



Revista Design em Foco

ISSN: 1807-3778

designemfoco@uneb.br

Universidade do Estado da Bahia

Brasil

Pereira Borges de Barros, Hernane

Critérios de Usabilidade: Suporte ao Design de Aplicações Multimídia usadas em Educação a Distância

Revista Design em Foco, vol. I, núm. 1, julho-dezembro, 2004, pp. 67-83

Universidade do Estado da Bahia

Bahia, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66110108>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## Critérios de Usabilidade: Suporte ao Design de Aplicações Multimídia usadas em Educação a Distância

### Usability Criteria: Support to Design of Multimedia Applications used in Distance Education

#### Resumo

A pesquisa aqui apresentada consiste na observação e levantamento de critérios de usabilidade com relação a aprendizagem do usuário (i.e. alunos) de aplicações multimídia usadas em educação a distância, através de uma análise empírica, na qual conceitos e métodos de **design** de interface de software são utilizados. Para tanto, utilizou-se os métodos de pesquisa teoria fundamentada em dados e estudo de caso. O objetivo principal deste artigo é apresentar um conjunto de critérios de usabilidade associados à aprendizagem de acordo com o domínio da natureza dos testes, usados como requisitos de **design** de aplicações multimídia. Este artigo pode ser usado como um guia para os que pretendem iniciar seus estudos no **design** de aplicações multimídia. Ademais, representa também uma modesta referência para o desenvolvimento de pesquisas sobre a interação homem-máquina sob a perspectiva da usabilidade.

#### Abstract

*This research consists of a observation and collection of usability criteria with respect to the user's learning in multimedia applications used in distance education, through a empirical analysis, in which concepts and methods of software interface design are used. Grounded Theory and Case Study research methods have been used. The main goal of this article is to present a set of usability criteria associated to learning according to the test nature domain and used as design requirements of multimedia application. This article can be used as a guide for the people that want to initiate their studies on multimedia application design and also represents a modest reference for the development of researches on the human-computer interaction from the usability perspective.*

#### Palavras-chave

Usabilidade, **Design**, Critérios de Usabilidade, Modelo SSTM, Influência Determinante

#### Keywords

**Usability, Design, Usability Criteria, SSTM Model, Determinant Influence**

#### 1. Comentários iniciais: Situando o problema do design de interfaces

Os sistemas de informação (SI) são uma ciência de natureza, além de técnica, social e, portanto, estudados em diversos âmbitos e sob distintas perspectivas. Um dos mais recentes e emergentes campos de pesquisa em SI é o das aplicações multimídia e seu uso no concernente à transferência de informação. Pode-se observar sua interdisciplinaridade na concepção e desenvolvimento, isto é, no processo de produção de sistemas interativos multimídia, ou simplesmente aplicações multimídia.

A aplicação das novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) em diversos setores da sociedade está permitindo mudança de paradigma na execução e controle dos processos de produção. Atualmente,

encontramos múltiplos exemplos da utilização das TIC em nossa sociedade: desde bancos e supermercados, até escolas e universidades.

Sem embargo, os fatores que garantem o sucesso de produtos formados pelas TIC tem sido e são principalmente aspectos como a confiabilidade ou a facilidade do uso desses produtos. Para alcançar a alta qualidade no desenvolvimento de aplicações multimídia, são necessárias muitas horas de trabalho de inúmeros profissionais dedicados a construir, testar e aprovar aplicações que formam parte de nossa vida cotidiana. Para isto, se utilizam modelos, estratégias e métodos de qualidade propostos por centros de pesquisa e pela indústria.

Segundo Pereira (2002b), o controle de qualidade implica três processos de teste: verificação, validação e usabilidade. Diversos autores em engenharia de software (BURNSTEIN et al, 1996a, 1996b e 1998; KOOMEN e POL, 1999; POL e van VEENENDAAL, 1998) e usabilidade (NIELSEN, 1993; MAYHEW, 1999; SCAPIN e BASTIEN, 1997) estudam problemas relacionados com a melhora do processo de teste e com a definição de requerimentos de software.

Quando as aplicações multimídia são usadas como ferramentas de suporte para educação, seu desenho exige fundamentos teóricos educacionais que garantam um processo adequado de transmissão de informação favorecendo o aumento da aprendizagem. Consequentemente, faz-se necessário adaptar os processos de teste, em particular os de usabilidade, ao mundo multimídia com o propósito de verificar não só se existem inter-relações entre a usabilidade de uma aplicação multimídia e a aprendizagem do usuário (i.e. discentes), mas também identificar em que grau a usabilidade influencia a aprendizagem.

Poucos estudos foram encontrados nos quais a associação entre a usabilidade e a aprendizagem está claramente expressada. Neste contexto, Catapan et al (1999) apresentaram um estudo relacionado com o processo de avaliação de software educacional, onde a usabilidade e a aprendizagem são as principais propriedades de análise.

Ainda que muitas pesquisas sobre temas de usabilidade tenham sido desenvolvidas, mais estudos necessitam ser realizados para consolidar os temas de usabilidade em interface homem-computador (IHC) desde a perspectiva educacional, a qual ainda é um problema aberto. Segundo Souza et al (1999), não existe uma metodologia atual de desenvolvimento de software que garanta produtos com alto nível de usabilidade. Consequentemente, são identificadas sérias falhas durante o processo de avaliação de aplicações multimídia usadas como ferramentas educacionais.

Esta pesquisa fundamenta-se principalmente nos trabalhos desenvolvidos por Pereira e Monguet (2000a, 2000b, 2000c), Pereira et al (2001) e Pereira (2002a, 2002b). O objetivo principal deste artigo é apresentar um conjunto de critérios de usabilidade associados à aprendizagem de acordo com o domínio da natureza dos testes (PEREIRA, 2002a), sendo usados como suporte ao ***design*** de aplicações multimídia usadas em educação a distância (AMED). Desta maneira, este trabalho pode ser usado não só como um guia para aqueles que pretendem iniciar seus estudos no ***design*** de aplicações multimídia, senão como uma modesta referência para o desenvolvimento de pesquisas sobre a interação homem-máquina.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a definição do problema que marcou o rumo da pesquisa sobre critérios de usabilidade. A Seção 3 apresenta uma visão geral sobre a metodologia usada para desenvolver a pesquisa supracitada. A Seção 4 apresenta o domínio da natureza dos testes, o qual consiste na teoria gerada a partir da definição do problema e dos métodos de pesquisa selecionados. A Seção 5 estende a seção anterior e apresenta brevemente o modelo de teste proposto (i.e. resultado que pode ser incorporado aos

processos de teste dentro da engenharia de software). A Seção 6 apresenta as considerações finais deste artigo.

## 2. Definindo o problema

Ao longo das leituras sobre temas relacionados com usabilidade, educação a distância, processos de ensino-aprendizagem e transmissão de informação, identificou-se que existem poucos estudos práticos que conectem teorias educacionais, sob a perspectiva processo de ensino-aprendizagem mediante o uso de componentes/ferramentas, i.e., o desenho instrucional (e.g. MERRILL, 1983 ou REIGELUTH e STEIN, 1983) às técnicas introduzidas com as novas TICs, mais precisamente com o uso de aplicações multimídia sejam em formato CD-ROM (i.e. produto) ou WEB (i.e. serviço).

