

**CARMEM LÚCIA GRABOSKI DA GAMA**

**MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM  
COM APLICAÇÃO EM MÉTODOS NUMÉRICOS**

Curitiba  
Paraná – Brasil  
2007

**CARMEM LÚCIA GRABOSKI DA GAMA**

**MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM  
COM APLICAÇÃO EM MÉTODOS NUMÉRICOS**

Tese submetida junto ao Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Métodos Numéricos em Engenharia. Área de concentração: Programação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Scheer.

Curitiba  
Paraná - Brasil  
2007

## Agradecimentos

A **Deus**, pelas bênçãos a mim concedidas durante toda a minha vida. Sem sua luz os obstáculos da jornada me teriam impedido de chegar aonde eu cheguei.

Ao Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, PPGMNE, que disponibilizou o seu espaço e tecnologia para a realização do projeto.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPr pelas condições oferecidas para realizar uma das pesquisas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro permitiu a realização e conclusão deste trabalho.

A professora Teresinha que me incentivou entrar no programa.

Ao professor Sérgio Scheer, orientador e amigo, pela confiança, conselhos, incentivos e paciência.

Aos membros da banca Flávio Bortolozzi, André Luiz Battaiola, Maria Teresinha Arns Steiner e Aloísio Schmidt pela participação decisiva e sugestões.

Ao esposo, **Julio**. Companheiro dedicado soube suportar com abnegação e carinho os caminhos espinhosos por que passei nesta jornada. Obrigada!

Aos meus motivos de inspiração e alegria de viver, **Vinícius, Anderson e Julianne**, luz da minha vida!

Ao meu pai, **João** (*in memoriam*). Em sua humildade e seu jeito de ser simples e honesto eu me inspiro e a eles anseio chegar. Sua jornada não foi em vão. Obrigada pai!

A minha mãe, **Paulina**, pelo carinho que sempre me dedicou.

Aos meus colegas que compartilharam comigo problemas e alegrias do dia a dia: Márcia, Millian, Satico, Ângela, e tantos outros que colaboraram de forma especial neste árduo e prazeroso caminho de aprendizagem, convivência e construção.

A Maristela, secretária presente atenciosa e competente, por sua paciência e dedicação de nossos problemas administrativos e acadêmicos.

Aos colegas Marcelo, Marco, Allan, Luciano Jhonson e os professores Marcos e Flávia à disposição e cuja ajuda foi determinante para a concretização desta pesquisa.

# Sumário

Lista de siglas.....	VII
Lista de Figuras.....	VIII
Lista de Quadros.....	X
Resumo.....	XI
Abstract.....	XII
Resumen.....	XIII
<b>1 Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.2 Problema .....	2
1.3 Justificativa e quesitos da pesquisa.....	4
1.4 Método de pesquisa .....	6
1.5 Estruturação do texto .....	7
<b>2 Objetos de Aprendizagem .....</b>	<b>8</b>
2.2 Padrões, desenvolvimento e acesso .....	8
2.1.1 Outros aspectos técnicos.....	10
2.2 Características e classificação dos objetos de aprendizagem .....	11
2.2.1 Características fundamentais de objetos de aprendizagem.....	11
2.2.2 Uma classificação para objetos de aprendizagem .....	11
2.3 Qualidade de um objeto de aprendizagem .....	14
2.4 Considerações finais.....	19
<b>3 Teorias de aprendizagem e avaliação de Objetos de Aprendizagem .....</b>	<b>20</b>
3.1 Teorias de aprendizagem e tecnologias educacionais .....	20
3.1.1 Teoria construtivista .....	21
3.1.2 Teoria cognitivista .....	22
3.1.3 Teoria 'behaviorista' .....	23
3.2 Colocações sobre a evolução do processo de avaliação .....	24
3.3 Tipos de avaliação .....	25
3.3.1 Avaliação Pedagógica.....	25
3.3.2 Avaliação ergonômica.....	25
3.4 Avaliação dos objetos de aprendizagem .....	28
3.5 Normas técnicas de qualidade.....	30
3.6 Considerações finais.....	34
<b>4 Métodos de avaliação de softwares educacionais.....</b>	<b>35</b>
4.1 Técnica TICESE .....	35
4.2 Taxonomia de Bloom .....	37
4.3 Metodologia de Thomas Reeves .....	38
4.4 Metodologia de Martins .....	41
4.5 Modelo de avaliação de Campos.....	42
4.6 Instrumento de avaliação LORI.....	44
4.7 Modelo de avaliação de MERLOT .....	45
4.8 Modelo de participação convergente de Nesbit.....	46

4.9	Metodologia de Ally & Krauss .....	46
4.10	Considerações finais .....	47
<b>5</b>	<b>Características dos Objetos de Aprendizagem .....</b>	<b>48</b>
5.1	Introdução.....	48
5.2	Tema Interação Homem e Computador (IHC).....	52
5.2.1	Categoria Pedagógica.....	53
5.2.2	Categoria Ergonômica.....	62
<b>6</b>	<b>A construção dos critérios para objetos de aprendizagem segundo as quatro faces do tetraedro pedagógico .....</b>	<b>87</b>
6.1	Desenvolvimento de critérios e as dimensões do tetraedro pedagógico .....	89
6.1.1	Dimensão didática: aluno, professor e conhecimento .....	89
6.1.2	Dimensão Pedagógica - aluno, professor e objetos de aprendizagem .....	94
6.1.3	Dimensão Mediática - professor, conhecimento e objetos de aprendizagem ..	96
6.1.4	Dimensão Documental - objetos de aprendizagem, aluno e o conhecimento..	96
6.2	Conjuntos - a união das dimensões (faces) do tetraedro .....	97
6.2.1	Conjunto Educacional .....	97
6.2.2	Conjunto <i>Pedmental</i> .....	101
6.2.3	Conjunto <i>Didmental</i> .....	102
6.2.4	Conjunto <i>Escolástico</i> .....	103
6.2.5	Conjunto <i>Petico</i> .....	104
6.2.6	Conjunto <i>Medmental</i> .....	105
6.3	A construção de critérios segundo o universo do: .....	106
6.3.1	Professor .....	106
6.3.2	Aluno .....	107
6.3.3	Objeto de aprendizagem.....	108
6.3.4	Conhecimento .....	110
6.4	Considerações finais.....	111
<b>7</b>	<b>As etapas de desenvolvimento para a construção de objetos de aprendizagem numéricos .....</b>	<b>112</b>
7.1	Introdução.....	112
7.2	Desenvolvimento de objetos de aprendizagem numéricos .....	115
7.2.1	Definição do problema real .....	117
7.2.2	Levantamento de dados.....	117
7.2.3	Análise dos dados .....	118
7.2.4	Prototipação .....	119
7.2.5	Construção do modelo matemático .....	120
7.2.6	Escolha de um método numérico adequado .....	121
7.2.7	Escolha da linguagem / desenvolvimento da codificação e da programação	122
7.2.8	Construção de objeto de aprendizageml .....	125
7.2.9	Análise das características e dos resultados obtidos .....	133
7.2.10	Publicação no repositório .....	134
7.3	Considerações Finais.....	135
<b>8</b>	<b>Validação dos Objetos de Aprendizagem .....</b>	<b>136</b>
8.1	Análise de objetos – 1ª fase.....	136
8.1.1	Principais iniciativas em repositório de objetos de aprendizagem .....	136
8.1.2	Estudos e desenvolvimento realizados no projeto OE3 .....	138

8.1.3	Análise dos resultados .....	144
8.1.4	Publicações relacionadas.....	145
8.2	Análise de objetos – 2ª fase.....	147
8.2.1	Conteúdo do Objeto de Aprendizageml.....	156
8.2.2	Pesquisa de campo.....	157
8.3	Considerações finais.....	165
<b>9</b>	<b>Conclusões e Perspectivas Futuras.....</b>	<b>166</b>
9.1	Conclusões .....	166
9.2	Perspectivas futuras.....	168
<b>10</b>	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>170</b>
10.1	Bibliografias.....	180
<b>11</b>	<b>Apêndices .....</b>	<b>184</b>

## Lista de siglas

ADL	- Advanced Distributed Learning.
AGPM	- Algoritmo genético aplicado a p-medianas.
AICC	- Aircraft Industry CBT Committee.
AOC	- Acoplamento entre Objetos de Classe.
API'S	- Application Programmer's Interface.
CESTA	- Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem.
CINTED	-Centro Interdisciplinar de novas Tecnologias na Educação.
DTD	- Document Type Definition.
FCM	- Falta de Correção dos Métodos.
HTML	- HyperText Markup Language.
IEEE	- Institute of Electrical and Electronic Engineers
IHC	- Interação Homem Computador.
IMS	- Instructional Management Systems.
INRIA	-Institut National de Recherche em Informatique et em Automatique.
ISO	- International Organization for Standartization.
LaBUTiL	- Laboratório de Utilizabilidade.
LABVIRT	- Laboratório Didático Virtual.
LAMEC	- Laboratório de Métodos Numéricos e Computação Gráfica e Científica.
LCMS	- Learning Content Management System.
LCS	- Learning Content Systems.
LMS	- Learning Management Systems.
LOM	- Learning Objects Metadata.
LORI	- Learning Objects Review Instrument.
LTSC	- Learning Technology Standard Committee.
MERLOT	- Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching.
MIT	- Massachsetts Institut Technology.
MLE	- Managed Learning Environment.
MOODLE	- Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment.
MPC	- Métodos Ponderados por Classe.
NCSS	- Non Commented Source Statement
NUMELOS	- Numerical Methods Learning Objects.
OE3	- Objetos Educacionais para a Engenharia de Estruturas.
OSD	- Office of the Secretary of Defense.
PAH	- Profundidade de Árvore de Herança.
PAPED	- Programa de Apoio a Pesquisa de Educação a Distância.
PHP	- Personal Home Page.
PIF	- <i>Package Interchange File</i>
PROMETHEE	- Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations.
RIVED	- Rede Internacional Virtual de Educação.
RNP	- Rede Neural Propagação.
SCO	- Sharable Content Object
SCORM	- Sharable Content Object Reference Model
SGML	- Standard Generalized Markup Language.
SQL	- Structured Query Language.
TICESE	-Técnica de Inspeção Conformidade Ergonômica de Software Educacional.
W3C	- World Wide Consortium.
WWW	- World Wide Web.
XML	- Extensible Markup Language.

# Lista de Figuras

## Capítulo 3

Figura 3-1 - TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DE UM AMBIENTE CONSTRUTIVISTA.....	22
Figura 3-2 - PARTES DESTINADAS A AVALIAÇÃO DE SOFTWARE.....	31
Figura 3-3 - CARACTERÍSTICAS DA ISO 9126.....	32
Figura 3-4 PARTES DA ISO 14598.....	33

## Capítulo 4

Figura 4-1 - ESQUEMA DA TAXONOMIA DE BLOOM.....	37
Figura 4-2 - PROCEDIMENTO GRÁFICO NA METODOLOGIA DE REEVES APUD BERTOLDI (1999).....	41
Figura 4-3 - MODELO EXEMPLIFICADO DE CAMPOS.....	43
Figura 4-4 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO LORI ( LORI, 2003).....	44

## Capítulo 5

Figura 5 1- O MODELO DE CARACTERÍSTICAS DO OBJETO DE APRENDIZAGEM	50
Figura 5 2 - CENÁRIO GERAL DE CATEGORIAS E CARACTERÍSTICAS DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM NUMÉRICOS.....	52
Figura 5 3 - ESQUEMA DE METADADOS DO PADRÃO LOM - FONTE WARPECHOWSKI E OLIVEIRA, 2006.....	65
Figura 5 4 - MODELO DE OBTENÇÃO DE METADADOS - Fonte: Warpechowski, 2006, p.5.....	66
Figura 5 5 - FLUXO DE ATIVIDADES QUE PODE SER SEGUIDO PARA COLETAR E ANALISAR MÉTRICAS E PROPOR MUDANÇAS NO SISTEMA.....	69
Figura 5 6 - EMPACOTAMENTO DE PARÂMETROS - FONTE: BRAUDE, 2005, P.125.....	74
Figura 5 7 - VISÃO GERAL DOS CONTEÚDOS NO AMBIENTE DAS TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS.....	77

## Capítulo 6

Figura 6 1 – TETRAEDRO PEDAGÓGICO – FONTE MALLARD (2004).....	88
Figura 6 2 - DIMENSÃO DIDÁTICA.....	89
Figura 6 3 - DIMENSÃO PEDAGÓGICA.....	95
Figura 6 4 - DIMENSÃO MEDIÁTICO.....	96
Figura 6 5 - DIMENSÃO DOCUMENTAL.....	97
Figura 6 6 - CONJUNTO EDUCACIONAL.....	98
Figura 6 7 - CONJUNTO PEDMENTAL.....	101
Figura 6 8 - CONJUNTO DIDMENTAL.....	102
Figura 6 9 - CONJUNTO ESCOLÁSTICO.....	103
Figura 6 10 - Conjunto Pético.....	104
Figura 6 11 - CONJUNTO MEDMENTAL.....	105
Figura 6 12 - UNIVERSO PROFESSOR.....	106
Figura 6 13 - O UNIVERSO ALUNO.....	107
Figura 6 14 - O UNIVERSO OBJETO DE APRENDIZAGEM.....	108
Figura 6 15 - O UNIVERSO CONHECIMENTO.....	110

## Capítulo 7

Figura 7 1 NÍVEIS CONCEITUAIS DE ABSTRAÇÃO – FONTE GOMES E VELHO, 1998, P.7.....	113
Figura 7 2 - Processo de solução de um problema físico - Fonte: Barroso et al. p. 1(1987).....	113
Figura 7 3 - FASES ESTRUTURADAS - FONTE: RUGGIERO E LOPES, 1988, P.1.....	114
Figura 7 4 - MODELO DA ESTRUTURA “ARI” - FONTE: BARZEL, 1992, P.29.....	114
Figura 7 5 - ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM NUMÉRICOS.....	117
Figura 7 6 - AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO ECLIPSE PLATFORM VERSÃO 2.1.2.....	124
Figura 7 7 - OBJETO MURO DE ARRIMO COM SUA RESPECTIVA ANIMAÇÃO.....	126
Figura 7 8 - OBJETO BARRAGEM COM SUA RESPECTIVA ANIMAÇÃO.....	127
Figura 7 9 - OBJETO COMPOSTO ALGORITMO GENÉTICO.....	128
Figura 7 10 - GUIA DO PROFESSOR.....	128
Figura 7 11 - EXIBIÇÃO DA AULA 2.....	129
Figura 7 12 - OBJETO AGP.....	129
Figura 7 13 - ARQUIVO XML DE METADADOS EDITADO NO DREAMWEAVER ULTRADEV 4.....	132



## Capítulo 8

<i>Figura 8 1 - O REPOSITÓRIO OE3 (<a href="http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3">http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3</a>).....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 8 2 - APPLETS NAS VERSÕES JAVA E FLASH .....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 8 3 - OBJETO DE APRENDIZAGEM BARRAGEM – DESENVOLVIDO EM MACROMEDIA FLASH.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 8 4 - ANIMAÇÃO DE UMA DAS SITUAÇÕES DE CÁLCULO DO APLICATIVO BARRAGEM .....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 8 5 - APLET ‘ALGORITMO GENÉTICO APLICADO À P-MEDIANAS’.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 8 6 - RNP REDE NEURAL PROPAGAÇÃO FEED-FORWARD.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 8 7 - REPRESENTAÇÃO DE UMA REDE NEURAL ARTIFICIAL.....</i>	<i>149</i>
<i>Figura 8 8 - INTERFACE INTRODUÇÃO.....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 8 9 - O OBJETO AGP.....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 8 10 - PROMETHEE II (1) .....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 8 11 - PROMETHEE II (2).....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 8 12 - BARRAGEM E ANIMAÇÃO .....</i>	<i>153</i>
<i>Figura 8 13 - MURO DE ARRIMO E ANIMAÇÃO.....</i>	<i>154</i>
<i>Figura 8 14 - DERIVADAS INTERFACE I .....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 8 15 - DERIVADAS INTERFACE II.....</i>	<i>155</i>

## Lista de Quadros

### Capítulo 3

Quadro 3 1 - CONCEPÇÃO DE AVALIAÇÃO TRADICIONAL E ATUAL.....30

### Capítulo 5

Quadro 5 1 - NÍVEIS DE IMPLEMENTAÇÃO DO PADRÃO AICC - FONTE: MALARD, 2004. P. 24..... 79

### Capítulo 6

Quadro 6.1 – CRITÉRIOS DOS OBJETOS PARA DIMENSÕES E CONJUNTOS.....94

### Capítulo 8

Quadro 8 1 - ELEMENTOS MÍNIMOS DE CONTEÚDO..... 156

Quadro 8 2 - AVALIAÇÃO SEGUNDO OS CRITÉRIOS..... 157

Quadro 8 3- QUESTIONÁRIO DE EXPECTATIVA..... 159

Quadro 8 4 -PESQUISA APÓS USO DO OBJETO..... 160

Quadro 8 5 -QUESTIONÁRIO PROFESSOR..... 162

Quadro 8 6 -QUESTIONÁRIO PROGRAMADOR..... 164

## **Resumo**

A educação a Distância tem se firmado cada vez mais como uma modalidade educacional viável, com plenas condições de oferecer um ensino de boa qualidade com auxílio dos chamados objetos de aprendizagem ou objetos educacionais. Entretanto, um dos maiores desafios aos professores e pesquisadores é ter a certeza que os objetos informatizados utilizados para fins educacionais são eficazes e têm quesitos básicos de qualidade para o ensino e aprendizagem. A questão é polêmica, pois as pesquisas sobre avaliação de softwares demonstram carência de conhecimentos de modelos e métodos. Evidenciados estes aspectos, o presente trabalho tem como principal finalidade contribuir para a melhoria do processo de construção e avaliação de objetos de aprendizagem para métodos numéricos. Para tanto, é desenvolvida uma pesquisa com levantamento de características para um modelo de avaliação deste tipo de software inserido no contexto de ensino e aprendizagem. Foram analisados métodos e se percebem a dificuldade para avaliar a qualidade dos objetos de aprendizagem desenvolvidos no projeto OE3 (**O**bjetos **E**ducacionais para **E**ngenharia de **E**struturas), um repositório de objetos de aprendizagem para o ensino e aprendizagem de engenharia de estruturas, foi possível constatar a carência de um método para avaliar objetos de aprendizagem em um estudo de caso validado.

Este trabalho apresenta também estudo com desenvolvimento de critérios para objetos de aprendizagem para o ensino dos métodos numéricos destinados a resolver problemas de engenharia onde a confiabilidade e a precisão dos cálculos é de grande importância. Estes critérios são adaptados ao tetraedro pedagógico de Chevalard, uma geometria que envolve vértices como professor, aluno, objetos de aprendizagem e o conhecimento, faces e arestas. Neste estudo a teoria histórica cultural de Jean Piaget e sócio-interacionista de Vygotsky mediaram os conceitos de desenvolvimento nos processos de aprendizagem.

**Palavras Chave** : Objetos de aprendizagem, Métodos Numéricos, Educação.

## Abstract

Distance Education has been set as a viable educational tool, with conditions of offering a good quality learning supported by the so called educational objects or learning objects

However, one of the teachers' and researchers' biggest challenges is to be sure that the computerized objects used for educational proposes are effective and fulfill the basic requirements of quality for teaching and learning.

The subject is polemical because the researches on software evaluation have shown lack of knowledge of models and methods.

Understood these aspects, this paper aims to contribute to the improvement of the building process and evaluation of the learning objects for numerical methods.

In order to do this, it was developed a research with data collection for the evaluation of this kind of software in the context of learning and teaching. Several methods were analyzed and difficulties were found when evaluating the quality of these objects in the Project OE3 (Educational Objects for Structural Engineering), a group of learning objects for structural engineering teaching, where it was possible to realize the lack of methods to evaluate the educational objects in a case study.

This paper presents also a study with development of criteria for learning objects used to teach numerical methods for engineering problems, in which reliability and accuracy are of great importance. These criteria were adapted to the pedagogic tetrahedron of Chevalard, a geometry involving professor, student, learning objects and knowledge as vertices. In this study the cultural history theory of Jean Piaget and Vygotsky's social interaction guided the concepts of learning processes development.

**Keywords:** Learning Objects, Numerical method, Education.

## Resumen

La educación a distancia se afirma cada vez más como una modalidad educativa viable, con plenas condiciones de ofrecer una enseñanza de calidad, con la ayuda de los llamados objetos educacionales u objetos de aprendizaje.

Sin embargo, uno de los mayores desafíos que se le presentan a los profesores e investigadores es el de tener la seguridad de que los objetos informatizados utilizados para fines educativos son eficaces, y plantean cuestiones básicas sobre la calidad para la enseñanza y el aprendizaje.

La cuestión es polémica, pues los trabajos de investigación sobre evaluación de software demuestran una carencia de conocimiento de modelos y métodos. Considerando estos aspectos, el presente trabajo tiene como principal finalidad contribuir al mejoramiento del proceso de construcción y evaluación de objetos educacionales para métodos numéricos.

Para tal objetivo se ha desarrollado un trabajo de investigación con levantamiento de características para un modelo de evaluación de este tipo de software, colocado en el contexto de la enseñanza y el aprendizaje.

Fueron analizados diferentes métodos, y se ha notado la dificultad que existe para evaluar la calidad de los objetos educacionales desarrollados en el proyecto OE3 (Objetos Educacionales para Ingeniería de Estructuras), un conjunto de objetos educacionales para la enseñanza y el aprendizaje de ingeniería de estructuras, y fue posible constatar la falta de un método para evaluar objetos educacionales en un estudio de caso señalado.

Este trabajo presenta también un estudio con desarrollo de criterios para objetos educacionales para la enseñanza de métodos numéricos destinados a resolver problemas de ingeniería en los que la confiabilidad y la precisión de los cálculos es de suma importancia.

Estos criterios son adaptados al tetraedro pedagógico de Chevalard, una geometría que involucra vértices como profesor, alumno, objetos educacionales y el conocimiento, caras y aristas. En este estudio, la teoría histórico cultural de Jean Piaget y socio-interaccionista de Vygotsky mediaron los conceptos de desarrollo en los procesos de aprendizaje.

Palabras clave: Objetos de aprendizaje, Métodos numéricos, Educación.

# 1 Introdução

O uso de tecnologias na educação aliado ao desenvolvimento de ambientes virtuais de aprendizagem levou a comunidade científica a desenvolver novos recursos que auxiliam o ensino e a aprendizagem. Um exemplo é o desenvolvimento de objetos de aprendizagem e a possibilidade de disponibilizá-los na Internet para ampla disseminação.

Em dicionários gerais verifica-se que não existe uma definição de objetos de aprendizagem, mas na literatura especializada podem ser encontradas definições. A clássica referência de Wiley (2001), por exemplo, afirma que objetos de aprendizagem são: “qualquer recurso digital que possa ser utilizado para o suporte ao ensino”. Já Pimenta e Batista (2004) afirmam que os objetos de aprendizagem constituem em: “unidades de pequena dimensão, desenhadas e desenvolvidas de forma a fomentar a sua reutilização, eventualmente em mais do que um curso ou em contextos diferenciados, e passíveis de combinação e/ou articulação com outros objetos de aprendizagem de modo a formar unidades mais complexas e extensas”.

Sosteric & Hessemeier (2001) afirmam que objetos de aprendizagem são “arquivos digitais (imagem, filme...) que pretende ser utilizado para fins pedagógicos e que possui, internamente ou através de associação, sugestões sobre o contexto apropriado para a sua utilização”.

O fornecimento de conteúdos de aprendizagem *on-line* permite que estudantes ou simples usuários, sejam realmente participantes de seu próprio processo de ensino e aprendizagem para aquisição do conhecimento.

Entretanto a construção e a avaliação destes objetos suscitam enormes desafios aos professores e pesquisadores. Um dos maiores é saber se um software ou um objeto de aprendizagem utilizado para fins educacionais é eficaz e têm os quesitos básicos de qualidade para ensino e aprendizagem. As pesquisas sobre avaliação de softwares educacionais demonstram a carência de conhecimentos sobre modelos e métodos, como também a questão de desenvolvimento destas ferramentas.

Em especial, objetos de aprendizagem destinados ao apoio do processo de ensino e aprendizagem para a resolução de problemas de engenharia ou áreas afins utilizando técnicas matemáticas são neste trabalho chamados de objetos de aprendizagem numéricos.

Evidenciados estes aspectos, o presente trabalho tem como principal finalidade contribuir para a melhoria do processo de construção de objetos de aprendizagem numéricos. Para tanto, é descrita pesquisa que levou a uma proposta de modelo de construção deste tipo de software inserido no contexto de ensino e aprendizagem de métodos numéricos aplicados à engenharia.

## **1.1 Problema**

Com o desenvolvimento da tecnologia da informação e comunicação e possibilidades de aprendizado via Web, profissionais da educação (pedagogos, especialistas e professores) encontram diversas dificuldades em manipular de modo eficaz as ferramentas tecnológicas.

Da mesma maneira profissionais da área de informática têm dificuldades em tratar com questões cognitivas e pedagógicas que devem estar presentes em ferramentas desenvolvidas exclusivamente para fins educacionais.

Em ambos os casos é um desafio integrar a parte pedagógica e a parte ergonômica, e principalmente construir e avaliar com eficácia uma ferramenta computacional que poderá levar a um aprendizado do aluno ou usuário.

Tal desafio é imposto também a *designers* instrucionais, programadores e outros profissionais que desenvolvem estes produtos. Estes precisam tomar conhecimento de qual é o público alvo, como construir este produto que satisfaça ambas as partes e atenda eficazmente os objetivos do objeto no que tange a qualidade e confiabilidade da informação.

A carência de um método ou de um modelo eficaz para a avaliação de um objeto de aprendizagem levou muitos autores a colocarem esforços neste sentido como revisto no capítulo quatro e como colocado no trabalho desenvolvido por Brandão (2004), que afirma: “... a ausência de modelos de avaliação que

*aperfeiçoem métodos de controle de qualidade do software,..... constitui motivação principal que nos levou a realizar este trabalho.”* Este artigo de Brandão (2004) inicia a sua proposta afirmando que o sucesso no âmbito educacional deve partir da análise de alguns elementos como, por exemplo, interface, conteúdo, grau de interatividade, estratégia utilizada, a motivação. Propõe avaliar o software buscando respostas às questões que envolvem o objetivo, suas estratégias, sua clientela, sua configuração, os problemas apresentados e o impacto provocado pelo software. O mesmo autor crê que a busca por estas respostas pode levar à melhoria da construção e da qualidade de software.

Catapan et al.(1999) concluíram que a integração entre a usabilidade de um software educacional e a aprendizagem através deste software está muito longe de acontecer. Afirma também, que é necessária uma investigação mais criteriosa desta integração.

Após a análise de alguns métodos citados no capítulo quatro, como também a dificuldade encontrada para avaliar a qualidade do objeto desenvolvido no projeto OE3 (**O**bjetos de aprendizagem para **E**ngenharia de **E**struturas) descrito no capítulo oito, pode-se ressaltar a carência de um método para avaliar objetos de aprendizagem ou efetuar o levantamento de características para um modelo de avaliação.

A convergência na utilização de questionários, como observado no capítulo quatro, e a difícil integração com a parte pedagógica nas tentativas de avaliação é também uma realidade.

Percebe-se essa convergência, na aplicação de um questionário baseado no instrumento LORI (2003), descrito no capítulo quatro, acrescida por um encontro multidisciplinar para avaliar segundo este questionário (*checklist*), realizado por profissionais empenhados em desvendar esta situação que leva ao problema de investigação. De qualquer modo o método mais comum utilizado para se fazer avaliação de software educacional tem sido a aplicação de *checklist*, isto é, um conjunto de questões específicas e pré-estabelecidas, que visam conduzir o processo de avaliação.



No entanto, o levantamento de características para um modelo de construção de software educacional é um assunto que além de caracterizar um processo contínuo e cumulativo ainda promove muitas discussões entre pedagogos e profissionais na área da informática, com o avanço da tecnologia na área de educação e a aprendizagem *on-line*.

## **1.2 Justificativa e quesitos da pesquisa**

Após a análise de alguns modelos e métodos existentes na bibliografia pesquisada pode-se ressaltar que há carência de métodos para avaliar objetos de aprendizagem, como também de modelos de construção destes objetos. Observou-se como colocado que existe convergência na utilização de questionários relativos à usabilidade de objetos de aprendizagem, bem como é difícil à integração com a parte pedagógica nas tentativas de avaliação.

No domínio da Teoria da Aprendizagem como também na Teoria da Usabilidade, encontraram-se excelentes trabalhos de importantes pesquisadores da área. Daí surge uma base necessária para um estudo mais aprofundado sobre como avaliar um objeto de aprendizagem numérico em cenário brasileiro, tanto na área da ergonomia quanto na área pedagógica. Busca-se fazer uma integração entre estas áreas através de desenvolvimento de um modelo de construção de objetos de aprendizagem. Validar este estudo com uma prática pedagógica, isto é, a aplicação de uma ferramenta avaliativa de um ou mais objetos de aprendizagem desenvolvidos para o estudo de métodos numéricos, em cursos de graduação e futuramente em pós-graduação e verificar o grau de aprendizagem dos alunos através deste auxílio tecnológico.

O ensino de graduação e pós-graduação pode se beneficiar desta tecnologia, pois terá a sua disposição objetos de aprendizagem que podem ser utilizados não só em aulas, assim como, tem a possibilidade de uso e reuso em outras atividades educacionais, auxiliando o professor na tarefa de ensinar e avaliar e os desenvolvedores no processo de construção de novos objetos.

O desenvolvimento de um objeto de aprendizagem deve ter um método específico, apesar de, alguns autores considerarem um objeto de aprendizagem

como um software educacional convencional. Uma das diferenças entre software educacional e um objeto de aprendizagem está no custo; os softwares têm um elevado custo de desenvolvimento e de aquisição (licenças, varejo,...). Sua aquisição normalmente é proibitiva pelos altos custos. Outra diferença para objetos de aprendizagem é a importância das características de reusabilidade, acessibilidade e granularidade, também presentes em outros softwares.

Para a área de métodos numéricos em especial, os objetos devem atender requisitos de confiabilidade e precisão de cálculos. Surgindo uma classe de objetos de aprendizagem ditos numéricos, contemplando os aspectos e características pertinentes a esta área de estudo voltada a solução de problemas de engenharias e área afins.

Evidenciados estes aspectos, o presente trabalho teve como objetivo principal desenvolver um método de construção de objetos de aprendizagem numéricos utilizando técnicas de desenvolvimento de softwares e padrões de descrição (metadados) como também, desenvolver objetos numa visão aprofundada com auxílio de categorias, características e critérios de objetos de aprendizagem desenvolvidos neste trabalho. Como também os objetivos específicos:

- Descrever algumas teorias de aprendizagem e tipos de avaliações a fim de identificar a melhor fundamentação teórica para o trabalho;
- Comparar diferentes modelos e métodos de avaliação de software educacional e de objetos de aprendizagem a fim de identificar seus critérios.
- Desenvolver o método estabelecendo a união entre os domínios da pedagogia, usabilidade, reusabilidade do objeto de aprendizagem;
- Desenvolver um estudo refinado em que os elementos: professor, aluno, conhecimento e objeto de aprendizagem estejam presentes em um só cenário;
- Desenvolver *applets* (objetos de aprendizagem) ligados à área da programação matemática e mecânica computacional;

- Realizar uma validação do estudo através de aplicação do método proposto em turmas com uma amostra diversificada de usuários.

O conjunto destes requisitos é parte de uma proposta para um modelo padronizado visando a criação, desenvolvimento, armazenamento e distribuição de informação (na forma de objetos de aprendizagem) em sistemas de ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos, em especial de métodos numéricos, divulgados via Internet.

O processo de desenvolvimento gerado para estes objetos de aprendizagem busca garantir: a possibilidade de seu reuso, a sua organização e a sua descrição na forma de metadados, armazenados em um sistema de gerenciamento de conteúdos ou de aprendizagem com disponibilização na Internet para ampla disseminação.

### **1.3 *Método de pesquisa***

Esta pesquisa tem um caráter qualitativo de questões amplas, como por exemplo, como construir com eficiência um objeto de aprendizagem? Como ter certeza da veracidade dos cálculos destes objetos? Questões que vão se aclarando no decorrer da investigação de teorias de aprendizagem e de métodos de avaliação de softwares educacionais.

Tomadas as decisões iniciais, isto é, definidas categorias, características e critérios dos objetos de aprendizagem como também suas etapas de construção pode-se partir para o trabalho de campo, um estudo de caso, constituído de uma investigação sobre o objeto de aprendizagem no que tange a sua qualidade como instrumento de aprendizagem.

Esta pesquisa também tem um caráter de desenvolvimento de um produto (proposta de método). O desenvolvimento do método segue os passos de uma construção metodológica para o desenvolvimento de um produto informatizado cujo procedimento busca alcançar o objetivo proposto.

## **1.4 Estruturação do texto**

Esta tese está dividida em capítulos: os primeiros capítulos, isto é, 2, 3 e 4 contém a revisão de referências que se constitui na fundamentação teórica da pesquisa com uma investigação das características significantes de projetos pesquisados, tais como: a definição de objetos de aprendizagem, o processo de desenvolvimento e administração de questionários ou *checklists* através dos métodos de avaliação pesquisados. Os capítulos seguintes 5, 6 e 7, que se constitui na elaboração e desenvolvimento do método de construção. O capítulo 5 trata do desenvolvimento de categorias, características e critérios dos objetos de aprendizagem para o ensino dos métodos numéricos destinados a resolver problemas de engenharia onde a confiabilidade e a precisão dos cálculos são de grande importância. O capítulo 6 aborda a construção dos objetos de aprendizagem em que os elementos são atrelados às quatro faces do tetraedro pedagógico de Chevalard. No capítulo 7 está a descrição de etapas do desenvolvimento de um objeto de aprendizagem. O desenvolvimento prevê a montagem de uma equipe multidisciplinar composta por: professor, aluno, *designer instrucional*, programadores com experiência em multimídias, onde o sucesso da construção depende da harmonia e participação de cada integrante no processo. No capítulo 8 está registrada a aplicação e o processo de validação de objetos de aprendizagem de diferentes universidades. O capítulo 9 apresenta as conclusões finais e recomendações, bem como as sugestões para trabalhos futuros.

## 2 Objetos de Aprendizagem

Com o avanço da tecnologia, o computador tem ganhado grande destaque como instrumento para a construção e desenvolvimento de conceitos científicos. Surgem, então, novas configurações no processo de ensino e aprendizagem e o desenvolvimento de softwares dedicados à área educacional ganha destaque no âmbito acadêmico.

O advento da Internet e sua rápida expansão vêm proporcionando novas formas de comunicação e novos espaços de interatividade. E na educação, a *World Wide Web (WWW* ou *simplesmente Web*) trouxe a possibilidade de desenvolvimento de portais que contêm objetos de aprendizagem para auxiliar no ensino e aprendizagem de conteúdos específicos como, por exemplo, no estudo de métodos numéricos em engenharia. Esses portais podem ser acessados na escola, no trabalho e em casa, se especializando ou concretizando o aprendizado.

### 2.1 Padrões, desenvolvimento e acesso

A definição de *Learning Objects*, segundo o IEEE/LTSC, refere-se a “qualquer entidade, digital ou não, que pode ser utilizada e reutilizada durante o processo de aprendizagem que utilize tecnologia. Tais objetos podem ter conteúdo hipermídia, conteúdo instrucional, outros objetos de aprendizagem e software de apoio” (IEEE/LTSC, 2004).

Esses objetos são elementos de uma nova metodologia de ensino e aprendizagem baseada no uso do computador e da Internet, fundamentados na orientação a objetos, valorizando a sua criação e reusabilidade para diversos contextos.

Os objetos de aprendizagem devem poder ser criados e utilizados em qualquer formato como, por exemplo: *applets Java* (JavaWorld, 2004); aplicativos em *Macromedia Flash* desenvolvidos em linguagem própria (*ActionScript*) (Ynemine, 2002); trechos de vídeo ou áudio em formatos diversos; e apresentações *PowerPoint*. Em um senso amplo, qualquer conjunto de gráficos e imagens que, combinados com textos e mais algum elemento

(hipertexto/hipermídia), possam causar uma reflexão no usuário podem ser considerado objetos de aprendizagem.

Como mencionado anteriormente, para se disponibilizar na *Web* esses objetos, tem-se a necessidade de construir um portal (ou repositório).

Para a construção de um ambiente para o repositório de objetos de aprendizagem é necessário, em primeiro lugar, considerar a estrutura e funcionalidades desejadas para determinar o tipo de sistema operacional, as linguagens de programação e softwares de apoio, compondo uma base para o portal, devendo levar em consideração alguns aspectos técnicos (Scheer & Gama, 2004).

Um deles está no desenvolvimento e na identificação dos objetos de aprendizagem. O desenvolvimento destes objetos deve prever a possibilidade de seu reuso, a sua organização e uma classificação de metadados, armazenados em um sistema de gerenciamento de conteúdos ou de aprendizagem (*LCS/LMS*).

Os *metadados* (termo genérico usado para descrever dados que podem ser utilizados para identificar características comuns entre diferentes documentos) (Scheer & Gama, 2004) são padronizados, independentes de sistemas e têm como propósito facilitar a busca, avaliação, aquisição e uso dos objetos por estudantes ou instrutores.

Para auxiliar nesta tarefa, os esforços de padronização de metadados de objetos de aprendizagem são vários, como o *LOM (Learning Objects Metadata)* do *Learning Technology Standard Committee do Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE/LTSC)*, o *SCORM* da *Advanced Distributed Learning (ADL)*, o *IMS-Metadata* do *Instructional Management System (IMS) Global Consortium* e a especificação da *Dublin Core Metadata Initiative* (Scheer & Gama, 2004).

O uso destes padrões visa atender as necessidades do desenvolvimento de um portal e podendo utilizar a linguagem XML (*eXtensible Markup Language*) que foi desenvolvida para descrever conteúdo de documentos, e projetada para ser utilizada na Internet conforme a definição de W3c - *World Wide Consortium* (W3c 2003). Propicia a descrição e armazenamento de dados para os metadados que serão utilizados em um portal ou repositório.

O LOM do LTSC/IEEE, (LTSC/IEEE, 2004) é um padrão que segue os propósitos genéricos de metadados, e os objetos de aprendizagem desenvolvidos, organizados e armazenados neste padrão podem ser recuperados quando e como necessário. Outra característica deste padrão é a capacidade de reservar uma definição de blocos que podem ter referências para outros objetos e podem ser combinados seqüencialmente para construir grandes unidades educacionais.

### **2.1.1 Outros aspectos técnicos**

Para o desenvolvimento do portal e dos objetos, como também outras ferramentas educacionais para a comunidade acadêmica de acordo com as técnicas adequadas para o desenvolvimento de software e padrões, é necessária a determinação do tipo de sistema operacional, a estrutura, banco de dados e as linguagens de programação.

Na seqüência, as escolhas dizem respeito ao repositório do projeto OE3 (Scheer et al., 2004) à guisa de exemplo, disponível em <http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3>.

Como sistema operacional, definiu-se o sistema Linux que, dentre tantas vantagens, apresenta a economia de recursos financeiros, posto que é plataforma de software livre e tem grande eficiência na conectividade em rede.

E, como escolha possível, uma linguagem básica para o desenvolvimento do portal foi a PHP (*Personal Home Page*), por ser uma linguagem rápida e dinâmica voltada para a Internet, eficiente em gerar páginas HTML dinamicamente. A PHP possui acesso a diversos sistemas de banco de dados a partir da linguagem SQL (*Structured Query Language*) como, por exemplo, o MySQL que é capaz de processar e gerenciar uma grande quantidade de informações, suficiente para o conteúdo do portal pretendido. Este sistema é também gratuito e de código aberto, sendo um sistema de banco de dados “multiencadeado” (*multithread*): o programa cria um encadeamento para cada cliente que estabelece uma conexão com o servidor. Não interfere na plataforma que o usuário utiliza e outra vantagem está exatamente na sua segurança e confiabilidade.

