", *Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Standing, C. (2002), "Methodologies for developing Web applications", *Information and Software Technology*, Vol. 44, Issue 3.
- Tam, V., Foo, W., Gupta, R. (2000), "A fast and flexible framework of scripting for Web application development: a preliminary experience report", *Proceedings of the First International Conference on Web Information Systems Engineering*.



[Uden, L. \(2002\), "Design process for Web applications", IEEE Multimedia, Vol. 9, Issue: 4, Oct.-Dec.](#)

[Volgesan, L., Cartensen, P. \(2001\), "New challenges for the collaboration in Web-based information systems development", Proceedings of Tenth IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises \(WET ICE 2001\).](#)

[Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M., Regnell, B., Wesslen, A. \(2000\), "Experimentation in Software Engineering: an Introduction", Massachussets: Kluwer Academic Publishers.](#)

[Zhang, J., Chang, C., Jen-Yao, C. \(2003\), "Mockup-driven fast-prototyping methodology for Web requirements engineering",](#)

[COMPSAC 2003, Proceedings of 27th Annual International Computer Software and Applications Conference.](#)

[Zhang, J., Chang, C., Jen-Yao, C. \(2003b\), "Mockup-driven fast-prototyping methodology for Web applications", Proceedings of 2003 Symposium on Applications and the Internet.](#)

[Zhao, W., Chen, J.\(1999\), "CoOWA: a Component Oriented Web Application model", TOOLS 31, Proceedings of the Technology of Object-Oriented Languages and Systems.](#)