Esta possível conexão implica diversos problemas de ordem técnico-pedagógica e, portanto, torna-se necessária a busca de respostas a perguntas como (1) os critérios de usabilidade de AMED influenciam na aprendizagem de um estudante? e (2) os objetivos da aprendizagem influenciam na seleção de critérios de usabilidade usados como requerimentos de **design** de aplicações multimídia? que caracterizam os macro-limites deste estudo.

Esta pesquisa consiste na observação e levantamento de critérios de usabilidade com relação a aprendizagem do usuário (i.e. alunos) de AMED, através de uma análise empírica, na qual conceitos e métodos de **design** de software são utilizados, especificamente de processos de controle de qualidade. Esses critérios tornam-se relevantes quando são definidos como requisitos de **design**. Um dos sinais mais evidentes dessa necessidade são precisamente os problemas de usabilidade e erros encontrados durante o desenvolvimento e distribuição das AMED, o que torna imprescindíveis os processos de teste nas distintas fases do ciclo de vida de software.

Ainda que diversas pesquisas sobre usabilidade foram e estão sendo realizadas, faz-se necessário levar a cabo mais estudos com o propósito de consolidar este campo da ciência com relação ao uso educacional das aplicações multimídia que representa ainda um tema de pesquisa aberto. As análises realizadas nesta pesquisa e o Modelo SSTM (Seção 5) podem contribuir com a resolução de problemas identificados na inter-relação entre os critérios ergonômicos a a aprendizagem, quando as aplicações multimídia são usadas como ferramentas instrucionais.

## 3. Aspectos metodológicos

O presente artigo é resultante de um estudo baseado principalmente na pesquisa qualitativa, cujo enfoque principal está dirigido à produção do conhecimento que permita entender e explicar o mundo e os fenômenos sociais (PEREIRA, 2002a). Trabalha-se com dados qualitativos, cujas fontes incluem documentos e textos (e.g. artigos e livros), entrevistas e questionários, observação e observação participante, fitas de vídeo, impressões do pesquisador e suas reações para entender e explicar o fenômeno cultural e social (STRAUSS e CORBIN, 1990; MYERS, 1997).

A pesquisa qualitativa é um dos fatores que possibilitam o uso de novas perspectivas no desenvolvimento de investigações no âmbito do **design** de interfaces, especificamente considerando a usabilidade. Recentemente, Pereira e Souza (2004) apresentaram um estudo sobre o uso da pesquisa qualitativa na definição de requisitos de usabilidade de sistemas de informação.

Assume-se, portanto, neste estudo, a perspectiva filosófica interpretativa, a qual está respaldada pelo métodos de pesquisa teoria fundamentada em dados (**Grounded Theory**), apresentado inicialmente por Glaser e Strauss (1967) e estudo de caso (YIN, 1994). A Figura 1

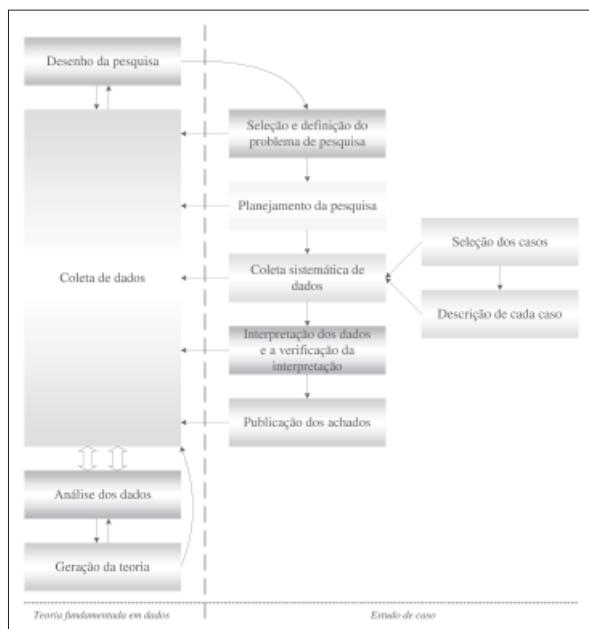


Figura 1 - Aplicação dos métodos estudo de caso e teoria fundamentada em dados. Fonte: Adaptação de Pereira (2002a).

apresenta não só a maneira com a qual os referidos métodos foram aplicados durante a pesquisa, como também suas inter-relações. Na Seção 4 será explicado como os métodos supracitados foram usados durante a construção teórica da pesquisa e as análises experimentais.

Esta assunção é tomada devido a algumas características inerentes ao interpretativismo tais como a necessidade de entender o contexto, a subjetividade, a construção social e a dependência do observador (neste caso do autor que exerceu a função de revisor/"testador" durante os processos de teste das aplicações multimídia; para detalhes sobre testes de usabilidade ver Rubin (1994)). Além disso, Klein e Myers (1999) comentam que, dentro da perspectiva interpretativa, não se definem variáveis dependentes e independentes, senão que o enfoque de análise se concentra na complexidade do pensamento e do comportamento humano, com o propósito de aclará-los dentro do contexto social, político, econômico, organizacional e processual.

A estrutura metodológica da pesquisa desenvolvida por Pereira (2002a), apresentada na Figura 2, consistiu em cinco fases. A primeira fase caracterizou-se pela recompilação e revisão bibliográfica acerca dos temas adjacentes e centrais (i.e. aprendizagem e a definição de critérios de aprendizagem, usabilidade e a definição de critérios de usabilidade, educação e formação a distância, TICs, engenharia e processo de software e processos de teste e seus métodos de avaliação) do objeto de estudo.

A segunda fase consistiu em analisar os modelos de teste de usabilidade, definir e aplicar um modelo para a avaliação de aplicações multimídia, considerando as análises das relações entre a informação, a aplicação e o usuário, permitindo a construção uma base de dados parcial de problemas e erros. A partir dessa base de dados foi proposto o primeiro conjunto de critérios de usabilidade.

Partiu-se então para a terceira fase na qual três metas foram delineadas: (1) pesquisar os problemas abertos considerando a análise dos resultados da aplicação do Modelo SSTM, (2) redefinir os critérios de usabilidade com repente à aprendizagem dos alunos e (3) construir uma estrutura conceitual para a seleção de critérios de usabilidade a partir de modelos e