## 2.2 Características e classificação dos objetos de aprendizagem

### 2.2.1 Características fundamentais de objetos de aprendizagem

A avaliação da qualidade das informações e conteúdos disponibilizados na rede mundial de computadores, Internet, na forma de textos, apresentações, cursos, isto é, os objetos de aprendizagem, é uma questão que carece de modelos e padrões. Nesse sentido, poucos trabalhos procuram oferecer critérios para avaliar a qualidade dos objetos disponíveis nesta rede.

Há características específicas aos objetos de aprendizagem. Segundo Mendes (2004) os objetos de aprendizagem possuem as seguintes características:

- **reusabilidade:** reutilizável diversas vezes em diversos ambientes de aprendizagem;
- **adaptabilidade:** adaptável a qualquer ambiente de ensino;
- **granularidade:** conteúdo em pedaços, para facilitar sua reusabilidade;
- **acessibilidade:** acessível facilmente via Internet para ser usado em diversos locais;
- **durabilidade:** possibilidade de continuar a ser usado, independente da mudança de tecnologia;
- **interoperabilidade:** habilidade de operar através de uma variedade de *hardware*, sistemas operacionais e *browsers*, intercâmbio efetivo entre diferentes sistemas;
- **metadados** (*'data about data'*): descrever as propriedades de um objeto, como: título, autor, data, assunto e etc.

### 2.2.2 Uma classificação para objetos de aprendizagem

González (2005) especifica uma classificação de objetos de aprendizagem para uso pedagógico, como segue:



- **Objetos de Instrução:** são objetos destinados ao apoio da aprendizagem e são divididos em seis tipos distintos.
  1. *Objetos de Lição:* combinam textos, imagens, filmes, vídeos, perguntas e exercícios para criar uma aprendizagem interativa.
  2. *Objetos Workshop:* são eventos de aprendizagem que podem incluir apresentações, vídeo-conferência e ferramentas de colaboração em geral.
  3. *Objetos Seminários:* são seminários com uma comunicação síncrona com os aprendizes, com o uso de áudio, vídeo, intercâmbios de mensagens, etc.
  4. *Objetos artigos:* correspondem a material de estudo, gráficos, tabelas, etc.
  5. *Objetos White Papers:* são objetos baseados em textos que detalham tópicos completos.
  6. *Objetos Caso de Estudo:* são objetos baseados em textos, que correspondem à análise em profundidade de uma implementação de um produto de software, experiências pedagógicas, etc.
- **Objetos de Colaboração:** são objetos para a comunicação em ambientes de aprendizagem colaborativa e se dividem em quatro tipos:
  1. *Objetos Monitores de exercícios:* são objetos onde se produz intercâmbio entre aprendizes e um monitor guia.
  2. *Objetos Chats:* são objetos que permitem os aprendizes a compartilhar experiências e conhecimentos. São intercâmbios de mensagens síncronas.
  3. *Objetos Fórum:* são objetos que permitem intercâmbio de mensagens assíncronas.
  4. *Objetos de Reuniões On-line:* são tipos de objetos que pode-se compartilhar desde documentos até computadores para trabalhos em grupo.
- **Objetos de Prática:** são objetos destinados a auto-aprendizagem, com uma alta interação, onde se distinguem oito tipos:

1. *Simulação Jogo de Roles*: este tipo de objeto permite ao aprendiz a construir e provar seu próprio conhecimento e habilidades interagindo com a simulação de uma situação real. Trabalha com ambientes virtuais.
  2. *Simulação de Software*: permite aos estudantes praticar tarefas completas com o uso de ambientes gráficos.
  3. *Simulação de Hardware*: o uso de objetos de simulação de *hardware* que permite aos aprendizes obter conhecimentos de determinadas tarefas.
  4. *Simulação de Códigos*: este tipo de objeto permite que o aprendiz aprenda técnicas completas da codificação de software.
  5. *Simulação Conceitual*: ajudam os aprendizes a relacionar conceitos através de exercícios práticos.
  6. *Simulação de Modelos de Negócios*: são objetos que permitem ao aprendiz controlar e manipular um conjunto de variáveis em uma companhia virtual para aprender a administrar uma situação real.
  7. *Laboratórios On-line*: este tipo de objeto a aprendizagem de tópicos relativos a tecnologias de informação.
  8. *Projetos de Investigação*: são objetos associados a atividades completas que impulsionam os aprendizes os comprometerem através de exercícios com áreas bem específicas.
- **Objetos de Avaliação**: são objetos que têm a função de conhecer o nível de conhecimentos de um aprendiz. Divide-se em quatro tipos:
    1. *Pré-avaliação*: são objetos que têm a função de verificar os conhecimentos dos aprendizes antes do processo de aprendizagem.
    2. *Avaliação de Proficiência*: são objetos que servem para medir se o aprendiz assimilou determinados conhecimentos específicos para poder seguir adiante.
    3. *Testes de Rendimentos*: este tipo de objeto possibilita medir a habilidade de um aprendiz em uma tarefa específica; normalmente este tipo de objeto se usa com objetos de simulação.

4. *Pré-teste de Certificação*: usado, geralmente, no final de um programa orientado a certificação e são usados em dois modos: estudo e certificação. Na modalidade de estudo é maximizada a aprendizagem entregando ao aprendiz uma lista dos erros cometidos, e na certificação é similar a um exame final.

### **2.3 Qualidade de um objeto de aprendizagem**

Sabe-se pela literatura que a qualidade está relacionada diretamente à satisfação das necessidades implícitas dos clientes. Avaliar a qualidade de um objeto de aprendizagem requer definir o que avaliar e quando avaliar, isto é, avaliar um objeto ao longo do processo de construção e avaliar o produto pronto. Isto requer analisar alguns aspectos relevantes, como por exemplo:

- no aspecto manutenibilidade (pode ser consertado?);
- no aspecto da usabilidade (ele foi projetado para o usuário?);
- no aspecto portabilidade (é possível usá-lo em outra máquina?);
- no aspecto reusabilidade (é possível reutilizar parte do objeto?);
- no aspecto interoperabilidade (é possível compor uma interface com outro sistema?).

Para esta tarefa a literatura apresenta uma série de normas ISO/IEC para avaliar o software educacional desde a sua construção até requisitos para avaliar pacotes de softwares, possibilitando a sua aplicação aos objetos de aprendizagem (seção 4.4). Entretanto, ao avaliar um objeto de aprendizagem pode-se considerar as mesmas características que Rocha (2001) considera importantes em software educacional, que são:

- **Características pedagógicas**: conjunto de atributos que evidenciam a convivência e a viabilidade de utilização de software em situações educacionais. Inclui as seguintes sub-características:
  1. *ambiente educacional*: identifica o ambiente e o modelo de aprendizagem que ele privilegia;
  2. *pertinência ao programa curricular*: adequado ao contexto do conteúdo;

3. *aspectos didáticos*: facilidade de uso, motivacional, conteúdos claros e corretos, carga informacional e tratamento de erros.
- **Características ergonômicas**: conjunto de atributos que evidenciam a usabilidade do software. Inclui as seguintes sub-características:
    1. *facilidade de aprendizagem e de memorização*;
    2. *condução*: avalia os meios disponíveis para conduzir o usuário na interação com o computador como, por exemplo, presteza, localização, legibilidade e *feedback* imediato;
    3. *afetividade*: avalia se existe relação afetuosa com o usuário;
    4. *consistência*: avalia se a concepção da interface é considerada idêntica em contextos idênticos e diferentes em contextos distintos;
    5. *significado dos códigos e denominações*: avalia a adequação entre o objeto e sua referência;
    6. *gestão de erros*: avalia os mecanismos que permitem evitar ou reduzir a ocorrência de erros e, quando eles ocorrem, verifica os mecanismos que favorecem a sua correção.
  - **Adaptabilidade**: conjunto de atributos que evidenciam a capacidade do software se adaptar às necessidades e preferências do usuário e ao ambiente educacional selecionado. Inclui as seguintes sub-características:
    1. *Personalização*: avalia a facilidade de uma personalização;
    2. *Adequação ao ambiente*: avalia se o software é adequado ao modelo e aos objetivos educacionais pretendidos.
  - **Documentação**: conjunto de atributos que evidenciam se a documentação para a instalação e uso do software está completa. Inclui as seguintes sub-características:
    1. *mecanismo de Ajuda (Help on-line)*: avalia se existe ajuda;
    2. *documentação do usuário*: avalia a facilidade de uso do sistema.

- **Portabilidade:** conjunto de atributos que evidenciam a adequação do software aos equipamentos do laboratório de informática. Inclui as seguintes sub-características:
  1. *adequação tecnológica:* avalia a compatibilidade das tecnologias de software e hardware utilizadas com a do mercado;
  2. *adequação aos recursos da instituição educacional:* avalia a compatibilidade de software e hardware usados na instituição.
- **Retorno do investimento:** conjunto de atributos que avalia o investimento na aquisição do software: inclui a sub-característica:
  1. *preço e taxa de retorno:* avalia se o preço é compatível com suas características e se a taxa de retorno da utilização do software é compatível com o investimento.

Além dos aspectos específicos levantados para a avaliação de um software educacional devem-se considerar alguns fatores adicionais quanto a qualidade de objetos de aprendizagem como, por exemplo: a propriedade de reusabilidade para um objeto de aprendizagem é muito importante, sendo que não existe nas referências pesquisadas modelos ou métodos que avaliem um objeto de aprendizagem quanto à possibilidade de reuso. Isto diferencia em parte a avaliação de softwares de outras categorias. Assim, a preocupação com a reusabilidade, granularidade, acessibilidade e a catalogação dos metadados são algumas das preocupações deste trabalho, que vêm ao encontro dos estudos de integração das partes ergonômica e pedagógica.

Uma tentativa de avaliar um software é verificar as métricas deste software, isto é, verificar uma ampla variedade de medidas que Pressman (1995) divide em categorias. A primeira divisão é composta por:

- métricas de produtividade: concentram-se na saída do processo de engenharia de software;
- métricas de qualidade: são métricas derivadas antes do software entrar no mercado. Uma medida da adequação ao uso do software;
- métricas técnicas: concentram-se nas características do software como, por exemplo, complexidade lógica e grau de modularidade.

E a segunda divisão é composta por:

- métricas orientadas ao tamanho: são medidas diretas do software e do processo por meio do qual ele é desenvolvido;
- métricas orientadas à função: são medidas indiretas do software e do processo por meio do qual ele é desenvolvido. Concentra-se na funcionalidade ou utilidade do programa. Os valores do domínio da informação são definidos como: número de entrada de usuários; número de saída de usuários; número de consulta de usuários; número de arquivos; número de interfaces externas;
- métricas orientadas a seres humanos: compilam informações sobre a maneira segundo a qual as pessoas desenvolvem software e percepções humanas sobre a efetividade das ferramentas e métodos.

Estas métricas são orientadas a medir a utilização real do software, mas poucos descrevem diretamente a reusabilidade de um objeto de aprendizagem. Chidamber & Kemerer (1994) desenvolveram métricas ditas ‘clássicas’ para projetos de software “orientados a objetos” (*Object Oriented Design*) que podem ser utilizadas para medir a reutilização de um objeto de aprendizagem. São elas:

- MPC - Métodos Ponderados por Classe: resulta na agregação da complexidade dos métodos de uma classe dada. Esta métrica poderia ser utilizada como medida de predição da reusabilidade da classe;
- PAH - Profundidade da Árvore de Herança: esta métrica está relacionada com a reusabilidade desde o ponto de vista que ‘classes que são mais profundas na árvore de herança são mais complexas. O conceito-chave de herança pode ser uma simples inclusão de etiqueta em um campo do metadado tendo assim um metadado mais detalhado;
- AOC - Acoplamento entre Objetos das Classes: esta métrica tem uma translação direta em termos de relações entre os objetos de aprendizagem, nos quais podem ser definidos baixo nos marcos atuais dos metadados como LOM. Nesta métrica os objetos de aprendizagem têm como consequência grande nível de granularidade;

- FCM - Falta de Correção dos Métodos: esta é uma medida de carência e que seu alto grau de FCM resulta na dificuldade de reutilização dos objetos como também aumenta a dificuldade de compreensão. Para avaliar a utilidade desta métrica para objetos de aprendizagem, requer-se uma analogia com os atributos de uma classe.

Técnicas de avaliação de reusabilidade dos objetos de aprendizagem podem ser, ao menos em parte, automatizadas. Podem ser encontradas muitas analogias entre métricas clássicas de reusabilidade de software e as características próprias dos objetos de aprendizagem, especialmente na analogia da granularidade como uma forma de complexidade e as considerações sobre as dependências dos objetos de aprendizagem.

Sendo uma das características mais importantes dos objetos de aprendizagem, considerada a idéia central do desenho moderno dos conteúdos digitais de aprendizagem, a reusabilidade dos objetos de aprendizagem é um conceito difícil de se caracterizar devido a sua natureza multidimensional e inclusive aspectos como o formato, os conteúdos e considerações sobre os metadados. A reusabilidade em diversos contextos educacionais requer um desenho cuidadoso dos conteúdos e seus registros com metadados associados de tal forma que sejam suficientemente consistentes e completos.

Para Cuadrado-Gallego (2005) a reusabilidade pode ser avaliada por pessoas considerando três aspectos inter-relacionados:

- a qualidade da separação entre o conteúdo e apresentação;
- a qualidade do registro de metadados, especialmente a facilidade de compreensão, clareza e precisão do contexto educacional no qual está inserido;
- o desenho das instruções para cada um dos contextos educacionais dirigidos.

E, para Sicília (2005), a reusabilidade tem outros aspectos:

- *técnico de formato*: implica que os materiais estão formatados de acordo com certas regras e convenções;

- *técnico de interpretação*: implica que os metadados utilizados tenham uma orientação a habilitar certas funcionalidades automatizadas conhecidas, de maneira precisa. LOM não é suficiente para esta área;
- *desenho instrucional*: de maneira que o desenho dos conteúdos e sua granularidade estão orientados a sua reutilização, pensando em possíveis transtornos de uso futuro.

A prática da criação de metadados também é um pré-requisito para elaboração de métricas de objetos de aprendizagem confiáveis. Quanto maior é o grau de detalhes dos metadados descritivos, maiores são as possibilidades efetivas de reuso.

Entretanto, com um simples acesso à Internet, o usuário tem à sua disposição a possibilidade de uso e de reuso de um objeto de aprendizagem. Tratando-se de objetos específicos para métodos numéricos, surgem novas características importantes como a da *qualidade da informação* que deve avaliar se os conteúdos são corretos, fidedignos e a carga informacional compatível com o tema e aspecto da *confiabilidade do objeto* onde se deve ter a preocupação com a correção dos cálculos com alto grau de exatidão.

## **2.4 Considerações finais**

Neste capítulo se caracterizaram os objetos de aprendizagem à luz de suas características, classificações e esforços de padronização. Mesmo podendo serem considerados como um tipo de software educacional, os objetos de aprendizagem têm um processo de desenvolvimento que guarda uma especificidade própria. O processo remete a questões sobre como as pessoas aprendem pelo tratamento dado aos conteúdos endereçados pelos objetos de aprendizagem. Assim, no próximo capítulo, se busca conhecer um pouco das teorias de aprendizagem e alguns tipos de avaliações que já foram utilizadas em pesquisas por autores de renome internacional.



### **3 Teorias de aprendizagem e avaliação de objetos de aprendizagem**

No auge de um mundo globalizado, aproveitando-se dos meios de comunicação e tecnologia da informação, muitas expectativas e questionamentos estão abertos. A Educação é a área na qual o computador timidamente vem se infiltrando como uma ferramenta poderosa que auxilia o professor no ensino e os alunos na aprendizagem. Com mudanças cada vez mais rápidas e com saltos tecnológicos, é difícil manter em suas devidas proporções. Junto a esse crescimento da tecnologia na educação, o crescente surgimento de softwares educacionais põe em relevo a avaliação de seu uso.

Avaliar a qualidade de um software educacional é uma tarefa complexa, pois envolve diversos mecanismos no processo de ensino e aprendizagem, tais como, exercícios, tutoriais e simulações. Estes instrumentos pedagógicos apresentam características diferentes, sendo necessário o desenvolvimento de diferentes critérios e estratégias de avaliação.

Assim, a qualidade de *software* educacional, muito discutida por educadores e pesquisadores da área de Informática, se depara com dois universos: aprendizagem e usabilidade. Como unir estes dois universos? Não é uma tarefa fácil.

Para desenvolver uma ferramenta computacional destinada ao ensino e aprendizagem, como um objeto de aprendizagem, é preciso verificar como ocorre a aprendizagem nas pessoas. Para isso, torna-se necessário buscar entender um pouco sobre as teorias de aprendizagem e os tipos existentes de avaliação.

#### **3.1 Teorias de aprendizagem e tecnologias educacionais**

Teoria de aprendizagem, segundo Staub (2004), é uma tentativa humana de sistematizar uma área do conhecimento, uma maneira particular de visualização. Teoria de aprendizagem é uma construção humana para interpretar sistematicamente a área do conhecimento que é chamada de aprendizagem.

Para um melhor entendimento sobre o processo de ensino e aprendizagem descrevem-se a seguir algumas teorias de aprendizagem e suas principais características.

### **3.1.1 Teoria construtivista**

Segundo Ferreira (2005), as teorias de aprendizagem dividem-se em duas correntes: apriorista e empírica. Na corrente apriorista a base (origem) do conhecimento está no próprio sujeito, isto é, o papel do professor é de resgatar o conhecimento que está no interior de seu aluno. Para a empírica a base do conhecimento está no objeto e não no sujeito, isto é, o professor passa os conhecimentos através de observações de objetos que estejam na forma oral, escrita e visual.

Jean Piaget (1991) foi um dos primordiais pesquisadores nesta área. Sua teoria foi baseada no estudo do processo da aprendizagem da mente humana. Seus estudos iniciaram na observação de um bebê recém-nascido e seu processo de aprendizagem até chegar na fase da adolescência. Concluiu que o conhecimento não provém totalmente do próprio sujeito, como defende a corrente apriorista, nem que o conhecimento provém totalmente das observações de objetos como a corrente empírica defende. Esta conclusão estabeleceu base para a sua teoria, que chamou de Epistemologia Genética. Esta teoria é baseada em três conceitos fundamentais: interação, assimilação e acomodação. A interação do sujeito com o seu meio é a sua relação com o objeto, o conhecimento e a manipulação gerando um processo de adaptação. A assimilação é o momento onde o indivíduo internaliza o objeto e o interpreta. E, por último, a acomodação é a fase onde ele compreende o objeto. Esta estrutura é permanente e sempre está em desenvolvimento, por isso este processo foi denominado de “Construtivismo” dando a idéia de que a aprendizagem se dá através das interações entre o homem e o seu meio.

Do ponto de vista construtivista, o aprendiz é um ser ativo na interação, é co-responsável pelo aprendizado, pois ele tenta formular novas respostas, idéias e hipóteses, revisa o pensamento e apresenta melhor a solução para um problema.

O professor tem o papel de facilitador e incentivador, e cria situações de aprendizagem que facilitem a construção do conhecimento.

Para o desenvolvimento de um ambiente virtual construtivista é necessário que haja a interação entre o aprendiz e o meio, sendo que esta interação deve estar muito além da usabilidade da ferramenta, da navegação ou do toque nas teclas. A interação deve ultrapassar, estimular, desafiar e ao mesmo tempo permitir um desenvolvimento do aprendiz.

As técnicas de avaliação de um ambiente construtivista, segundo Melchior *apud* Ferreira (2005) estão esquematizadas na Figura 3.1.

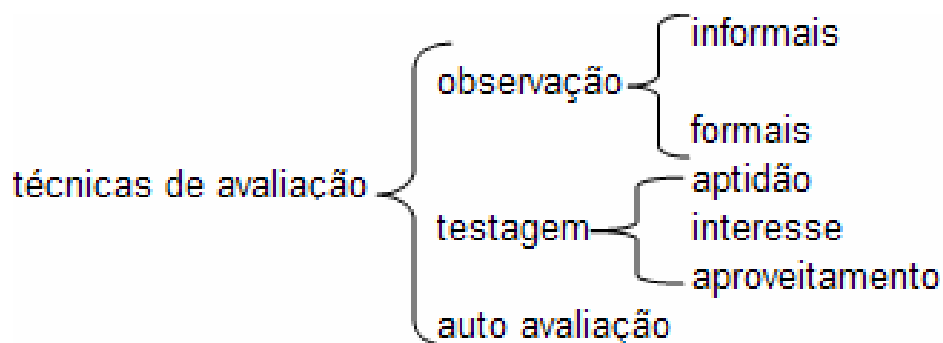


Figura 3-1 - TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DE UM AMBIENTE CONSTRUTIVISTA  
(MELCHIOR *APUD* FERREIRA, 2005)

Para Ferreira (2005) as técnicas de avaliação para um ambiente virtual (de aprendizagem) são as mesmas de um ambiente construtivista e é necessário reenquadrar como, por exemplo, substituir a observação por aplicação de vídeo-conferência e a testagem por sistemas tutoriais inteligentes. Outro aspecto importante que precisa ser considerado em um ambiente virtual é a autenticidade do aluno, o que não é uma tarefa fácil.

### 3.1.2 Teoria cognitivista

Segundo Hack *apud* Alves (2003) as teorias cognitivistas tratam da cognição, por exemplo, de como um indivíduo conhece, processa a informação, compreende e dá significado ao seu mundo e usa este conhecimento para guiar suas decisões. A aquisição do conhecimento se dá pela pesquisa, investigação e

solução de problemas. Para o cognitivismo, a melhor maneira de aprender é construindo o seu próprio conhecimento.

Para Vygotsky *apud* Staub (2004) o desenvolvimento cognitivo é produzido pelo processo de interiorização da interação social com materiais fornecidos pela cultura. Durante o processo de ensino e aprendizagem, as potencialidades do aprendiz devem ser levadas em conta, o sujeito não é apenas ativo mas sim interativo, pois forma conhecimento e constitui-se a partir de relações intrapessoais.

O processo de avaliação segundo a teoria cognitivista de Dietel *apud* Alves (2003) dita algumas considerações quando se refere a avaliar um aluno conforme esta teoria.

Para Alves (2003) o escopo da avaliação deve ser integrado; a ênfase está na meta-cognição, motivação e auto-determinação; a avaliação final se dá depois do aluno resolver muitos exercícios básicos; também se realiza avaliação com trabalhos feitos em grupo; e o uso de tecnologia busca recursos mais avançados, como testes computadorizados adaptáveis.

### **3.1.3 Teoria ‘behaviorista’**

Esta teoria comportamentalista é muito conhecida e vivenciada por todos que estão na faixa etária dos 40 anos ou mais, e trata-se de uma metodologia dita tradicional.

O papel do professor é de transmissão do conhecimento. É ele que decide os passos dos alunos, os objetivos com base em critérios pré-fixados. O professor tem a função de servir de elo entre o aluno e a verdade científica. Ele é o dono de conhecimentos e o aluno obtém estes conhecimentos através da figura do professor.

Os alunos são passivos, recebem toda a informação necessária do professor e dos livros didáticos, procuram respostas certas ao invés de formular respostas novas. O aluno reproduz o que o professor diz. Ele aprende se o professor ensinar, ele é completamente dependente e repetidor dos ensinamentos do professor. A tarefa do professor, segundo uma teoria behaviorista, é transmitir

o conhecimento; determinar o objetivo; determinar o ritmo de ensino; fixar os comportamentos finais dos alunos; avaliar o aluno segundo objetivos alcançados. A tarefa do aluno é de escutar o professor; repetir as informações ditadas pelo mestre; questionar pouco ou quase nada; ele é um 'papagaio' e pouco criativo.

Em relação à avaliação, o aluno será apto se repetir os ensinamentos do professor. A avaliação se dá através de objetivos pré-determinados.

Conhecendo estas teorias de aprendizagem aprofunda-se o estudo com a evolução do processo avaliativo.

### **3.2 Colocações sobre a evolução do processo de avaliação**

Na década de 1880, segundo Marturet (1999), a necessidade de avaliação aparece unida ao processo de industrialização dos Estados Unidos. O processo industrial não só iniciou, mas modificou a organização social e familiar da época. As escolas passaram a serem consideradas fábricas e seus alunos matérias-primas onde seus conteúdos eram de interesse do mercado. As primeiras avaliações eram testes de rendimento para saber se as escolas educavam bem seus estudantes.

O início do século XX é marcada pela aparição, difusão e utilização de provas de inteligências através de testes psicológicos, medição de objetivos quantitativos. Cinquenta anos mais tarde, nasce a programação por objetivo, utilizando-se a primeira avaliação para determinar o grau dos objetivos educativos propostos. E, dez anos mais tarde, cresce a preocupação com o fracasso escolar. Surge, então, a preocupação em estabelecer o grau de valor e mérito do objetivo que se avalia.

A partir dos anos 70, a concepção construtivista de Piaget marca o conceito e a utilização da avaliação; junto aos modelos quantitativos aparecem os qualitativos, que dão importância à utilização de procedimentos antropológicos. Atualmente a avaliação é concebida como instrumento de orientação e aperfeiçoamento.

### **3.3 Tipos de avaliação**

Para desenvolver e avaliar a qualidade de um objeto de aprendizagem há a necessidade de se averiguar dois universos: aprendizagem e usabilidade. Avaliar a aprendizagem é tratar de problemas pedagógicos, clareza coerência e interesse dos objetivos pedagógicos e, principalmente, verificar a aprendizagem dos alunos e suas necessidades para a melhoria do processo ensino e aprendizagem. Avaliar a usabilidade é tratar de problemas ergonômicos, isto é, de adaptação entre o usuário ao sistema computacional. O usuário irá atingir seu objetivo com menos esforço e mais satisfação, isto é, o sistema com boa usabilidade irá conduzir o trabalho no sentido da eficiência, produtividade da interação e eficácia.

#### **3.3.1 Avaliação Pedagógica**

Na avaliação pedagógica destacam-se as avaliações: formativa e somativa, onde cada uma tem a sua especificidade descrita a seguir.

##### ***Avaliação formativa***

É uma avaliação contínua e progressiva durante o processo ensino e aprendizagem, com o propósito de melhorá-lo. Ela também averigua o aprendizado prático e avalia o comportamento o interesse e a participação do aluno. É um recurso privilegiado para a individualização da aprendizagem do aluno, fazendo com que o material didático se adapte ao aluno.

##### ***Avaliação somativa***

É uma avaliação ao final do processo destinada a apresentar conclusões sobre o design instrucional como um todo. Ela classifica o aluno atribuindo uma nota, averigua o aprendizado teórico e o avalia.

#### **3.3.2 Avaliação ergonômica**

Cibys et al. (1999) distinguem três tipos de técnicas de avaliação ergonômica:

- técnica prospectiva, que busca opinião do usuário e a interação com o sistema;
- técnica empírica, que constata problemas a partir da observação do usuário interagindo com o sistema;
- técnica diagnóstica, que busca prever erros de projeto sem a participação do usuário.

A técnica prospectiva é baseada na aplicação de questionário e entrevista com usuários para avaliar sua satisfação.

Na técnica empírica o usuário tem participação ativa com sessões de observação da interação.

A técnica diagnóstica não tem participação direta do usuário; se baseia em inspeções feita por profissionais especializados ou os próprios projetistas do ambiente. Dentro desta técnica encontram-se as avaliações: analíticas, heurísticas e inspeção por '*checklist*'.

*Avaliação analítica* é empregada na fase inicial do projeto, seja de software ou objeto de aprendizagem. E, por isso, esta avaliação não tem a participação do usuário.

*Avaliação heurística* é realizada por especialistas em ergonomia. Eles examinam cada elemento de uma interface e o julgam segundo princípios básicos de usabilidade. Para isso reúnem-se em grupo de três a cinco elementos, avaliando a interface individualmente, analisando cada elemento de acordo com princípios heurísticos, isto é, padrões de usabilidade gerais. Estes padrões podem ser próprios ou desenvolvidos por especialistas. Após esta análise, os especialistas se reúnem e analisam coletivamente o que foi feito por cada um e constroem um parecer final, informando os problemas de usabilidade encontrados no software.

Existe na literatura um conjunto de regras e métodos que conduzem a resolução de problemas de usabilidade, chamadas de as "dez heurísticas de Jakob Nielsen", principal pesquisador da usabilidade (Nielsen, 2004):

- 1 *Visibilidade do 'status' do sistema*: o sistema deve manter o usuário bem informado para que ele se sinta seguro para realizar suas tarefas.

2. *Compatibilidade entre o sistema e o mundo real*: o usuário deve se sentir familiarizado com o sistema, o sistema deve conter linguagem familiar.
3. *Liberdade e controle do usuário*: o usuário deve ter liberdade de ações.
4. *Consistência e padrões*: deve estar numa linguagem clara para os usuários.
5. *Prevenção contra erros*: o sistema deve ter proteção que previne erros.
6. *Reconhecimento em lugar de lembrança*: minimizar a carga de memória do usuário fazendo objetos, ações, e opções visíveis.
7. *Flexibilidade e eficiência de uso* : a existência de aceleradores não vista pelos novatos, mas possibilita que os experientes as utilizem, não atrapalhando ninguém.
8. *Projeto minimalista e estético*: evitar exibições desordenadas no qual pode aumentar o tempo de busca do comando.
9. *Recuperação de erros*: evitar erros no sistema onde é motivo de frustração do usuário.
10. *Ajuda e documentação*: um sistema não deveria necessitar documentação. Porém, pode ser necessário dar ajuda aos usuários fornecendo pequenas notas.

Existem também um conjunto de critérios ergonômicos desenvolvidos por Bastien e Scapin (2000), pesquisadores do INRIA (*Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique* da França), que são utilizados para avaliar a eficiência, efetividade e facilidade de uso de interface com o usuário. Esses critérios foram construídos a partir da coleta de um grande número de dados experimentais e recomendações individuais. Os oito critérios considerados principais são os que seguem:

1. *Condução: presteza; feedback imediato; legibilidade; distinção de itens, localização e formato.*
2. *Carga de trabalho: brevidade; concisão e trabalho mínimo.*
3. *Controle Explícito: controle do usuário.*
4. *Adaptabilidade: flexibilidade e experiência do usuário.*



5. *Gestão de erros: proteção contra erros; correção de erros; e qualidade na mensagem de erro.*
6. *Homogeneidade e coerência.*
7. *Significado dos códigos e denominações*
8. *Compatibilidade.*

As *Inspeções diagnósticas* são baseadas em listas de verificação (*check lists*), e podem ser realizadas por especialistas ou não em ergonomia, programadores ou analistas. Esta avaliação apresenta potencialidades pela especificidade das questões, o que facilita a detecção do problema e a redução do custo por ser um método rápido.

Um dos instrumentos bem definidos que facilita a função dos projetistas é a existência de normas internacionais de usabilidade, como por exemplo a ISO 9241(1998) “Ergonomic requirements for office work with visual display terminals”, que dita cinco parâmetros para avaliar a usabilidade de interface homem/máquina: 1. Fácil de aprender. 2. Eficiente no Uso. 3. Fácil de lembrar. 4. Poucos erros. 5. Agradável / confortável para usar.

### **3.4 Avaliação dos objetos de aprendizagem**

Segundo Marturet (1999), para poder avaliar algo, é necessário orientar-se aos seguintes princípios para a avaliação:

- ética;
- utilidade;
- investigação sobre a ação;
- independência e comprometimento;
- formar parte do processo educativo;
- é um meio e nunca fim em si mesma;
- é um processo contínuo;
- deve ser total;
- fundamentada em alguns critérios;

- adaptar-se às circunstâncias e características do objeto motivo de avaliação;
- negociada e participativa.

Para desenvolver um modelo de avaliação devem estar bem claras as seguintes questões: o que avaliar; para que avaliar; porque avaliar; quando avaliar; como avaliar e quem avaliar. O Quadro 3.1 de Marturet (1999) resume concepções antigas e atuais de avaliação segundo estas questões.

Em função destas concepções é necessário analisar critérios que permitam discernir e aplicar valores e críticas sobre as informações.

Os objetos de aprendizagem cumprem uma função de mediação no processo ensino e aprendizagem podendo ser citadas as facetas:

- inovadora: o uso da tecnologia;
- motivadora: capta atenção com facilidade;
- controladora: controle de conteúdos;
- solicitadora: quando objeto atua como guia metodológico;
- formativa: o objeto ajuda a aprendizagem;
- profissionalidade: adaptação das necessidades dos profissionais e professores.

A avaliação de objetos de aprendizagem (como material didático) deve ter, como expressa Guerra (1991) *apud* Marturet (1999), três vertentes fundamentais:

- a política de elaboração e difusão; no sentido de responder às questões: quem elabora? porque elabora? e para que elabora?
- a natureza do objeto, isto é, tanto no conteúdo como na sua estrutura;
- o uso do objeto, isto é, se preocupar com a potencialidade educativa do objeto.

Quadro 3 1 - CONCEPÇÃO DE AVALIAÇÃO TRADICIONAL E ATUAL

FONTE: MARTURET 1999 P. 97

avaliação de ontem e de hoje		
	concepção tradicional	concepção atual
Conteúdos de Avaliação O que avaliar?	Os conteúdos conceituais de distintas matérias As aplicações dos conceitos e a resolução de problemas o aluno	Os conteúdos conceituais, procedimentos e latitudes Se amplia ao âmbito do aluno e outros elementos que interveem no processo educativo O contexto e o processo educativo
Finalidade de Avaliação Para que avaliar?	Somativa conhecer o grau do nível de conhecimento alcançado pelo aluno Diagnóstico da capacidade do aluno Seleção social baseada em qualidades dos alunos	A avaliação a serviço do processo ensino e aprendizagem revisão dos processos para melhorá-lo, adaptá-lo as necessidades e possibilidades aperfeiçoamento
Momentos de Avaliação Quando avaliar?	no final do processo	no início para conhecer no meio para melhorar o conhecimento no fim redefinir como parte de um processo contínuo
Métodos de Avaliação Como avaliar?	Quantitativos Unidirecionais Instrumentos provas e exames	Qualitativos e quantitativos Variedade de instrumentos, observações, questionários, gabaritos
Agente de Avaliação Quem avaliar?	Ministérios, diretores, docentes e alunos	lautoavaliações heteroavaliações coavaliações

Distintos modelos de avaliação, como observado neste capítulo, respondem a distintas situações e necessidades. Assim, para desenvolver e avaliar um objeto de aprendizagem, exige-se, além do conhecimento das teorias pedagógicas, o conhecimento de normas técnicas.

### 3.5 Normas técnicas de qualidade

Quanto às normas ISO (*International Organization for Standardization*) para o objetivo deste trabalho, foram enfatizadas três normas: ISO 9241, ISO/IEC 9126, e ISO 14598.

A ISO 9241 é uma norma internacional que trata do trabalho de escritório informatizado que, através de recomendações ergonômicas, tem por objetivo promover a saúde e a segurança do usuário de computadores e garantir que eles

possam operar estes equipamentos com eficiência e conforto. É um conjunto que contém dezessete partes entre as quais oito (Figura 3.2) se destinam à avaliação de softwares. Abaixo são descritas as oito partes.



Figura 3-2 - PARTES DESTINADAS A AVALIAÇÃO DE SOFTWARE

- 9241-10 PRINCÍPIOS DE DIÁLOGO  
Adaptabilidade; *feedback*; controle; tolerância de erros; adequação ao aprendizado.
- 9241-11 USABILIDADE DO SISTEMA  
Contexto de utilização; *hardware*; aspectos de ambiente; medidas de usabilidade.
- 9241-12 APRESENTAÇÃO VISUAL DAS INFORMAÇÕES  
Informação nas telas; janelas; áreas de entrada e saída.
- 9241-13 CONDUÇÃO DO USUÁRIO  
Informações suplementares; ajuda em linha; gestão de erros; mensagem de *feedback*.
- 9241-14 ESTILO DE DIÁLOGOS POR MENU  
Estrutura do menu; navegação; seleção e exercícios do menu.
- 9241-15 DIÁLOGOS POR LINGUAGEM DE COMANDO  
Estrutura a sintaxe de comandos; representação de entrada e saída.

- 9241-16 DIÁLOGOS POR MANIPULAÇÃO DIRETA  
Aparência; manipulação de objetos gráficos.
- 9241-17 DIÁLOGO POR PREENCHIMENTO DE FORMULÁRIO  
Estrutura dos formulários das entradas ao *feedback*; navegação pelos campos.

A ISO / IEC 9126 é uma norma internacional que descreve modelos de qualidade do produto de software. É um conjunto de seis partes (Figura 3.3) que define características e sub-características que devem ser medidas e avaliadas nos produtos de software.

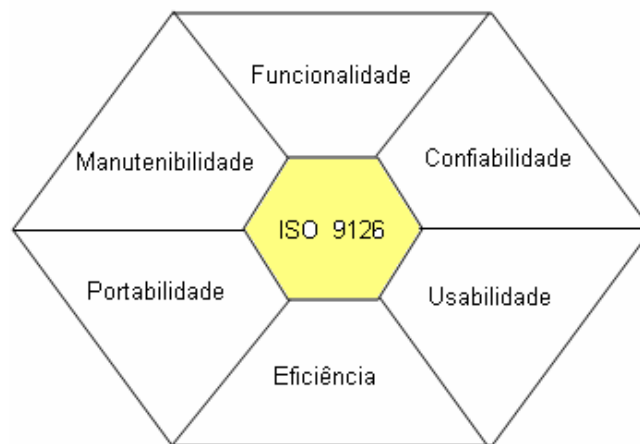


Figura 3-3 - CARACTERÍSTICAS DA ISO 9126

- 9126-1 FUNCIONALIDADE  
Adequação; acurácia; interoperabilidade; conformidade; segurança de acesso.
- 9126-2 CONFIABILIDADE  
Maturidade; tolerância a falhas; recuperabilidade.
- 9126-3 USABILIDADE  
Inteligibilidade; apreensibilidade; operacionalidade.
- 9126-4 EFICIÊNCIA  
Comportamento em relação ao tempo; comportamento em relação aos recursos.
- 9126-5 PORTABILIDADE

Adaptabilidade; capacidade para ser instalado; conformidade; capacidade para substituir.

- 9126-6 MANUTENIBILIDADE  
Analisabilidade; modificabilidade; estabilidade; testabilidade.

A ISO / IEC 14598 é a norma que trabalha com o processo de avaliação do produto. Ela apresenta uma visão geral deste processo de avaliação do produto de software e fornece informações de suporte. É um conjunto formado por seis partes (figura 3.4).

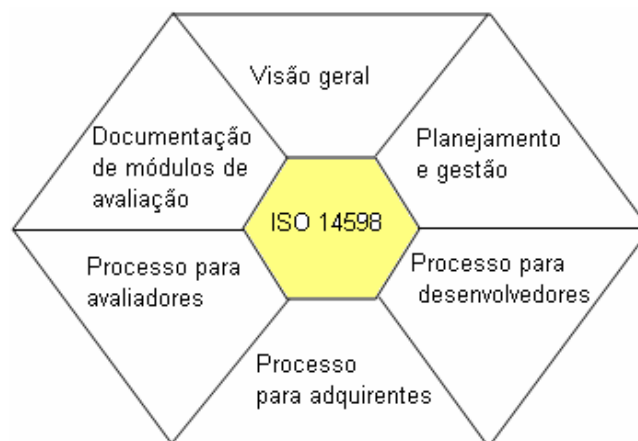


Figura 3-4 PARTES DA ISO 14598

- 14598-1 VISÃO GERAL  
esclarece conceitos gerais de qualidade e avaliação de software.
- 14598-2 PLANEJAMENTO E GESTÃO  
Orientação a funções de apoio à avaliação; aquisição; controle; desenvolvimento; Usado para desenvolver planos de avaliação.
- 14598-3 PROCESSO PARA DESENVOLVEDORES  
Organização para desenvolver novo produto; qualidade interna.
- 14598-4 PROCESSO PARA ADQUIRENTES.  
Usado para adquirir ou reutilizar outros produtos de softwares; Averiguar a aceitação de um produto.
- 14598-5 PROCESSO PARA AVALIADORES.  
Avaliação independente.
- 14598-6 DOCUMENTAÇÃO DE MÓDULOS DE AVALIAÇÃO.

Orientação para documentação de módulos de avaliação; modelo de qualidade.

### **3.6 Considerações finais**

As teorias de aprendizagem fundamentam uma visão da sociedade com tal complexidade que algumas vezes dificultam o seu entendimento. Isto se dá também para o processo de avaliação, apesar da existência de normas e critérios.

Para amenizar esta dificuldade procurou-se no próximo capítulo, em uma revisão bibliográfica aspectos relacionados à avaliação de software educacional, descrevendo algumas técnicas e métodos existentes nas referências pesquisadas.

## **4 Métodos de avaliação de softwares educacionais**

Ao se mencionar qualidade de software educacional, muitos pensam imediatamente no grau de satisfação do usuário que está ligado diretamente à usabilidade destes softwares, assunto bastante pesquisado e com inúmeras publicações em eventos e periódicos científicos .

Tem-se observado nestes trabalhos que não existe uma terminologia adequada que diferencie técnica, método, modelo ou metodologia. Segundo o dicionário Michaelis (1998), técnica é o conjunto dos métodos e pormenores práticos essenciais à execução perfeita de uma arte ou profissão; método é o conjunto dos meios dispostos convenientemente para alcançar um fim e, especialmente, para chegar a um conhecimento científico ou comunicá-lo aos outros; e metodologia é o estudo científico dos métodos.

Assim, para o propósito deste capítulo, foram coletados alguns modelos e métodos de avaliação que serão utilizados como apoio para o objetivo deste trabalho.

São descritos a seguir alguns métodos de avaliação desenvolvidos por autores brasileiros que estão em busca de mecanismos para avaliar software educacional, e autores internacionais que dedicam seus estudos à avaliação de objetos de aprendizagem.

### **4.1 Técnica TICESE**

Um dos trabalhos pesquisados (Gamez,1998) tem foco no desenvolvimento da TICESE (Técnica de Inspeção Conformidade Ergonômica de Software Educacional). Como o próprio nome atesta, é uma técnica para inspecionar a conformidade ergonômica de software educacional que tem como objetivo o desenvolvimento das bases científicas para adequação das condições de trabalho às capacidades e realidades da pessoa que trabalha (Gamez,1998).

O seu enfoque principal está na elaboração da técnica que proporcione aos avaliadores uma ferramenta de auxílio para a avaliação sob os aspectos



ergonômicos de um software buscando uma afinidade entre estes e o aspecto pedagógico de um software educacional.

Ergonomia vem do grego onde 'ergon' significa trabalho e 'nomos' significa legislação, e é definida, segundo Grandjean *apud* Gamez (1998), como a ciência da configuração de trabalho adaptado ao homem.

Tendo como objetivo orientar e fornecer parâmetros teóricos e metodológicos para auxiliar no processo de avaliação da qualidade de um software educacional baseado em questões ergonômicas e pedagógicas, utilizou-se da ferramenta Ergolist (Hack et al , 2004).

Ergolist é uma ferramenta de verificação da usabilidade de um software. Foi desenvolvida pelo LabUtil<sup>1</sup>. (UFSC/SENAI-SC/CTAI) em união com o SoftPólis, núcleo Softex-2000 de Florianópolis. Este *check-list* de perguntas relacionadas a usabilidade do software com a função de salientar características ergonômicas e pedagógicas que auxiliem no processo de inspeção de conformidade ergonômica está disponível em <http://www.labiutil.inf.ufsc.br/ergolist/>.

Catapan et al. (1999) utilizaram o Ergolist para levantar os índices de aplicabilidade e de conformidades de critérios de usabilidade de um software unidos a taxonomia de Bloom para verificar a qualidade pedagógica do software.

O software Aurelinho (dicionário multimídia Infantil) foi o objeto utilizado nesta pesquisa para a avaliação de duas características: a de caráter ergonômico (usabilidade) e pedagógico (aprendizagem) segundo a ferramenta Ergolist e um pressuposto pedagógico, a taxonomia de Bloom.

Os pesquisadores concluíram que o sucesso no processo de aprendizagem é eminente se ocorrer uma integração entre as propriedades de usabilidade e aprendizagem, e isto está um pouco distante de acontecer, conforme se verifica na conclusão da pesquisa segundo a citação (Catapan et al, 1999):

*“Esta questão merece estudos mais aprofundados, pois existe a preocupação de tornar a qualidade da aprendizagem na relação IHC*

---

<sup>1</sup>Laboratório da Utilizabilidade - é um laboratório ligado ao Departamento de Informática e Estatística e ao Departamento de Produção de Sistemas da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina).

*mais amigável, com aplicações de técnicas sofisticadas, cabendo a nova geração de profissionais, direta ou indiretamente ligados ao ensino, criar novos métodos de avaliação de tais técnicas, mais condizentes com os desafios postos pelo processo de Interação Homem/Computador.”*

## 4.2 Taxonomia de Bloom

A teoria desta taxonomia (Bertoldi,1999) é uma proposta de avaliação sistematizada interpretada como um instrumento e indicada para a parte pedagógica de um software, conforme esquema da Figura 4.1:

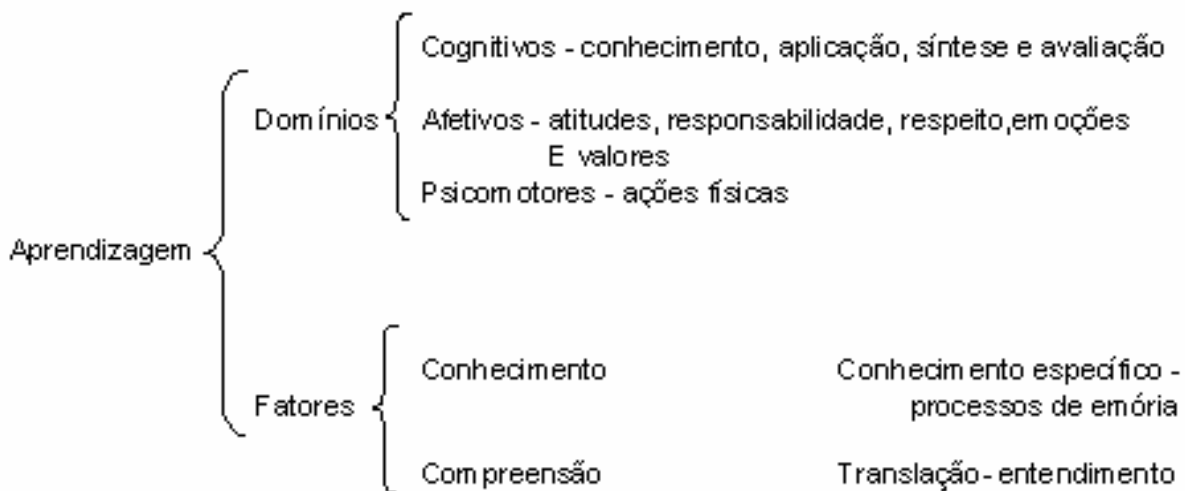


Figura 4-1 - ESQUEMA DA TAXONOMIA DE BLOOM

Bloom, juntamente com psicólogos americanos, desenvolveram a chamada “taxonomia de Bloom” que é um sistema que tem a tarefa de classificar metas e objetivos educacionais. Nessa teoria, a aprendizagem se divide em dois itens: os domínios e os fatores. Os domínios pedagógicos, por sua vez, se dividem em três áreas não mutuamente exclusivas: a cognitiva, que se refere à compreensão do conhecimento, que contém conhecimento, aplicação, síntese e avaliação; a afetiva, ligada a sentimentos e posturas como, por exemplo, atitudes; responsabilidade, respeito, emoção e valores; a psicomotora, ligada a ações

físicas. Quanto aos fatores: o conhecimento se refere ao conhecimento mais específico, dando ênfase aos processos da memória; e a compreensão refere-se a um tipo de entendimento independente da complexidade do material. Portanto, a idéia central desta taxonomia leva a 'aquilo que os educadores querem que os aprendizes saibam'.

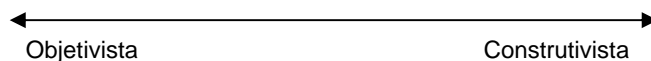
O uso desta taxonomia pode ser útil na aplicação de testes de avaliação, como o Ergolist, com vistas ao conteúdo de ensino.

### 4.3 Metodologia de Thomas Reeves

A metodologia, ou método, para avaliação de um software educacional proposta por Thomas Reeves *apud* Bertoldi (1999), se baseia em duas listas: uma com quatorze critérios pedagógicos e outra com dez critérios relacionados a interface com o usuário. Esses critérios são avaliados conforme uma escala gráfica não dimensionada representada por uma seta dupla, direita e esquerda, respectivamente, com conceito 'positivo' e 'negativo'.

Seguem abaixo os quatorze critérios pedagógicos que compõem a primeira lista:

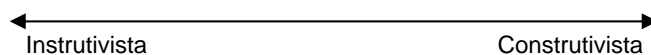
#### *Epistemologia*



Objetivista: um conhecimento objetivo e independente;

Construtivista: um conhecimento construtivo através de estratégias e observações.

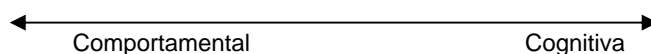
#### *Filosofia pedagógica*



Instrutivista: o aluno é um agente passivo e receptivo;

Construtivista: o aluno é um agente ativo e participativo.

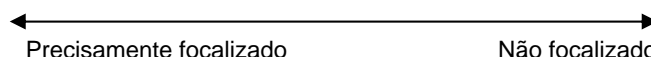
#### *Psicologia subjacente*



Comportamental: obtido através de estímulos e respostas;

Cognitivo: monta estratégias de aprendizagem através de conhecimentos obtidos.

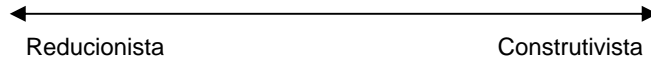
#### *Objetividade*



Precisamente focalizado: em tutores e treinamentos

Não focalizado: simulações e ambientes virtuais.

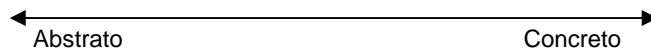
### *Sequenciamento Instrucional*



Reducionista: conhecimento minucioso;

Construtivista: comportamento de aluno ativo.

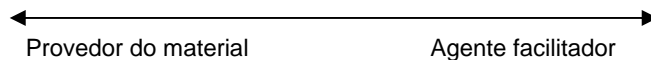
### *Validade experimental*



Abstrato: situação que não pertence ao mundo real;

Concreto: conteúdo apresentado em situações reais.

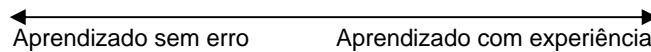
### *O papel do instrutor*



Provedor do material: posse do conhecimento;

Agente facilitador: professor orientador.

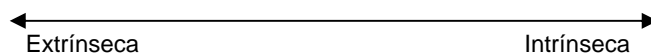
### *Valorização do erro*



Aprendizado sem erro: indução a resposta correta;

Aprendizado com experiência: aprender com os próprios erros.

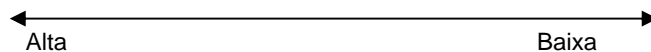
### *Motivação*



Extrínseca: motivação vem de fora do ambiente de aprendizado;

Intrínseca: integrada ao ambiente de aprendizado.

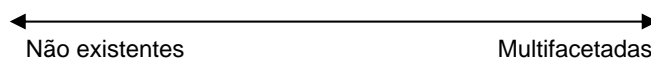
### *Estruturação*



Alta: os caminhos são previamente determinados;

Baixa: mostra vários caminhos.

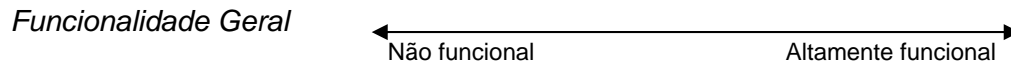
### *Acomodação das diferenças individuais*



Não existentes: considera os indivíduos homogêneos;

Multifacetadas: leva em consideração a diferença entre os indivíduos.





Extremidades das setas caracterizam os critérios de avaliação e pode-se analisar a disposição dos pontos marcados nas escalas, como no exemplo da Figura 4.2.

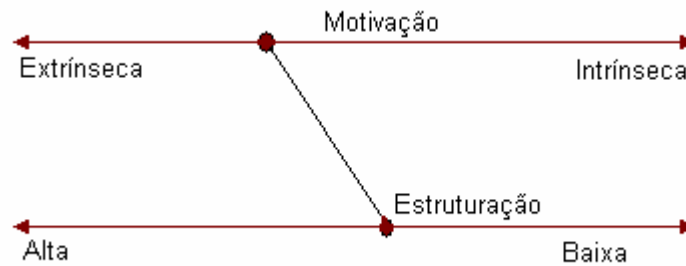


Figura 4-2 - PROCEDIMENTO GRÁFICO NA METODOLOGIA DE REEVES APUD BERTOLDI (1999)

#### 4.4 Metodologia de Martins

O desenvolvimento e a metodologia usada na pesquisa de Martins (2004) basearam-se nas heurísticas de Jakob Nielsen (Nielsen, 2004) descritas na subseção 3.3.2 deste trabalho. Nessa dissertação a autora avaliou um curso sobre MS-Office PowerPoint 97, com o objetivo de analisar as interações entre o aprendiz, a interface *web* e o material didático e verificar até que ponto esta interação favorece a aprendizagem, como também avaliar se os aprendizes conseguem atingir seus objetivos em ter uma aprendizagem prazerosa.

As propriedades ergonômicas de um sistema foram analisadas com detalhes e sua usabilidade abordada sob dois aspectos: do *design* e pedagógica.

Para a sua avaliação, como colocado, foi elaborado um formulário específico baseado nas heurísticas de Nielsen (Nielsen, 2004).

Para o reconhecimento do usuário-alvo foi realizada uma simulação do uso do sistema através de um participante colaborativo com a finalidade de reconhecer o perfil do usuário em relação a sua tarefa a ser executada bem como a composição do cenário.

Foi utilizada uma planilha pré-elaborada com questões baseadas nos critérios do Ergolist e de Nielsen, com graduação definida de 1 a 5, onde 1 tem grau de rapidez sem dificuldade e 5 com grande grau de dificuldade e não executável, com a qual iniciaram o teste.

O teste foi observado por duas pessoas: uma pedagoga que anotava o comportamento sem interferir no teste e uma pesquisadora, que se detinha em observar a interação entre o usuário e a interface com o material didático .

Para transpor a barreira da inibição do usuário, no início do teste, foi realizada uma conversa informal esclarecendo a finalidade do mesmo e a importância da participação do usuário. O teste só é aplicado quando o usuário se sente tranquilo, confortável e seguro.

O usuário participa da pesquisa comentando o seu raciocínio para as respostas em voz alta de forma a facilitar as anotações da pedagoga e da pesquisadora.

A primeira etapa do teste verifica se o usuário está apto para prosseguir no processo.

Segundo as observações anotadas nas planilhas pode-se ter um resultado estatístico da pesquisa destacando algumas curiosidades como, por exemplo, o alto grau de satisfação do aluno quando ele utilizou o conhecimento adquirido no curso em suas atividades profissionais. Participaram do teste seis pessoas, pois Nielsen *apud* Martins (2004), afirma que acima disto, os resultados tendem a se repetir. Utilizar a tecnologia para agregar valores ao aprendizado com eficiência e para trazer satisfação aos usuários é um grande desafio.

#### **4.5 Modelo de avaliação de Campos**

Campos *apud* Silva (2002) propõe o modelo na forma de um manual para a avaliação de software educacional, definindo como um instrumento auxiliar tanto para quem está no processo de desenvolvimento na programação de um software, quanto no processo final do mesmo.

Nesse modelo, exemplificado na figura 4.3, os objetivos determinam as propriedades gerais que o produto a ser avaliado deve possuir. Os fatores são responsáveis pela qualidade do produto segundo critérios utilizados para poder verificar a qualidade do software atribuída nos sub-fatores. A autora afirma a necessidade de uma equipe multidisciplinar para analisar a qualidade de um software, formada por profissionais da área de informática, da área da educação e alunos, pois segundo a autora são figuras-chave no processo.

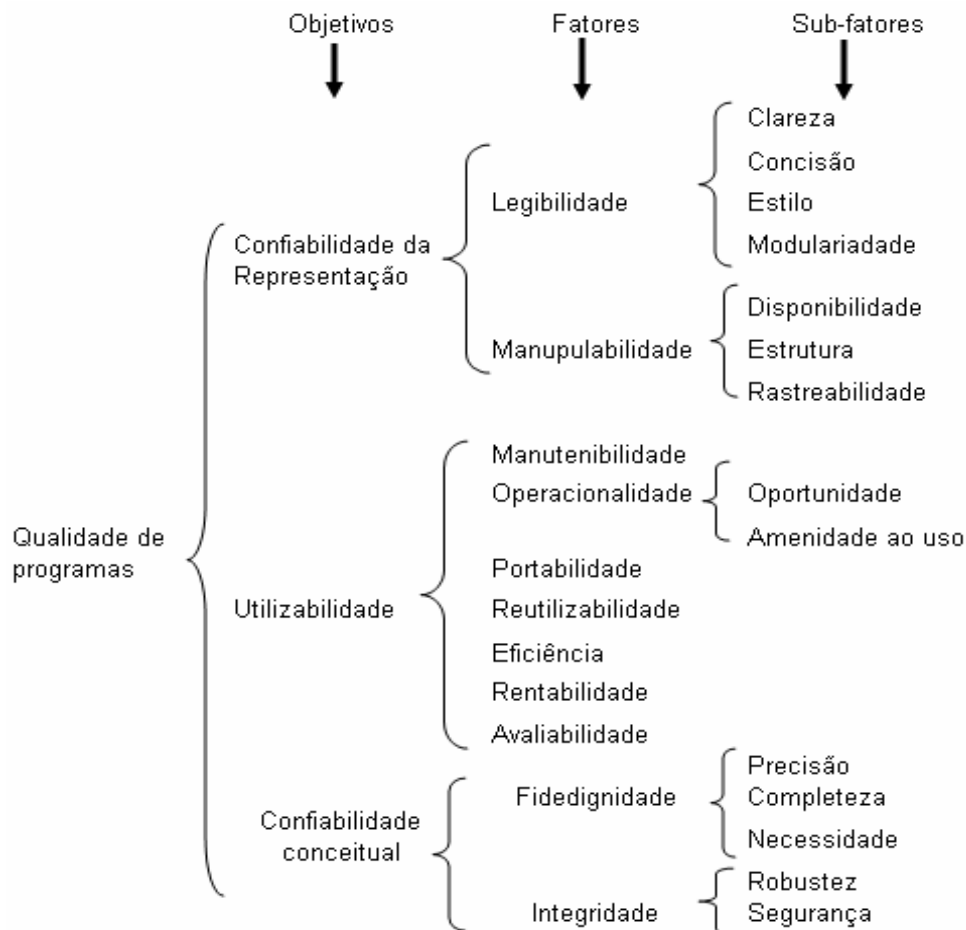


Figura 4-3 - MODELO EXEMPLIFICADO DE CAMPOS

FONTE: CAMPOS APUD SILVA (2002)



## 4.6 Instrumento de avaliação LORI

Muitos trabalhos desenvolvidos no âmbito internacional, por exemplo, no Canadá e nos Estados Unidos, utilizam o instrumento *LORI (Learning Object Review Instrument)* (LORI, 2003) desenvolvido pela *e-Learning Research and Assessment Network (eLera)*<sup>2</sup> para a avaliação dos objetos de aprendizagem. É um instrumento guia facilitador para a busca da qualidade de um objeto de aprendizagem disponibilizado na rede mundial de computadores. Esse instrumento faz sua avaliação em nove itens, usando uma escala de cinco pontos que varia do ponto mais baixo ao mais alto como mostra o esquema da figura 4.4

Scoring Sheet  
(Pontuação)

Content Quality: (Qualidade do conteúdo)	1	2	3	4	5	NA
Learning Goal Alignment (Alinhamento de objetos de aprendizagem)	1	2	3	4	5	NA
Feedback and Adaptation (feedback e adaptação)	1	2	3	4	5	NA
Motivation (Motivação)	1	2	3	4	5	NA
Presentation Design (Projeto de apresentação)	1	2	3	4	5	NA
Interaction Usability (Usabilidade)	1	2	3	4	5	NA
Accessibility (Acessibilidade)	1	2	3	4	5	NA
Reusability (Reusabilidade)	1	2	3	4	5	NA
Standards Compliance (Aderência a padrões)	1	2	3	4	5	NA

Figura 4-4 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO LORI ( LORI, 2003)

<sup>2</sup> encontrado no site: <http://www.sfu.ca/~siat/projects/archives/000073.html>

Os nove itens são descritos abaixo:

- 1 - *qualidade do conteúdo*: veracidade e apresentação equilibrada das idéias com nível apropriado de detalhes, enfatizando os pontos chaves e idéias significantes;
- 2 - *alinhamento do objetivo da aprendizagem*: atividades; avaliações; contribuições; características dos estudantes;
- 3 - *feedback e adaptação*: gabarito adaptável dirigido ao estudante;
- 4 - *motivação*: motivar o interesse e identificar o público alvo;
- 5 - *design da apresentação*: projeto da informação visual;
- 6 - *usabilidade*: o comportamento para o uso da interface é consistente e previsível;
- 7 - *acessibilidade*: facilidade do acesso independente de plataforma;
- 8 - *reusabilidade*: habilidade de movimento entre cursos ou contextos diferentes;
- 9 - *aderência a padrões*: habilidade do recurso realçar a metodologia instrutiva na qual os objetos de aprendizagem aderem a especificações internacionais.

#### **4.7 Modelo de avaliação de MERLOT**

No MERLOT<sup>2</sup> (*Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching*) a avaliação é baseada em três dimensões: *qualidade de conteúdo*; *facilidade de uso*, verificando a usabilidade do objeto; e *potencial efetivo*, que inclui a parte pedagógica no processo.

O potencial efetivo, segundo o MERLOT, é a dimensão de maior dificuldade quanto ao processo.

A pesquisa desenvolvida por Nesbit et al. (2002) desenvolve um modelo convergente de participação para avaliar objetos de aprendizagem. Em seu trabalho, por considerar o MERLOT um repositório de referência onde todos os

---

<sup>2</sup> <http://www.merlot.org>

objetos colocados passam pelo processo de avaliação, revê seu modelo de avaliação adotado e aplicado em softwares educacionais.

Para a avaliação utilizada no repositório foi desenvolvida uma escala de 1 a 5 pontos, onde se têm os seguintes valores :

- 1 - sem qualquer valor para uso;
- 2 - não atinge os padrões mas tem alguma utilidade;
- 3 - atinge os padrões mas apresentam riscos;
- 4 - muito bom, mas com pequenos riscos;
- 5 - excelente em todos os aspectos.

#### **4.8 Modelo de participação convergente de Nesbit**

Para Nesbit et al.(2002) seu modelo se desenvolve em dois ciclos. No primeiro ciclo o processo é assíncrono e pode durar vários dias. Os participantes são: um aprendiz, um especialista no conteúdo, um desenvolvedor de mídia e um projetista instrucional. Estes examinam o objeto e o submetem à avaliação individual, utilizando o manual do LORI . O segundo ciclo tem a participação de um “moderador”, uma pessoa imparcial que gerencia a etapa não deixando o assunto se dissipar, que inicia a discussão focalizando os resultados divergentes do primeiro ciclo, revisando estes resultados e fazendo com que todos cheguem a um consenso. No término do segundo ciclo, o moderador só publica os resultados revisados pelos participantes neste ciclo. Obrigatoriamente, a avaliação do objeto deve passar pelos dois ciclos.

#### **4.9 Metodologia de Ally & Krauss**

Outro trabalho que utilizou o LORI para a avaliação é o projeto descrito em Krauss & Ally (2005) que defendem a teoria da aprendizagem construtivista. Nesta metodologia seus participantes eram alunos dos cursos de farmacologia e farmácia, que não precisavam conhecer os objetos, mas apenas gostar de aprender conteúdos via *web*. Foram usadas três estratégias para avaliar: a)

reconhecimento do ambiente com alunos do terceiro ano de farmácia realizando uma sessão chamada “pense alto”; um avaliador permanecia ao lado do estudante anotando toda a ação do mesmo; b) avaliação da qualidade dos objetos de aprendizagem utilizando o instrumento de avaliação LORI; c) distribuição de um questionário aos estudantes para verificação do impacto da aprendizagem no uso de objetos de aprendizagem. Esta terceira estratégia é muito interessante, pois fornece a condição de verificar o que os estudantes acham deste novo método de aprendizagem. Como resultado, os estudantes se mostraram muito receptivos e motivados a conceber novos conteúdos. A aceitação foi unânime neste estudo.

#### **4.10 Considerações finais**

São várias as ferramentas que podem auxiliar o aluno no processo da aprendizagem e o uso do computador pode ser uma delas, servindo de um grande aliado ao professor. O grande número de pesquisas desenvolvidas nesta área demonstra a importância do tema. No próximo capítulo apresenta-se o desenvolvimento de categorias, características e critérios para desenvolver um objeto de aprendizagem para o estudo de métodos numéricos, isto é, um objeto de aprendizagem numérico.

## **5 Características dos Objetos de Aprendizagem**

### **5.1 Introdução**

O uso de tecnologias na educação, aliado ao desenvolvimento de ambientes virtuais de aprendizagem, levou a comunidade científica a desenvolver novos recursos que auxiliam o ensino e a aprendizagem. Um exemplo é o desenvolvimento de ambientes virtuais de aprendizagem e de objetos de aprendizagem com a possibilidade de disponibilizá-los na Internet para ampla disseminação. A apropriação dessas tecnologias pelos usuários depende então da flexibilidade oferecida pelos ambientes de aprendizagem e também de padrões que viabilizam o sistema.

Estes padrões têm papel importante neste cenário, constituindo um referencial comum para um desenvolvimento de tecnologias compatíveis. São escolhas de nível metodológico e tecnológico, adotadas por uma determinada comunidade para o desenvolvimento do ambiente.

Para desenvolver e disponibilizar conteúdos educacionais digitais na rede mundial de computadores deve-se adequar às exigências do contexto de uso. Sua consulta é feita usando um LMS (*Learning Management System*) que é um sistema ou um ambiente de gerenciamento de aprendizagem voltado à educação não presencial (pode ser usado na modalidade convencional igualmente). É um sistema que gerencia um serviço de aprendizagem, oferecendo acesso a informações para estudantes, professores e pesquisadores.

Este serviço geralmente inclui controle de acesso, fornece conteúdos de aprendizagem e ferramentas de comunicação síncronas e assíncronas, como também gerencia a organização de grupos, cadastros e matrículas.

Neste e em tantos outros casos, os objetos de aprendizagem reutilizáveis têm tido cada vez mais destaque, principalmente em programas que utilizam uma administração centralizada nos conteúdos.

Além disto, os objetos de aprendizagem usados de modo integrado devem ser capazes de, seguindo um plano de uso, ocupar integralmente uma sessão de ensino, ou aula, independente de seu tempo de duração. Como exemplo de itens que devem compor um mínimo conteúdo nos objetos de aprendizagem, tem-se:

a) objetivo; b) conteúdo teórico; c) aplicação prática; d) atividade complementar; e) avaliação de aprendizagem.

Os objetos de aprendizagem devem possuir características e funcionalidades que permitam aos estudantes serem participantes de seu próprio processo de aprendizagem e, ao professor, utilizá-los no processo de ensino com confiabilidade.

Dentro de um curso ou mesmo de uma disciplina os objetos podem ter tamanhos variáveis. Assim, na composição e estruturação de um curso, de uma disciplina ou de uma parte do conteúdo, pode-se trabalhar com diferentes tamanhos e organizações de objetos de aprendizagem.

Podem-se ter objetos que tratam de um único assunto simples de maneira direta e pontual. Seriam tópicos únicos e de simples explanação, ou seja, a menor partícula de um assunto conferido a características de granularidade ao objeto.

Pode-se também ter objetos que contêm pré-requisitos ou são formados a partir de uma série de outros conceitos, ou ainda, constituídos com outros objetos de aprendizagem menores que compõem assuntos necessários para a compreensão do conteúdo mais complexo.

Há também objetos que podem ser denominados 'numéricos' que, por exemplo, tratam de resolver problemas de otimização na área da Pesquisa Operacional ou problemas específicos de engenharia e áreas afins. Estes objetos, observados por outro ângulo, são partes componentes de um assunto maior e mais complexo, e muitas vezes esses assuntos também fazem parte de uma disciplina que por sua vez é componente de um curso. Desta forma fica evidente que em um curso haverá uma quantidade de objetos de aprendizagem numéricos que se agrupam e formam o conteúdo mais complexo.

E, dentre as características fundamentais, os objetos de aprendizagem numéricos também devem ter reusabilidade, em especial quando existe o objetivo de uso e reuso em um sistema de ensino e aprendizagem com administração centralizada de conteúdos, com certa economia de escala.

Como parte relevante deste trabalho, foi efetuado levantamento exaustivo e sistemático das características dos objetos. Assim, no processo de

desenvolvimento de 'objetos de aprendizagem numéricos', um dos propósitos deve ser o de validá-los no que tange a sua adequabilidade e qualidade, verificando: categorias, características e critérios ilustrados na figura 5.1 (Gama, 2005).

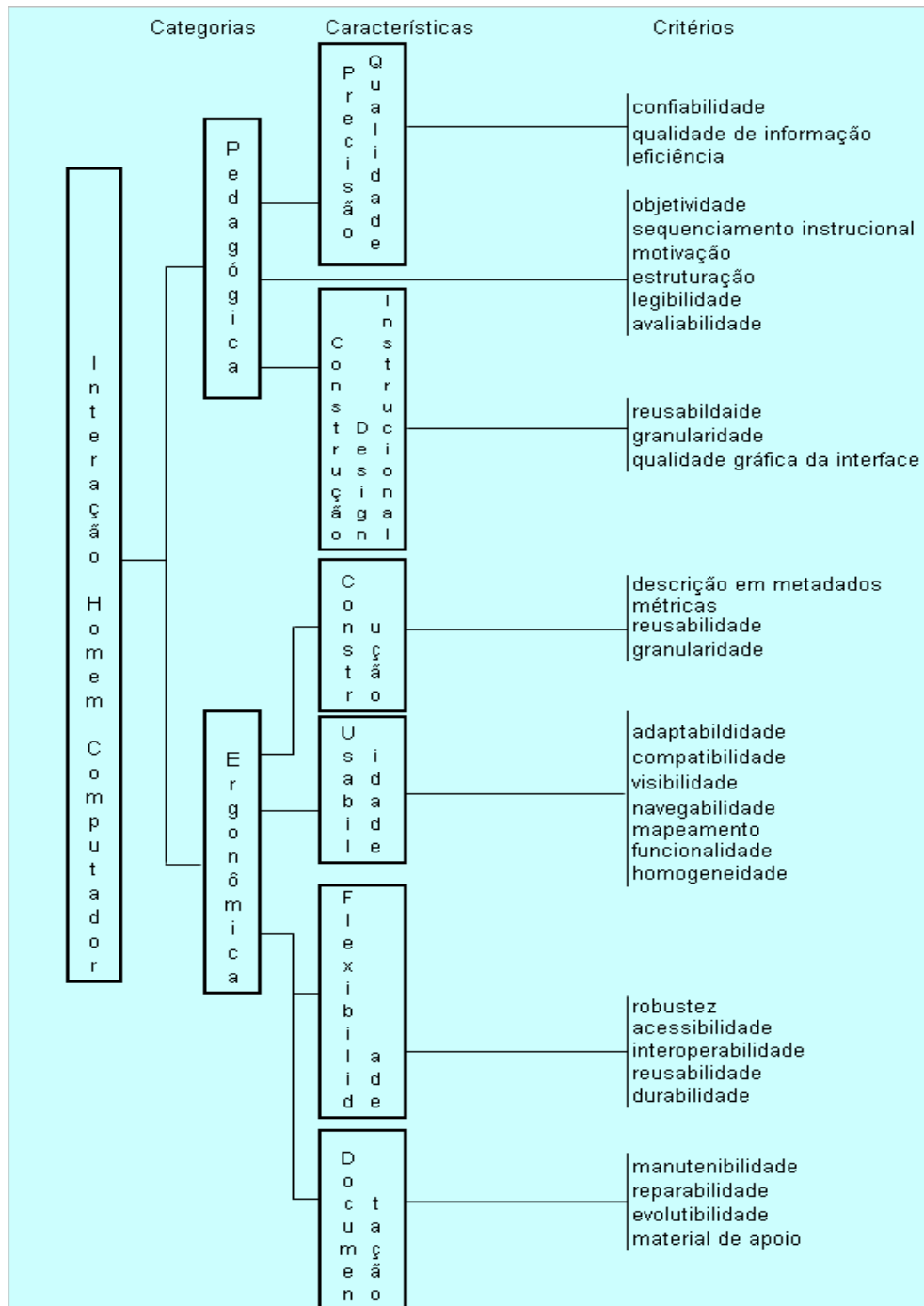


Figura 5 1- O MODELO DE CARACTERÍSTICAS DO OBJETO DE APRENDIZAGEM

Para desenvolver critérios de construção de objetos de aprendizagem numéricos, faz-se necessário um aprofundamento nos conceitos de cada característica desses objetos, tendo em vista o processo de desenvolvimento dos objetos. Qual será o seu objetivo? Com que profundidade o assunto será tratado? Qual o enfoque adequado? Qual será o público? Qual a sua importância no contexto geral? Em se tratando de objeto de aprendizagem numérico, qual é a sua confiabilidade nos resultados? Eles são exatos? E ainda planejar quais os métodos e ferramentas aplicadas no processo de desenvolvimento e como é repositório onde será encontrado o objeto de aprendizagem de modo que ele atinja os objetivos propostos. Respostas a estas questões serão dadas no decorrer do trabalho.

Inicialmente, a abordagem proposta busca classificar os objetos de aprendizagem quanto ao modelo de características visando uma catalogação e armazenagem eficiente em um repositório integrável a um sistema de gerenciamento (LMS) que contenha categorias ligadas às características e critérios colocados na figura 5.1.

No modelo de classificação proposto, o nível de agrupamento maior é no tema geral de Interação Homem Computador (IHC). Nesse tema podem-se colocar duas categorias (Pedagógica e Ergonômica) e seis conjuntos de características (Precisão e Qualidade, Design Instrucional, Construção, Usabilidade, Flexibilidade e Documentação) como colocado na figura 5.1.

Este cenário também pode ser apreciado na figura 5.2, em que se estabelecem algumas relações, como exemplo:

- Existem características que contêm alguns critérios em comum, como também existe uma mesma característica nas duas categorias pedagógica e ergonômica.

Em cada conjunto da figura 5.2 são colocados os critérios relevantes para os objetos de aprendizagem numéricos, de acordo com a figura 5.1.



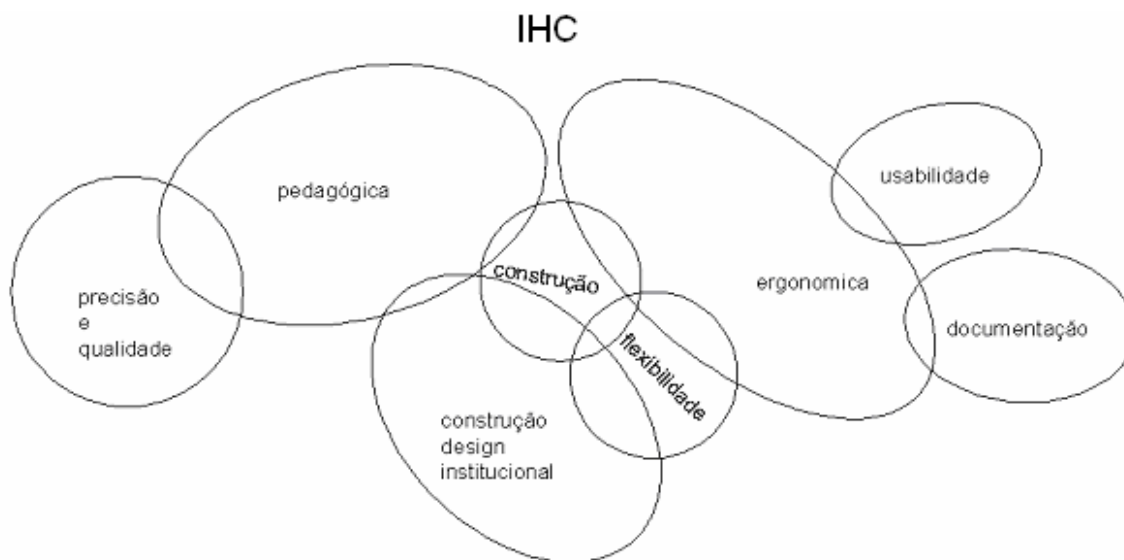


Figura 5 2 - CENÁRIO GERAL DE CATEGORIAS E CARACTERÍSTICAS DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM NUMÉRICOS

## 5.2 Tema Interação Homem e Computador (IHC)

A interatividade é de fundamental importância para o estudo do IHC, e não somente está ligada diretamente a informática, como também as mais diversas áreas do conhecimento.

Primo e Cassol (2007), identificam a interatividade no campo da Física, na interação da matéria com a gravidade, eletromagnetismo e a força nuclear. Na Filosofia, na questão do pragmatismo, a interação da humanidade com a natureza. Em Geografia, a interação entre componentes dos oceanos e a atmosfera terrestre. Na Química, na interação hormonal.

No conceito de interatividade em IHC, André (1997) *apud* Primo (2007) define interatividade como uma ação dialógica entre homem e técnica sendo uma atividade tecno-social.

Steuer (1993) define interatividade como a extensão em que os usuários podem participar modificando a forma e o conteúdo do ambiente mediado em tempo real e exemplifica a velocidade, amplitude e mapeamento como fatores contribuintes para a interação.

Para Andrew Lippman do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) interatividade é atividade mútua e simultânea da parte de dois participantes (Primo e Cassol, 2007).

A Interação Homem Computador envolve uma contínua troca de informações entre o operador e a máquina. Em se tratando de um objeto de aprendizagem esta troca envolve também questões pedagógicas, isto é, de ensino e aprendizagem, concomitantemente com questões ergométricas, isto é, a usabilidade do sistema. Assim, neste entorno de IHC, são adotadas duas categorias para a classificação: a pedagógica e a ergométrica.

### **5.2.1 Categoria Pedagógica**

Em um ambiente de aprendizagem informatizado, como todo sistema de ensino e aprendizagem, deve se ater a questões pedagógicas do sistema. E um objeto desenvolvido para fins educacionais que proporciona ao usuário um enriquecimento cultural pedagógico sobre o assunto em questão deve se ater às questões pedagógicas, como exemplo a aprendizagem.

Marton (2001) *apud* Silva (2002) lista alguns fatores que influenciam positivamente a aprendizagem: a motivação, o ritmo individual, a participação, a interação, a percepção, a organização das mensagens, a estruturação do conteúdo, a escolha dos métodos pedagógicos, entre outros.

Silva (2002) citou uma observação de Pastiaux (1997) que afirma: “o papel da pedagogia e da didática é dominar complexas interações de ensino e aprendizagem, prevendo-as e regulando-as para que sejam as mais eficazes possíveis. Esse equilíbrio é difícil de realizar e deve sempre se reconstruir em função dos objetivos e da situação educativa”.