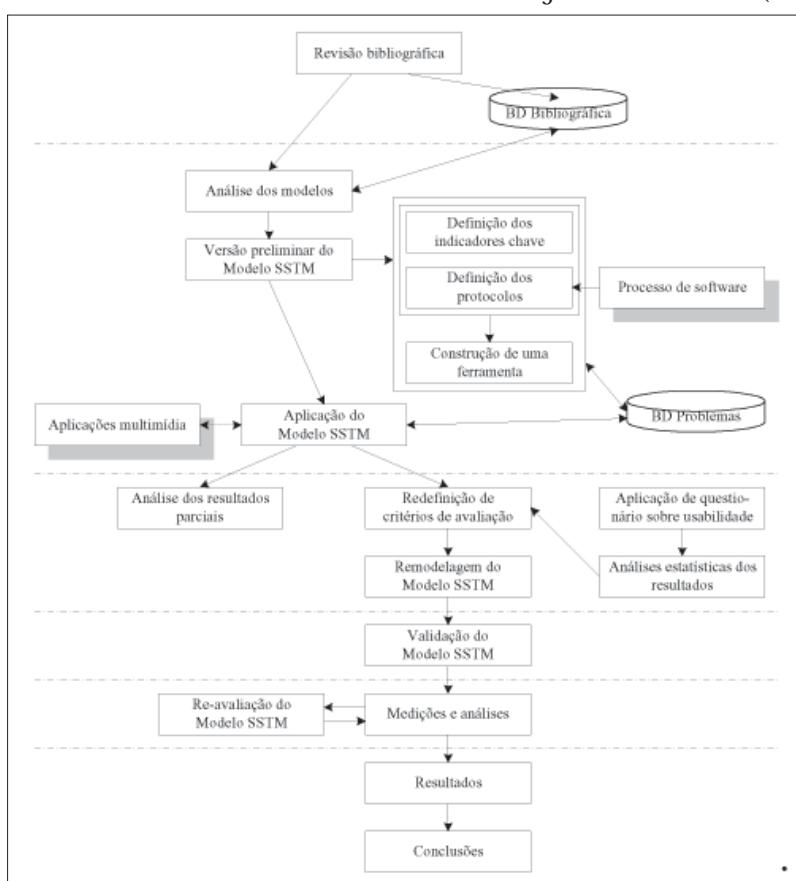


Figura 2 - Estrutura metodológica da pesquisa desenvolvida por Pereira (2002a).

padrões de avaliação do processo de software e de teste. Desta maneira, foi possível remodelar o Modelo SSTM, cujas implicações consistiram na inclusão de novos critérios e em mudanças em seu método de aplicação, uma vez que novas ferramentas de apoio foram introduzidas.

Uma vez estabelecidos os melhores critérios de usabilidade com reperito à aprendizagem, realizou-se, na quarta fase, a validação do Modelo SSTM através de sua aplicação às novas versões das aplicações multimídia desenvolvidas pelo Laboratório de Aplicações Multimídia (LAM) da Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) de acordo com a metodologia GIM. Dados de seguimento dos alunos de duas aplicações multimídia (i.e. **Graduado Multimedia** – GMMD e **Master en e-Business Winterthur**) foram usados. Para tanto, realizou-se testes de usabilidade baseados em inspeção heurística e inferências estatísticas. Uma das estratégias para a coleta de dados foi desenhar e implementar um questionário *on-line*.

Na quinta fase, refinou-se as definições dos elementos do Modelo SSTM a partir das inter-relações entre as TICs e as características da educação a distância. Um estudo sobre a influência determinante entre os elementos do modelo proposto foi realizado. Finalmente, os resultados e as conclusões obtidas durante a pesquisa foram obtidos.

#### 4. Domínio da natureza dos testes

O domínio da natureza dos testes está situado no âmbito dos métodos e processos de teste que fazem parte do ciclo de vida de desenvolvimento de aplicações multimídia. De acordo com o contexto da pesquisa (i.e. a inter-relação entre a usabilidade do software educacional e a aprendizagem de seu usuário), as atividades de teste tratadas observam a semântica e a sintaxe dos problemas e erros encontrados durante a execução de uma aplicação multimídia. Portanto, as atividades de teste, representadas pela verificação, validação e avaliação de usabilidade, baseam-se nas naturezas semântica, sintática e híbrida.

##### 4.1. Meta-modelo

Usando os valores semânticos e sintáticos como ponto de partida, desenvolve-se o domínio a partir de uma estratégia que considera o uso de um meta-modelo (Figura 3), através do qual foram determinados os elementos taxonômicos, permitindo não só a classificação e decomposição desses elementos, mas também a identificação das condições (i.e. critérios de usabilidade) relacionadas com os testes de verificação, validação e usabilidade.

Segundo Raghunathan (1992, p. 321), um meta-modelo “é a fonte de conhecimento primária usada para identificar restrições apropriadas e relações de dependência em um problema”.

Esta estratégia favoreceu a organização das características ergonómicas (i.e. de usabilidade) e da aprendizagem – deterministas, estocásticas e intuitivas – associadas ao ambiente multimídia. Desta maneira, as relações de dependência entre os elementos do domínio da natureza dos testes são estabelecidas com rigor e precisão, permitindo o desenho de sua taxonomia.

O meta-modelo apresentado na Figura 3 foi organizado como uma hierarquia e consiste na estruturação de duas abordagens (i.e. analítica e matemática) e quatro níveis (entidade, indicador causal, condições e restrições).

Por um lado, utiliza-se a abordagem analítica para definir a árvore da taxonomia do domínio da natureza dos testes. Nesta abordagem, as **entidades** (primeiro nível) contêm os **indicadores causais** (segundo nível). Estes, por sua vez, têm **condições** (terceiro nível), as quais implicam **restrições** identificadas na abordagem matemática que representam o quarto nível do meta-modelo.

Por outro lado, utiliza-se a abordagem matemática para determinar os valores das restrições que serão usadas no modelo matemático, cuja função objetivo será a maximização da aprendizagem



Figura 3 - Meta-modelo do domínio da natureza dos testes.

de acordo com os critérios de usabilidade propostos. A aquisição dos coeficientes do modelo deverá ser realizada através de análises estatísticas usando as técnicas (1) análise dos componentes principais (Aluja-Banet e Morineau, 1999) e (2) quadrados mínimos parciais (Tenenhaus, 1998). Ademais, deve-se identificar, a partir dos dados, o melhor método (e.g. métodos de pesquisa operacional) para desenhar o modelo matemático mais adequado. Sem embargo, o contexto deste artigo comprehende somente a abordagem analítica do meta-modelo (Figura 3). Portanto, a abordagem matemática será uma das atividades futuras de pesquisa.

O meta-modelo permite desenhar, de forma conceitual, o domínio de um tema determinado considerando suas restrições e relações de dependência. Desta maneira, o meta-modelo é a base estrutural para o Modelo SSTM. A associação entre eles considera os seguintes aspectos:

- O domínio do meta-modelo é a natureza dos testes de aplicações multimídia, nas quais o Modelo SSTM é aplicado;
- A análise da natureza dos testes permitiu o desenho da estrutura e dos componentes do Modelo SSTM;
- O nível **entidade** do meta-modelo representa os princípios semânticos sintáticos e híbridos considerados na avaliação de uma aplicação multimídia usada em educação a distância;
- No Modelo SSTM, as **entidades** estão implicitamente representadas pelos três princípios;
- Os **indicadores causais** representam uma especificação da inter-relação entre os itens de interesse e os agentes do Modelo SSTM (Tabela 1);
- Através dos **indicadores causais**, definem-se guias de procedimento para a identificação das **condições**;
- Os **indicadores causais**, estão baseados na seguinte pergunta: **Através de que se inter-relacionam os itens e os agentes?**;
- As condições representam os critérios de avaliação do Modelo SSTM. Elas não são ilimitadas e variam de acordo com os objetivos e requerimentos predeterminados das aplicações multimídia;
- As condições estão baseadas nas seguintes perguntas: (1) **Como um item de interesse influencia o e influenciado por um critério de usabilidade com respeito a um agente?** e (2) **Se existe uma mudança no item de interesse, há a possibilidade de mudanças no critério de usabilidade com respeito a um agente e vice-versa?**;
- As **restrições** representam as limitações que as **condições** possuem e podem ser medidas quantitativamente.

A metodologia científica, em geral, não é linear. Os processos de cada método de pesquisa não são exclusivamente caracterizados pelos procedimentos do tipo **top-down**, senão que se caracterizam por suas iterações. Ademais, a construção final do meta-modelo e da taxonomia está associada à identificação das análises do trabalho empírico realizado.