Com esta perspectiva a categoria pedagógica foi dividida em características que, por sua vez, se dividem em critérios conforme ilustrado na figura 5.1. Inicialmente são colocados os critérios relativos à categoria pedagógica em si:

- **Objetividade**

O desenvolvimento do objeto de aprendizagem tem como característica ser objetivo com suas informações diretas. A compreensão de uma tela depende, dentre outras coisas, da objetividade de seu conteúdo (imagens, textos, comandos, sequenciamento, etc). A interação entre o aluno usuário e o sistema

(objeto) deverá ser estabelecida de modo a alcançar os objetivos estabelecidos de acordo com a metodologia ou abordagem de ensino adotada pelo professor.

- **Sequenciamento Instrucional**

As instruções contidas no programa devem ter uma seqüência lógica e didática, facilitando assim a aprendizagem. Devem garantir ao ambiente de aprendizado ser o mais rico possível. O sequenciamento aumenta a usabilidade da documentação e da interface computacional.

Segundo Almeida, (2004) para um processo de ensino e aprendizagem em educação a distância fez necessário apoiar o professor durante o desenvolvimento de um material instrucional, auxiliando na estruturação desse material, estimulando-o a utilizar recursos de edição de documentos, apropriados ao contexto computacional, considerando aspectos pedagógicos e computacionais, facilitando a construção do conhecimento.

- **Motivação**

A motivação deve ser integrada ao ambiente de aprendizagem, contribuindo para uma construção rica do conhecimento do aluno individualmente.

Silva (2002) define motivação como aspecto dinâmico do comportamento, dá sentido a aprendizagem do estudante. Ela é alimentada, reforçada e estimulada se houver informação e exposição da situação vivenciada fazendo com que o estudante crie expectativa e estabeleça uma relação de compromisso desde o princípio da interação.

- **Estruturação**

Os caminhos são previamente determinados, dificultando o aparecimento de erros cometidos por caminhos tortuosos.

Segundo Pressman (2002) as construções estruturadas são propostas para limitar o projeto procedimental do software a um pequeno número de operações previsíveis, indicando que o uso destas construções reduz a complexidade do

programa e, conseqüentemente, melhora a legibilidade, testabilidade e manutenibilidade.

Um objeto bem estruturado colabora com uma boa receptividade por parte do usuário.

- **Legibilidade**

A disponibilização das informações deve ser em linguagem clara, simples e direta, apropriada ao público a que se destina. Trata-se de características que facilitam ou dificultam a interação com o objeto como, por exemplo: brilho, contraste letra/fundo, tamanho da fonte, espaçamento entre palavras e parágrafos. Uma boa legibilidade facilita a leitura e conseqüentemente a aprendizagem.

- **Avaliabilidade**

A existência de um ícone que leve a avaliação do objeto motiva e orienta o aluno. A possibilidade de o aluno avaliar o objeto e se auto-avaliar contribui para o enriquecimento pedagógico da sua construção.

A oportunidade de o aluno refletir sobre suas próprias experiências e analisá-las é motivo de satisfação pessoal e de um conhecimento de forma mais efetiva.

A seguir, são descritos os demais critérios relativos às características da categoria pedagógica.

### **5.2.1.1 Característica Precisão e Qualidade**

Os objetos de aprendizagem numéricos têm a especificidade da necessidade de confiabilidade nos resultados obtidos. A precisão demandada a partir dos cálculos efetuados, e por conseguinte para a informação produzida, é muito mais rigorosa.

Os problemas que um erro de precisão pode ocasionar podem ser irremediáveis.

Assim, confiabilidade, qualidade da informação e eficiência são critérios primordiais que devem ser encontrados em um objeto de aprendizagem numérico.

### • Confiabilidade do objeto

A confiabilidade de um produto geralmente está ligada a probabilidade do produto operar sem falhas durante o período de execução.

Estão relacionados diretamente com a qualidade do produto e sua confiabilidade, fatores como funcionalidade, usabilidade, desempenho e documentação.

Bezerra (2002) descreve a confiabilidade também como uma das características de qualidade que um sistema deve possuir e que estão relacionadas a um dos tipos de requisitos não funcionais de um documento de requisitos, isto é, o produto do levantamento de requisitos onde se declaram os diversos tipos de requisitos do sistema a ser desenvolvido.

Para Silva Filho (2003) a confiabilidade de um software é a probabilidade de um sistema estar disponível quando necessário e pode ser medido através da fórmula:

$$D = \frac{MTTF}{MTTR} 100\%$$

onde

D = disponibilidade;

MTTF = (*Mean Time to Failure*) tempo médio até ocorrência da falha;

MTTR = (*Mean Time to Repair*) tempo médio de reparo.

Silva Filho (2003) afirma que a confiabilidade e a disponibilidade são dois atributos básicos da engenharia de confiabilidade de software. Esta é definida como o estudo quantitativo do comportamento operacional de sistemas de software que inclui:

- Medição de confiabilidade;
- Atributos e métricas de projeto de produtos;
- Aplicação em testes, usos e manutenção.

Nestes temas se torna necessário a coleta de dados de falha: a contagem de falhas e o tempo médio entre falhas.

Para descrever estas falhas no tempo existem modelos para caracterizar e prever possíveis comportamentos de um objeto de aprendizagem. Asanome (1995) *apud* Belchior (1997) classifica os modelos de confiabilidade de software em:

- Modelos de confiabilidade baseado em injeção de falhas: utilizado nas fases de teste de depuração;
- Modelos baseados no domínio de tempo: tempo entre falhas;
- Modelos baseados na entrada de dados: calculam a probabilidade de falha na entrada de dados;
- Modelos baseados no domínio de cobertura: concebem testes funcionais sem considerar o perfil operacional;

Entretanto, a Engenharia de Software requer a medição de confiabilidade envolvendo duas atividades (Silva Filho, 2003):

- Estimativa: determina a confiabilidade aplicando técnicas estatísticas de inferência aos dados de falhas. Tem por objetivo avaliar a confiabilidade e determinar se o modelo de confiabilidade está bem calibrado;
- Previsão de confiabilidade: determina a confiabilidade futura de software baseada em métricas de software e medidas disponíveis, podendo haver várias técnicas:
  - Quando os dados de falhas estão disponíveis: isto é quando o software está em fase de teste;
  - Quando os dados de falhas não estão disponíveis: isto é quando o software está em fase de projeto.

Segundo a ISO 9126, a confiabilidade de um software evidencia quando o desempenho se mantém ao longo dos tempos em condições estabelecidas. Tem como características: maturidade, tolerância a falhas, recuperabilidade e conformidade relacionada à confiabilidade, e estas características podem ser ajustadas aos objetos de aprendizagem. Como exemplo, pode ser citado o objeto

'Muro de Arrimo', que demonstra sua maturidade pela confiabilidade e uso continuado.

Um sistema é realmente confiável se estiver relativamente livre de defeitos ou falhas tanto de comunicação quanto de processamento do objeto.

#### • **Qualidade da informação**

Com a velocidade imposta pela vida contemporânea, torna-se cada vez mais importante a criação e adoção de mecanismos que permitam ao usuário ter garantia da veracidade, qualidade e importância das informações disponibilizadas na Web, como é o caso dos objetos de aprendizagem.

Sales e Toutain (2006) descrevem alguns critérios para avaliar a qualidade da informação na Web que podem ser adaptadas aos objetos de aprendizagem:

- **Conteúdo:** deve estar bem organizado e ser de fácil entendimento, com uma linguagem clara para o público alvo;
- **Fonte:** a fonte do conteúdo (quem é o autor) e elaborado por uma única pessoa ou um grupo de pesquisa, ou por uma instituição;
- **Fluxo da informação:** se ela é revisada e atualizada, a data em que foi desenvolvida, se é disponível gratuitamente;
- **Estrutura:** se possui uma boa apresentação gráfica e escrita sem erros de ortografia e sem gírias.

Marchand (1990) *apud* Sales e Toutain (2006) estabelece critérios para definir a qualidade da informação, a saber:

- **Transcendência:** a informação é absoluta e universalmente reconhecida;
- **Usuário:** relacionada com as necessidades de cada indivíduo;
- **Produto:** características dos próprios produtos de informação;
- **Produção:** adaptabilidade e economia de tempo e custo.

Em objetos de aprendizagem numéricos a qualidade de informação deve levar em consideração o conteúdo, a fonte desse conteúdo, a estrutura e as características do produto e da produção do objeto.

## • Eficiência

Eficiência é um dos critérios que está ligada ao tempo e espaço. As aplicações devem ser executadas dentro de uma restrição de tempo e o espaço deve ser otimizado.

Braude (2005) destaca duas abordagens básicas para criar um projeto de software de maneira eficiente:

- Projete com base em outros critérios e depois considere eficiência:
  - Projete visando a flexibilidade, reusabilidade...;
  - Em algum momento, identifique os pontos ineficientes;
  - Faça alterações dirigidas para aprimorar a eficiência;
- projete visando a eficiência desde o início:
  - Identifique requisitos-chave de eficiência imediatamente;
  - Projete visando estes requisitos em todas as fases;
- Combine estas duas abordagens:
  - Faça um balanço de prós e contras em relação aos requisitos de eficiência durante o projeto;
  - Resolva as questões de eficiência restantes depois do projeto inicial.

A velocidade com que um sistema abre pode ser crucial e está diretamente ligado ao tempo e espaço, por isso estes são aspectos que se interligam, por exemplo, um *applet* que carrega de maneira tão lenta que irrita o usuário: quando ele aparece o usuário está completamente desmotivado para manuseá-lo.

Braude (2005) descreve, ainda, alguns empecilhos para o aumento da eficiência, que ele considera o “gargalo” do projeto (em termos de programação/codificação):

- laços (a quantidade): *While, for, do*;
- operações remotas (chamadas como exemplo: JavaScript): exigindo uma rede LAN ou um servidor remoto na Internet;
- chamadas de função: se a função chamada resultar nos passos anteriores;
- criação de objeto.



Quando um objeto de aprendizagem, outrora excelente, não consegue completar suas operações em um tempo adequado, o usuário perde a paciência rapidamente, alegando que o objeto é lento demais e isto pode prejudicar a qualidade do mesmo.

#### **5.2.1.2 Característica *Design Instrucional***

Esta característica permite que o conteúdo seja organizado com base nas atividades pedagógicas e nos objetivos da aprendizagem enfocados na interação entre o usuário e o computador.

Filatro (2004) define *design instrucional* como uso de estratégias de aprendizagem testadas para projetar atividades de aprendizagem que permitam a construção de habilidades e conhecimentos de forma otimizada conforme definida pelos objetivos de aprendizagem.

Para Filatro (2004) o modelo de desenvolvimento de *design* instrucional se refere ao processo que um professor ou uma equipe usa para preparar e planejar o ensino. E isto se reflete na articulação entre forma e função, afim de que se cumpram os objetivos educacionais propostos.

Sendo assim, para esta característica devem existir funções internas de um produto em diferentes níveis e formas como, por exemplo, os modos sensoriais (cor, forma, textura, som) e modos cognitivos (linguagem, mapas). Isto é, a característica reflete na articulação da forma e da função a fim de que se cumpram os objetivos educacionais de cada objeto, tornando-o uma construção que envolve complexidade e síntese.

É pertinente ressaltar que a tela do computador deve estar com um visual esteticamente adequado, isto é, texto bem distribuído, imagens e animações pertinentes ao contexto, efeitos sonoros adequados e fornecedores de interesse do usuário (aluno) sem afetar outras pessoas que possam estar no mesmo ambiente.

Para atender a esta característica são necessários alguns critérios que são explanados a seguir.

- **Granularidade**

As aplicações de software crescem em tamanho e complexidade e requerem uma organização de nível mais alto em que termos como granularidade emergem na literatura.

Granularidade pode ser entendida como a medida de tamanho de componentes que compõem um sistema (Wikipedia, 2007). Na área da Informática é a razão entre a computação e a comunicação. *Fine Grain* ou granularidade fina é alta taxa de comunicação e pouca tarefa computacional. *Coarse Grain* ou granularidade grossa é alta tarefa computacional e pouca comunicação.

Em termos de objetos de aprendizagem, granularidade se refere essencialmente ao tamanho de um destes objetos e é um item essencial para a recuperação da informação mediante a descrição do objeto (metadados) (Earle, 2002).

Ao criar vários níveis de granularidade a perda de informação deve ser pequena, isto é, mais detalhes, mais dados, análise mais longa e informação mais detalhada com alto grau de granularidade do objeto.

A granularidade para a característica do *design* instrucional se baseia na divisão do objeto de aprendizagem numérico em níveis onde cada nível está relacionado com atividades pedagógicas e o objetivo pedagógico de cada um.

Nos objetos de aprendizagem a granularidade deve ser escolhida de modo a maximizar o seu reuso, isto é, quanto maior a granularidade melhor será a possibilidade do reuso do objeto e com descrição do conteúdo mais extenso possibilita uma busca mais rápida e eficaz pelo usuário.

- **Reusabilidade de *design***

Além das definições que serão vistas na característica da flexibilidade, a reusabilidade de objetos de aprendizagem segundo a visão do *design* instrucional deve identificar as necessidades da aprendizagem no planejamento da instrução e o grau de interação entre o objeto e o usuário. Deve-se, ainda verificar a relação transdisciplinar do objeto.

Para Martins (2004), no *design* instrucional, a interface Web construída com o foco na usabilidade e na interatividade deve ser intuitiva, fácil e eficiente, contribuindo para que o usuário possa entendê-la sem dificuldade. Com aderência a estas qualidades fica favorecida a reusabilidade do objeto projetado.

- **Qualidade gráfica da interface**

Somando-se às características da qualidade, a qualidade gráfica no *design* instrucional é um fator indispensável tanto para uma boa usabilidade como para as categorias pedagógicas. Segue em sequenciamento lógico, e deve ser motivante. Deve propiciar informações que orientam e tragam confiança ao aluno.

A interface deve propiciar informações que orientem e tragam confiança ao aprendiz. As informações de acordo com sua importância devem ser distribuídas em áreas que chamem a atenção do aprendiz (Martins, 2004).

### **5.2.2 Categoria Ergonômica**

Wisner (1987) *apud* Silva (2002) define ergonomia como: a utilização de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para conceber ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, de segurança e eficácia pelo maior número de pessoas.

A ergonomia está relacionada a conforto e saúde dos usuários, por isso os ergonomistas se inquietam na intenção de minimizar problemas de saúde e riscos de acidentes. Com o avanço da tecnologia e uso cada vez mais freqüente do computador tem aflorado nos consultórios médicos problemas de Lesão por Esforço Repetitivo (LER), problemas musculares e das articulações ocasionado pelo uso excessivo do computador aliado a falta de atenção na questão ergonômica dos produtos informatizados.

E a ergonomia de software segundo Sperandio (1988) *apud* Silva (2002) é a adaptação do sistema informático ao homem que começa com a adequação da ferramenta com o usuário.

Assim, pode-se colocar a categoria ergonômica consistindo em um conjunto de características relativas a concepção de instrumentos e máquinas que possam ser utilizados pelo homem com maior conforto e segurança.

O esforço de melhorar a utilizabilidade de software envolve percepção e raciocínio no domínio de comportamento em que Bastien e Scapin (1993) sugerem alguns princípios no processo de concepção de interfaces: as características dos usuários e a interação usuário/computador.

Baseado nestes princípios esta categoria ergonômica se divide em características que, por sua vez, se dividem em critérios conforme ilustrado na figura 5.1 e que são descritas a seguir.

### **5.2.2.1 Característica Construção**

Esta característica está atrelada ao processo de desenvolvimento do objeto de aprendizagem, por conseguinte abrange as duas categorias pedagógica e ergonômica. Destinada a etapa da construção do objeto com preocupações de aprendizagem e de usabilidade do sistema/objeto.

Segundo Bezerra (2002) para construir um sistema de software é necessário um planejamento anterior com a criação de um modelo e as várias razões da utilização deste modelo para a construção do sistema são: gerenciamento da complexidade: dependendo do sistema poderá ter vários modelos; comunicação entre as pessoas envolvidas: troca de informações sobre o sistema; redução dos custos no desenvolvimento: correção de erros em um modelo é muito mais barato e fácil do que no sistema já construído; predição do comportamento futuro do sistema: o modelo serve de laboratório possibilitando a experimentação de soluções para um problema.

Modelos para construção de um sistema são desenhos gráficos que seguem padrões, geralmente denominados por diagramas. Diagrama, segundo Bezerra, é uma representação de uma coleção de elementos gráficos que possui um significado pré-definido. Através destes desenhos os desenvolvedores têm uma representação concisa do sistema. Um exemplo de representação

padronizada são os diagramas da UML – *Unified Modeling Language* (Bezerra, 2002).

Com esta perspectiva esta característica de construção se decompõe nos seguintes critérios:

- **Granularidade**

Uma unidade de um objeto de aprendizagem pode ser um programa, um curso, um módulo, uma lição, ou um segmento, ou simplesmente um objeto. Geralmente quanto mais fino o nível de granularidade maior será a possibilidade de seu reuso. No entanto, quanto maior o número de pequenos objetos, mais o sistema requer em termos de catalogação em metadados. Conseqüentemente aumenta o custo do gerenciamento do sistema.

A granularidade deve ser escolhida de modo que maximize o seu reuso e a sua descrição em metadados para que facilite a sua busca (Earle, 2002).

- **Reusabilidade**

Para reusar um objeto de aprendizagem é necessário ter acesso a ele com certa facilidade, poder encontrá-lo e recuperá-lo. Para isso é importante que ele esteja devidamente catalogado, com grau de granularidade adequado e disponível em um repositório.

- **Descrição em metadados**

Ao armazenar um objeto em um repositório para poder reutilizá-lo é necessário ter acesso a ele de maneira rápida e eficiente. Para isso é necessário que o objeto esteja devidamente catalogado e disponível em algum repositório. Isto é realizado através dos metadados.

O *IEEE Standard for learning object metadata* (LOM) é um dos padrões de metadados mais utilizado na atualidade. Esses metadados são agrupados em nove categorias como mostra a figura 5.3 (Warpechowski e Oliveira, 2006).

Os símbolos gráficos (quadrado, triângulo e círculo) indicam a forma de recuperação e obtenção dos metadados:

- quadrado - representa os metadados que são solicitados;
- círculo - os semi-automáticos;
- triângulo - os automáticos.

Learning Object Metadata	
1 General	4.5 Installation Remarks (♦)
1.1 Identifier	4.6 Other Platform Requirements (♦)
1.1.1 Catalog (∇)	5 Educational
1.1.2 Entry (∇)	5.1 Interactivity Type (# ♦)
1.2 Title (□*)	5.2 Learning Resource Type (□* ♦)
1.3 Language (#)	5.3 Interactivity Level (# ♦)
1.4 Description (□*)	5.4 Semantic Density (♦)
1.5 Keyword (□*)	5.5 Intended End User Role (#)
1.6 Coverage (♦)	5.6 Context (♦)
1.7 Structure (∇)	5.7 Typical Age Range (♦)
1.8 Aggregation Level (∇)	5.8 Difficulty (□* ♦)
2 Life Cycle	5.9 Typical Learning Time (# ♦)
2.1 Version (∇)	5.10 Description (#)
2.2 Status (#)	5.11 Language (#)
2.3 Contribute	6 Rights
2.3.1 Role (#)	6.1 Cost (#)
2.3.2 Entity (□)	6.2 Copyright and Other Restrictions (♦)
2.3.3 Date (∇)	6.3 Description (♦)
3 Meta-Matadata	7. Relation
3.1 Identifier	7.1 Kind (∇*)
3.1.1 Catalog (∇)	7.2 Resource
3.1.2 Entry (∇)	7.2.1 Identifier
3.2 Contribute (#)	7.2.1.1 Catalog (∇)
3.2.1 Role (#)	7.2.1.2 Entry (∇)
3.2.2 Entity (□)	7.2.2 Description (□*)
3.2.3 Date (∇)	8. Annotation
3.3 Metadata Scheme (∇)	8.1 Entity (□)
3.4 Language (#)	8.2 Date (∇)
4 Technical	8.3 Description (♦)
4.1 Format (○)	9 Classification
4.2 Size (○)	9.1 Purpose (∇)
4.3 Location (∇)	9.2 Taxon Path
4.4 Requirement	9.2.1 Source (∇)
4.4.1 OrComposite	9.2.2 Taxon
4.4.1.1 Type (#)	9.2.2.1 Id (∇)
4.4.1.2 Name (#)	9.2.2.2 Entry (∇)
4.4.1.3 Minimum Version (♦)	9.3 Description (* □)
4.4.1.4 Maximum Version (♦)	9.4 Keyword (* □)

**Legend:** (○) Analysis of LO File (□) Search in the Database (∇) Metadata Predefinition (\*) Mapping XML instances to the LO Repository (#) Inference (♦) Requesting Metadata to the User.

Figura 5 3 - ESQUEMA DE METADADOS DO PADRÃO LOM – ADAPTADO FONTE WARPECHOWSKI E OLIVEIRA, 2006

Mallard (2004), porém fez algumas críticas ao LOM:

- falta de definição na noção de objeto de aprendizagem;

- falta de precisão;
- incompatibilidades com representações enriquecidas de informação;
- orientação do paradigma pedagógico pela falta da noção e uso dos objetos de aprendizagem;
- problemas de terminologia;
- falta de pertinência de alguns campos do ponto de vista da indexação;
- a complexidade do modelo.

O desafio está na natureza dos objetos que se pretendem descrever. Warpechowski e Oliveira (2006) propõem um modelo (Figura 5.4) de obtenção de metadados onde o sistema recupera os metadados de acordo com os símbolos gráficos apresentados na figura 5.3:

- através da solicitação do valor do metadado ao autor;
- de forma semi-automática, quando o sistema recupera o valor do metadado e solicita a confirmação do autor;
- automaticamente, o sistema recupera o valor do metadado garantindo consistência.

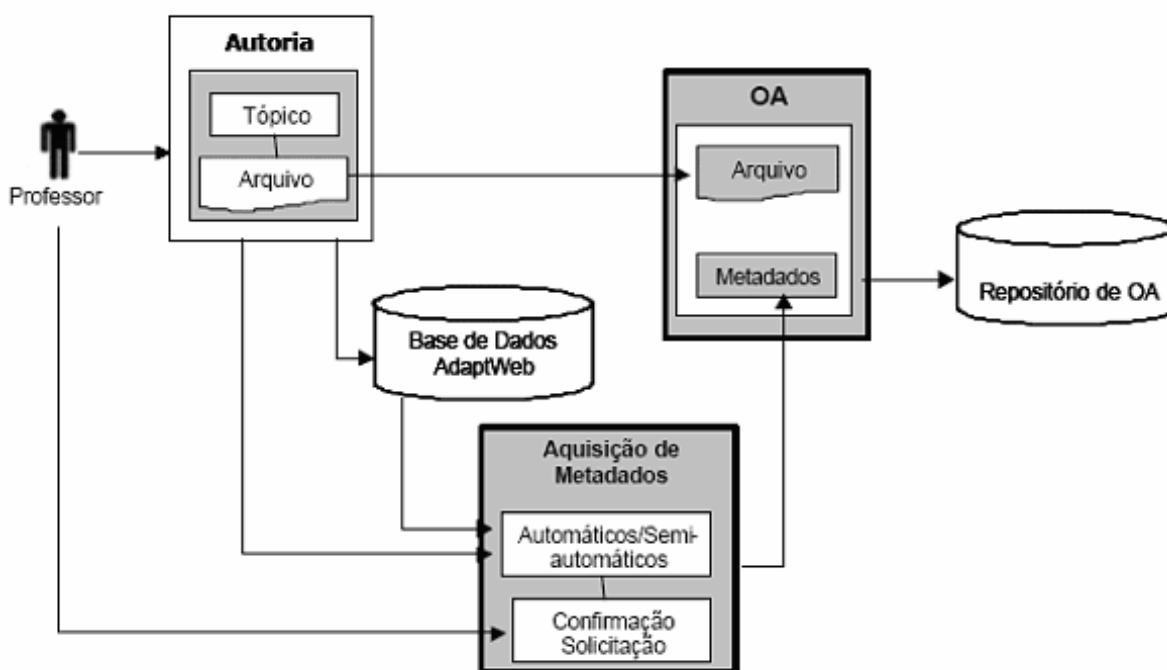


Figura 5 4 - MODELO DE OBTENÇÃO DE METADADOS - Fonte: Warpechowski, 2006, p.5

Uma outra opção em padrão para metadados é o SCORM – (*Sharable Content Object Reference Model*). Este define um modelo de agregação de conteúdo e um ambiente de execução, baseado na Web, para objetos de aprendizagem. É um modelo que referencia um conjunto inter-relacionado de especificações técnicas e um guia para atender aos requerimentos de alto nível para conteúdos de aprendizado baseados na Web.

O ponto-chave no padrão SCORM é o SCO (*Sharable Content Object*). Um SCO pode ser definido como uma peça instrucional independente e é a menor unidade lógica de instrução que pode ser distribuída e mapeada via um LMS (*Learning Management System*). Um SCO poderá conter objetivos de aprendizagem, coleção de objetivos de aprendizagem, testes, cenários, simulações, etc. Um SCO é uma coleção de *assets* (recursos), que são representações eletrônicas de mídia, texto, imagens, sons, páginas Web, simulações e outras peças de dados que podem ser distribuídos para um cliente Web (Tarouco et al., 2003).

Os metadados (descrição dos conteúdos) vão permitir que os sistemas efetuem operações automáticas sobre um conjunto importante de recursos (classificação, seleção, busca, recuperação,...). Um dos melhores exemplos de descrição de objetos de aprendizagem ainda é o *Dublin Core Meta Data* (Dublin Core Initiative, 2003), que é aplicável a qualquer tipo de documento digital e contém quinze categorias de descritores:

- título;
- autor ou criador;
- assuntos e palavras chave;
- descrição;
- publicador;
- outros contribuintes;
- data;
- tipo de recurso;
- formato;
- identificador do recurso;
- fonte;
- idioma;
- relação;
- cobertura;



- direitos autorais.

Um objeto devidamente catalogado facilita a busca e o seu acesso é rápido e imediato elevando o grau de satisfação do usuário.

### • Métricas

Um projeto de desenvolvimento de objetos de aprendizagem é um processo em que métricas podem ser usadas para fornecer uma base de identificação de procedimentos que não estejam em conformidade com os alvos pretendidos e podem auxiliar na elaboração de novas soluções para a melhoria do objeto (YU, 1995 *apud* Belchior, 1997).

As métricas de software referem-se a uma ampla variedade de medidas e, geralmente, se usam métricas de produtividade e de qualidade.

De acordo com Pressman (1995), normalmente a divisão das métricas de software é realizada em categorias:

- métricas técnicas: são métricas para qualificar o desempenho técnico do produto no ponto de vista do desenvolvedor;
- métricas de qualidade: são as derivadas antes do software entrar no mercado;
- métricas de produtividade: verificam a produtividade do software;
- métricas orientadas ao tamanho: são medidas diretas do software e do processo por meio do qual ele é desenvolvido;
- métricas orientadas à função: são medidas indiretas do software e do processo por meio do qual ele é desenvolvido. Concentram-se na funcionalidade ou utilidade do programa. Os valores do domínio da informação são definidos como: número de entrada de usuários; número de saída de usuários; número de consulta de usuários; número de arquivos; número de interfaces externas.

As medidas de qualidade guiam os projetistas na tomada de decisão. O usuário se beneficia com estas métricas de qualidade pois estão intimamente relacionadas à eficiência do sistema. E um dos seus métodos para a aplicação de

métricas é usar valores de forma similar ao controle estatístico convencional, isto é, identificar o intervalo numérico que seja aceitável ou rejeitado (Belchior, 1997).

Já existem linguagens de programação, como por exemplo, Java, que com permitem coletar métricas diretamente (através de ferramentas como o *JavaNCSS* - *Non Commented Source Statement* - e *Jdepend*), de modo integrado.

*JavaNCSS* é uma ferramenta livre que pode ser usada para levantar métricas de tamanho, complexidade e nível de documentação do código, que dão uma idéia do custo de manutenção da aplicação. O resultado gerado é na forma de um sítio HTML organizado, apresentando as métricas com quebras por pacotes, classes e métodos, além de um resumo geral para o projeto (Lins, 2006).

*JDepend* permite coletar métricas que validam o uso adequado de alguns princípios básicos da orientação a objetos, e pode apontar problemas na arquitetura no código. As métricas do *JDepend* mostram que há 27 ciclos de acoplamento entre os pacotes utilitários, por exemplo.

Ter o hábito de levantar métricas e valores é avançar num processo de controle de qualidade e, possivelmente em longo prazo, com uma redução de custos. Analisando bem os resultados é possível até gerar um plano de alterações no código como mostra a figura 5.5.

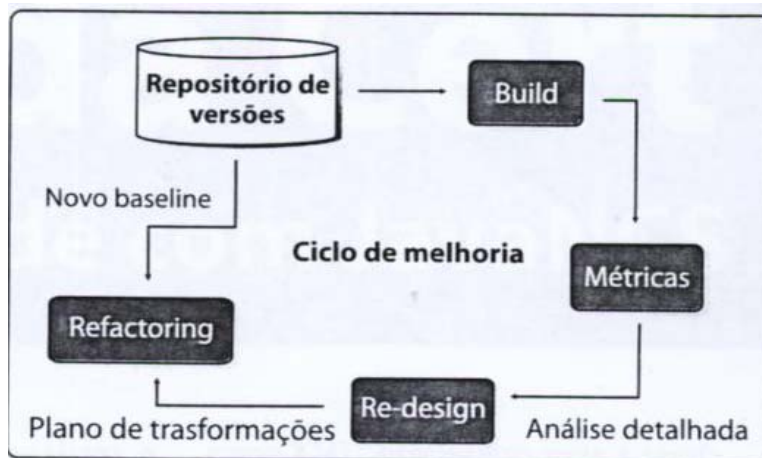


Figura 5.5 - FLUXO DE ATIVIDADES QUE PODE SER SEGUIDO PARA COLETAR E ANALISAR MÉTRICAS E PROPOR MUDANÇAS NO SISTEMA  
 – FONTE: JAVA MAGAZINE, N.19, P.62

O objetivo das métricas é entender melhor a qualidade do produto, avaliar a efetividade do processo e também aperfeiçoar a qualidade do trabalho realizado

no nível de projeto (Pressman, 2002). E para isso é necessário confiar nas métricas que se utilizam. Para tal, Watts (1987) *apud* Belchior (1997), lista algumas características que as métricas devem possuir: objetividade, confiabilidade, validabilidade, comparabilidade, economia, utilidade, consistência e automação.

As características abordadas nesta subseção servem de inspiração para a construção de objetos de aprendizagem numéricos.

### **5.2.2.2 Característica Usabilidade**

Usabilidade é definida pela norma ISO 9241 (2005) como a capacidade de um sistema interativo oferecer funcionalidades a seu usuário, em um determinado contexto de operação, para a realização de tarefas, de maneira eficaz, eficiente e agradável.

Os objetivos gerais da avaliação da usabilidade segundo Cybis et al. (1999):

- validar a eficácia da interação humano-computador face a efetiva realização das tarefas por parte dos usuários;
- verificar a eficiência desta interação, face aos recursos empregados (tempo, quantidade de incidentes, passos desnecessários, busca de ajuda, etc.);
- obter indícios da satisfação ou insatisfação (efeito subjetivo) que ela possa trazer ao usuário.

Esta característica trata da qualidade de uso do objeto de aprendizagem, isto é, ele pode proporcionar uma boa usabilidade para um novato, mas, pode ocorrer o contrário a um usuário experiente (Cybis et al., 2003).

Pode-se afirmar que se um projeto tem usabilidade alta se os usuários não têm dificuldades no manuseio do sistema. E esta usabilidade é alcançada por meio de um projeto para interface humano-computador.

Para obter uma melhor usabilidade de um objeto têm-se os seguintes critérios:

- **Adaptabilidade**

A interface adaptável permitirá que os diferentes usuários, em diferentes estágios de competência, em diferentes tarefas e em diferentes ambientes físicos, tecnológicos e organizacionais, possam alcançar seus objetivos com eficácia, eficiência e satisfação. É a capacidade do sistema de reagir conforme o contexto, as necessidades e preferências do usuário.

Para Gamez (1998) quanto mais variadas forem às maneiras de realizar uma tarefa, maiores são as chances do utilizador escolher e dominar uma delas no curso da sua aprendizagem.

- **Compatibilidade**

A compatibilidade refere-se a relação entre o usuário, o ambiente e o objeto. O objeto deve adaptar-se aos diferentes tamanhos e resoluções de telas, e os comandos devem ser compatíveis com o vocabulário do usuário, favorecendo a memorização.

Para Silva (2002) a compatibilidade refere-se a fatores como: horário, disponibilidade e local de estudo, condições de acesso aos recursos, características culturais do público e conteúdos valorizados pelos participantes de modo a motivar seus esforços.

- **Visibilidade**

Por visibilidade entende-se a visualização do objeto desde a apresentação gráfica inicial até a maneira como o resultado é distribuído na tela. Deve existir harmonia na disposição da teoria com elementos do objeto, equilíbrio no quesito visual da localização de elementos do objeto e contraste servindo-se de uma estratégia visual da interface do objeto.

- **Navegabilidade**

Por navegação entende-se a possibilidade de acessar com facilidade todas as partes do objeto, a facilidade do uso, o controle pelo usuário, a possibilidade de

interromper a ação e a ela retornar a qualquer tempo sem prejuízo de continuidade.

Nielsen (1999) elencou “leis da experiência dos usuários na Web” onde afirmou que as pessoas gastam mais tempo em “outros” sites. Um dos motivos é a dificuldade de encontrar um bom esquema de navegação. A boa navegabilidade é qualidade enfatizada pelo autor.

- **Mapeamento**

Mapeamento refere-se ao planejamento, organização e redação de informações técnicas do objeto aplicadas ao contexto de hipermídias para a aprendizagem.

Pichiliani (2006) afirma que o mapeamento pode ajudar os desenvolvedores de software a implementar funcionalidades colaborativas em suas aplicações, expandindo os benefícios do uso de aplicações colaborativas. A colaboração é uma importante faceta para o processo de aprendizagem.

- **Funcionalidade**

Evidencia que o conjunto de funções atende às necessidades explícitas e implícitas para a finalidade a que se destina o produto. Quando se trata de rede possibilita a importação e exportação de objetos.

Refere-se ao funcionamento do objeto, se existe adequação, interoperabilidade, acurácia, conformidade e segurança de acesso ao objeto (ISO 9126, 2005).

Estando presente este critério nos objetos de aprendizagem, significa a veracidade de planejamento do objeto e a inexistência de defeitos no sistema.

- **Homogeneidade**

Refere-se a homogeneidade na concepção da interface (código, formatos, procedimentos). Torna um sistema mais previsível e a aprendizagem mais generalizável. Pode-se colocar ainda a conveniência da padronização dos objetos

de aprendizagem para fins de escalabilidade na construção e difusão, por exemplo.

Para Gamez (1998) a falta de homogeneidade dificulta a intuitividade do software e a situação de ensino/aprendizagem.

### **5.2.2.3 Característica Flexibilidade**

Apesar de esforços para congelar os requisitos de um objeto de aprendizagem, como qualquer software, eles acabam mudando durante seu projeto e desenvolvimento. Por essa razão, os objetos devem ser projetados de maneira a tentar levar em consideração as futuras alterações como, por exemplo, a adição de funcionalidades diferentes que possibilitem o reuso do objeto.

Para Braude (2005) flexibilidade é modificar, adicionar ou remover partes e lista alguns aspectos relacionados:

- obter mais ou menos do que já está presente;
- adicionar novos tipos de funcionalidades;
- alterar funcionalidade existente.

Segundo Braude (2005), no que tange a projetos de software orientados a objetos, para tornar um projeto flexível deve-se criar uma classe básica que seja abstrata e uma classe herdada para abranger situação inicial.

Objetos de aprendizagem bem projetados são facilmente modificados e reutilizados. Para atender a característica de flexibilidade, os critérios a verificar são os seguintes:

- **Robustez**

Para Braude (2005) um projeto é robusto se for capaz de tratar condições incomuns e heterogêneas como dados corrompidos, entrada incorreta do usuário, falhas e erros de programação e erros de condições ambientais. Uma maneira de fazer um projeto robusto é permitir que ele continue a funcionar quando o usuário insere um inteiro inválido, fazendo com que o sistema solicite ao usuário que tente novamente.

Braude (2005) sugere como uma das técnicas para melhorar a robustez dentro de um sistema, a implementação de restrição de parâmetros. Uma forma de introduzir restrição de parâmetros é introduzir uma classe que capture estes parâmetros e incorpore as restrições. A melhor maneira, segundo o autor citado, é empacotar estes parâmetros em uma classe como ilustra a figura 5.6.

Desenvolver um objeto robusto é permitir que ele continue a funcionar mesmo quando o usuário insere um valor inválido, avisando em forma de uma mensagem que o valor é inválido e o sistema só aceita valores dentro de um determinado intervalo, pedindo para o usuário tentar novamente.

```

Substitua int calculaArea ( int umComprimento, int umaLargura)
    { .. }
por int calculaArea ( Retângulo umRetangulo )
    { .. }
-- onde class Retângulo
    { ...
      Retângulo ( int umComprimento , int umaLargura )
        { if ( umComprimento > 0 ) this.comprimento = umComprimento;
          else ... ..
        }
    }

```

Figura 5 6 - EMPACOTAMENTO DE PARÂMETROS - FONTE: BRAUDE, 2005, P.125.

- **Acessibilidade**

Ela se dá quando é possível acessar um objeto de um lugar remoto e usá-lo em outros locais. Está ligado ao fato dos objetos serem identificados pelos metadados, deixando-os mais fáceis de serem localizados.

Segundo Rainger (2006), os aprendizes podem enfrentar problemas devido a sua experiência e em consequência de problemas de acessibilidade. No entanto, a barreira pode ser identificada avaliando, analisando e trocando informações quanto à acessibilidade.

Os metadados podem ser um recurso poderoso neste sentido. Podem, além disso, conter dados em recursos particulares. E, podem ainda, fornecer meios para permitir que o sistema combine as propriedades da acessibilidade de um recurso com as necessidades de um aprendiz.

De acordo com Rainger (2006), o IMS desenvolve um conjunto de especificações de metadados chamado de '*Acesso-para-todos*' que se divide em duas partes:

- 1ª parte: descreve a necessidade da acessibilidade para o aprendiz (perfil de uso);
- 2ª parte: descreve as propriedades da acessibilidade para objetos de aprendizagem (perfil do recurso).

No *Acesso-para-todos* está o *MLE (Managed Learning Environment)*, um sistema que permite as propriedades da acessibilidade com recursos das necessidades do aprendiz. Uma especificação de interoperabilidade pode ser usada em diferentes *MLEs* e plataformas, permitindo o compartilhamento da informação da acessibilidade entre instituição e repositório da aprendizagem.

O *Acesso-para-todos* pode auxiliar educadores e aprendizes na descoberta de recursos, fornecendo meios para substituir ou aumentar um recurso com outro recurso equivalente ou suplementar conforme as necessidades da acessibilidade e pelas preferências do usuário. Por exemplo:

- Os usuários podem ter a dificuldade de interpretar imagens. Pode requerer o material gráfico com descrições alternativas do texto.
- Os usuários com problemas auditivos podem encontrar um dispositivo com sinais.
- Os usuários que trabalham em ambientes ruidosos podem encontrar dispositivo que os auxilia neste problema como, por exemplo, os meios auditivos têm um subtítulo de texto.
- Os usuários podem ter dificuldade em aprender com leitura então podem ter diagramas e cartas de fluxo com uma alternativa gráfica.

A satisfação do usuário em verificar que pode acessar seu objeto em qualquer lugar é eminente quando indagado sobre a qualidade do produto em uso.

- **Interoperabilidade**



Ela se dá quando é possível utilizar um objeto de aprendizagem desenvolvido com um conjunto de ferramentas ou plataformas, em outros locais com outras ferramentas e plataformas.

Malard (2004) cita a questão dos padrões para a interoperabilidade de conteúdos didáticos digitais (figura 5.7) e descreve algumas tecnologias educacionais existentes:

- ferramentas de multimídia;
- ferramentas para produção do conteúdo;
- sistema de gerenciamento de conteúdos de aprendizagem (*SGCA* ou *LCMS - Learning Content Management System*): é uma ferramenta que responde a duas necessidades de conteúdo para informação: facilidade de manipulação e reaproveitamento dos conteúdos; e facilidade de publicação de conteúdos;
- sistema de gerenciamento de conteúdo de aprendizagem (*SGCA* ou *LMS – Learning Management System*): são ferramentas que integram vários componentes que podem ser usados em função de suas necessidades.

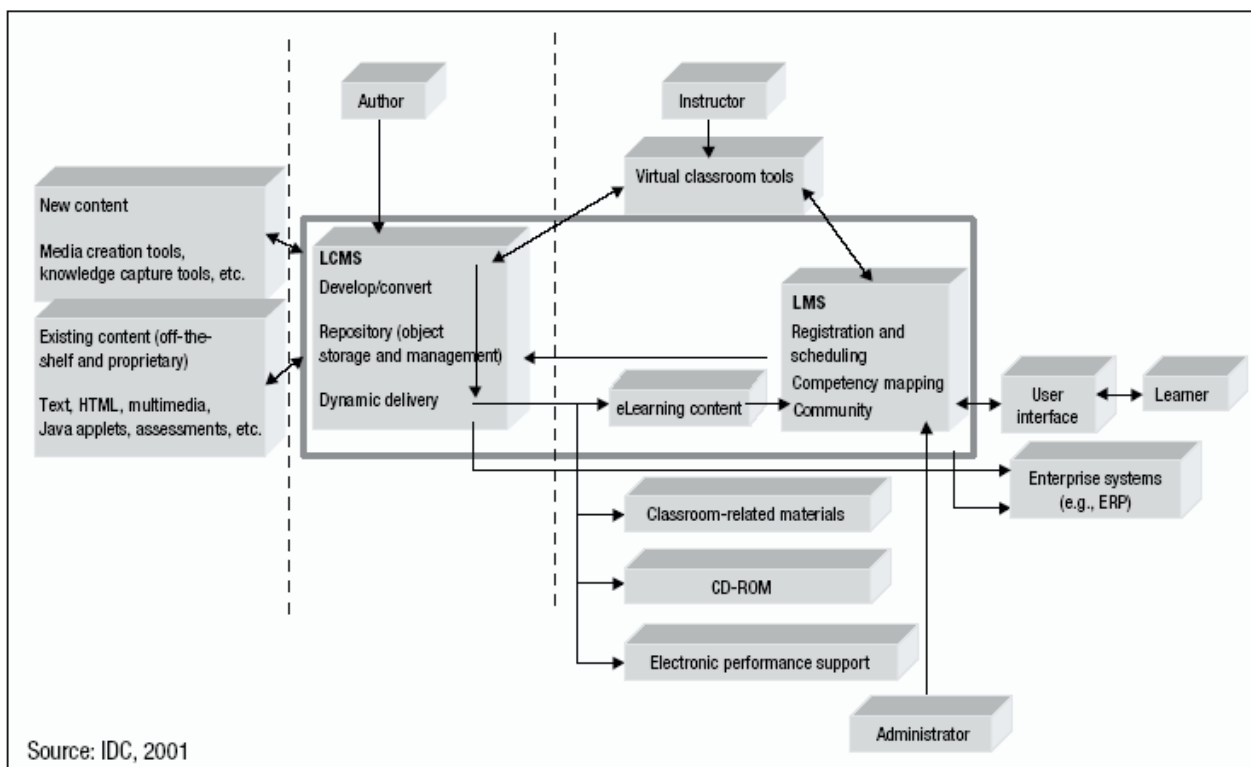


Figura 5 7 - VISÃO GERAL DOS CONTEÚDOS NO AMBIENTE DAS TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS

FUNTE: MALARD (2004)

Em sua dissertação Mallard (2004) coloca os seguintes fatores de convergência para o desenvolvimento de padrões:

- possibilidade de integração num mesmo ambiente de aplicações respondendo a diversas necessidades em termos de ensino e aprendizagem;
- facilidade em compartilhar tecnologias e conteúdos entre departamentos;
- facilidade de manutenção dos sistemas;
- modularidade permite alterações dos componentes sem prejudicar o sistema;
- interoperabilidade dos conteúdos didáticos;
- interoperabilidade dos conteúdos em relação as ferramentas de autoria;
- possibilidade de desenvolvimento de tecnologias educacionais aplicáveis.

Existem vários tipos de padrões para garantir a interoperabilidade dos conteúdos pedagógicos, por exemplo: padronização das interfaces existentes entre os dispositivos:

- dispositivos de criação de conteúdos e dispositivos de colaboração;
- dispositivos de gerenciamento de aprendizagem.

Essa interoperabilidade exige dois tipos de modelo:

- modelo de dados para definir a linguagem usada nas mensagens entre os diferentes sistemas;
- modelo de comunicação que permite a troca desses dados.

Surge então a XML (W3C, 2003) que vem da necessidade de desenvolver uma linguagem intermediária entre SGML e o HTML.

A primeira etapa para garantir a portabilidade de um conteúdo é seu empacotamento. Ele deve ser padronizado para que o sistema que recebe o conteúdo saiba identificar as informações-chave para efetuar seu tratamento. O padrão deve especificar dois tipos de informação:

1. o nome ou o formato de arquivo que permite identificar onde se encontram estas informações;
2. a estrutura das informações a procurar que permitirão identificar os componentes do pacote.

O padrão de empacotamento AICC (AICC, 1993) oferece um empacotamento diferente em função do tipo de funcionalidades do conteúdo. O quadro abaixo descreve a especificação AICC que autoriza três níveis de complexidade na implementação.

**Quadro 5 1** - NÍVEIS DE IMPLEMENTAÇÃO DO PADRÃO AICC - FONTE: MALARD, 2004. P. 24.

Nível de implementação	Arquivos que constituam a envelope	Tipo de informações
1 Básico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Description (Course, Descriptor &amp; assignable Unit files)</li> <li>Course structure (Course Structure File)</li> </ul>	Descrição da estrutura do curso (rígida)
2 Pré-requisitos simples	<ul style="list-style-type: none"> <li>Description (Course, Descriptor &amp; assignable Unit files)</li> <li>Course structure (Course Structure File)</li> <li>Simple Prerequisites(Prerequisites file)</li> <li>Simple Completions (Completion Requirements file)</li> </ul>	Descrição rígida da estrutura do curso e dos pré-requisitos de cada parte.
3 <sup>a</sup> Pré-requisitos e seqüência dinâmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Description (Course, Descriptor &amp; assignable Unit files)</li> <li>Course structure (Course Structure File)</li> <li>Complex Prerequisites (Prerequisites file)</li> <li>Complex Completions (Completion Requirements file)</li> </ul>	Descrição da estrutura do curso e dos pré-requisitos de cada parte, possibilidades de definir pré-requisitos avançados e seqüências dinâmicas de aprendizagem.
3b Pré-requisitos e seqüência dinâmica em função dos objetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Description (Course, Descriptor &amp; assignable Unit files)</li> <li>Course structure (Course Structure File)</li> <li>Prerequisites (Prerequisites with objectives)</li> <li>Completions (Completion Requirements with objectives )</li> <li>Objectives (Objective Relationships file)</li> </ul>	Descrição da estrutura do curso e dos pré-requisitos de cada parte, possibilidades de definir pré-requisitos avançados e seqüências dinâmicas de aprendizagem em função de objetivos.

O padrão da AICC é extensível. Ele não define estrutura nem modelos para uma implementação customizada pelo usuário.

Já o *IMS packaging* centraliza todas as informações relativas ao conteúdo dentro de um mesmo arquivo XML. Ele é mais extensível do que o proposto por AICC por duas razões (Mallard, 2004):

- ele aponta para os modelos de dados (DTD) escolhidos para descrever os metadados e a estrutura do curso;
- centraliza todas as informações dentro de um único arquivo XML que pode ser validado por um parser se referindo a um DTD.

A necessidade de um sistema se comunicar de forma transparente com outro sistema é eminente para se ter garantia da qualidade na construção de um objeto de aprendizagem numérico. E para que um sistema seja interoperável, é muito importante que ele trabalhe com padrões abertos.

Seguindo estas perspectivas é possível que desenvolvedores tenham ferramentas para construir os objetos de maneira adequada e eficaz.

- **Durabilidade**

É segundo IEEE/LTSC (2004), a possibilidade de utilizar um objeto de aprendizagem, sem re-projeto ou recodificação, mesmo quando a base tecnológica muda. Mas quando a base tecnológica muda pode ser necessário re-codificar um programa ou re-desenhar. Ciente da alta aceleração das mudanças da tecnologia deve-se criar objetos de aprendizagem que permitam uma atualização fácil para estender a durabilidade do objeto.

Com a mudança de paradigma da metodologia de orientação a objeto, os objetos de aprendizagem servem de apoio à construção do conhecimento e aprendizagem e podem ser usados em múltiplos contextos. Professores e projetistas de conteúdo podem construir objetos que podem ser utilizados e reutilizados inúmeras vezes e em diversos contextos de aprendizagem.

Objetos de aprendizagem são armazenados em repositórios e podem ser disponibilizados simultaneamente para um considerável número de pessoas. Além disto, professores e projetistas de conteúdo podem colaborar com novas versões, beneficiando-se de forma cooperativa (IEEE/LTSC, 2004).

- **Reusabilidade**

Segundo Cuadrado-Gallego (2005) a reusabilidade dos objetos de aprendizagem é um conceito difícil de caracterizar devido a sua natureza multidimensional e inclusive devido a aspectos como o formato, conteúdos e considerações sobre os metadados.

Sendo uma das características mais importantes dos objetos de aprendizagem é considerada a idéia central do desenho moderno dos conteúdos digitais de aprendizagem.

A reusabilidade em diversos contextos educacionais requer um desenho cuidadoso dos conteúdos e seus registros com metadados associados de tal forma que sejam suficientemente consistentes e completos.

A reusabilidade pode ser avaliada por pessoas considerando três aspectos inter-relacionados (Cuadrado-Gallego, 2005):

- a qualidade da separação entre o conteúdo e apresentação;
- a qualidade do registro de metadados, especialmente a facilidade de compreensão, clareza e precisão do contexto educacional no qual está inserido;
- o desenho das instruções para cada um dos contextos educacionais dirigidos.

Para Sicília (2005) a reusabilidade tem ainda os seguintes aspectos:

- *técnico de formato*: implica que os materiais estão formatados de acordo com certas regras e convenções;
- *técnico de interpretação*: implica que os metadados utilizados tenham uma orientação a habilitar certas funcionalidades automatizadas conhecidas, de maneira precisa. Alguns padrões de metadados tem funcionalidades para isto, como por exemplo o LOM IEEE/LTSC (2004) não é suficiente para este ítem;
- *desenho instrucional*: de maneira que o desenho dos conteúdos e sua granularidade estão orientados a sua reutilização pensando em possíveis transtornos de uso futuro.

Para Braude (2005) o modelo mais convincente para o reuso são as API's Java (*Application Programmer's Interface* ou bibliotecas de programação) – um extenso e grande corpo de classes amplamente reutilizável. O autor lista principais opções para uma reutilização:

- código-objeto: como exemplo: compartilhar DLL's (biblioteca compiladas) entre processador de texto e planilha;

- classes: na forma de código fonte;
- conjunto de classes relacionadas: como por exemplo, o pacote Java.awt;
- padrões de conjuntos de classe: como exemplo, criacionais, estruturais e comportamentais.

Para Braude (2005) tornar uma classe resuável é:

- descrever completamente a classe;
- fazer com que o nome e a funcionalidade corresponda a sua função;
- definir uma abstração útil;
- reduzir a dependência para outras classes.

Braude (2005) sugere algumas questões que devem ser observadas para tornar um projeto reutilizável:

- especifique tudo que for possível no projeto;
- evite acoplamento desnecessário com a classe a que pertence:
  - torne estático, se viável;
  - inclua parametrização, isto é, torne o método funcional com certo limite de parâmetros;
- torne os nomes expressivos - intelegibilidade;
- explique o algoritmo - os reutilizadores precisam saber como o algoritmo funciona.

Quanto maior é o grau de detalhes no projeto como: disponibilizar o algoritmo e seu funcionamento e uma descrição completa dos metadados, maiores e melhores as possibilidades efetivas de reuso.

#### **5.2.2.4 Característica Documentação**

Embora um gráfico ou diagrama possa expressar diversas informações, existe em muitos aspectos, a necessidade de inserir textos para explicar melhor este gráfico ou diagrama, por exemplo, formando a documentação do projeto ou do objeto ou sistema.

O desenvolvimento da documentação constitui-se numa atividade importante. Como exemplo, a localização e entendimento do objeto como um todo

principalmente quando o código do objeto se torna extenso a ponto do programador se perder no meio dele. Para posterior utilização ou reutilização do projeto, o seu desenvolvimento se divide em duas partes segundo Oliveira et al. (2001):

- documentação do produto ou ficha técnica: contém instruções de acesso ou instalação, e características de hardware;
- manual do usuário: contém um guia de apoio pedagógico ao professor e manual de instruções para o usuário (aluno).

É importante considerar ainda que a documentação é uma característica que deve estar presente desde o início do projeto, seja ele um sistema ou objeto de aprendizagem ou software educacional, até a sua finalização. Assim, se algum membro da equipe for substituído, seu substituto pode prosseguir sem precisar retornar ao início do projeto e realizar re-trabalho.

A presença de informação pertinente que permita a satisfação dos diferentes tipos de usuário requer dos seguintes critérios:

#### • **Manutenibilidade**

Este critério refere-se ao grau de desenvolvimento dos dados referentes a manutenção do objeto, a identificação da configuração e dos padrões para uma manutenção adequada.

Para Pigoski (1996) *apud* Brusamolin (2007), a manutenção de software é a totalidade de atividades necessárias para prover, minimizando o custo, suporte a um sistema de software.

A manutenibilidade é a facilidade com que um sistema de software ou componente pode ser modificado para corrigir falhas, melhorar desempenho ou outros atributos, ou adaptado para mudança de ambiente (Henry, 1993).

#### • **Reparabilidade**

Esta documentação de apoio pode orientar na tarefa de compreensão dos sistemas e auxiliar na redução de desapontamento e experiências frustrantes,



geralmente causadas pela dificuldade de manuseio do objeto como um software. O trabalho para a manutenção corretiva do objeto deve ser o mínimo possível.

No caso de um software a reparabilidade é o maior objetivo do projeto. É responsável pela modularização do produto, contribuindo para que o sistema e cada módulo sejam melhor verificados e reparados. Com tudo, só o aumento do número de módulos não torna o produto mais reparável. É necessário escolher estruturas certas para os módulos e definir as interfaces corretas para reduzir a necessidade de interconexão de módulos e facilitar a integração dos mesmos (Garcia, 2007).

- **Evolutibilidade**

Todo objeto de aprendizagem precisa evoluir para atender novos requisitos e a informação apresentada no documento deve permitir ao utilizador do objeto acrescentar com facilidade alguma nova funcionalidade.

A documentação é uma característica presente em todas as etapas da construção de um objeto de aprendizagem, por isso a evolutibilidade é um critério indispensável para a construção destes objetos.

A evolutibilidade assume cada vez mais importância, na medida que o custo da produção e a complexidade de software aumentam. Um exemplo disso é a possibilidade de alavancar os investimentos feitos no software com as vantagens das novas tecnologias de *hardware*, isto é, os softwares mais antigos poderiam tirar vantagens ganhando desempenho e poder de processamento (Garcia, 2007).

- **Material de Apoio**

O programa deve possuir uma documentação e um material de apoio (tutorial) sobre seu funcionamento onde constam informações técnicas como configuração descrição do conteúdo e dos objetivos do programa/objeto. Esta documentação deve ser desenvolvida desde o início do projeto.

Para Silva (2003) o material de apoio refere aos critérios comunicacionais em que compreende todas as informações referentes ao produto e suas condições de uso, são impressos em forma de manual.

### **5.3 Considerações finais**

O avanço das tecnologias de informação tem acelerado o desenvolvimento de objetos de aprendizagem possibilitando a utilização e divulgação de conteúdos didáticos disponibilizados na Web em diferentes formatos.

Gonzalez (2005) especifica uma classificação de objetos de aprendizagem: objetos de instrução como objetos destinados ao apoio de aprendizagem; Objetos de colaboração que são destinados a aprendizagem colaborativa comunicação entre ambientes; Objetos de prática destinados a auto-aprendizagem e por último objetos de avaliação que são destinados a conhecer o nível de conhecimento do aprendiz.

Para Mendes (2004) os objetos de aprendizagem devem ter as seguintes características importantes: reusabilidade; adaptabilidade; granularidade; acessibilidade; durabilidade; interoperabilidade; metadados.

Rocha (2001) considera que os softwares educacionais devem ter importantes características que classifica como: pedagógicas; ergonômicas; adaptabilidade; documentação; portabilidade; retorno de investimento.

Pressman (1995) possibilita métricas para verificar a qualidade de um software educacional e as divide em categorias, a primeira categoria em: produtividade; qualidade; técnicas a segunda é composta por: tamanho; função, orientadas a seres humanos.

Chidamber & Kemerer (1994) desenvolveram métricas ditas 'clássicas' para medir a reutilização de um objeto de aprendizagem. São elas: PAH (Profundidade da Árvore de Herança) ; AOC (Acomplamento entre Objetos das Classes) e FCM (Falta de Correção dos Métodos) .

Para Cuadrado-Gallego (2005) a qualidade de um software educacional está relacionada a reusabilidade do sistema e desenvolveu aspectos inter-relacionados: a qualidade da separação entre o conteúdo e apresentação; A qualidade do registro de metadados e o desenho das instruções para cada um dos contextos educacionais dirigidos.

E, para Sicília (2005), a reusabilidade tem outros aspectos: Técnico de Formato; Técnico de Interpretação e Desenho Instrucional.

Em observação aos esforços de autores na busca pela avaliação da qualidade de produtos informatizados foi pertinente recordar algumas teorias de aprendizagem em que Staub (2004) define como uma construção humana para interpretar sistematicamente a área do conhecimento que chamamos de aprendizagem.

Este avanço da tecnologia também provocou este estudo e o desenvolvimento de características e critérios para a construção destes objetos de aprendizagem. A intenção é que este conjunto constitua um guia para a construção de objetos de aprendizagem com qualidade e segurança. Além disso, serviu de base para o desenvolvimento do estudo diferenciado envolvendo objetos de aprendizagem, professor, aluno e o conhecimento, na forma apresentada no próximo capítulo.

## 6 A construção dos critérios para objetos de aprendizagem segundo as quatro faces do tetraedro pedagógico

O conjunto de requisitos necessários para objetos de aprendizagem numéricos como colocado neste trabalho são parte de uma proposta para um modelo padronizado visando a criação, desenvolvimento, armazenamento e distribuição de informação (na forma de objetos de aprendizagem) em sistemas de ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos, em especial de métodos numéricos, divulgados via Internet. Os requisitos em termos de características e critérios são aderentes a idéias, conceitos e padrões de uso.

E, como visto no Capítulo 5, os objetos de aprendizagem devem possuir características tanto pedagógicas quanto ergonômicas, dispostas neste trabalho através de critérios que procuram resolver diversos problemas de avaliação de softwares educacionais destinados a resolução de problemas de engenharia ou áreas correlatas através dos métodos numéricos.

A partir de um levantamento das categorias necessárias para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem destinados ao ensino de conceitos matemáticos, muitas vezes complexos, desenvolveu-se uma visão aprofundada dos critérios destes objetos segundo os elementos interligados a uma figura geométrica na forma de um tetraedro.

Os elementos atrelados às quatro faces do ‘tetraedro pedagógico’ de Chevalard et al. *apud* Malard (2004) (figura 6.1) e as relações possíveis entre eles serão abordados com foco na construção dos objetos de aprendizagem numéricos e segundo: **dimensão** (faces), **conjunto** (arestas ou junção de faces) e **universo** (vértices).

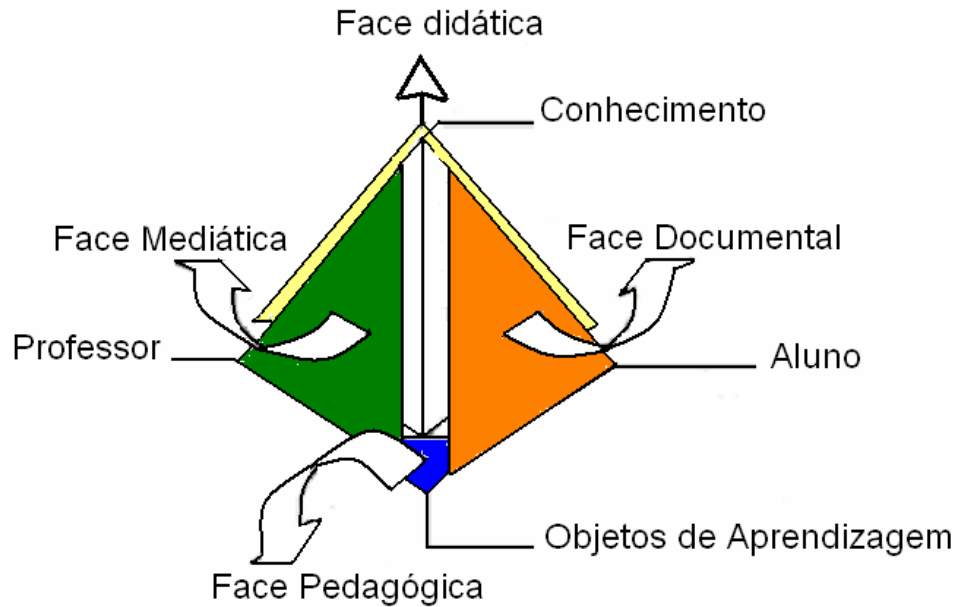


Figura 6 1 – Tetraedro pedagógico – Fonte Mallard (2004)

As **dimensões** e seus respectivos elementos:

- *Didático*: professor, aluno e conhecimento;
- *Pedagógico*: professor, aluno e objetos de Aprendizagem;
- *Mediático*: professor, conhecimento e objetos de Aprendizagem;
- *Documental*: aluno, conhecimento e objetos de aprendizagem.

Os **conjuntos** e suas respectivas junções:

- *Educacional*: pedagógico e didático;
- *Pedmental*: pedagógico e documental;
- *Didmental*: didático e documental;
- *Escolático*: didático e mediático;
- *Pético*: pedagógico e mediático
- *Medmental*: mediático e documental.

O **universo** e a união de suas respectivas dimensões:

- *Aluno*: didático, pedagógico e documental;

- *Professor*: diático, pedagógico e mediático;
- *Objeto de Aprendizagem*: pedagógico, mediático e documental;
- *Conhecimento*: didático, mediático e documental.

## 6.1 *Desenvolvimento de critérios e as dimensões do tetraedro pedagógico*

### 6.1.1 Dimensão didática: aluno, professor e conhecimento

Esta dimensão (figura 6.2) é chamada **didática** pela relação ancestral existente entre o aluno, o professor e o conhecimento. A cor adotada simboliza em um cenário brasileiro a luz para a solução de problemas, ajudando a reter o conhecimento e a desenvolver a sabedoria, estimulando o desenvolvimento cerebral. Neste espaço o objeto de aprendizagem tem uma função coadjuvante, pois é nele que está o conteúdo necessário que auxilia o professor a transmitir o conhecimento da maneira clara e objetiva.

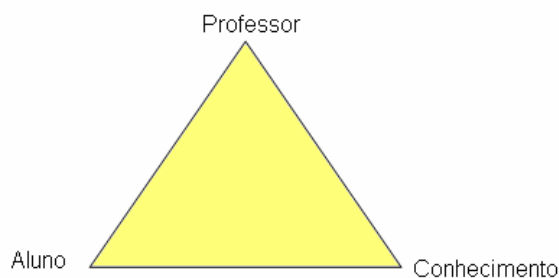


Figura 6 2 - DIMENSÃO DIDÁTICA

Segundo Libâneo (2006) a didática precisa incorporar as investigações mais recentes sobre os modos de aprender e ensinar e sobre o papel mediador do professor na preparação dos alunos para o pensar. Mais precisamente, será fundamental entender que o conhecimento supõe o desenvolvimento do pensamento e que desenvolver o pensamento supõe metodologia e procedimentos sistemáticos do pensar. Nesse caso, a característica mais destacada do trabalho de professor é a mediação docente pela qual ele se põe

entre o aluno e o conhecimento para possibilitar as condições e os meios de aprendizagem, ou seja, as mediações cognitivas.

A influência de algumas teorias educacionais é significativa neste processo educativo delimitado pelo triângulo conhecimento-professor-aluno, embasado na utilização da tecnologia da computação e comunicação como meio de intermediar/mediar.

À medida que se planeja o desenvolvimento de objetos de aprendizagem dispostos num repositório para franca disseminação na Web, vários elementos da interação humana como a comunicação e uso de símbolos vão surgindo para explicitar o funcionamento e a implementação do processo de ensino e aprendizagem nesta dimensão do tetraedro pedagógico. A teoria que melhor exemplifica um processo de ensino e aprendizagem mediado pela tecnologia da informação e da importância da presença do professor como mediador, tutor e orientador é a teoria de Lev Semiovitch Vygotsky (Vygotsky, 1998a e Vygotsky, 1998b).

Apesar de Vygotsky ter vivido numa época em que o computador era somente um projeto para a utilização de poucos, a compreensão de sua teoria é complexa sendo possível dar ênfase ao ensino na atualidade através de meios computacionais.

Vygotsky construiu a sua teoria tendo por base o desenvolvimento do indivíduo com um resultado de um processo sócio-histórico, enfatizando o papel da linguagem e da aprendizagem nesse desenvolvimento, sendo essa teoria considerada histórico-social.

Segundo Zacarias (2006), Vygotsky, apesar de ter pouca idade, detinha um grande conhecimento de várias áreas, inclusive do funcionamento de cérebro humano, afirmando que o cérebro é a base biológica, e suas peculiaridades definem limites e possibilidades para o desenvolvimento humano. Estas concepções fundamentam sua idéia que as funções psicológicas superiores são construídas ao longo da convivência humana com o mundo exterior. Por isso a questão central da sua teoria é a aquisição do conhecimento pela interação do sujeito com o meio, através de: mediação que enfatiza a construção do

conhecimento como uma interação mediada por várias relações que podem apresentar-se por meio de objetos, como por exemplo os objetos de aprendizagem, da organização do ambiente, do mundo cultural que rodeia o indivíduo. Nestas relações tem-se: a linguagem: sistema simbólico dos grupos humanos, representando um salto qualitativo na evolução da espécie; é ela que fornece os conceitos, as formas de organização do real, a mediação entre o sujeito e o objeto de conhecimento; a cultura é o sistema simbólico da representação do mundo real; o processo de internalização é o processo onde ocorre a modificação do indivíduo, isto é, ele aprende quando internaliza o conhecimento, que é essencial para o desenvolvimento dos processos mentais superiores e evidencia a importância das relações sociais entre os indivíduos.

É na troca com outros sujeitos e consigo próprio que se vão internalizando conhecimentos, papéis e funções sociais, o que permite a formação de conhecimentos e da própria consciência

Esta relação face a face entre indivíduos desempenha particularmente um papel fundamental na construção do ser humano: é por meio da relação interpessoal que a pessoa interioriza o conhecimento.

Essa possibilidade de alterar o desempenho de uma pessoa através de outra é fundamental na teoria de Vygotsky, pois representa um momento de desenvolvimento do ser humano através de outro num ambiente social ou até num ambiente virtual síncrono.

Segundo Aguiar (2006), na abordagem psicológica de Vygotsky, estão explícitos os pilares básicos do seu pensamento – o homem, quanto ao corpo e à mente, é um ser biológico e social, membro da espécie humana e participante de um processo histórico, as funções psicológicas têm um suporte biológico, pois são produtos da atividade cerebral; o funcionamento psicológico fundamenta-se nas relações sociais entre o indivíduo e o mundo exterior .

Outro aspecto que vale salientar é que, para Vygotsky, a imitação oferece a oportunidade de reconstrução (interna) daquilo que é observado no exterior, como a criação de algo novo, internalizando um novo conhecimento. Neste sentido, a imitação não é mera cópia, mas a construção individual daquilo que é observado



nos outros, possibilitando a criação de algo novo a partir do que se observa no outro.

Um excelente exemplo para este aspecto é a possibilidade de reuso de um objeto de aprendizagem onde pode ocorrer a aprendizagem de diversas maneiras

Assim, a proposta é de mediação através de um ambiente virtual, que contém dezenas de objetos de aprendizagem, como um meio de intermediar as relações humanas numa forma inovadora para o desenvolvimento e a construção do conhecimento do aluno mediada pelo professor. Mais inovadora ainda em se tratando de conteúdos matemáticos que para a maioria das pessoas são de difícil entendimento, bem como a construção de objetos de aprendizagem numéricos específicos para o ensino de métodos e técnicas matemáticas mais avançadas, como no caso, de métodos numéricos para resolver problemas de engenharia.

Nesta dimensão os objetos agem como elementos externos com a função de provocar mudanças no comportamento do aluno concretizando assim a aprendizagem do mesmo.

Zacarias (2006) coloca que existem pelo menos dois níveis de desenvolvimento identificados por Vygotsky: um real onde determina que a criança já é capaz de fazer por si própria e um potencial que responde pela capacidade de aprender com outra pessoa. A aprendizagem interage com o desenvolvimento, produzindo abertura nas zonas de desenvolvimento proximal (distância entre aquilo que a criança faz sozinha e o que ela é capaz de fazer com a intervenção de um adulto, isto é, distância entre o nível de desenvolvimento real e o potencial) nas quais as interações sociais são centrais. Ambos os processos, aprendizagem e desenvolvimento, estão inter-relacionados. Assim, um conceito que se pretenda trabalhar, como por exemplo, em matemática, requer sempre um grau de experiência anterior para a criança.

O desenvolvimento cognitivo, para Vygotsky, é condicionado pela aprendizagem e quanto mais o aluno aprender com outros, mais alcançará um desenvolvimento cognitivo melhor. Portanto, uma das preocupações que se deve ter numa proposta, seja de um ambiente virtual, construção de um repositório de objetos de aprendizagem ou mesmo de desenvolvimento de objetos de

aprendizagem voltados a área de métodos numéricos, deve ser a de manter a sintonia de alguns fatores que interagem nesse processo: a interação e a motivação na aprendizagem de conceitos de alto nível de conhecimentos, a interação social e a aprendizagem são favorecidas nas relações com professores, tutores, colegas e a satisfação de concretizar o conhecimento através de objetos de aprendizagem.

Assim a comunicação presente no processo ensino e aprendizagem propiciado na interação do conteúdo com a tecnologia da informação é considerada como dimensão crítica na aprendizagem e pode ser possibilitada num ambiente educacional mediada por uma ferramenta, isto é, um objeto de aprendizagem. Neste caso, o objeto de aprendizagem entra como instrumento externo com a função de provocar mudanças no aluno, como também no professor, aliado ao conhecimento. Com o auxílio desta ferramenta, se completa o tetraedro pedagógico (os quatro vértices) como exemplificado na figura 6.1.

Numa visão sócio-construtivista é analisada esta dimensão didática onde o aluno e o professor se encontram para discutir ou até mesmo debater sobre o saber, ocorrendo a aprendizagem de maneiras diferentes: o aluno em descobrir algum conceito e o professor aprofundando seus conhecimentos sobre tal conceito, por exemplo.

Os critérios nesta dimensão dizem respeito ao grau de entendimento do aluno com as explicações do mestre sobre um determinado conteúdo, à teoria pedagógica e didática que influenciam na qualidade do produto. Deve, ainda, constituir a sistêmica desse processo. Por isso, na categoria pedagógica se destacam em a maioria os critérios relacionados no modelo de características desenvolvido no capítulo 5, como segue no quadro 6.1.

Quadro 6.1 Critérios dos objetos para dimensões e conjuntos

	Dimensões					Conjuntos				
	Didática	Pedagógica	mediática	Documental	Educacional	Pedimental	Diómental	Escolástico	Pélico	Medimental
Confiabilidade		X	X		X	X		X	X	X
Qualidade de informação	X	X	X		X	X	X	X	X	X
eficiência		X	X		X				X	
Objetividade	X				X		X	X		
Sequenciamento Instrucional	X				X					
Motivação	X				X	X	X	X	X	
Estruturação					X			X	X	
Legibilidade	X					X		X	X	
Reusabilidade			X							
Granularidade		X	X		X					
Qualidade Gráfica Interface				X	X	X	X	X		
Descrição em Metadados			X					X		X
Métricas			X	X					X	X
Reusabilidade			X	X				X	X	X
Granularidade			X	X			X	X		
Adaptabilidade							X		X	
Compatibilidade			X					X	X	
Visibilidade	X									
Navegabilidade	X			X	X	X	X			
Funcionalidade	X			X	X	X		X	X	
Homogeneidade				X						X
Acessibilidade		X		X	X			X	X	
Interoperabilidade		X	X	X	X				X	X
Reusabilidade		X	X						X	
Durabilidade		X	X					X		X
Manutenibilidade								X		X
Reparabilidade				X				X		X
Evolutibilidade										X
Material de Apoio				X			X	X		X

### 6.1.2 Dimensão Pedagógica - aluno, professor e objetos de aprendizagem

Nesta dimensão pedagógica (figura 6.3) o objeto de aprendizagem tem o papel de dar suporte ao ensino, auxiliar o professor, enriquecer a aprendizagem do aprendente e tornar prazerosa esta atividade. A cor azul escolhida simboliza ternura, paz de espírito e segurança, favorecendo a meditação e atividades intelectuais.

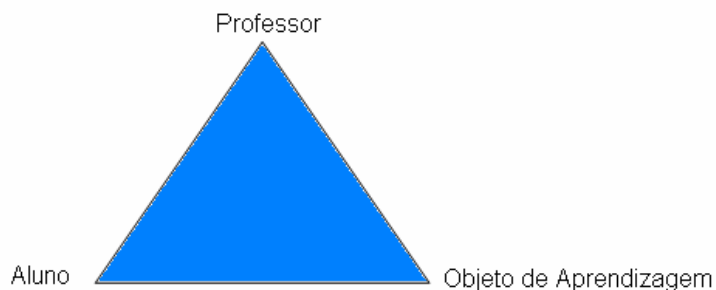


Figura 6 3 - DIMENSÃO PEDAGÓGICA

O conhecimento (o outro vértice do tetraedro) tem um papel coadjuvante embutido no objeto de aprendizagem.

A aprendizagem acontece pela interação que o aprendiz estabelece nos diversos componentes do seu meio ambiente. Por exemplo, os objetos de aprendizagem contêm informações de saberes científicos e de saberes práticos. A abordagem construtivista preconiza o uso de atividades autênticas ligadas à prática do domínio de aprendizagem.

A existência de um ambiente educacional diferenciado no qual o aluno tem acesso em qualquer local e qualquer hora, dando-lhe a opção de otimizar seus horários, possibilita alcançar uma aprendizagem substancial. A facilidade de uso, a motivação e a existência de conteúdos claros e corretos, é um passo importante para a aprendizagem.

A aprendizagem é sobretudo uma descoberta e os objetos de aprendizagem proporcionam a aprendizagem através da descoberta, e esta precisa ser prazerosa e inesquecível.

Deve-se lembrar que os objetos de aprendizagem foram criados para resolver problemas de desenvolvimento e de reuso de material educacional bem como tem o objetivo de ensinar e transmitir alguma informação ao aluno. Para isso os objetos possuem características próprias com os critérios descritos no quadro 6.1

### 6.1.3 Dimensão Mediática - professor, conhecimento e objetos de aprendizagem

Nesta dimensão mediática (figura 6.4) os objetos de aprendizagem estão num papel mediador, pois modificam a postura do aluno diante do processo de aprendizagem. A cor verde adotada simboliza vida nova, energias da natureza, esperança e satisfação. São os objetos de aprendizagem que divulgam os conteúdos (conhecimento) e estão também interligados com o professor que os demanda e usa o conteúdo contido neles.

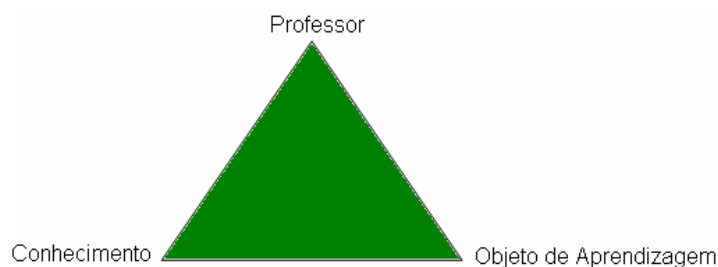


Figura 6 4 - DIMENSÃO MEDIÁTICO

Os objetos podem ajudar o professor no planejamento de suas atividades. Para isso, nesta dimensão, os objetos de aprendizagem devem ser desenvolvidos especificamente para o uso do professor, onde este verifica se os conteúdos contidos são claros e corretos. Ele deve ter confiança e esperança na possibilidade de efetividade de uso do objeto e ter a certeza do poder de aprendizagem que aquele objeto vai suscitar. Para isso os critérios desenvolvidos para a construção dos objetos de aprendizagem seguem as seguintes características e critérios descritos no quadro 6.1:

### 6.1.4 Dimensão Documental - objetos de aprendizagem, aluno e o conhecimento

Nesta dimensão documental (figura 6.5) os objetos de aprendizagem devem conter os conteúdos e devem estar facilmente acessíveis aos alunos. Além disso, devem seguir padrões para que o processo de busca e uso da informação seja realizado com êxito. A cor laranja escolhida traz as idéias de sucesso,

agilidade mental e boa sorte, simbolizando encorajamento, robustez, gentileza e prosperidade.

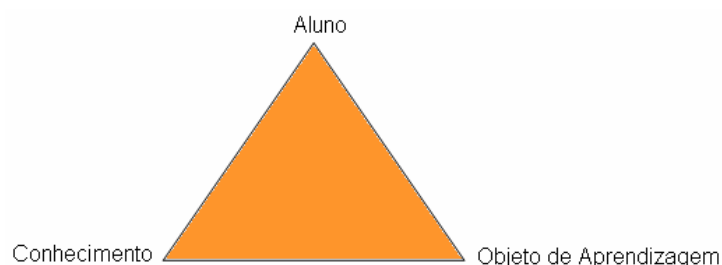


Figura 6 5 - DIMENSÃO DOCUMENTAL

Os objetos de aprendizagem nesta dimensão têm um papel fundamental de servir ao aluno. Para isso as características pertinentes para este fim têm aparência de um paradigma inovador. O objeto tem a função de mediador pois modifica a postura do estudante diante do processo de aprendizagem.

Uma questão com maior abrangência se refere aos critérios que o objeto de aprendizagem deve obedecer para incorporar os princípios educacionais considerados fundamentais no processo de aprendizagem.

Para isso as seguintes características e critérios devem ser trabalhados para desenvolver objetos de aprendizagem que atendam bem a dimensão descrita no quadro 6.1:

## **6.2 Conjuntos - a união das dimensões (faces) do tetraedro**

Nesta seção se trata de analisar a união das faces, duas a duas, formando conjuntos (asas) representados pelas seis arestas do tetraedro pedagógico.

### **6.2.1 Conjunto Educacional**

O conjunto educacional é a união de duas dimensões, a pedagógica e a didática e o foco está direcionado ao professor e aluno (figura 6.6).