#### 4.2. Taxonomia proposta

Como comentado, o interesse principal desta pesquisa está dirigido às actividades de teste que permitem avaliar aplicações multimídia sob dois aspectos: no controle de qualidade e na influência da usabilidade na aprendizagem do usuário.

Usando as considerações de Bloom (1956) como ponto de partida, nas quais o autor distingue os termos classificação e taxonomia, determinase uma estrutura hierárquica e taxonômica para organizar o domínio da natureza dos testes, caracteriza a seguir:

- Uma taxonomia tem determinadas regras estruturais que permitem manter a consistência da mesma;
- Em uma taxonomia deve existir uma correspondência entre a ordem

- dos termos e a ordem real dos fenômenos representados pelos termos;
- O esquema taxonômico não pode ter muitos elementos arbitrários;
- “Valida-se através da demonstração de sua consistência com as visões teóricas a partir dos resultados de pesquisa do campo que se tenta ordenar” (p. 17).

De acordo com estes argumentos, a taxonomia proposta consiste em:

- Três regras estruturais baseadas nos problemas de usabilidade de sistemas interativos:
  - A organização taxonômica está baseada nos níveis hierárquicos de especialização declarados no meta-modelo;
  - A determinação dos indicadores causais e das condições depende de seu grau de pertinência com respeito ao contexto da pesquisa (i.e. a influência da usabilidade na aprendizagem);
  - A representação da taxonomia em forma de árvore para garantir a unicidade das condições;
- Uma correspondência entre a ordem de representação dos elementos do meta-modelo e a ordem observada nos acontecimentos reais;
- Um esquema taxonômico que evita elementos arbitrários. Durante o processo de definição da taxonomia proposta, foi necessário, entretanto, arbitrar onde alguns elementos ambíguos deveriam ser classificados. Consequentemente, o critério de pertinência foi usado para ordenar tais elementos. Ou seja, se um elemento *X* é mais pertinente à entidade *A* que à entidade *B*, então se inclui *X* na entidade *A*.
- Alguns critérios de validação baseados nos resultados da pesquisa da literatura especializada e no resultado do questionário geral (PEREIRA, 2002a).

Na Figura 4, apresenta-se a árvore taxonômica resultante.

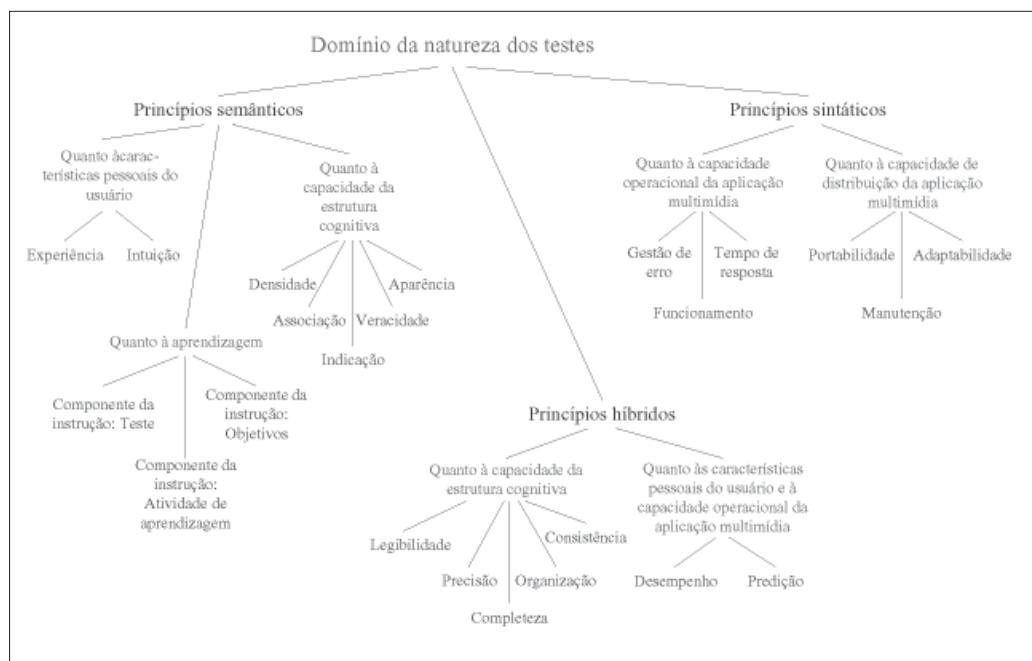


Figura 4 - Árvore taxonômica do domínio da natureza dos testes

#### 4.2.1. Entidades

Uma entidade representa um grupo estrutural básico de elementos similares identificados no domínio da natureza dos testes de aplicações multimídia. A determinação das entidades para o domínio supracitado considera as origens de influência que poderiam afetar a usabilidade da

aplicação e, por conseguinte a aprendizagem do usuário. As entidades são:

- **Princípios semânticos:** A palavra semântica, de acordo com alguns dicionários, é o estudo do significado dos signos, palavras e linguagens e de suas combinações. Assim sendo, os princípios semânticos se relacionam com os aspectos psicomotores (i.e. atividades mentais e motoras) associadas aos cognitivos. Na interação homem-computador (**Human-Computer Interaction - HCI**), identificam-se diversos indicadores causais e, consequentemente, as condições que permitem melhorar a interface entre o usuário e o computador sob a perspectiva semântica;
- **Princípios sintáticos:** A palavra sintaxis significa o estudo da coordenação e construção gramatical para formar as orações e expressar conceitos. Usando esta definição com ponto de partida, os testes sintáticos são definidos como os procedimentos de avaliação, nos quais se presta atenção aos problemas de índole técnica, tais como a deficiência dos algoritmos utilizados e o mal funcionamento das operações;
- **Princípios híbridos:** Estes princípios são produto dos elementos de natureza semântica e sintática, determinados pela forte relação entre os princípios anteriores.



Figura 5 - Grau de abstração da natureza dos testes.

Ante isso, verifica-se que os testes sintáticos possuem um caráter mais específico. Ou seja, as considerações observadas pela equipe responsável durante a aplicação dos testes se caracterizam pelo seu grau de abstração mais baixo, o que implica uma avaliação objetiva. Por outro lado, as considerações observadas dos testes semânticos se caracterizam pelo seu grau de abstração mais alto, implicando uma avaliação interpretativa e subjetiva. Resumindo, o grau de abstração de um processo de teste aumenta quando se aproxima da parte semântica e diminui quando se aproxima da parte sintática, de maneira que o tipo de atenção prestada para cada parte é distinto (Figura 5).

Como comentado, os testes de natureza semântica e sintática possuem uma forte relação representada pela zona de interseção (i.e. princípios híbridos) na Figura 5. Nesta interseção, características de ambas naturezas podem ser identificadas, como por exemplo o desempenho do usuário ao executar tarefas determinadas (testes semânticos) e o desempenho da aplicação durante o processamento dessas tarefas (testes sintáticos).