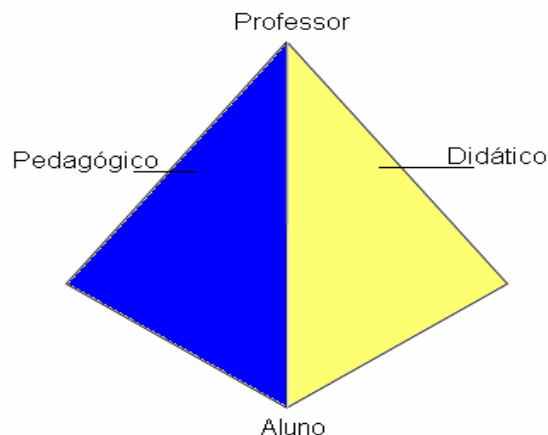


Figura 6 6 - CONJUNTO EDUCACIONAL

É o conjunto que traz luz à solução dos problemas com a tranquilidade e segurança que o aluno precisa.

O conjunto é uma das junções onde a relação professor-aluno é analisada. O professor tem o objetivo de promover a aprendizagem do aluno. Para atingir este objetivo não basta ministrar uma boa aula e trabalhar de forma organizada os conteúdos. As concepções teóricas devem ser bem fundamentadas a sua prática e se possível a prática do aluno. Com o avanço tecnológico exige-se tanto do professor quanto do aluno uma postura diferente da tradicional: o professor, um facilitador de aprendizagem e, o aluno, um receptor ativo que indaga e participa. É necessário que o aluno e o professor conheçam recursos tecnológicos existentes e saibam lidar com eles, de maneira que possam agir, interagir e como consequência construir o conhecimento.

Para Vygotsky (1998a) a aprendizagem é aquisição de muitas capacidades para pensar sobre várias coisas. O ato de pensar, faz com que ocorra a aprendizagem. Trazendo este conceito para a atualidade onde as tecnologias adentram as salas de aula, pode-se considerar que, as tecnologias da informação e comunicação podem contribuir muito para o aprendizado do aluno como também do professor. E para que isso ocorra, o trabalho deve ser colaborativo e interativo. Colaborativo, isto é, a contribuição de cada um para com o grupo, que pode ser através da Internet, em uma lista de discussão ou por correio eletrônico entre

outros mecanismos. E interativo onde todos interagem no grupo mediados por tecnologias.

A *Web* ocupa um espaço cada vez maior no dia a dia das pessoas. E, o professor pode usar isto como uma ferramenta de ensino, que o auxilia na busca de novas informações, novos métodos de interação com o aluno, como por exemplo através de listas de discussão, inerações síncronas como *chats* e resolução gráfica-interativa de problemas com o auxílio de objetos de aprendizagem. Recursos disponíveis gratuitamente têm se tornado fundamentais para o desenvolvimento do trabalho do professor, pois em todo o processo de construção do conhecimento, se faz imprescindível o uso deste tipo de instrumento aplicado na construção do conhecimento, tanto do professor como dos alunos.

Neste conjunto educacional cada aluno é sujeito de seu processo de aprendizagem, enquanto o professor é mediador na interação dos alunos com os objetos de aprendizagem. Por isso estes objetos possuem características e critérios baseados nas teorias do ensino e aprendizagem abordadas no capítulo Teorias de Aprendizagem desta tese (capítulo 3). E, os critérios destacados para a construção de objetos de aprendizagem estão no quadro 6.1:

Neste ponto se julga oportuno o acréscimo de um conjunto de critérios relacionados com o processo de ensino e aprendizagem. É como um critério maior que reagrupa um conjunto de elementos das teorias pedagógicas e da didática que influenciam na qualidade de um software educacional (Silva, 2002).

Assim, inclui-se aqui um conjunto de critérios relacionados a ensino e aprendizagem:

- Ensino e Aprendizagem:
  - Critérios Didáticos e de Conteúdo: é a preocupação com o ensino, que é um processo destinado com que pessoas aprendam e cresçam intelectualmente e moralmente, fornecendo-lhes situações planejadas onde os aprendizes vivam experiências que resultam em modificações, concretizando assim a sua aprendizagem. Para



garantir que a aprendizagem ocorra eficazmente (Silva 2002) propõe 8 sub-critérios:

- condução do aprendiz; técnicas que permitem guiar o aprendiz. Trata de orientar, sinalizar, situar e delimitar trajetos;
  - estruturação do conteúdo; ligações lógicas entre elementos;
  - sistemas de ajuda *on-line* com a presença de tutores;
  - objetivos de aprendizagem: intenções pedagógicas traduzidas em objetivos gerais e operacionais;
  - clareza e conteúdo: conjunto de conhecimentos e habilidades, hábitos, competências, valores organizados pedagógica e didaticamente;
  - validade do conteúdo: operações que demonstram que o produto responde bem ao objetivo de formação suscitado pela sua criação;
  - estratégias didáticas: estratégias aplicadas para atender aos objetivos da aprendizagem como a descoberta guiada ou livre, diálogo interativo, a solução de problemas, o ensino dirigido, etc;
  - métodos pedagógicos: um conjunto de estratégias, procedimentos ordenados que determinam e fixam o modo de intervenção no programa, exemplo de uma técnica tentativa e erro.
- Emocionais e Afetivos:
- autonomia: criar situações de aprendizagem com alto grau de liberdade para levar o aluno ao trabalho autônomo, com tipos de ajuda diferenciada;
  - motivação: aspecto dinâmico do comportamento;
  - maturação / experiência: refere-se ao nível intelectual do usuário;

- Componente Cognitiva:
  - carga mental: controle de conteúdo informacional que pode levar o usuário a um stresse físico e psíquico;
  - experiência do aprendiz: o programa prever estratégias didáticas diferenciadas para usuários, iniciantes e experimentados.

Este último conjunto 'Ensino e Aprendizagem' é um critério pedagógico desenvolvido por Silva (2002) que devem ser utilizados junto com os outros critérios abordados no tema de teoria de ensino e aprendizagem.

### 6.2.2 Conjunto *Pedmental*

O conjunto *Pedmental* trata da união das dimensões pedagógica e documental onde o foco está direcionado ao aluno e objeto de aprendizagem (figura 6.7).

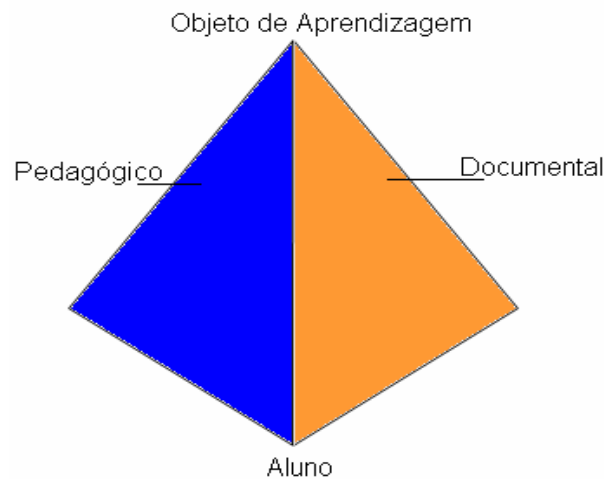


Figura 6 7 - CONJUNTO PEDMENTAL

É o conjunto que simboliza a segurança e traz o sucesso e favorece as atividades intelectuais.

Para o aluno o que interessa em um software é que funcione, não tenha problemas com erros, seja acessível e fácil de usar. Para isso ele deve ter as características e critérios descritos no quadro 6.1.

### 6.2.3 Conjunto *Didmental*

O conjunto *Didmental* é união das dimensões didática e documental focado no aluno e conhecimento como ilustrado na figura 6.8.

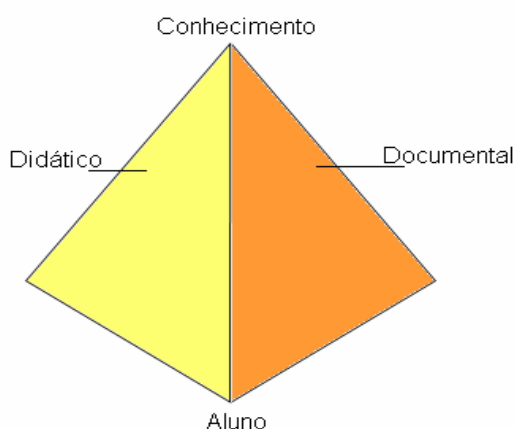


Figura 6 8 - CONJUNTO DIDMENTAL

É o conjunto que busca apresentar o caminho para a solução dos problemas em estudo, ajuda a reter o conhecimento e a dar maior agilidade mental.

O ensino mediado pelo computador baseia-se fortemente na abordagem pedagógico-construtivista na qual o foco é orientado ao aluno e ao aprendizado. Permite liberar o aluno de restrições impostas pelo conhecimento pronto, passando este a ser protagonista e buscando de forma orientada, e com certo grau de autonomia, a informação necessária para a sua aprendizagem. As conseqüências são positivas, como estímulo ao uso do método de pesquisa onde a teoria e a prática se fazem presentes.

Os objetos de aprendizagem podem ser vistos como uma poderosa ferramenta na mão de alunos e professores. O aluno tem em suas mãos uma ampla fonte de informações sobre um determinado conteúdo. Com o uso de objetos de aprendizagem o aluno encontra apoio para 'aprender a aprender'. Desta forma, o conhecimento pode ser obtido através da interação entre objeto e o aluno, com apoio em hipertextos, imagens, sons e vídeos. É uma interpretação

individual sobre determinado assunto que o leva a decidir qual caminho (*hyperlink*) utilizar. Este pode motivar para o aprofundamento de seus conhecimentos. A navegabilidade de um objeto de aprendizagem pode fazer com que o aprendente reflita e determina as características dos objetos segundo este conjunto, descrito no quadro 6.1.

#### 6.2.4 Conjunto *Escolástico*

Como a união das dimensões didática e mediática, este conjunto é focado no professor e conhecimento ( figura 6.9 ).

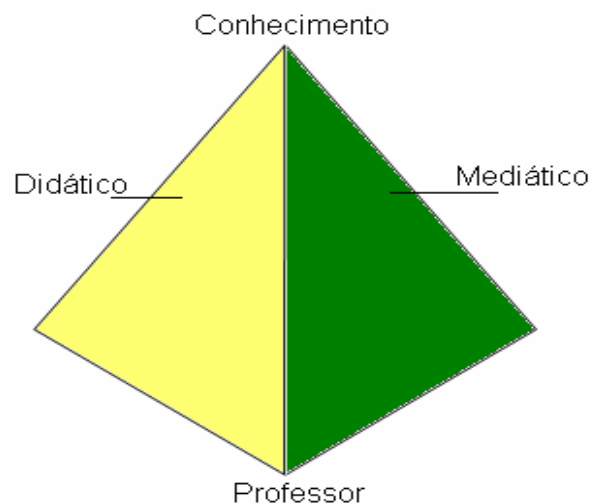


Figura 6 9 - CONJUNTO ESCOLÁSTICO

O conjunto que representa as energias da natureza, traz o sucessor que aborda a prosperidade e a satisfação da docência.

Com o avanço das tecnologias da informação dentro das salas de aula, o conhecimento vem se desvinculando de um espaço físico e da figura do professor. Percebe-se que o conhecimento passou a morar na ponta dos dedos num simples clicar de teclas. A facilidade e a rapidez com que a informação é disponibilizada são fantásticas.

Para esta realidade o ensino e a aprendizagem nos meios didáticos recolocam o problema para a formação do professor, ressaltando a importância do seu conhecimento científico e da natureza de sua competência em uma visão

construtivista. Passar o conhecimento auxiliado por objetos de aprendizagem em lugares remotos pode ser uma alternativa.

O professor é na essência, um pesquisador, tanto no horizonte da pesquisa como na busca de subsídios que levem seu aluno a aprender novos conhecimentos. O professor tem pela frente o desafio de transmitir com eficácia este conhecimento, que muitas vezes é complexo. Para isso tem disponível a tecnologia da informação para auxiliá-lo no cumprimento desta tarefa.

Villani e Pacca (2006) afirmam que para o professor transmitir o conhecimento é importante, entre tantas, compreender a diferença entre uma estrutura lógica do conhecimento científico, que constitui num produto acabado e uma organização histórica de sua produção, que constitui num processo no qual os pontos essenciais são o aparecimento e a superação das rupturas e conflitos entre o conhecimento velho e o novo. E ao lado do conhecimento novo estão as inovações tecnológicas da comunicação, como por exemplo, os objetos de aprendizagem. Para isso os objetos de aprendizagem devem ter as características e critérios descritos no quadro 6.1.

### 6.2.5 Conjunto *Pético*

O conjunto *Pético* é a união das dimensões pedagógica e mediática, com foco no professor e no objeto de aprendizagem (figura 6.10).

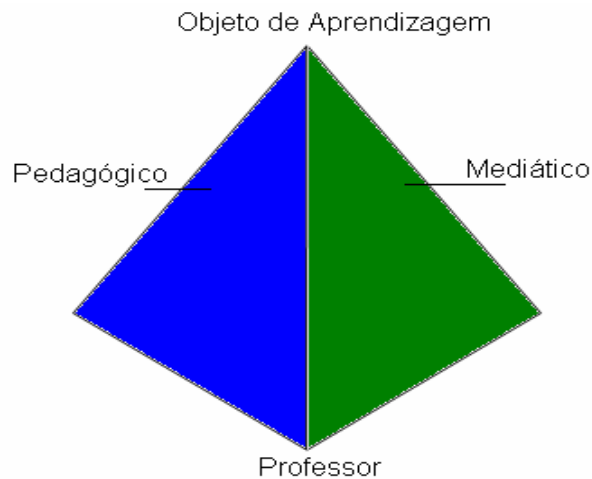


Figura 6 10 - Conjunto Pético

Na alusão das cores, o conjunto *Petico* carrega a ternura, paz de espírito e segurança do professor e a satisfação, as energias da natureza e a vida nova que o objeto pode proporcionar ao aluno quando realmente concretiza a aprendizagem.

O professor diante de novas tecnologias passa a ser um aprendiz, tornando-se necessário que ele aprenda a utilizar as ferramentas que a tecnologia disponibiliza e desenvolva objetos de aprendizagem que possa fazer uso com seus alunos. Na realidade ele passará a aprender a aprender com seus alunos. E também lembrar que seu aluno diante de tanta tecnologia necessita ser apoiado, motivado e despertado para aprender conteúdos que muitas vezes tornam-se frustrantes devido ao seu alto grau de complexidade. Por tudo isso, os objetos de aprendizagem devem conter as características e critérios descritos no quadro 6.1.

#### 6.2.6 Conjunto *Medmental*

O conjunto *Medmental* é a união das dimensões mediática e documental e está focado no conhecimento e no objeto de aprendizagem (figura 6.11).

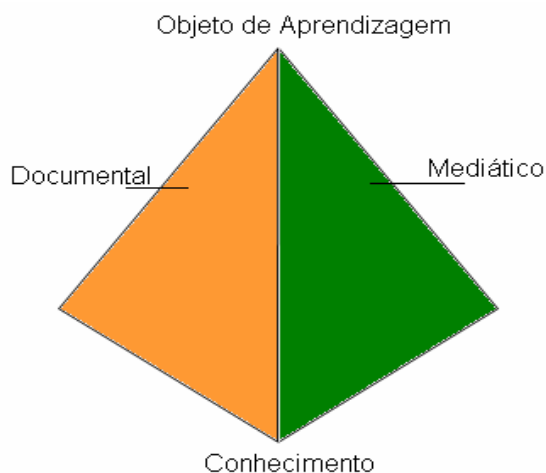


Figura 6 11 - CONJUNTO MEDMENTAL

Este conjunto, além de reunir um conjunto de critérios desenvolvidos sobre a qualidade do objeto na visão de programadores, tem também a energia da natureza representada pelo conhecimento e a agilidade mental que pode proporcionar ao aluno com o uso do objeto de aprendizagem. Refere-se a parte

ergonômica e em particular ao desenvolvimento dos padrões de construção dos objetos de aprendizagem abordados no capítulo anterior. Desse modo procedem os seguintes critérios descritos no quadro 6.1.

### 6.3 A construção de critérios segundo o universo

Neste ponto se analisam as relações das três faces comuns a cada um dos quatro vértices (elementos protagonistas e fundamentais da análise).

#### 6.3.1 Professor

O que é pedagógico, didático e mediático influencia o professor e vice-versa (figura 6.12).

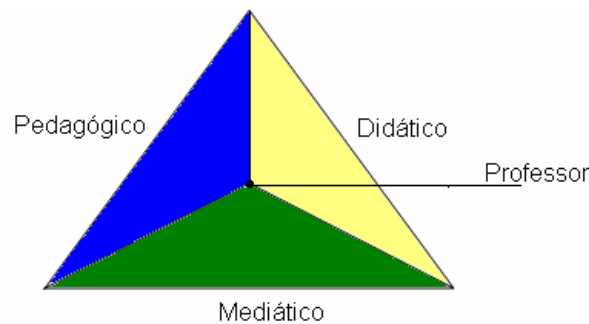


Figura 6 12 - UNIVERSO PROFESSOR

É o universo da solução de problemas com o auxílio das energias da natureza e a tranquilidade, ternura e a segurança que o professor mostra os caminhos para o conhecimento ao seu aluno.

O professor ou facilitador da aprendizagem deixa de ser responsável direto pela transmissão do conteúdo para tornar-se facilitador e provocador do processo, através da elaboração de conteúdos interativos e atraentes. O professor com o auxílio dos objetos de aprendizagem pode construir seu curso e com a ajuda de outros professores ou profissionais utilizando objetos ou partes dos objetos de aprendizagem de outros autores para montar sua aula ou curso. O professor passa a assumir o papel de companheiro, de líder, concentrando-se em estimular a aprendizagem através das tecnologias da informação e o uso de ferramentas tecnológicas. Nesse contexto, segundo Levy (2000), o professor é incentivado a

tornar-se um animador da inteligência coletiva de seus grupos de alunos ao invés de um fornecedor direto de conhecimento.

Com a influência das dimensões: pedagógicas em que o professor é um incentivador, didática: o professor promove uma aprendizagem motivacional e a mediática: floresce a influência da tecnologia da informação, sendo o objeto de aprendizagem o meio pelo qual o professor utiliza para levar o conhecimento aos seus alunos.

### 6.3.2 Aluno

O que é pedagógico, didático e documental influencia o aluno e vice-versa (figura 6.13).

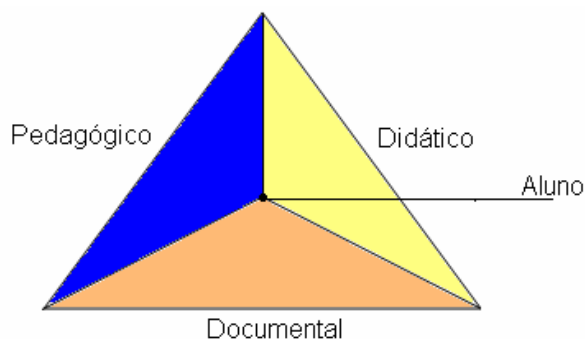


Figura 6 13 - O UNIVERSO ALUNO

Este universo é a união do sucesso para as soluções dos problemas com a tranqüilidade que o aluno necessita.

Segundo Piaget (1991), a criança aos 12 anos inicia o processo de abstração. O raciocínio, antes concreto, torna-se abstrato. Inicia por hipóteses e deduções e passa a ser lógico. Abre-se o universo da matemática, das funções lineares, e, conseqüentemente, abre-se o universo do cálculo diferencial e integral, e por sua vez da análise numérica onde o aluno percebe na prática tudo o que aprendeu na teoria.

Para Piaget (1991) em uma abordagem construtivista, a autonomia é fundamental e está relacionada à participação onde o aluno auxilia na reflexão crítica da realidade. Ao construir o conhecimento, aprende os mecanismos de produção tornando-se independente.

Em uma abordagem comportamentalista (*'behaviorista'*), a capacidade de conhecimento do aluno vem do meio físico/social. O aluno recebe e repete as



informações, quantas vezes forem necessárias para a fixação. Ele é responsivo, i.e., aprende se o professor ensinar (Becker, 1994).

Por estas abordagens, o aluno tem influência das dimensões pedagógica, didática e documental. Na pedagógica existe a relevância das teorias de aprendizagem vistas no capítulo três. Na dimensão didática, em especial, entra a metodologia do professor ao transmitir o conteúdo com o auxílio da tecnologia, isto é, os objetos de aprendizagem. E na documental, que pode contar com um tutorial, por exemplo, o porto seguro do aluno na ausência do professor.

É da influência destas três dimensões pedagógica, didática e documental, que se favorece a formação sólida do jovem estudante.

### 6.3.3 Objeto de aprendizagem

O que o pedagógico, mediático e documental influencia o objeto de aprendizagem e vice-versa (figura 6.14).

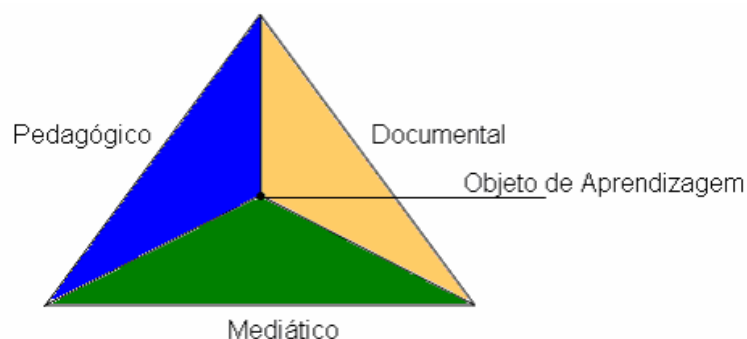


Figura 6 14 - O UNIVERSO OBJETO DE APRENDIZAGEM

O universo do objeto de aprendizagem simbolizando vida nova, segurança, encorajamento, gentileza e prosperidade.

O uso de objetos de aprendizagem é uma estratégia de ensino baseada na aplicação de tecnologia, sem limitação de lugar, tempo, ocupação. É uma ação conjunta entre as novas tecnologias que incluem as hipermídias, as redes de comunicação interativas e as metodologias de ensino e aprendizagem em ambientes virtuais. Proporciona uma aprendizagem autônoma com apoio dos meios de comunicação. Isso implica em novos papéis e novos enfoques metodológicos para alunos, professores e pedagogos.

Os objetos de aprendizagem possuem características que procuram resolver problemas existentes quanto ao armazenamento e distribuição de informação por meios digitais. Essas características segundo Longmire(2001) são:

- Flexibilidade: se o objeto for projetado para ser usado em múltiplos contextos; esse reuso é facilitado para que o objeto possa ser reescrito para cada contexto novo;
- Facilidade das atualizações: as marcações dos metadados facilitam atualização e a uma busca rápida;
- Customização: os objetos de aprendizagem maximizam o potencial do software; a personalização do conteúdo permite o reuso do material segundo sua granularidade;
- interoperabilidade: a possibilidade de uso de objeto de aprendizagem em locais e sistemas diversos;
- Facilitação da aprendizagem baseado na competência: refere-se ao desenvolvimento dos metadados.

À luz do modelo de características proposto, se destacam para acréscimo, a questão de facilidade de atualizações e a facilidade de aprendizagem baseada na competência, ambas atreladas aos metadados.

Desenvolver um modelo padrão para objetos que provem de uma estrutura de dados baseado nos metadados facilita para os projetistas. Dá a oportunidade de organizar as informações e granular os objetos, como também facilita a possibilidade de seu reuso, sendo o grande diferencial em relação a outras classes de softwares educacionais no mercado.

Assim, desenvolver objetos de aprendizagem deve ser ação norteadada pela visão destas três dimensões: *documental*, que além de conter os documentos apresenta todas as características ergonômicas de um software educacional; *pedagógica*, isto é, que tem a finalidade de transmitir o conhecimento; e, a *mediática*, em que o objeto tem o papel de mediador entre o ensino e a aprendizagem. Os objetos de aprendizagem devem ser elaborados e desenvolvidos de tal maneira que a probabilidade de ocorrência de erros seja a mínima possível, isto é, desenvolver objetos com qualidade.

### 6.3.4 Conhecimento

O que é didático, mediático e documental influencia no conhecimento e vice-versa. (figura 6.15).

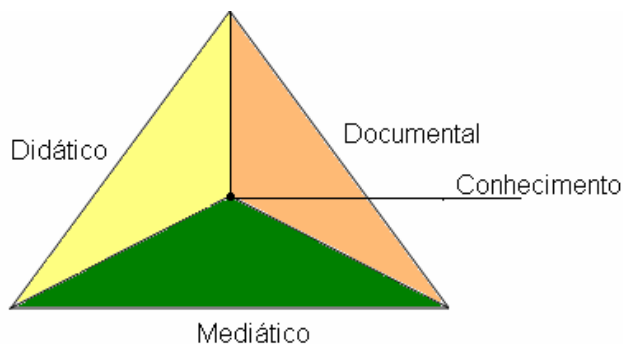


Figura 6 15 - O UNIVERSO CONHECIMENTO

Para Vygotsky (1998) o conhecimento depende fundamentalmente da adaptação à realidade externa.

Já em uma visão cognitivista, a aquisição do conhecimento se dá pela pesquisa, investigação e solução de problemas. A melhor maneira de aprender, é construindo o seu próprio conhecimento.

Piaget (1991) defende a idéia que a construção do conhecimento se dá através da interação do sujeito com o objeto. As estruturas dentro do sujeito são construídas.

Por isso o conhecimento tem grande influência nas dimensões didática, mediática e documental e vice-versa.

É grande a importância da didática para se chegar ao conhecimento. É comum ouvir alunos comentarem que professor X tem um alto nível de conhecimento mas não tem didática, isto é, não consegue transmitir o conhecimento a ponto que ocorra a aprendizagem. É significativa a influência da dimensão mediática, a presença do professor com o auxílio da tecnologia enriquece o processo de ensino e aprendizagem. A presença de tutores ou tutoriais completam o quadro com a dimensão documental. E, conseqüentemente, o conhecimento é o ponto-chave das três dimensões, pois ele é o pivô no processo de ensino e aprendizagem.

#### **6.4 Considerações finais**

A partir de um levantamento das características necessárias para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem destinados ao ensino de conceitos matemáticos, em especial de métodos numéricos em problemas de engenharia, desenvolveu-se um estudo das características destes objetos segundo os elementos básicos e suas interrelações no aqui chamado *Tetraedro de Chevallard* (Chevallard et al. *apud* Malard, 2004).

Assim, os elementos (professor, aluno, conhecimento e objeto de aprendizagem) e as suas relações são abordados e analisadas com foco na construção dos objetos de aprendizagem numéricos. Inicialmente quanto às quatro faces (chamadas aqui de **dimensões**): *didática, pedagógica, mediática e documental*. Depois, a análise se realiza quanto a união (junção pelas arestas) das faces duas a duas (**conjunto**), formando seis conjuntos com intersecção representada pelas arestas relacionando os elementos básicos dois a dois: *educacional, pedmental, didmental, escolástico, pediático e medmental*. Finalmente, a análise é da integração das faces, três a três, resultando como intersecção os vértices, elementos básicos da representação (aqui chamados de **universos**): *aluno, professor, objeto de aprendizagem e conhecimento*.

Na sequência deste trabalho são apresentadas experiências de desenvolvimento e uso de diversos objetos de aprendizagem à luz do modelo de características proposto, demonstrando sua aplicabilidade.

## **7 As etapas de desenvolvimento para a construção de objetos de aprendizagem numéricos**

Neste capítulo são apresentadas as etapas de desenvolvimento para a construção de objetos de aprendizagem numéricos no enfoque adotado, diversas experiências de desenvolvimento e resultados na construção de objetos de aprendizagem e de dois repositórios (um para a área de engenharia de estruturas – OE3 e outro para métodos numéricos - NuMeLOS).

### **7.1 Introdução**

Já dizia o conhecido provérbio: *‘uma imagem vale por mil palavras’*. Este provérbio pode ser importante mote de motivação para a construção de objetos de aprendizagem numéricos. Tem-se a esperança de melhorar o ensino e aprendizagem de conteúdos com alto grau de dificuldade, conseqüentemente, ajudar a resolver o problema de baixo aproveitamento em diversas disciplinas de engenharia e áreas afins, em especial no contexto dos métodos numéricos.

Inicialmente são apresentados diagramas ou esquemas representativos do processo de solução de alguns problemas na forma abordada por seus autores.

Já dizia Gomes e Velho (1998), “a imagem é o produto final da maioria dos processos que envolvem a computação gráfica”. No enfoque deste trabalho, isto tem a ver com objetos de aprendizagem numéricos, posto que a solução dos problemas a serem endereçados está diretamente relacionado com diversos modelos matemáticos. Estes, por sua vez estão ligados à construção destes modelos, onde o produto final pode ser uma ligação da interface com o usuário, bem representada por gráficos e imagens.

Gomes e Velho (1998) afirmam que nos últimos anos a computação gráfica teve grandes impulsos dando origem a uma nova área, a visualização científica, que incentivou pesquisas sobre uso de técnicas de computação gráfica na interação entre o homem e o computador em problemas de modelagem científica

computacional. Na área da matemática aplicada que envolve uso de métodos computacionais, estes autores descrevem níveis conceituais de abstração chamados de paradigma dos quatro universos (figura 7.1).

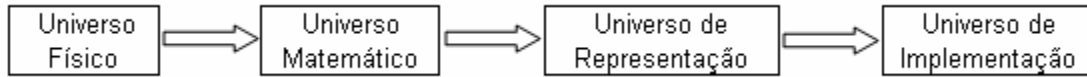


Figura 7.1 NÍVEIS CONCEITUAIS DE ABSTRAÇÃO – FONTE GOMES E VELHO, 1998, P.7

O universo físico contém os objetos do mundo real; o universo matemático contém uma descrição abstrata dos objetos do mundo físico; o universo de representação é constituído por descrições simbólicas e finitas associados a objetos do universo matemático; e o universo de implementação associa as descrições do universo de representação às estruturas de dados, com a finalidade de ter uma representação do objeto no computador.

Barroso et al. (1987) representam um esquema no processo de solução de um problema físico por meio de aplicação de métodos numéricos como mostrado no diagrama da figura 7.2. Modela-se o problema através de um modelo matemático (fase de modelagem), resolvendo-o com a utilização de métodos numéricos e encontrando-se a solução numérica do problema físico.

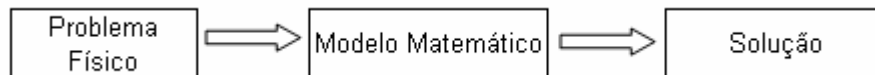


Figura 7.2 - Processo de solução de um problema físico - Fonte: Barroso et al. p. 1(1987)

Ruggiero e Lopes (1988), a seu turno, afirmam que existem várias fases para resolver um problema conforme a figura 7.3.

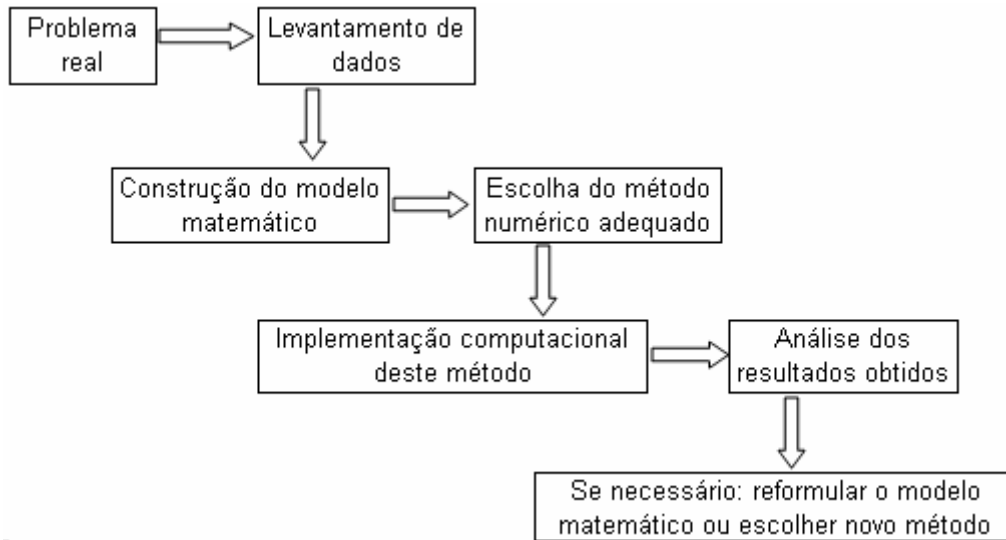


Figura 7 3 - FASES ESTRUTURADAS – ADAPTADO DE: RUGGIERO E LOPES, 1988, P.1

O problema real está interligado com o levantamento de dados e após estas fases vem a construção do modelo matemático. Segue-se com a escolha do método adequado e a implementação computacional deste método. Após essa implementação analisam-se os resultados obtidos. E, finalmente, com a análise do resultado final, se for necessário, volta-se ao processo inicial com a reformulação do modelo.

Barzel (1992) faz uma análise de estrutura de modelos e define um modelo adequado chamado de **ARI** que pode ser decomposto em **Abstração**, **Representação da abstração** e a **Implementação**, esquematizado na figura 7.4.

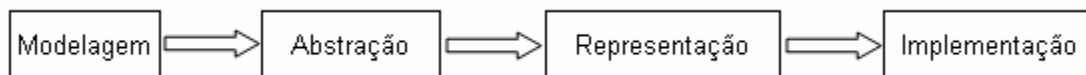


Figura 7 4 - MODELO DA ESTRUTURA "ARI" – ADAPTADO DE : BARZEL, 1992, P.29

Na Abstração são expressas as propriedades e as características consideradas pelo autor como fundamentais para um modelo. Na Representação o relato formal do modelo é realizado. Este aqui pode ser editado, copiado e analisado pois contém informações suficientes para se iniciar a construção do

modelo e seguir adiante. Na Implementação ocorre a efetivamente a construção do modelo e é a fase onde se executa o modelo gerado (Barzel,1992).

## **7.2 Desenvolvimento de objetos de aprendizagem numéricos**

Os cuidados para desenvolver um objeto de aprendizagem numérico são semelhantes à busca de solução de problemas ligados a engenharia e áreas afins. Em muitos casos, é necessário utilizar métodos numéricos para solucionar tais problemas e pode-se usar um dos esquemas anteriores para o processo.

Além disso, seguindo o modelo de características apresentado neste trabalho, o desenvolvimento destes objetos de aprendizagem deve prever: a possibilidade de seu reuso, a sua organização e a sua descrição na forma de metadados, sendo armazenados em um sistema de gerenciamento de conteúdos ou de aprendizagem (*Learning Content / Management Systems – LCS / LMS*) que unifique o sistema como colocado no capítulo 2.

A tarefa para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem envolve alguns fatores como, por exemplo, a montagem de uma equipe multidisciplinar, composta por: professor, aluno ou usuário, *designer instrucional*, programadores com experiência sólida em multimídia/hipermídia. Nesta equipe cada participante tem papel importante no processo e a produtividade depende da harmonia entre os integrantes: o grupo num todo deve ser organizado e eficiente.

O professor é a pessoa responsável pela parte pedagógica do objeto, e pela especificação dos cálculos no processo de desenvolvimento, pelo cronograma de execução e também acompanha as atividades realizadas durante o desenvolvimento do objeto. É com ele que o *designer instrucional* interage para levantar dados sobre o objeto e sua interface.

O aluno ou usuário, é a pessoa para o qual o sistema é construído. É o indivíduo que realmente utilizará o sistema. A única maneira de se ter sucesso no projeto de construção do objeto é ter um aluno satisfeito com o sistema de informacional construído e consciente do enriquecimento acadêmico adquirido



com o uso do objeto de aprendizagem. O usuário deve se tornar um participante ativo no desenvolvimento do sistema e é de fundamental importância para o sucesso da construção de um objeto de aprendizagem .

O *designer instrucional* no contexto deste trabalho, é o profissional responsável pela conversão do conteúdo para a metodologia adequada (do ponto de vista pedagógico e ergonômico) de modo a potencializar a aprendizagem através do objeto de aprendizagem. Deve ter o domínio dos princípios de interface homem-computador, compondo um mapeamento direto entre o mundo real e o sistema com o qual será realizada a interação. É responsável pela interface do objeto de aprendizagem.

O programador trabalha ao lado do *designer instrucional* e é responsável pela implementação do sistema. Participa ativamente da parte final do projeto. Deve ter domínio das ferramentas de desenvolvimento baseadas em ambientes e linguagens de programação voltadas a aplicações numéricas e hipermídia (Internet/Web). Deve poder ler e implementar os modelos resultantes do trabalho do *designer instrucional*.

Após a formação de uma equipe neste processo colaborativo segue-se para a elaboração de objetos de aprendizagem numéricos. Seu início é através da identificação de um problema e o estudo das possibilidades de soluções, buscando uma melhor maneira de produzir um novo objeto. Para isso foi elaborado um esquema de resolução de problemas com auxílio de ferramentas computacionais, isto é, os objetos de aprendizagem numéricos (figura 7.5).

O esquema desenvolvido inicia com a definição do problema em si, o levantamento de dados com o estudo das alternativas para a solução do problema, a construção do objeto de aprendizagem e o local onde o objeto e a sua descrição em metadados devem ser armazenados para que os usuários tenham livre acesso.

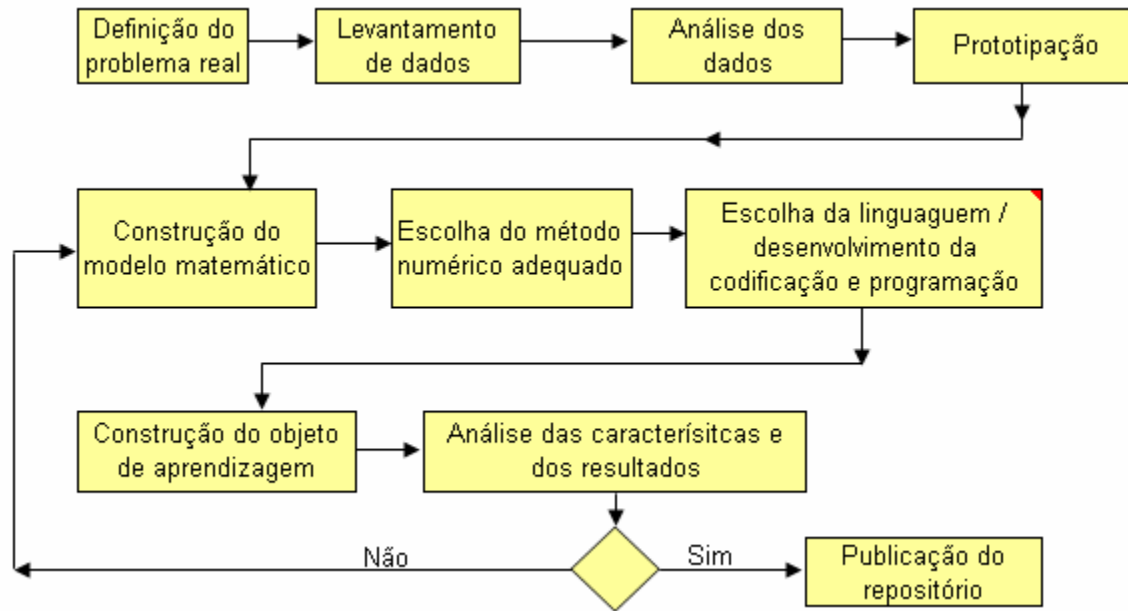


Figura 7 5 - ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM NUMÉRICOS

### 7.2.1 Definição do problema real

A escolha para o desenvolvimento de um objeto de aprendizagem numérico consiste, primeiro em detectar um problema real de engenharia, com foco na área de pesquisa operacional, por exemplo, e, segundo em realizar um estudo detalhado deste problema de modo que seja possível o levantamento e verificação dos dados do problema.

### 7.2.2 Levantamento de dados

Responder questões como: o que se quer, especificar o que o objeto deve fazer, o que se tem, como tabular o que se quer, é de grande valia para levantar dados do problema.

Nesta fase deve-se ter cuidado com os dados e os possíveis erros que podem deturpar o resultado final da resolução do problema. Os erros neste processo de levantamento de dados podem ser resultantes da precisão do aparelho utilizado ou até da representação de números, que nos sistemas computacionais tem representação finita em uma base, por exemplo a base

binária, e não finita em outras bases, ou de quantas casas decimais se utilizou nos cálculos e se haverá arredondamento ou truncamento depois de determinada casa decimal (Ruggiero e Lopes, 1988).

Burden e Faires (2002) afirmam que a aritmética utilizada por uma calculadora ou por um computador é diferente daquela empregada nos cursos de cálculo e álgebra. E esta diferença pode ser esclarecida no estudo da aritmética de dígitos finitos. Afirma ainda que no mundo do cálculo computacional cada valor numérico é representável por apenas um número fixo e finitos dígitos. Isto significa que a maioria dos números racionais pode ser representada exatamente. No entanto, a raiz de três,  $\sqrt{3}$ , que não é racional, em um computador ou em uma calculadora é apresentada como um resultado de valor aproximado cujo o seu quadrado não é exatamente 3. Esta diferença em muitos casos passa despercebida, porém podem aparecer problemas em virtude desta discrepância.

E este conhecimento deve estar presente na fase de levantamento dos dados para que na análise, que é a próxima etapa, se esteja ciente disto para evitar futuros problemas na obtenção dos resultados da modelagem.

Após realizada esta etapa verificando todos os possíveis insucessos da elaboração do objeto, segue-se o processo fazendo-se uma análise preliminar do problema para se chegar ao caminho da solução numérica pretendida.

### **7.2.3 Análise dos dados**

Os dados necessários são encaminhados para a etapa de análise. O programador e o *designer instrucional* fazem esta análise para a verificação da viabilidade do sistema através de características operacionais do objeto (informação, função, dados e comportamento), tendo como meta reconhecer os elementos básicos do problema tal como são reconhecidos pelo professor.

Esta análise está ancorada num conjunto de princípios básicos adaptados da Engenharia de Software, a partir do trabalho de Pressman (2002), e que podem ser propostos para os objetos de aprendizagem numéricos, a saber:

- o domínio da informação é modelado em conteúdo (coleção de informações), fluxo (modo pelo qual os dados se modificam) e estrutura (organização interna dos vários itens dos dados e controle);
- a função é descrita; para que o objeto realize a sua função precisa de pelo menos três funções genéricas: entrada, processamento e saída e para isso o objetivo é focalizar funções específicas do problema;
- o comportamento é representado; o objeto vai responder a situações problema do mundo real e para isso um modelo de comportamento cria uma representação do objeto;
- os modelos de dados, funcional e comportamental, são particionados para expor maiores detalhes; este princípio é para problemas complexos com dificuldade para o seu entendimento como um todo.

#### **7.2.4 Prototipação**

O desenvolvimento de um protótipo permite que o usuário, neste caso o professor, entenda como será a interação homem-máquina do objeto em estudo.

Elabora-se um esboço de como o objeto deve ser, o que deve realizar e como deve ser a interação com o usuário, neste caso o aluno. É realizado um estudo para o desenvolvimento da interface e da forma de interação com o usuário.

Pressman (2002) defende a construção de protótipos e afirma que o protótipo do software é a primeira evolução do sistema acabado. Nomeia como prototipagem evolutiva, isto é, usa o protótipo como primeira parte de uma atividade de análise que vai ter continuidade no projeto e construção.

Para conduzir a uma prototipagem adequada segundo Pressman (2002) é necessário:

- usar ferramentas e técnicas especiais como um conjunto de linguagens de relatório e de consulta a base de dados, geradores de programa e aplicações;
- montar um protótipo usando um conjunto de componente de softwares existentes, isto é, desenvolver uma biblioteca de modo que os componentes possam catalogados para posterior reuso;
- desenvolver ambiente interativo que permita a um analista ou programador criar interativamente especificações baseadas nas linguagens de um sistema ou software e aplicar ferramentas automatizadas que traduzem as especificações baseadas na linguagem para código executável.

Acrescenta-se também a construção da documentação do objeto desde o início das etapas para que, se houver alguma modificação humana no decorrer do projeto, o substituto possa continuar o trabalho sem muitas complicações.

Em muitos casos, o problema a ser resolvido através de um objeto, é muito complexo e a prototipagem torna-se uma alternativa que resulta num melhor esclarecimento e entendimento do problema em si, como também do objeto em que todos tenham a mesma percepção do sistema.

É recomendável esta etapa, pois é nela que serão discutidos e avaliados os possíveis resultados e recomendações para eventuais modificações, reduzindo tempo e custo na execução do projeto.

### **7.2.5 Construção do modelo matemático**

Um modelo matemático envolve a representação ou interpretação simplificada da realidade de um dado problema numérico. Esta representação se faz através de equações e inequações matemáticas, funções e lógica. Desenvolve-se um modelo matemático para aumentar o grau de entendimento da situação problema.

Faz-se um estudo minucioso dos dados do problema para iniciar a construção do modelo matemático. Este estudo deve identificar quais decisões efetivamente resolvem o problema. Devem ser identificadas quais restrições limitam as decisões a tomar e definidos objetivos capazes de indicar a melhor decisão: maximizar ou minimizar uma função objetivo, por exemplo. Este estudo da modelagem matemática é um tópico muito importante, como no estudo de otimizações no auxílio para a escolha de um método numérico adequado para resolver situações problemas sem violar as restrições da função-problema.

Realizado este estudo da modelagem matemática segue-se para a escolha do método numérico mais adequado ao problema modelado.

#### **7.2.6 Escolha de um método numérico adequado**

O objetivo de um método numérico é produzir respostas numéricas a problemas matemáticos. Para essa etapa o professor é o principal personagem.

Identificado o problema, escolhe-se o método numérico adequado a sua resolução. O uso de ferramentas computacionais e a análise matemática servem de auxílio no desenvolvimento de algoritmos relativos ao método solucionando os problemas, visando a máxima economia e confiabilidade em termos dos fatores envolvidos: o tempo de execução, a memória utilizada e a matemática na representação de ponto flutuante (arredondamento e truncamento).

Como um exemplo, nas mais diversas áreas das ciências exatas ocorrem situações-problema que são resolvidos por soluções de equações do tipo  $f(x) = 0$ . Para resolver este tipo de problema existem métodos numéricos conhecidos como: zeros de função, isto é, encontrar as raízes de uma equação  $f(x) = 0$ . A idéia central deste método pode ser partir de uma aproximação inicial para a raiz e em seguida refinar essa aproximação através de métodos iterativos, como por exemplo: Bisseção; Da posição falsa; Posição falsa modificada; Iterativo linear; Newton-Raphson; e, Método da secante (Burden e Faires, 2002).

Como tantos outros a resolução de sistemas lineares também é um problema que surge em diversas áreas. Igualmente foram desenvolvidos métodos para solucioná-los. Existem os métodos diretos, que são resolvidos através do método de eliminação de Gauss que consiste em transformar o sistema linear original num sistema linear equivalente com matriz dos coeficientes triangular superior. Segue a fatoração LU, que consiste em decompor a matriz A dos coeficientes do sistema em um produto de dois ou mais fatores, e, em seguida, resolver uma seqüência de sistemas lineares que conduzirá a solução.

Estudado e escolhido o melhor método para resolver o problema, segue-se a jornada caminhando para a escolha da forma de implementação, com a escolha da linguagem de programação.

### **7.2.7 Escolha da linguagem / desenvolvimento da codificação e da programação**

A escolha da linguagem é realizada através de uma análise elaborada pelos programador e pelo *designer instrucional*, atendida a necessidade.

Após a análise para escolha de uma linguagem de programação que corresponda as exigências mínimas, isto é, que seja orientada a objetos, leve e acessível para a Internet e WWW, neste trabalho a linguagem Java e o ambiente Macromedia Flash foram escolhidos.

Java é uma linguagem de programação que pode ser utilizada para desenvolver aplicativos normais ou para a Internet. É uma excelente ferramenta para criação de aplicativos voltados à Internet, uma vez que é orientada a objeto e suas classes podem ficar armazenadas no computador do usuário, eliminando a necessidade de descargas (*downloads*) demoradas. Além disso, possui uma máquina virtual, onde são executados os programas, deixando o aplicativo independente do sistema operacional do usuário. Esses programas executados diretamente em navegadores da Internet são denominados *applets*. Estes aplicativos são executados como partes de uma página *Web*, e exibidos por um navegador gráfico (*browser*) compatível. O programa é copiado pela rede e

executado no computador do usuário. Isto permite que diversos clientes possam acessar a mesma página ao mesmo tempo sem sobrecarregar o servidor.

A necessidade de um visualizador para o *applet* se deve ao fato de que os programas são “semicompilados”. Assim, um programa desenvolvido em linguagem Java não é um executável, necessitando de um outro programa para ser executado. É esta característica que dá portabilidade ao Java, ficando, entretanto, um pouco menos eficiente na execução.

Nos objetos descritos neste trabalho foi utilizado para o desenvolvimento dos *applets* o pacote de componentes denominado *Swing*. Esse pacote que acompanha a linguagem Java possui elementos para criação de interfaces gráficas, como novos botões, rótulos e outros componentes. Uma vantagem deste conjunto de componentes é a de possuir recursos como textos rápidos de dica (*tool tip text*), facilidades gráficas, vários layouts e serem desenvolvidos totalmente na linguagem Java. Esta característica faz com que esses componentes sejam mais leves que os demais, além de serem mais facilmente editados.

Infelizmente, devido a disputas entre a Microsoft e a Sun Microsystems, que disponibiliza o Java, o *browser* Internet Explorer não carrega automaticamente *applets* Java e por isso é necessário instalar o *plug-in* do Java oferecido pela Sun Microsystems. Existe um código HTML que detecta se o usuário possui o Java em sua máquina e, em caso negativo, automaticamente pede a instalação do *plug-in*. Todo este processo prejudica um pouco a utilização da linguagem Java.

No processo de codificação em linguagem Java, a utilização do Eclipse *Platform* (figura 7.6) facilita a leitura do código colorindo palavras reservadas, números e comentários e facilitando a estruturação do código de uma forma mais legível através de uma tabulação especial. O Eclipse também possui uma espécie de comando autocompletar, que lista as opções disponíveis nos pacotes Java, suas funções, classes, etc.

Da mesma forma, este ambiente de programação apresenta vantagens de compilação, pois o código fonte é compilado dentro do próprio programa



eliminando a necessidade de executar o compilador através de linhas de comando (ambiente MS-DOS). Ambos os processos utilizam o mesmo compilador gerando o mesmo arquivo de extensão *.class*.

Estas mesmas características são válidas para a visualização do *applet* que pode ser feita diretamente através da interface gráfica no Eclipse ou através de uma página *HTML* que se referencie ao *applet*.

Para visualização dos *applets* foram utilizados o próprio Eclipse e o navegador para a WWW Microsoft Internet Explorer 6.0, distribuído gratuitamente no *site* <http://www.microsoft.com> ou o Firefox 2.0 no *site* <http://www.mozilla.com>.

Além da linguagem Java utilizou-se também o programa Flash MX para desenvolver alguns objetos de aprendizagem. Flash é desenvolvido pela Macromedia para criação de páginas e ou componentes gráficos e interativos para Web, como por exemplo imagens, botões, menus e *banners*. Ele gera gráficos vetoriais que são menores e mais ágeis que os arquivos *bitmap* e não perdem resolução quando ampliados, o que sempre foi problema nas figuras *bitmap*.

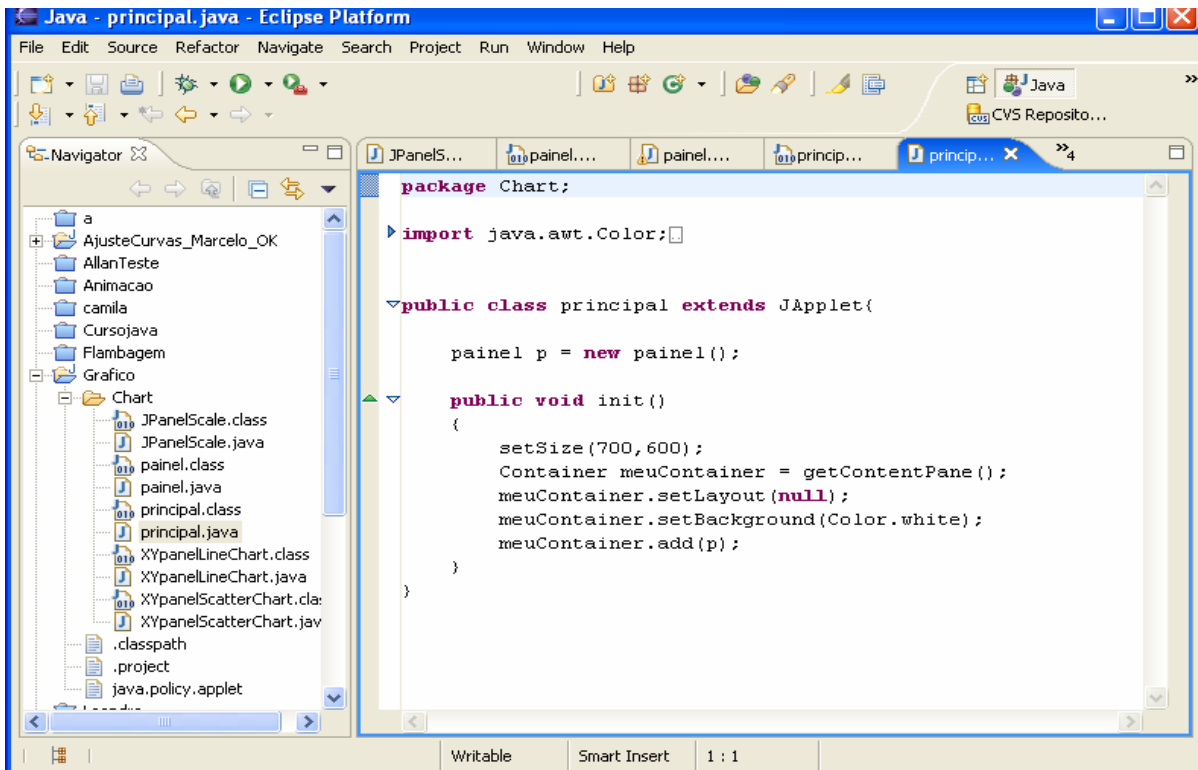


Figura 7 6 - Ambiente de Desenvolvimento Eclipse Platform versão 3.2.1

O programa Flash MX utiliza a linguagem de programação *ActionScript*, orientada a objetos, robusta e inteligente. Essa permite construir *scripts* eficientes através de componentes de códigos, redefinindo e/ou acrescentando funcionalidades ao ActionScript.

O fato desse programa, originalmente criado como ferramenta de animação, trabalhar muito bem com imagens vetoriais, foi decisivo para ele se tornar tão utilizado. O trabalho finalizado ocupa pouca memória, o que o torna conveniente para a distribuição na Web.

### **7.2.8 Construção de objeto de aprendizagem**

No que tange a construção de um objeto de aprendizagem, isto é uma programação orientada a objetos, deve-se levar em conta a aparência da interface e a interação com o usuário.

Devido ao prévio domínio da equipe, envolvida nos projetos relacionados com este trabalho, na programação orientada a objetos e na linguagem Java, partiu-se para a elaboração de *applets* que auxiliassem o processo de ensino e aprendizagem de Engenharia e áreas afins.

A partir de estudos das disciplinas envolvidas, e com os padrões a se adotar já definidos (LOM), se iniciou efetivamente a produção de *applets* Java e aplicativos em Flash no formato de objetos de aprendizagem com a documentação realizada através de metadados em XML.

A Figura 7.7 mostra um exemplo de objeto de aprendizagem construído para a solução de muros de arrimo, utilizando linguagem de programação Flash.

**OE<sup>3</sup>**  
**e-tools**

### Muro de Arrimo

Metodo  
 Rankine  Coulomb

Seu Muro é instável ao tombamento.

Solo Arenoso  Solo Argiloso  Outro

c:  tf/m<sup>2</sup>

x1:  m  $\gamma_{muro}$ :  tf/m<sup>3</sup>  $\gamma_{solo}$ :  tf/m<sup>3</sup>

x2:  m  $\alpha$ :  grau(s)  $\sigma_{solo}$ :  tf/m<sup>2</sup>

h:  m  $i$ :  grau(s)  $\phi_{solo}$ :  grau(s)

Exemplo 1  Exemplo 2  Exemplo 3

Coefficientes de Segurança:  
 Tombamento:  Escorregamento:  Tensões na base:  $\sigma_{méd}$ :   $\sigma_{máx}$ :

Calcular Teoria Relatório

Respostas:  
 EM: -3.775 tm  
 Mx: 12.324 tm  
 My: 0 tm  
 Mp: -16.099 tm  
 Fat: 9.699tf  
 Ea: 6.162tf  
 $\sigma_{mín}$ : 1.131 tm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{méd}$ : 11.2 tm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{máx}$ : 21.3 tm<sup>2</sup>

Elaborado por: Millian Abe e Astor Luft

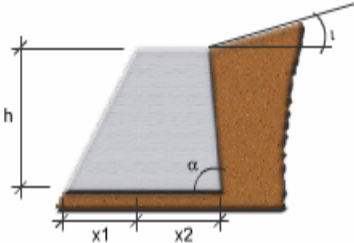



Figura 7.7 - OBJETO MURO DE ARRIMO COM SUA RESPECTIVA ANIMAÇÃO

O objeto explorado (Figura 7.7) foi base para o desenvolvimento de outro objeto (Figura 7.8), tanto em termos de código-fonte em linguagem de programação Flash quanto a elementos da interface humano-computador, qualificando o reuso do objeto de aprendizagem nestes dois aspectos. Neste caso a figura 7.8 mostra a abordagem dada ao problema de barragens (objeto *Barragem*).

Assim, grande parcela da programação para o objeto descrito na Figura 7.7 foi reaproveitada no objeto da Figura 7.8. Esta é uma das facetas da dinâmica de reutilização e programação orientada a objeto, o reuso de código ou trechos da programação realizada.

**Barragem**

Solo Argiloso     Solo Arenoso     Solo Siltoso  
 Água Doce     Água Salgada     Outro

x1:  m    hj:  m  
 x2:  m    hm:  m  
 h:  m     $\gamma_{\text{liq}}$ :  tf/m<sup>3</sup>  
 $\alpha$ :  grau(s)     $\sigma_{\text{solo}}$ :  tf/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{\text{massa}}$ :  tf/m<sup>3</sup>     $\phi_{\text{solo}}$ :  grau(s)

Exemplo 1  
 Exemplo 2  
 Exemplo 3  
 Exemplo 4

Cisalhamento do Concreto:     Coesão:

Coesão:

Sua Barragem é instável ao cisalhamento.

Coefficientes de Segurança:

Cisalhamento:     Tombamento:     Escorregamento:     Tensões na base:  $\sigma_{\text{med}}$ :      $\sigma_{\text{max}}$ :



Figura 7 8 - OBJETO BARRAGEM COM SUA RESPECTIVA ANIMAÇÃO

Naturalmente, existem outras formas de reutilização, como a de um objeto completo em contextos diferentes, como em disciplinas diferentes, cursos diferentes ou mesmo finalidades diferentes (apoio ou material explicativo versus material didático, por exemplo).

Objetos de aprendizagem, como o intitulado *Algoritmo Genético Aplicado a  $p$  Medianas (AgP)* apresentado nas figuras 7.9 a 7.12, têm sido construídos segundo o método ou modelo de características e critérios de objetos de aprendizagem descritos neste trabalho.

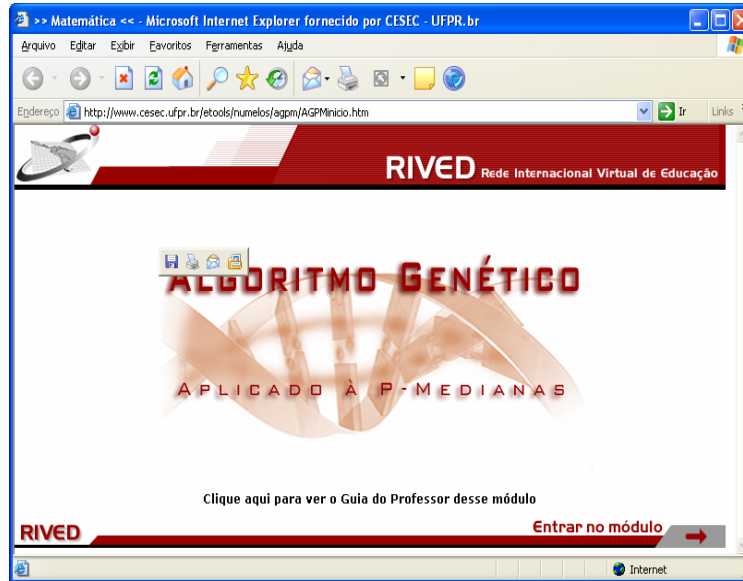


Figura 7 9 - OBJETO COMPOSTO ALGORITMO GENÉTICO

<http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/agpm/AGPInicio.htm>

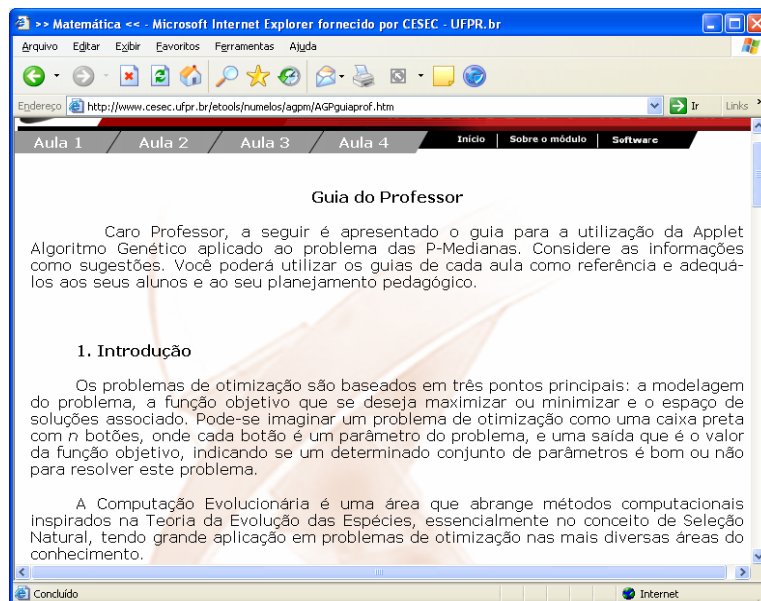


Figura 7 10 - GUIA DO PROFESSOR

<http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/agpm/AGPguiaprof.htm>

Matemática << - Microsoft Internet Explorer fornecido por CESEC - UFPR.br

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/agpm/AGPMaula2.htm>

**RIVED** **ALGORITMO GENÉTICO**  
APLICADO À P-MEDIANAS

Aula 1 / Aula 2 / Aula 3 / Aula 4 / Início / Sobre o módulo / Software

Segunda Aula :

**ALGORITMO GENÉTICO APLICADO AO PROBLEMA DAS P-MEDIANAS**

A seguir, são apresentados os aspectos computacionais do AG proposto para o problema das p-medianas capacitado.

Observe que dado um conjunto de vértices  $V_p \hat{=} V$ , onde  $V$  é o conjunto de todos os candidatos à mediana e  $V_p$  o conjunto de medianas selecionadas (até o momento) para ser a solução do problema, não se pode garantir que  $V_p$  possa atender a todo o conjunto de demanda. Caso a soma das capacidades das medianas contidas em  $V_p$  seja inferior a soma total de demandas, o conjunto  $V_p$  em questão será considerado uma solução infactível para o problema das p-medianas, pois não conseguirá atender às demandas.

Figura 7 11 - EXIBIÇÃO DA AULA 2

<http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/agpm/AGPMaula2.htm>

<http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/agpm/ProgAGpM.html> - Microsoft Internet Explorer fornecido por CESEC - ...

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/agpm/ProgAGpM.html>

**Ajuda**

**Dados de Entrada**

Nº de pontos: 20

X	Y	W
6	2	4
4	5	2
4	7	5
12	11	7
15	9	7
8	8	9
5	12	9
11	13	4
16	16	3
16	14	2
12	12	1
7	3	2
7	0	5
9	3	7
0	9	6
4	8	8
12	4	4
8	6	2
9	8	10
2	12	6

**Parâmetros**

m: 5  
p: 10  
Kmáx: 1000

Inicia: Digite o nº o máximo de iterações desejadas.

**Processo Iterativo**

**Solução Corrente**

(1)	3	4	6	8	12	13	14	15	18	19	F1=	65
(2)	3	4	6	9	12	13	14	15	18	19	F2=	67
(3)	2	3	4	6	9	12	13	14	18	19	F3=	68
(4)	2	3	4	6	8	12	13	14	18	19	F4=	66
(5)	0	3	4	6	8	13	14	15	18	19	F5=	68

**Seleção - Select(p)**

Pai 1: 1      Pai 2: 3

**Cruzamento**

Pai 1: 3 4 6 8 12 13 14 15 18 19  
Pai 2: 2 3 4 6 9 12 13 14 18 19

Filho 1: 3 3 4 6 9 12 13 14 18 19  
Filho 2: 2 4 6 8 12 13 14 15 18 19

**Mutação**

Filho 1: 3 4 6 9 12 13 14 18 19 F= 110  
Filho 2: 2 4 6 8 12 13 14 15 18 19 F= 101

**População Completa**

(1)	3	4	6	8	12	13	14	15	18	19	F1=	65
(2)	3	4	6	9	12	13	14	15	18	19	F2=	67
(3)	2	3	4	6	9	12	13	14	18	19	F3=	68
(4)	2	3	4	6	8	12	13	14	18	19	F4=	66
(5)	0	3	4	6	8	13	14	15	18	19	F5=	68
(6)	3	4	6	7	9	12	13	14	18	19	F6=	110
(7)	2	4	6	8	12	13	14	15	18	19	F7=	101

**Solução Gráfica**

Mapa mostrando a localização das medianas (quadrados vermelhos) e outros pontos (quadrados pretos) em um plano cartesiano. A legenda indica: ■ Medianas, ■ Outros Pontos.

Iteração Corrente: 999

Exemplo 1  
 Exemplo 2  
 Exemplo 3  
 Entrada do Usuário

Applet medianas.Principal started

Figura 7 12 - OBJETO AGP

<http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/agpm/ProgAGpM.html>

Este objeto sobre algoritmos genéticos, o *AgP*, é na realidade composto por um conjunto de objetos de aprendizagem, como um material didático mais completo, com guia para o professor, a parte teórica (aulas), exercícios resolvidos (exemplos) e testes para os alunos.

Depois de finalizada a construção do objeto de aprendizagem, sua descrição é elaborada através de um arquivo de metadados com extensão XML, seguindo o padrão adotado no projeto relacionado a este trabalho, o chamado LOM (*Learning Object Metadata*) do IEEE (IEEE/ LTSC, 2004).

Para criação dos arquivos de metadados em XML, foi utilizado o software Dreamweaver Utradev™ 4, Educational Version, da Macromedia (disponível no site: <http://www.macromedia.com.br>).

Metadados são informação estruturada sobre recursos de informação (artefatos ou serviços). Nesta perspectiva, pode-se considerar que os metadados são informação que resume, enriquece ou complementa os objetos ou serviços referenciados, produzindo assim um potencial incremento de informação. Neste contexto, os metadados são utilizados para descrever cada objeto de aprendizagem, permitindo assim que estes sejam encontrados mais facilmente dentro de um base de dados. É possível realizar a busca em um repositório de acordo com variadas informações sobre os objetos, pois estas estão descritas nos metadados.

Este trabalho tem relação com o desenvolvimento de dois repositórios de objetos de aprendizagem e para que fossem desenvolvidos os metadados de cada objeto dos repositórios OE3 (*OEEE - Objetos de aprendizagem para Engenharia de Estruturas*) e inicialmente do projeto NuMeLOs (*Numerical Methods Learning Objects*) foi necessário adotar um dos vários padrões disponíveis. Dentre eles aparecem: *Learning Object Metadata (LOM)* da IEEE, *Instructional Management System (IMS)*, *Sharable Content Object Reference Model (SCORM)*, *EML*, *Ariadne*, *ESCOT*, *Canarie*, dentre outros.

Após estudo aprofundado confrontando estes padrões, a equipe do projeto OE3, na época do projeto, escolheu adotar o padrão *LOM* do IEEE LTSC

(*Learning Technology Standards Committee*), por ser um padrão mais simples e que atendiam todos os requisitos básicos para a construção dos objetos. Este padrão especifica um esquema conceitual de dados que define a estrutura de metadados para um objeto de aprendizagem. Para este padrão, um objeto de aprendizagem é definido segundo a IEEE LTSC (2004) “como toda a entidade, digital ou não-digital, que pode ser usada para a aprendizagem, educação ou treinamento”. Os metadados de um objeto de aprendizagem descrevem características relevantes do objeto ao qual se aplicam. Tais características podem ser agrupadas em categorias gerais, educacionais, técnicas e de classificação. O *LOM* permite o desenvolvimento dos metadados em formato XML, facilitando a busca, a avaliação, a aquisição, e o uso de objetos de aprendizagem, por alunos ou por instrutores.

Utilizou-se o LOM v1.0 *Base Schema* para a criação dos metadados de cada objeto, fazendo sua descrição em linguagem XML (IEEE LTSC, 2006).

Quanto à XML (*eXtensible Markup Language*), esta não é na realidade uma nova linguagem, é sim uma meta-linguagem, utilizada para definir outras linguagens. XML cria documentos que são bem estruturados e como resultado todas as linguagens baseadas em XML são também bem estruturadas. Em XML é possível definir novas marcas, diferente da linguagem de marcação HTML, que somente possui um pequeno conjunto de marcas para o hipertexto e a sua visualização. Mais informações podem ser encontradas em <http://www.xml.com>.

Na figura 7.13, mostra-se um trecho de metadados elaborado segundo o padrão LOM em XML,

```
<!xml version="1.0" encoding="UTF-8">
<lom xmlns="http://www.imsglobal.org/xsd/imsmd_v1p2"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.imsglobal.org/xsd/imsmd_v1p2 imsmv1p2p2.xsd">
  <general>
    <identifier>
      <langstring xml:lang="x-none">OE3-</langstring>
    </identifier>
    <catalogentry>
      <catalog>URL</catalog>
    </entry>
```



```

    <langstring xml:lang="x-none">http://200.17.222.13/oe3/applets/Linha/</langstring>
  </entry>
</catalogentry>
<title>
  <langstring xml:lang="en">Linha Elástica</langstring>
  <langstring xml:lang="pt">Linha Elástica</langstring>
</title>
<language>portuguese</language>
<description>
  <langstring xml:lang="en">Applet java que simula a deformação (linha elástica) de
diferentes vigas submetidas à flexão, dizendo se estas estão obedecendo as
especificações ou não.</langstring>
  <langstring xml:lang="pt">Applet java que simula a deformação (linha elástica) de
diferentes vigas submetidas à flexão, dizendo se estas estão obedecendo as
especificações ou não.</langstring>

```

Figura 7 13 - ARQUIVO XML DE METADADOS

No projeto *NuMeLOs* os últimos objetos foram catalogados segundo o padrão *SCORM* e para a divulgação do repositório foram utilizados testes com a utilização do ambiente *Moodle* (<http://www.modlle.org>).

*SCORM* (*Sharable Content Object Reference Model*) é um conjunto unificado de padrões e especificações, que define um modelo de agregação e um ambiente de execução para objetos de aprendizagem disponíveis na Web.

No modelo *SCORM*, metadados consistem na disponibilidade de prover um meio coerente de descrição do conteúdo de cada componente (*Assets*, *SCO* e *Content Aggregation*), de modo que esses componentes possam ser arquivados e pesquisados de uma forma rápida e eficiente.

O *SCORM* respeita o padrão *IEEE LTSC Learning Object Meta-Data (LOM)* e utiliza o *IMS Learning Resource Meta-Data XML Binding Specification* para guardar a informação em formato XML. O empacotamento de conteúdo é um conjunto de regras e normas para agregar conteúdos educacionais em blocos (*packages*), com o objetivo de facilitar sua transferência. Os *packages* dividem-se em duas partes: um documento XML que descreve os conteúdos e a organização do bloco; e arquivos dos recursos educacionais (*SCOs*).

São armazenados em arquivos do tipo *Package Interchange File (PIF)* para facilitar sua distribuição pela Web. O PIF pode ter diversos formatos, sendo os mais utilizados: zip, jar, rar, arj, tar e cab (Kratz, 2006).

O Moodle (*Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment*) é um sistema de gerenciamento de aprendizagem destinado a criação de comunidades on-line, em ambientes virtuais voltados para a aprendizagem (Pulino, 2004). Como uma das vantagens em relação a outras plataformas, o Moodle é um software de código-fonte aberto e pode ser usado com ou sem alterações em diferentes plataformas (Unix, Linux, Windows) que suportem a linguagem PHP.

É um ambiente baseado sobre uma pedagogia sócio construtivista (colaboração, atividades, reflexão, etc) adequado a cursos on-line, simples, eficiente, compatível e fácil de instalar. A maior parte das seções tem um editor HTML e gráficos *WYSIWYG* (*What You See Is What You Get*).

Com padrões e metodologia decididos e diversos objetos construídos, foram realizadas experiências de uso e análise de resultados obtidos para validação do modelo, ou seja buscando responder os seguintes itens: as soluções obtidas aderem a realidade? Tais soluções são confiáveis para que decisões baseadas nelas sejam tomadas? Como a solução ótima reage a análise de sensibilidade sobre os parâmetros?

### **7.2.9 Análise das características e dos resultados obtidos**

A busca por uma metodologia de desenvolvimento de objetos de aprendizagem, como por exemplo, os chamados *Java applets*, vem ao encontro das idéias de criação de uma rede nacional de geração de conhecimentos em Educação de Engenharia, de Métodos Numéricos ou áreas afins e de formação de recursos humanos. Características como o reúso e padronização, próprias das idéias de módulos instrucionais e objetos de aprendizagem, provêm economicidade adequada ao projeto. Associadas com técnicas de documentação para disseminação (metadados) e a busca de características ergo-pedagógicas adequadas para a aplicação, amplificam sua adequabilidade e acessibilidade como proposta pela equipe desta fase formada por professor, *designer instrucional* e programadores.

Verificando também a confiabilidade do objeto, que pode ser medida diretamente e estimada usando a probabilidade de falhas na programação durante um tempo específico. Ilustrando, o programa do objeto X tem uma confiabilidade de 0,97 por oito horas corridas de processamento do programa, isto é, a cada 100 vezes executado não ocorrerá falhas em 97 vezes.

Pressman (2002) através de uma fórmula matemática propõe medir a confiabilidade de um software e que pode ser aplicado a objetos de aprendizagem: a medida de confiabilidade é o tempo médio entre falhas (*mean-time-between-failure*, MTBF), calculado por  $MTBF = MTTF + MTTR$ .

As siglas MTTF e MTTR significam tempo médio até a falha (*mean-time-to-failure*) e tempo médio de reparo (*mean-time-to-repair*), respectivamente.

Verificadas a pequena probabilidade de existência de falhas e das características mínimas para que um objeto de aprendizagem seja facilmente acessível, pode se disponibilizar ao usuário utilizando um repositório.

#### **7.2.10 Publicação no repositório**

Esta última etapa, realizada pelo *designer instrucional* e pelo programador, visa disponibilizar o objeto em um repositório para franca disseminação. É importante notar que a estratégia está na construção de uma metodologia orientada a objetos para apoiar a criação, organização, armazenamento e disponibilização de conteúdos com uso de padrões em uma rede de geração de conhecimentos na forma de objetos de aprendizagem para métodos numéricos em engenharia (como o repositório *NuMeLOs*) como também para o ensino de engenharia (como no caso do repositório *OE3*) visando o apoio à formação de recursos humanos, associados à busca de recursos ergo-pedagógicos (Oliveira *apud* Silva, 2002), para a aplicação correta e coerente destes.

O repositório pode ser local ou distribuído através de consórcio de instituições como por exemplo a ADL (*Advanced Distributed Learning*) patrocinada pelo OSD (*Office of the Secretary of Defense*) do governo norte-americano em conjunto com empresas e academias.

Com alusão ao presente estudo, dois repositórios foram desenvolvidos e disponibilizados: *OE3* disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3/> e *NuMeLOs* disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/>.

### **7.3 Considerações Finais**

Verificadas todas as etapas da construção de um objeto de aprendizagem numérico e de disponibilização em um repositório, o método proposto leva a fase de testes de validação.

Dentre outras experiências de uso, um estudo de campo foi realizado aplicando questionários em turmas de uma universidade pública da capital paranaense para verificar a validade do uso de objetos de aprendizagem desenvolvidos segundo o modelo de características e critérios, no processo de ensino e aprendizagem, como será mostrado no próximo capítulo.

## 8 Validação dos Objetos de Aprendizagem

A validação dos objetos se desenvolveu em duas fases. A primeira fase ocorreu no início do trabalho com a tentativa de avaliação de um objeto de aprendizagem desenvolvido pela equipe do projeto OE3, em que primeiramente se relatam as principais iniciativas em repositório de objetos de aprendizagem, o estudo e o desenvolvimento do projeto em si e a avaliação de um objeto de aprendizagem.

A dificuldade encontrada para avaliar o objeto na primeira etapa do trabalho serviu de motivação para aprofundar os estudos verificando componentes mínimos de conteúdo, categorias, características e cada critério do objeto, almejando na segunda fase a validação dos objetos no que tange a sua adequabilidade, como também a construção de critérios segundo as quatro faces do tetraedro pedagógico de Chevalard. Construir etapas de desenvolvimento de objetos de aprendizagem numéricos validando-os através de questionários. Este processo será descrito na segunda fase de análise de objetos de aprendizagem.

### 8.1 Análise de objetos – 1ª fase

#### 8.1.1 Principais iniciativas em repositório de objetos de aprendizagem

Os objetos de aprendizagem podem ser armazenados em banco de dados, que também são conhecidos como repositórios. Estes asseguram que o usuário possa encontrar com rapidez conteúdos padronizados em termos de qualidade.

*MERLOT* (<http://www.merlot.org>) é um dos repositórios mais respeitados no âmbito internacional. Ele não armazena os objetos, mas sim seus metadados, acrescentando a outras informações, a de onde encontrá-los (URL).

O projeto *EduSource* do Canadá, os projetos *Learning Networks* e *Trails* na Europa são exemplos interessantes no desenvolvimento de objetos de aprendizagem. Porém, as iniciativas tem caráter pseudo-comerciais e é o que os difere dos projetos desenvolvidos em âmbito nacional.

Na Universidade Federal do Paraná (UFPR), junto ao Centro de Estudos de Engenharia Civil (CESEC), desde 1986 vários trabalhos têm sido realizados no contexto de apoio ao ensino e aprendizagem em Engenharia Civil. Já no contexto de objetos de aprendizagem e com foco na *web* vale destacar o projeto *e-Tools* (<http://www.cesec.ufpr.br/etools>) iniciado informalmente no ano de 1999, busca a cooperação para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem na área de engenharia de estruturas e mecânica computacional. Os objetos desenvolvidos são específicos para resistência dos materiais, mecânica estrutural, estruturas de concreto armado, estruturas de aço e de madeira e demais temas correlatos.