#### 4.2.2. Indicadores Causais

Considerando que os indicadores causais representam uma especificação da inter-relação entre os itens de interesse e os agentes do modelo proposto (Seção 5), determinam-se as seguintes instâncias para este elemento do meta-modelo da natureza dos testes de aplicações multimídia:

- **Quanto às características pessoais do usuário:** Este indicador causal agrupa as condições relacionadas com o usuário. Considerando os princípios semânticos, as condições **experiencia** e **intuición** são as características dos usuários que podem influenciar no desenho de aplicações multimídia. Por outro lado, considerando os princípios híbridos, o **desempenho** e a **predição** do usuário determinam padrões usabilidade e aprendizagem usados no desenho de tais aplicações;
- **Quanto à aprendizagem:** Este agrupa as condições semânticas que representam os três componentes da instrução (CI) – **CI: objetivos**, **CI: test** e **CI: actividades de aprendizaje**;
- **Quanto à capacidade da estrutura cognitiva:** Este indicador, identificado nos princípios semânticos e híbridos, agrupa as condições relacionadas com a forma em que se estrutura o conhecimento para

facilitar a transferência de informação. Desde o ponto de vista semântico, as condições **densidade, associação, indicação, veracidade e aparência** fazem parte da capacidade da estrutura cognitiva. Desde o ponto de vista híbrido, identificam-se as condições **legibilidade, precisão, completeza, organização e consistência**.

**Quanto à capacidade operacional da aplicação multimídia:** Este é um indicador causal que agrupa condições relacionadas com a operação da aplicação multimídia. Suas características são sintáticas e híbridas. Sob a perspectiva sintática, as condições **gestão de erro, funcionamento e tempo de resposta** compõem a capacidade operacional da aplicação multimídia. Considerando os princípios híbridos, as condições observadas são a **densidade** e a **predição**.

**Quanto à capacidade de distribuição da aplicação multimídia:** Este indicador agrupa as condições sintáticas que permitem verificar o grau de facilidade de execução de uma aplicação multimídia em outras plataformas. As condições são: a **portabilidade, a manutenção e a adaptabilidade**.

#### 4.2.3. Condições

As condições podem ser definidas sob dois aspectos. O primeiro está associado ao meta-modelo do domínio da natureza dos testes, onde as condições são uma representação conceitual das restrições de uso e satisfação do usuário. O segundo aspecto refere-se ao processo de teste aplicado, no qual as condições são os critérios de avaliação de usabilidade brevemente descritos na Tabela 1.

Condições (i.e. critérios de usabilidade)	Descrição/Características
Adaptabilidade	Caracteriza-se pela modificação (parcial ou total) de uma aplicação multimídia permitindo que esta desempenhe funções distintas daquelas previstas.
Aparência	Relaciona-se com os problemas de apresentação visual dos elementos que compõem a aplicação multimídia (e.g. os problemas com cores de um texto ou a má edição de uma figura).
Associação	Determina se o conteúdo e sua apresentação estão associadas a seu contexto.
CI: Teste	Identifica as incongruências entre o conteúdo proposto e o resultado da avaliação do aluno.
CI: Objetivo	Dentro do contexto educacional, no qual se situa esta pesquisa, caracteriza-se pela definição de guias de estudos da disciplina, unidades, módulos e seções.
CI: Atv. Aprendizagem	Permite verificar a qualidade das atividades educacionais propostas com o propósito de fomentar a consolidação da aprendizagem do usuário.
Completeza	Verifica se os limites do que concerne aos agentes aplicação e informação estão dentro dos padrões pré-definidos.
Consistência	Permite identificar o grau de aproximação de uma medição entre os resultados de várias medições do mesmo uso da informação e dos componentes de operação (i.e. o grau de estabilidade de toda aplicação multimídia).
Desempenho	Utiliza-se este critério na análise dos agentes usuário (execução satisfatória de uma tarefa) e aplicação (requerimentos mínimos necessários de hardware e de sistema operacional).
Densidade	Caracteriza-se pela quantidade de informação passada ao usuário através das tela da aplicação multimídia.
Experiência	Caracteriza-se pelo conhecimento prévio adquirido (conceitual, procedural ou de princípios) pelo agente usuário.
Funcionamento	Refere-se aos aspectos operacionais funcionais sob a perspectiva da aplicação.
Gestão de erro	Caracteriza-se por ser um dos módulos que compõem uma aplicação multimídia, o qual se responsabiliza pela indicação de erros, sejam ou de operacionais ou de usuário.
Indicação	Permite identificar o uso de referências associativas entre algo e seu significado ou função.
Intuição	Significa a imediata apreensão de alguma coisa através de um processo básico cognitivo sem raciocínio.
Legibilidade	Relaciona-se não só com os aspectos lexicográficos do agente informação, mas também se preocupa com os aspectos físicos do meio onde a informação será apresentada.
Manutenção	Representa um indicador de qualidade da aplicação multimídia vinculado à capacidade de gestão do sistema.
Organização	Caracteriza-se por ser um processo que determina um conjunto de disposições ordenadas de acordo com critérios pré-definidos, objetivando lograr a satisfação dos objetivos propostos.
Precisão	Permite verificar a exatidão do conteúdo com respeito a sua estrutura sintática e semântica.
Predição	Baseia-se em um raciocínio lógico e representa a ação de anteceder a um fato.
Portabilidade	Caracteriza-se pela possibilidade de utilização de uma aplicação multimídia em distintas plataformas (e.g. distintos sistemas operacionais, distintos navegadores, etc.).
Tempo de resposta	É o período de tempo necessário para a execução de algum pedido (e.g. carga de uma página WEB ou carga de um simulador ou animação).
Veracidade	É responsável pela verificação da veracidade do conteúdo, levando em conta aspectos como a congruência entre a informação, a sequência lógica da informação e a conformidade de seu alcance.

Tabela 1 - Detalhamento das condições (i.e. critérios de avaliação de usabilidade).

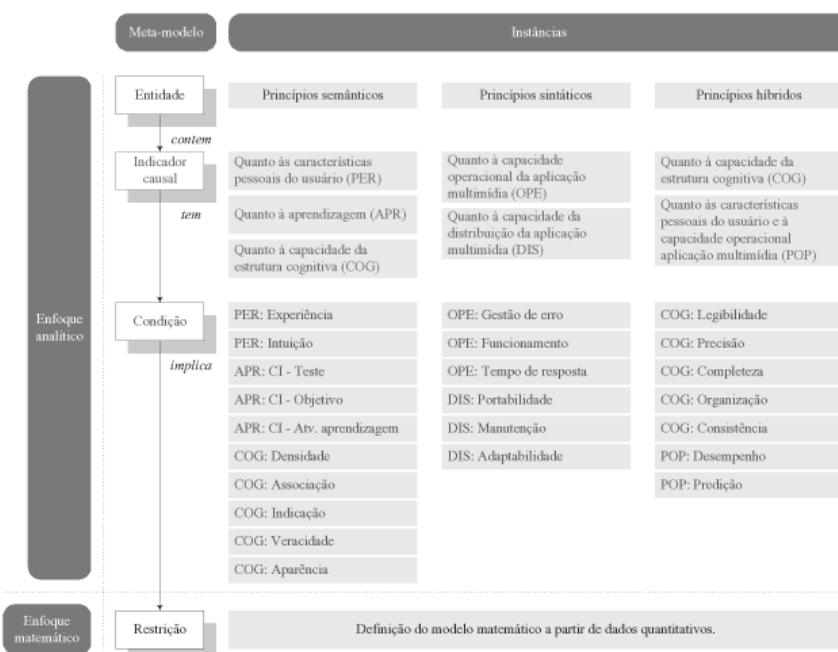


Figura 6 - Visão geral do esquema taxonômico da natureza dos testes.

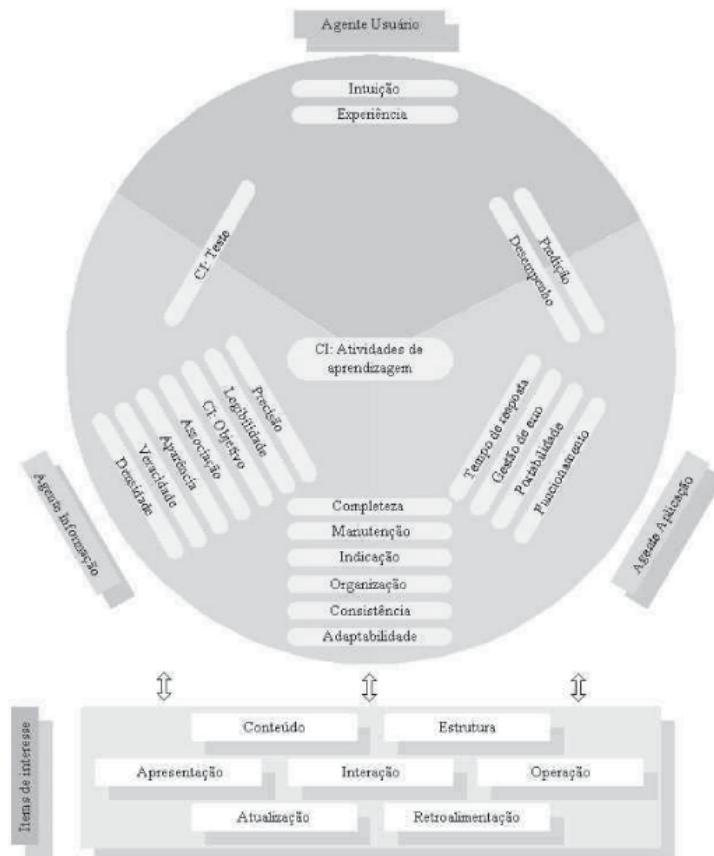


Figura 7 - Esquema geral do Modelo SSTM.

<sup>1</sup> SSTM é o acrônimo do nome do modelo em inglês: *Semantic and Syntactical Testing Model*.

A Figura 6 apresenta uma visão geral do esquema taxonômico da natureza dos testes, incluindo os níveis do meta-modelo (i.e. entidade, indicador causal, condição e restrição) e as suas instâncias com respeito à natureza dos testes.

## 5. Modelo SSTM

O modelo de teste semântico e sintático (SSTM<sup>1</sup>) é uma proposta prática de avaliação da usabilidade de AMED, a qual considera também a aprendizagem do usuário e está baseada no domínio da natureza dos testes apresentado na Seção 4. O modelo SSTM origina-se de estudos prévios de Pereira e Monguet (2000a) e foi inicialmente apresentado por Pereira e Monguet (2000b, 2000c). Os objetivos do modelo SSTM são (1) identificar os erros e problemas de usabilidade a partir das significâncias semânticas e sintáticas dos procedimentos de teste (i.e. verificação, validação e usabilidade) aplicados às AMED e (2) definir a aceitabilidade das AMED.

O modelo SSTM está composto por agentes (i.e. usuário, informação e aplicação), itens de interesse (i.e. conteúdo, estrutura, apresentação, interação, operação, atualização e retroalimentação) e critérios de avaliação (apresentados na Seção 4). A Figura 7 apresenta o esquema geral do modelo SSTM.

Além da estrutura apresentada, dito modelo possui um método de aplicação que considera as análises das inter-relações

entre os agentes: “Informação vs. Aplicação”, “Usuário vs. Aplicação” e “Usuário vs. Informação” (Figura 8). A descrição completa da aplicação do Modelo SSTM é apresentada por Pereira (2002a).

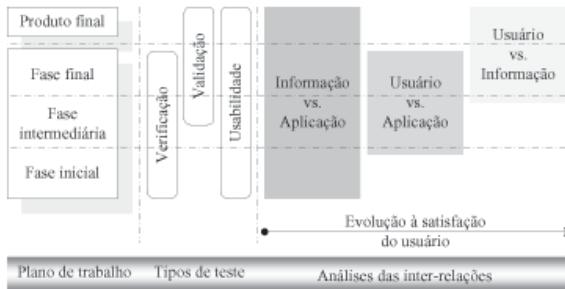


Figura 8 - Esquema do método de aplicação do Modelo SSTM.

### 5.1 Inter-relações entre os agentes e itens de interesse

A partir do estudo taxonômico, define-se o mapa das inter-relações entre os agentes e itens de interesse do Modelo SSTM. Os resultados (i.e. inter-relações resultantes) caracterizam-se como guias de apoio que contribuem não só para a identificação precisa da ocorrência de possíveis problemas e erros, mas também como indicadores que determinam em que fase (incluindo processos) do projeto os problemas e erros ocorreram.

Para determinar as inter-relações resultantes, realiza-se a seguinte

pergunta: ***onde e/ou em que se materializam as inter-relações entre os agentes e itens de interesse?*** A Tabela 2 apresenta o mapa das inter-relações entre os itens de interesse e os agentes.

Considerando o mundo da interação hombre-computador, a Tabela 2 oferece, também, alguns tópicos de pesquisa relacionados com a aprendizagem do usuário (MERRILL, 1983; REIGELUTH e STEIN, 1983), ***design*** da informação (MOK, 1998), engenharia de software (PRESSMAN, 1995; ZAHRAN, 1998), processo de comunicación (SOUZA et al., 1999; EGUILA-GOMES e PEREIRA, 2002) e base de dados.

Itens de interesse \ Agentes	Usuário	Informação	Aplicação
Conteúdo	Base de conhecimento	Dados + Contexto	Base de dados
Estrutura	Arquitetura da informação	Design da informação	Estrutura de dados e algoritmos
Apresentação	Linguagem de comunicação	Design da informação	Identidade visual
Interação	Canal de comunicação	Contexto de utilização	Canal de comunicação
Operação	Tarefas atribuídas	Grau de contextualização	Tarefas atribuídas
Atualização	Reciclagem e evolução da base de conhecimento	Reciclagem e evolução dos dados + contexto	Reciclagem e evolução das novas tecnologias
Retroalimentação	Guias de replanejamento	Base de dados	Reengenharia

Tabela 2 - Mapa das inter-relações entre os itens de interesse e os agentes.

### 5.2. Influência determinante

Como comentado, através do método de aplicação do Modelo SSTM, as inter-relações entre os componentes do modelo são identificadas de maneira que é definida a precisão de um momento em que um problema de usabilidade ou erro ocorre, é identificado seu tipo e é conjecturado o processo dentro do ciclo de desenvolvimento e produção responsável pelo problema ou erro. Assim, a análise do grau de força que um componente exerce sobre outro – a influência determinante – é estabelecida.

No caso desta pesquisa, as análises das influências determinantes foram realizadas em aplicações multimídia considerando os formatos CD-ROM e WEB. Cabe ressaltar, que as análises são feitas considerando cada formato separadamente e, portanto, o mapa de influências determinantes pode mudar significativamente.

A análise das influências determinantes identificada nas inter-relações entre os componentes do Modelo SSTM foi realizada considerando as 238 inter-relações possíveis durante a fase de análise de dados do método teoria fundamentada em dados (i.e. ***Grounded Theory***). Para o detalhamento completo do mapa apresentado na Tabela 3, sugere-se consultar Pereira (2002a).

A Tabela 3 consiste no mapa conceitual resultante da análise das influências determinantes, o qual está baseado em um conjunto de premissas que são explicadas a seguir:

		Itens de interesse			Agentes			Critérios de avaliação			C: Atividades de Aprendizagem		

11. A incidência de um problema de usabilidade ou erro pode estar associado a um ou mais critérios de usabilidade.

A partir destas premissas, realiza-se a análise da influência determinante das inter-relações entre os componentes do Modelo SSTM (i.e. agente, item de interesse e critérios de avaliação). A seguir, apresentam-se os resultados principais desta análise baseada no critério da unicidade (i.e. os achados que são únicos nas filas e nas colunas da Tabela 3 são comentados). Cabe ressaltar que esta análise se baseia nos testes realizados nas aplicações multimídia em formato CD-ROM e WEB.

1. Como comentado nas premissas das análises das influências determinantes, o item de interesse **Conteúdo** é estável. Sem embargo, foi identificado que existem **Critérios de Avaliação – Experiência, Veracidade, Precisão e CI: Teste** – que podem supor mudanças no **Conteúdo**. Desta maneira, ainda que se estabeleça o Conteúdo como algo estável, este pode ser alterado;
2. O **Conteúdo** é o único **Item de Interesse** que não influencia o **Critério de Avaliação – Intuição**;
3. Os **Critérios de Avaliação – Gestão de erro, Tempo de resposta, Consistência e Indicação** do agente **Aplicação** não influencia e não se influencia pelo **Item de Interesse – Conteúdo**;
4. O **Item de Interesse – Estrutura**, sob a perspectiva do agente **Usuário**, não se influencia por nenhum dos **Critérios de Avaliação**, exceto pelo critério **CI: Atividades de aprendizagem**;
5. O **Critério de Avaliação – Experiência** do agente **Usuário** não influencia e não se influencia pelo **Item de Interesse – Estrutura**;
6. O **Item de Interesse – Apresentação**, sob a perspectiva do agente **Aplicação** não influencia o **Critério de Avaliação – Completeza**;
7. O **Item de Interesse – Interação**, sob a perspectiva do agente **Aplicação** não influencia o **Critério de Avaliação – Tempo de resposta**;
8. O **Critério de Avaliação – Legibilidade** do agente **Informação** não influencia e não se influencia pelo **Item de Interesse – Operação**;
9. O **Critério de Avaliação – Predição**, sob a perspectiva do agente **Aplicação** não influencia e não se influencia pelos **Itens de Interesse**, exceto pela **Atualização** devido à possibilidade da introdução de técnicas de inteligência artificial. Neste caso, faz-se necessário re-analisar todas as influências determinantes;
10. O **Item de Interesse – Atualização**, sob a perspectiva do agente **Usuário** não se influencia o **Critério de Avaliação – Intuição**;
11. O **Item de Interesse – Atualização**, sob a perspectiva do agente **Aplicação** não se influencia o **Critério de Avaliação – Predição**;
12. O **Critério de Avaliação – CI: Atividades de aprendizagem** do agente **Aplicação** não influencia e não se influencia pelo **Item de Interesse – Retroalimentação**;
13. O **Critério de Avaliação – Intuição** não influencia nenhum **Item de Interesse**.

O Modelo SSTM é uma ferramenta de inspeção heurística que visa garantir altos índices de aceitação e satisfação dos usuários de aplicações multimídia usadas em educação a distância. Desta maneira, cabe ressaltar os aspectos mais relevantes do modelo proposto relacionados aos âmbitos que delimitam esta pesquisa (i.e. educação, ergonomia, engenharia de software e novas TICs):

- O Modelo SSTM possui uma arquitetura aberta com respeito à inserção de critérios de avaliação de usabilidade, a depender das mudanças de paradigmas identificados (e.g. as mudanças tecnológicas);

- Os critérios de avaliação de usabilidade definidos por Pereira (2002a) e apresentados aqui estão baseados não só nas análises da literatura especializada e análises estatísticas realizadas a partir dos questionários de usabilidade, mas também nos marcos teóricos educacionais que tratam com modelos de instrução dirigidos a altos índices de aquisição e retenção de conhecimento por um estudante;
- Considerando o âmbito educacional, o Modelo SSTM incorpora três critério definidos pelo desenho instrucional: objetivos, teste e atividades de aprendizagem. Esses critérios são responsáveis pela verificação e validação da qualidade do material didático multimídia e de seu uso pelos estudantes;
- O Modelo SSTM é uma proposta inovadora que agrega valor ao ciclo de vida do desenvolvimento de um software educacional, sob a perspectiva da usabilidade devido à análise das correlações entre os aspectos ergonômicos e educacionais das aplicações multimídia; e
- Os resultados da influência determinante dependem do tipo do formato da aplicação multimídia analisada. Isto pode levar à redução do conjunto dos indicadores heurísticos (i.e. critérios de avaliação de usabilidade) durante os procedimentos de teste.

## 6. Considerações finais

A usabilidade faz parte dos campos de estudo da ergonomia que proporciona requisitos básicos à atividade industrial, principalmente quando a interação entre os produtos, os serviços e o homem é identificada. O setor da produção multimídia relacionado com a educação a distância ainda carece de estudos sobre a usabilidade dos modelos instrucionais, desde o ponto de vista da implementação prática.

Neste sentido, uma das soluções mais comuns é a adequação direta dos modelos supracitados a sistemas informáticos, na qual se consideram vários critérios funcionais. Não obstante, poucos critérios educacionais são efetivamente levados em consideração, de maneira que se torna necessário um estudo aprofundado deste entorno com o propósito de lograr resultados mais eficientes tanto técnicos quanto educacionais.

Usando os marcos teóricos educacionais relacionados com o desenho instrucional e os processos de teste de verificação, validação e usabilidade como ponto de partida, um conjunto de critérios de avaliação de usabilidade são apresentados. Esses critérios que contribuem com a melhora das AMEDs.

Neste momento, é possível afirmar que, depois de “finalizada” a pesquisa, logrou-se construir um conjunto de critérios de avaliação de usabilidade para as AMEDs, considerando tanto os aspectos ergonômicos e relativos aos processos de teste, quanto as características dos modelo instrucionais fundamentalmente envolvidos na transmissão de informação (i.e. processo ensino-aprendizagem). Assim, afirma-se que os critérios apresentados aqui dão suporte ao **design** de AMEDs.

A finalização desta etapa da pesquisa compreende um conjunto de resultados respaldados pelos métodos de pesquisa utilizados (i.e. a teoria fundamentada en dados e o estudo de caso). Tais resultados facilitaram identificar as seguintes contribuições:

- Correspondência entre os procedimentos de teste e os processos de desenvolvimento;
- Análise das influências determinantes;
- Modelo de Teste Semântico e Sintático; e
- Estratégia de análise de dados de usabilidade (para detalhamento consultar os trabalhos de Pereira (2001, 2002a)).

Como atividades futuras de pesquisa, os seguintes tópicos são propostos:

- O desenho do modelo matemático. Este processo consistirá na determinação da função objetivo que representará a maximização da aprendizagem baseada em AMEDs, a partir dos critérios de avaliação de usabilidade propostos no Modelo SSTM, da determinação dos valores quantitativos das restrições identificadas a partir do meta-modelo, e finalmente do desenho e análise do modelo matemático;
- O estudo sobre a influência determinante dos agentes do Modelo SSTM (Tabela 3), utilizando alguns algoritmos aplicados à teoria dos grafos, rede de Petri ou outros modelos estruturais propostos na literatura; e
- O estudo sobre a usabilidade de produtos e serviços baseados em tecnologias emergentes (i.e. aquelas que ainda não são completamente acessíveis devido a seus altos custos ou à complexidade de seu uso).

## 7. Referências Bibliográficas

- ALUJA-BANET, Tomàs e MORINEAU, Alain. *Aprender de los Datos: El Análisis de los Componentes Principales. Una Aproximación desde el Data Mining*. Barcelona: Ediciones Universitarias de Barcelona, 1999.
- BLOOM, Benjamin S. *Taxonomy of the Educational Objectives: The Classification of Educational Goals - Handbook 1 Cognitive Domain*. New York: David McKay Company Inc., 1956.
- BURNSTEIN, Ilene; HOMYEN, Ariya; GROM, Robert e CARLSON, C. R. A Model to Assess Testing Process Maturity. *Crosstalk*, p. 26-30, nov. 1998.
- BURNSTEIN, Ilene; SUWANNASART, Taratip e CARLSON, C. R. Developing a testing maturity model: Part I. *Crosstalk*, v. 9, n. 8, ago. 1996a.
- BURNSTEIN, Ilene; SUWANNASART, Taratip e CARLSON, C. R. Developing a testing maturity model: Part II. *Crosstalk*, v. 9, n. 9, set. 1996b.
- CATAPAN, Araci Hack; CORNÉLIO, Plínio Filho; SOUZA, Antonio Carlos de; THOMÉ, Zeina Rebouças Corrêa e CYBIS, Walter de Abreu. Ergonomia em Software Educacional: A possível integração entre usabilidade e aprendizagem. In *Proceedings of the II Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, Campinas, 1999.
- EGUIA-GOMEZ, Jose Luis e PEREIRA, Hernane Borges de Barros. Gestão da Identidade Corporativa Aplicada à Criação de Ferramentas de Produção de Materiais Multimídia: Um Modelo Teórico, In *Proceedings of the 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, Brasília, 2002.
- GLASER, Barney G. e STRAUSS, Anselm L. *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for qualitative research*. Chicago: Aldine de Gruyter, 1967.
- KLEIN, Heinz K. e MYERS, Michael D. A Set of Principles for Conducting and Evaluating Interpretative Fields Studies in Information Systems. *MIS Quarterly*, v. 23, n. 1, 1999, p. 67-94.
- KOOMEN, Tim e POL, Martin. *Test Process Improvement: A practical step-by-step guide to structured testing*. Harlow: ACM Press and Addison-Wesley, 1999. 218 p.
- MAYHEW, Deborah J. *The Usability Engineering Lifecycle: A Practitioner's HandBook for User Interface Design*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1999. 542 p.

- MERRILL, M. David. Component Display Theory. In: REIGELUTH, Charles M. (Ed.). *Instructional-Design Theories and Models: An Overview of their Current Status*; Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983. Capítulo 9, p. 279-333.
- MOK, Clement. *El diseño en el mundo de la empresa*. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia, 1998. 246 p.
- MYERS, Michael D. Qualitative Research in Information Systems. *MIS Quarterly*, v. 21, n. 2, 1997, Disponível em <http://www.misq.org/misqd961/isworld/>.
- NIELSEN, Jakob. *Usability Engineering*. San Diego, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1993, 362 p.
- PEREIRA, Hernane Borges de Barros e SOUZA, Paulo Fernando de Almeida. Usabilidade de Sistemas de Informação: Usando a Pesquisa Qualitativa na Definição de Requisitos. In *Proceedings of the SUCESU'2004 - Congresso Nacional de Tecnologia de Informação e Comunicação*, Florianópolis, 2004.
- PEREIRA, Hernane Borges de Barros. *Análisis experimental de los criterios de evaluación de usabilidad de aplicaciones multimedia en entornos de educación y formación a distancia*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 434p. (Tese Doutoral em Engenharia Multimídia), 2002a.
- PEREIRA, Hernane Borges de Barros. Diagnóstico de Criterios de Avaliação para teste de Usabilidade: Redesenhando o Modelo SSTM. In *Proceedings of the VII Congresso Latino-Americano, XII Congresso Brasileiro de Ergonomia e I Seminário Brasileiro De Acessibilidade Integral*, Recife, 2002b.
- PEREIRA, Hernane Borges de Barros; FÁBREGAS, Juan José e MONGUET, Josep Maria. Usability Testing Strategy: an Exploratory Case Study. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Software Testing*, Bonn, 2001.
- PEREIRA, Hernane Borges de Barros e MONGUET, Josep Maria. Taxonomias e considerações metodológicas sobre testes de usabilidade em sistemas interativos multimídia. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, v. 3, n. 1, p. 85-106, 2000a.
- PEREIRA, Hernane Borges de Barros e MONGUET, Josep Maria. Modelo de Teste de Usabilidade SSTM. In *Proceedings of the III Workshop Brasileiro em Intereração Homem Computador*, Gramado, 2000b.
- PEREIRA, Hernane Borges de Barros e MONGUET, Josep Maria. Modelo de Teste Semântico e Sintático. In *Proceedings of the 1ª Conferência Portuguesa de Sistemas de Informação*, Guimarães, 2000c.
- POL, Martin e van VEENENDAAL, Erik. *Structured Testing of Information Systems: an Introduction to Tmap*. Deventer, Kluwer BedrijfsInformatie, 1998. 177 p.
- PRESSMAN, Roger S. *Engenharia de Software*. São Paulo: Makron Books, 1995.
- RAGHUNATHAN, Srinivasan. A Planning Aid: An Intelligent Modeling System for Planning Problems Based on Constraint Satisfaction. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, v. 4, n. 4, p. 317-335, 1992.

- REIGELUTH, Charles M. e STEIN, Faith S. The Elaboration Theory of Instruction. In: REIGELUTH, Charles M. (Ed.). *Instructional-Design Theories and Models: An Overview of their Current Status*; Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983. Capítulo 10, p. 335-381.
- RUBIN, Jeffrey. *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. New York: John Wiley and Sons Inc., 1994.
- SCAPIN, Dominique L. e BASTIEN, J. M. Christian. Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour & Information Technology*, v. 16, n. 4/5, p. 220-231, 1997.
- SOUZA, Cláisse S. de; PRATES, Raquel O. e BARBOSA, Simone D. J. A Method for Evaluating Software Communicability. In *Proceedings of the II Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, Campinas, 1999.
- STRAUSS, Anselm L. e CORBIN, Juliet M. *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*. Newbury Park: Sage Publications Inc., 1990.
- TENENHAUS, M. *La Régression PLS: Théorie et Pratique*. Paris: T Éditions Technip, 1998.
- YIN, Robert K. *Case Study Research, Design and Methods*. 2a Ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994.
- ZAHRAN, S. *Software Process Improvement: Practical Guidelines for Business Success*. Harlow: Addison Wesley, 1998.