Outros grupos de universidades brasileiras que geraram o projeto cooperado *e-Tools* são: o Grupo de Tecnologia Gráfica da PUC do Rio de Janeiro (<http://www.tecgraf.puc-rio.br/etools>) com material de apoio ao ensino de métodos de análise estrutural como o bastante disseminado programa *Ftool* de análise de estruturas reticuladas planas (<http://tecgraf.puc-rio.br/ftool>); o Laboratório de Mecânica Computacional do Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações da Escola Politécnica da USP, cujos trabalhos neste tema aparecem em (<http://www.imc.ep.usp.br/pesquisas/tecEdu>) e permitem a visualização de gráficos complexos e também a simulação de análises de engenharia; na Universidade de Passo Fundo, desde a sua criação em 1996, o Laboratório de Métodos Numéricos e Computação Gráfica e Científica (LAMEC) vêm desenvolvendo esforços para a criação de sistemas dedicados ao ensino, isto é, ferramentas computacionais com o intuito de serem realmente de cunho pedagógico, como pode ser visto no *site* (<http://www.upf.tche.br/etools>).

A Escola do Futuro da Universidade de São Paulo, projeto que tem como objetivo inovar usando as ferramentas tecnológicas aplicadas à educação, tem em seu portal Labvirt (Laboratório Didático Virtual), exemplos de aplicações para o auxílio no ensino de Física do ensino médio, desenvolvidas em linguagem Java (<http://labvirt.futuro.usp.br/>).

O RIVED (Rede Internacional Virtual de Educação) é um projeto que elabora módulos educacionais digitais visando à melhoria do processo de

ensino/aprendizagem das Ciências e Matemática no Ensino Médio, além de incentivar o uso de novas tecnologias nas escolas. Desenvolvido no Ministério da Educação do Brasil pelas Secretarias de Educação a Distância – SEED e Secretaria de Educação Básica – SEB (<http://rived.proinfo.mec.gov.br>).

Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação e ao Programa de Informática na Educação, o CINTED (Centro Interdisciplinar de novas Tecnologias na Educação) com o projeto CESTA (Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem), busca sistematizar e organizar os registros dos objetos de aprendizagem para fins de reuso. Os materiais podem ser armazenados em servidores *web*, catalogados segundo normas do padrão da IEEE (IEEE, 2004) e os dados de catalogação serão disponibilizados em diretório on-line usando um servidor LDAP (Tarouco et al., 2003).

### **8.1.2 Estudos e desenvolvimento realizados no projeto OE3**

Muitas empresas desenvolveram softwares específicos para ensino e aprendizagem. Quanto mais científico for o software, mais caro ele é, acarretando um problema, o alto custo das licenças. Buscando a solução para este impasse, muitos projetos estão se desenvolvendo no meio acadêmico, como a criação de repositórios de objetos de aprendizagem livres na qual o aluno para acessar, só precisa estar conectado a Internet (rede mundial de computadores).

Um dos exemplos está na UFPR com o projeto *eTools* e seu derivado o OE3. Neste projeto, realizado nas dependências da UFPR, foi desenvolvido um estudo para o portal ou, repositório, de objetos de aprendizagem voltado ao ensino e aprendizagem de Engenharia de Estruturas como ilustrado na figura 8.1.

A idéia era de criação de uma rede de geração de conhecimentos na forma de **Objetos de Aprendizagem para a Educação de Engenharia de Estruturas e áreas afins (OE3)**, para construção de um repositório temático de livre acesso encontrado na rede mundial de computadores. Esta iniciativa visou o apoio à

formação de recursos humanos, associados à busca de recursos ergo-pedagógicos para a aplicação correta e coerente destes elementos educacionais.

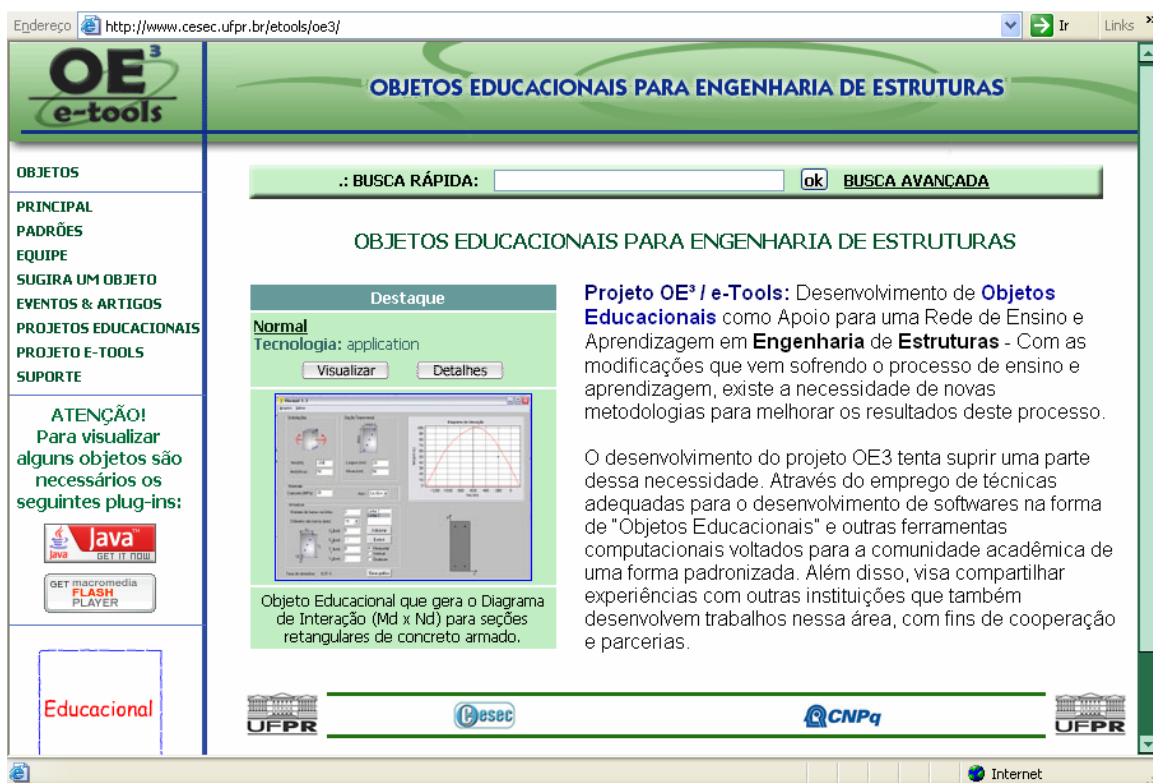


Figura 8 1 - O REPOSITÓRIO OE3 (<http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3/>)

A justificativa foi pela inexistência de um portal de objetos de aprendizagem específicos para Engenharia de Estruturas, sendo proposto a geração de uma coleção destes objetos, com publicação num repositório para franca disseminação. Este repositório auxilia o processo educacional dando a possibilidade de melhoria, pelo uso de tecnologias educacionais, das atividades de ensino e aprendizagem de engenharia e áreas afins.

No entanto a construção destes ambientes não é um processo trivial de organização de material didático e muito menos, mera transcrição de livros em novo formato. Requer muito esforço envolvendo recursos humanos e financeiros.

A estratégia está na construção de uma metodologia orientada a objetos para apoiar a criação, organização, armazenamento e disponibilização de conteúdos com uso de padrões.



Para auxiliar nesta tarefa, os esforços de padronização de metadados de objetos de aprendizagem são vários (Scheer & Gama, 2004) como visto no capítulo anterior. No projeto OE3, a proposta foi de que os conteúdos devem ser estruturados e organizados no modelo de metadados aderente a padronização LOM.

O padrão LOM, como visto anteriormente, é um padrão que segue os propósitos genéricos de metadados e os objetos de aprendizagem desenvolvidos, organizados e armazenados neste padrão podem ser recuperados quando e como necessário. Outra característica deste padrão é a capacidade de reservar uma definição de blocos que podem ter referências para outros objetos e podem ser combinados seqüencialmente para construir grandes unidades educacionais (Gama & Scheer, 2004).

O uso deste padrão visa atender as necessidades do desenvolvimento de um portal e podendo utilizar a linguagem XML que foi desenvolvida para descrever conteúdo de documentos e projetada para ser utilizada na Internet conforme a definição de W3c (W3c, 2003). Ela propicia a descrição e armazenamento de dados para os metadados que serão utilizados em um portal ou repositório.

Neste projeto os objetos de aprendizagem foram preferencialmente desenvolvidos em Macromedia Flash, ferramenta poderosa em produção de multimídia caracterizada como um programa de ilustração, um editor de imagem e de som, uma máquina de animação e um motor de *'script'* e na linguagem Java (Java World, 2004). Como visto, esta última é uma linguagem simples, cujos programas podem ser executados em diversas plataformas de sistemas operacionais, pelo conceito de máquina virtual que possui. A sua biblioteca é parte de um sistema que define interfaces portáteis. Java é uma linguagem projetada para suportar aplicações em rede, como também é orientada a objetos, o que torna possível fornecer software reutilizável (figura 8.2).

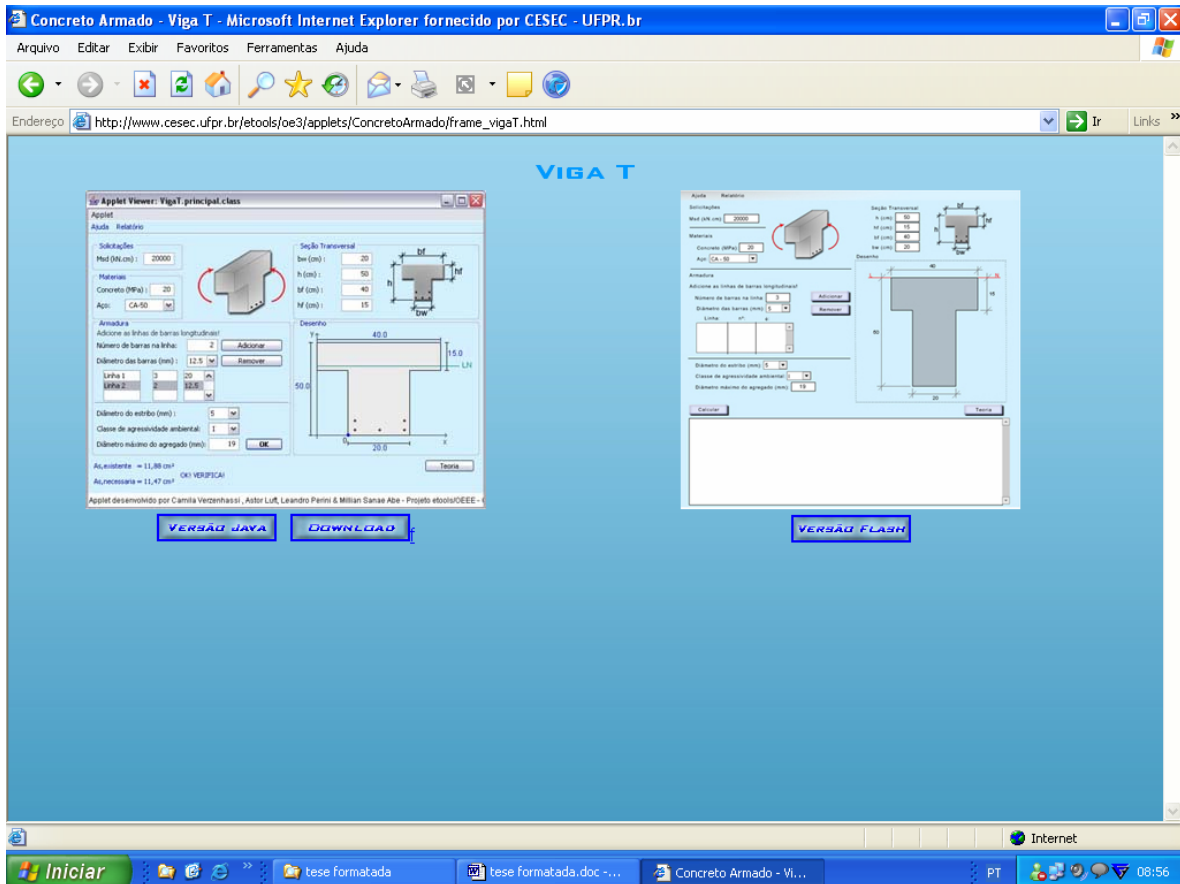


Figura 8 2 - APPLETS NAS VERSÕES JAVA E FLASH

Neste desenvolvimento de objetos de aprendizagem uma mostra de bons resultados: o aplicativo Barragem (figuras 8.3 e 8.4) e o *applet* (figura 8.5) ‘Algoritmo genético aplicado à p-medianas’, objetos desenvolvidos nos projetos OE3 e Numelos respectivamente, foram premiados em 2005 dentre 60 objetos de aprendizagem que foram submetidos ao *PAPED*<sup>3</sup> (Programa de Apoio a Pesquisa de Educação a Distância), um programa desenvolvido pela Secretaria de Educação a Distância – SEED do Ministério da Educação, em parceria com a Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, para apoiar projetos que visem o desenvolvimento da educação presencial e/ou a distância, incentiva a pesquisa na construção de novas tecnologias de informação e comunicação.

<sup>3</sup> [http://www.capes.gov.br/capes/portal/conteudo/10/N02\\_30092005S.htm](http://www.capes.gov.br/capes/portal/conteudo/10/N02_30092005S.htm)

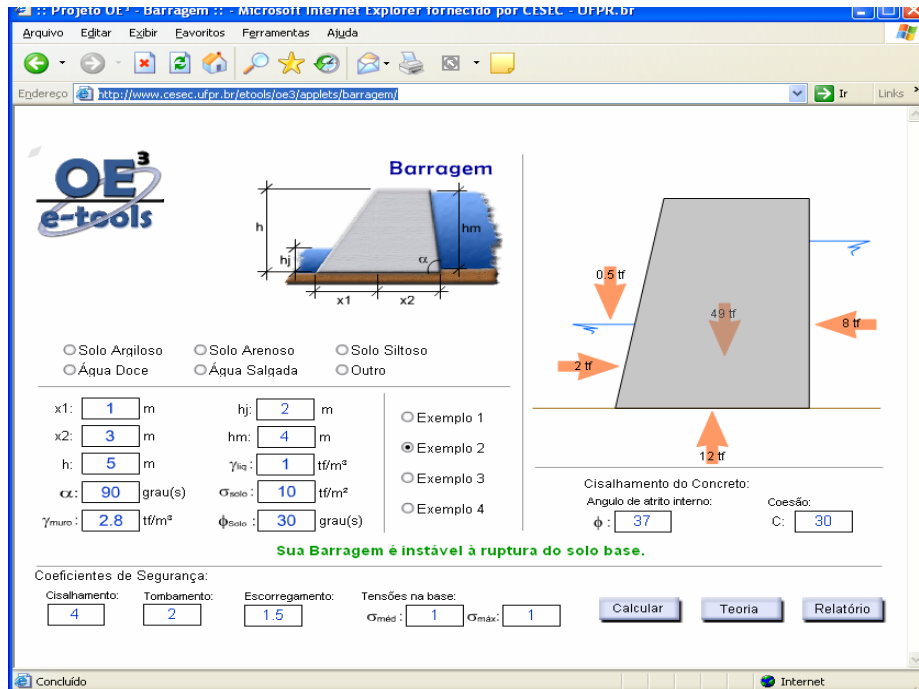


Figura 8 3 - OBJETO DE APRENDIZAGEM BARRAGEM – DESENVOLVIDO EM MACROMEDIA FLASH

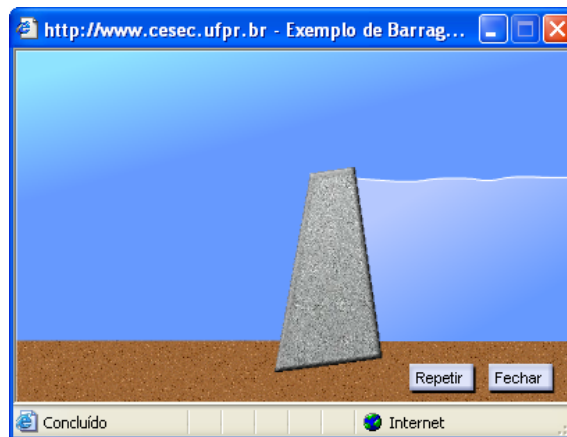


Figura 8 4 - ANIMAÇÃO DE UMA DAS SITUAÇÕES DE CÁLCULO DO APLICATIVO BARRAGEM

Com a criação e desenvolvimento do repositório, uma das ações de interesse é verificar se essa tecnologia educacional pode ser útil aos professores em suas atividades diárias, seja como instrumento de comunicação didática, como gerador de novos conhecimentos e metodologias, como elemento auxiliar nas atividades docentes, e encontrar uma maneira segura e correta de avaliar o cenário.

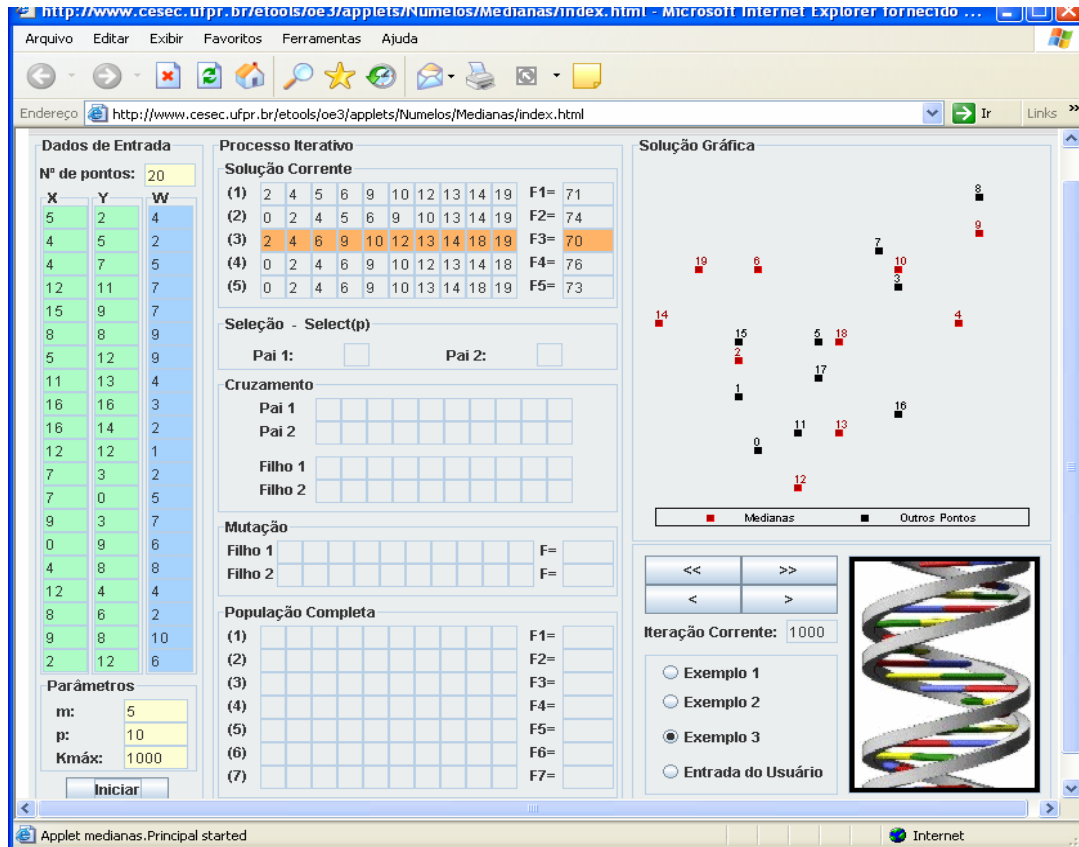


Figura 8 5 - APLETT 'ALGORITMO GENÉTICO APLICADO À P-MEDIANAS'

Porém, a simples utilização do repositório, assim como a utilização e reutilização dos objetos, não assegura, por si só, melhoria na qualidade de ensino, que depende de muitos fatores, entre os quais a qualidade destes objetos de aprendizagem, como anteriormente visto neste texto.

Uma das preocupações iniciais do projeto estava em realizar uma análise ergonômica dos objetos de aprendizagem e suas facilidades, buscando uma possível integração entre a usabilidade e a aprendizagem. Os objetivos deste estudo de desenvolvimento ergonômico foram proporcionar funcionalidades que suprissem as necessidades dos usuários e buscassem a intuitividade, a facilidade e a eficiência na sua utilização, verificando adaptabilidade e economia (Gama & Scheer, 2004).

Para isso, foi realizada uma verificação de um objeto de aprendizagem com a finalidade de analisar a eficiência deste e a sua importância como ferramenta pedagógica. O processo utilizado foi a aplicação de uma lista de

checagem (*checklist*) extraída da lista do manual do avaliador em Gamez (1998), como ferramenta auxiliar na avaliação da usabilidade de sistemas interativos. Esta lista se assemelha a um questionário (vide anexos nos apêndices 1 e 2), que foi aplicado a alunos de duas universidades da capital paranaense.

Para participar da avaliação do objeto de aprendizagem o aluno deveria resolver um exercício utilizando o referido *applet* (objeto de aprendizagem) através do acesso ao portal. Logo após a resolução do exercício e da inscrição no processo de avaliação, respondendo às perguntas acessíveis através do botão 'avaliação' na descrição do objeto obtida a partir do repositório .

A partir de um trabalho cooperado e um período de divulgação para os alunos envolvidos, a pesquisa pôde trabalhar com estudantes de duas universidades diferentes. Para o período de aquisição de dados foi desenvolvido um mecanismo de apropriação das respostas que foram armazenadas em um banco de dados com a listagem dos alunos participantes em outro banco de dados garantindo, desta forma, o sigilo das respostas do aluno. Nesta primeira coleta de dados, participaram da avaliação duas turmas com um total de 193 alunos de duas universidades. 82% dos alunos responderam o questionário nos laboratórios de sua respectiva universidade.

### **8.1.3 Análise dos resultados**

Analisar a eficiência dos objetos de aprendizagem e a sua importância como ferramenta pedagógica foi o principal objetivo desta primeira fase da pesquisa. Como também, verificar a sua eficiência como meio de uma aprendizagem eficaz.

Os resultados obtidos na pesquisa possibilitaram observar a realidade em dois universos, os alunos, a qualidade do software destinado ao processo de ensino e de aprendizagem no curso de Engenharia Civil nas duas universidades. Alguns fatos interessantes destes dois universos podem ser relatados como segue.

Quando se trata de tecnologia, observou-se que alunos de uma universidade tinham pequena desvantagem, os laboratórios não eram bem equipados e os equipamentos desatualizados, o que diferenciou um pouco o resultado da pesquisa entre as universidades envolvidas no processo.

Por exemplo. O tempo de espera para a página abrir é aceitável? Na Universidade 1, 78% dos alunos responderam sim, quanto que na Universidade 2 esse percentual subiu para 83%.

No outro universo, o do software, observou-se que, as respostas foram satisfatórias tanto no critério da usabilidade, quanto no critério da aprendizagem, seguindo a proposta inicial do projeto: disponibilizar ao professor ferramentas de apoio ao ensino de engenharia, e que estas ferramentas tenham qualidade e confiabilidade.

Os demais resultados obtidos estão colocados em anexo nos apêndice 2 em que contém o problema resolvido com o auxílio do objeto como também a solução numérica deste problema e a tabela com todos os dados desta pesquisa.

Com um aprofundamento nos estudos sobre métodos de avaliação para objetos de aprendizagem, como visto no capítulo 4, pretende-se contribuir nos aspectos sobre eficácia e qualidade de software desenvolvido na forma de objetos de aprendizagem e sua disponibilização na rede mundial de computadores.

#### **8.1.4 Publicações relacionadas**

Foram publicados oito artigos referentes a esta pesquisa (primeira fase de análise) e a proposta de tese de doutorado, o que comprova a carência de estudos referentes ao desenvolvimento de objetos de aprendizagem e avaliação de sua usabilidade e aprendizagem.

Os oito artigos completos publicados foram os seguintes:

- SCHEER, S.; GAMA, C.L.G.; ABE, M.S.; VERZENHASSI, C.C.; KRUKLIS, S. Objetos de aprendizagem como apoio para uma rede de ensino e aprendizagem em engenharia de estruturas. In: *World Congress on*

- Engineering and Technology Education, 2004, Santos. Engineering Education in the Changing Society. Anais... Santos : COPEC, 2004. v. 1. p. 1191-1195.*
- SCHEER, S.; GAMA, C.L.G. *Developing learning objects for a structural engineering educational network. In: International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, 2004, Weimar. X-ICCCBE Proceedings... Weimar :Bauhaus-Universität Weimar e ICCCBE, 2004. v. 1. p. 1-10.*
  - SCHEER, S.; GAMA, C.L.G. Construção de um repositório para projetos educacionais hipermídia. In: Congresso Nacional de Ambientes Hipermídia para Aprendizagem, 2004, Florianópolis. Anais do CONAHPA... Florianópolis: UFSC / CTC, 2004. v. 1. p. 1-8.
  - GAMA, C.L.G.; SCHEER, S. Objetos de aprendizagem hipermediáticos na educação de engenharia, sua construção e usabilidade. In: 32º Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2004, Brasília. COBENGE 2004. Anais... Brasília : Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2004. v. 1. p. 1-9.
  - SCHEER,S.; GAMA, C.L.G.; VERZENHASSI, C.C.; LUFT, A.E. Objetos de aprendizagem hipermediáticos em engenharia de estruturas: avaliação de usabilidade e aprendizagem. In: *GTECE'05 Global Congress on Engineering and Technology Education - Engineering and Technology Education Trends*, 2005, Bertioga. Engineering and Technology Education Trends. Anais... Santos : IEEE e COPEC, 2005. v. 1. p. 1-5.
  - GAMA, C.L.G.; SCHEER, S. Avaliação de objetos de aprendizagem para Educação a Distância de engenharia: construção, reusabilidade e avaliação. In: Florianópolis, 2005, Florianópolis. Programação do 12º CIED. Anais... Florianópolis : ABED e UFSC, 2005. v. 1. p. 1-8.
  - SCHEER, S.; GAMA, C.L.G. Development and Usability of Hypermedia Educational Objects For Construction Engineering Education. *In: ITC@EDU 2005 - 4rd International Workshop on Construction Information Technology in Education. Proceedings... Dresden, Julho 2005.*
  - SCHEER,S.; VERZENHASSI,C.; LUFT,A.E.; GAMA,C.L.G. Um repositório aberto e cooperativo de objetos de aprendizagem para engenharia de

estruturas. In: Congresso Ibero Latino Americano sobre Métodos Computacionais em Engenharia, 2005, Guarapari. Anais do XXVI CILAMCE... Vitória: UFES, 2005. v. 1. p. 1-13.

Com a experiência obtida durante o desenvolvimento do OE3 pode-se perceber a dificuldade, já mencionada, em avaliar um objeto de aprendizagem, pois além de verificar a sua usabilidade é necessário verificar se este objeto de aprendizagem proporcionou ao usuário um enriquecimento cultural pedagógico sobre o assunto em questão.

Com a tentativa de validar objetos desenvolvidos realizou-se uma segunda fase de pesquisa, com análise de diversos objetos e depois, um estudo de caso em que os participantes foram alunos de uma terceira universidade que se envolveu no processo, bem como um professor e os programadores do projeto. Esta fase da pesquisa este descrita a seguir.

## **8.2 Análise de objetos – 2ª fase**

No processo de desenvolvimento de objetos de aprendizagem, um dos propósitos pode ser o de validar objetos de aprendizagem no que tange a sua adequabilidade, verificando componentes mínimos de conteúdo, as categorias, características e cada critério destes objetos.

Após a análise dos objetos foi realizados uma pesquisa com professores, alunos e programadores com o objetivo agora de validar o modelo de construção de objetos de aprendizagem proposto com adequação a princípios de engenharia de software, métodos numéricos aplicados a engenharia, processo de ensino-aprendizagem e usabilidade.

Neste ponto são analisados, um conjunto de objetos desenvolvidos nos projetos relacionados.

O primeiro objeto analisado foi:

- *RNP Rede Neural Propagação - Feed Forward* (figura 8.6): este objeto foi desenvolvido em Java para a área da Programação Matemática



especificamente no tema de métodos heurísticos e tem o objetivo de apoiar o estudo de Redes Neurais Artificiais utilizando propagação *Feed-Forward* do tipo *Perceptron*. Está disponível no repositório NuMeLOs em: <http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/rnp/ProgRNP.html> .

Redes Neurais Artificiais (figura 8.7) consistem em um método de solucionar problemas de Inteligência Artificial, construindo modelos matemáticos que se assemelham às estruturas neurais biológicas, simulando o cérebro humano, inclusive seu comportamento, ou seja, aprendendo, errando e fazendo descobertas. Também se pode afirmar que são técnicas computacionais que apresentam um modelo inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência (Tatiabana, 2006).

The screenshot shows the ProgRNP web application interface. The browser title is "http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/rnp/ProgRNP.html - Microsoft Internet Explorer fornecido por CESEC - UFPR.br". The interface is divided into several sections:

- Entrada:** Input fields for x1 and x2, with checkboxes for "Padrão A" (checked) and "Padrão B", and an "Inserir" button.
- Aplicar:** Input fields for x1 and x2, an "Aplicar" button, and a "Padrão tipo:" label.
- Parâmetros:** Input fields for w1, w2, Theta, and alfa, and fields for Erro (0.001) and Kmax (100), with a "Treinar" button.
- Tabela:** A table of weights with a "Corrigir" button.
 

1.1	5.0
2.5	2.0
6.0	3.0
10.0	4.0
0.0	1.0
-1.1	-6.0
-2.5	-1.0
-6.0	-8.0
-10.0	-3.0
0	-1
- Valores dos Parâmetros Atualizados:**
  - w1 : 0.5717680350954317
  - w2 : 2.1684795019852796
  - theta : 0.394206580170986
  - ip : -3.5090565234025175
  - ap : 0.02905564081874987
  - Erro : 0.0037476519151276996
  - Iteração: 0
- Gráfico:** A plot area showing a curve that starts high and decreases towards the right.
- Exemplos:** Radio buttons for "Exemplo 1" and "Exemplo 2" (selected).
- Buttons:** "Gráfico de Pontos", "Gráfico do Erro", "1ª Iteração", "Iteração Final", "Iteração Anterior", and "Próxima Iteração".

The status bar at the bottom indicates "Applet Redeneural.Principal started" and "Internet".

Figura 8 6 - RNP REDE NEURAL PROPAGAÇÃO *FEED-FORWARD*

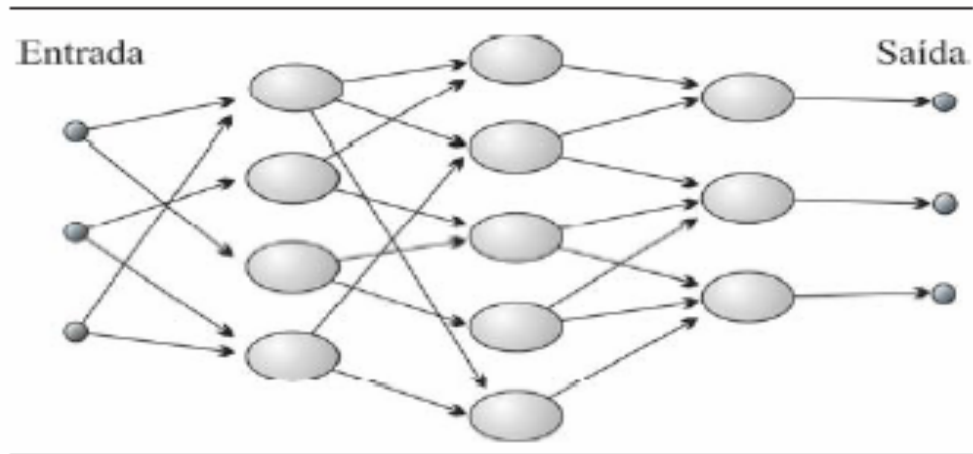


Figura 8 7 - Representação de uma rede neural artificial

( Fonte <http://www.din.uem.br/ia/neurais/#artificial> )

Rede Neural Artificial tipo *Multilayer Perceptron* é um sistema de neurônios ligados por conexões sinápticas e dividindo em neurônios de entrada, que recebem estímulos externos, neurônios internos (ocultos) e neurônios de saída, que se comunicam com o exterior. A forma de arranjar perceptrons em camadas é denominada *Multilayer Perceptron* (Tatiabana & Kaetsu, 2006).

Outro objeto analisado foi o AgP:

- Objeto *Algoritmo genético aplicado a p-medianas*, desenvolvido em Java (figuras 8.8 e 8.9), pode ser encontrado no repositório NuMeLOs em: <http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/agpm/AGPMinicio.htm> .

É um objeto da área de Programação Matemática - Métodos Heurísticos, este objeto utiliza algoritmos genéticos para determinar p-medianas.

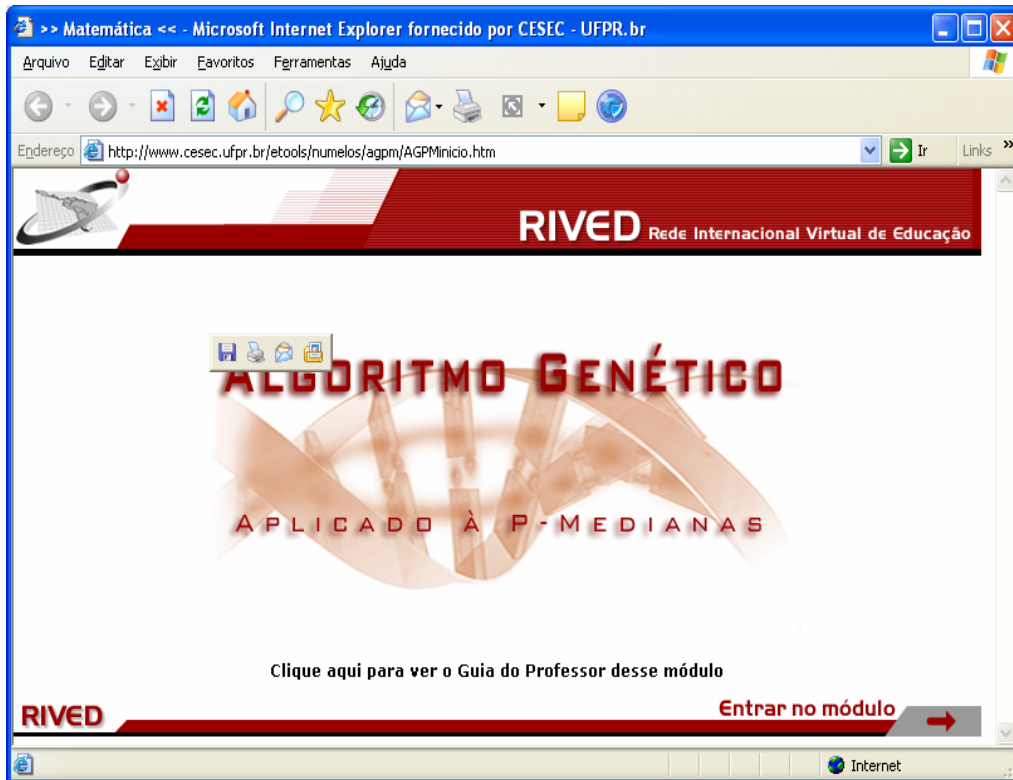


Figura 8 8 - INTERFACE INTRODUÇÃO

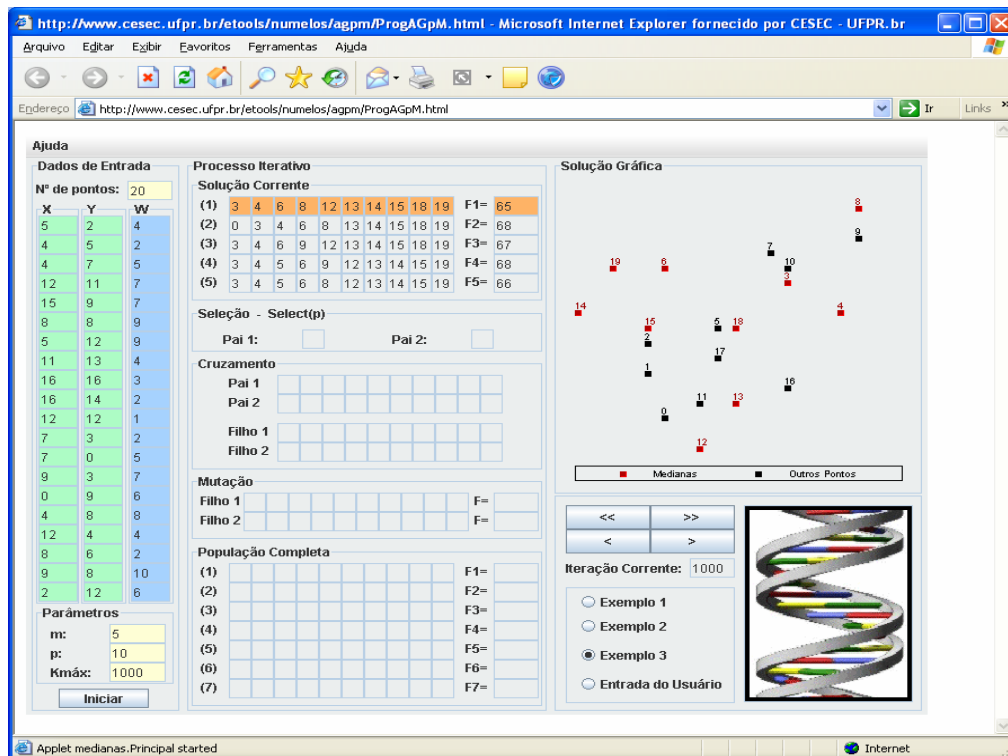


Figura 8 9 - O OBJETO AGP

Este objeto trata de problemas de localização de instalações. O problema das p-medianas é um dos problemas mais conhecidos de localização de instalações e consiste em localizar 'p' instalações em um espaço considerado (espaço euclidiano, por exemplo) que devem atender a 'n' pontos de demanda (Corrêa, 2000).

Ao acessar este objeto o usuário encontra o objeto dividido em módulos de aula: a aula 1 contém uma breve descrição da definição de um algoritmo genético; a aula 2 apresenta aspectos computacionais do (AG) algoritmo genético proposto para o problema das p-medianas capacitado; a aula 3 e a aula 4 contém exemplos de problemas que podem ser resolvidos utilizando este método e tem outro módulo, o software, onde pode-se fazer simulações de situação problema.

O terceiro objeto analisado:

- O Objeto *PROMETHEE II* (figuras 8.10 e 8.11) e disponível em [http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/projeto\\_oe\\_promethee/prog\\_oe\\_promethee2.html](http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/projeto_oe_promethee/prog_oe_promethee2.html) no repositório NuMeLOs, é um objeto para a área de Programação Matemática – Multicritérios. É um objeto que mostra os passos do método PROMETHEE II e desenvolvido também em Java.

The screenshot shows a web browser window with the URL [http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/projeto\\_oe\\_promethee/prog\\_oe...](http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos/projeto_oe_promethee/prog_oe...). The interface is titled "Ajuda" and contains several input fields and dropdown menus for configuring the optimization problem.

**Tipo de Otimização:** max, max, min, min

**Tipos de Funções de Preferência:** Nível, V, Us..., V c/...

**Pesos Relativos: (forma fracionária)** 3/8, 2/8, 1/8, 1/8

**Parâmetro de Estrita Preferência:** 2, 100, , 1200

**Parâmetro de Indiferença:** 1, , , 600

**Matriz de Avaliação das Alternativas:**

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
<b>Critério 1</b>	0	0	2	1	1
<b>Critério 2</b>	35	50	35	70	40.5
<b>Critério 3</b>	30	60	55	40	50
<b>Critério 4</b>	41300	41100	42500	42000	41800

Buttons: Voltar, Avançar

Taskbar: Applet oe\_promethee2.Principal started, Internet

Figura 8 10 - PROMETHEE II (1)

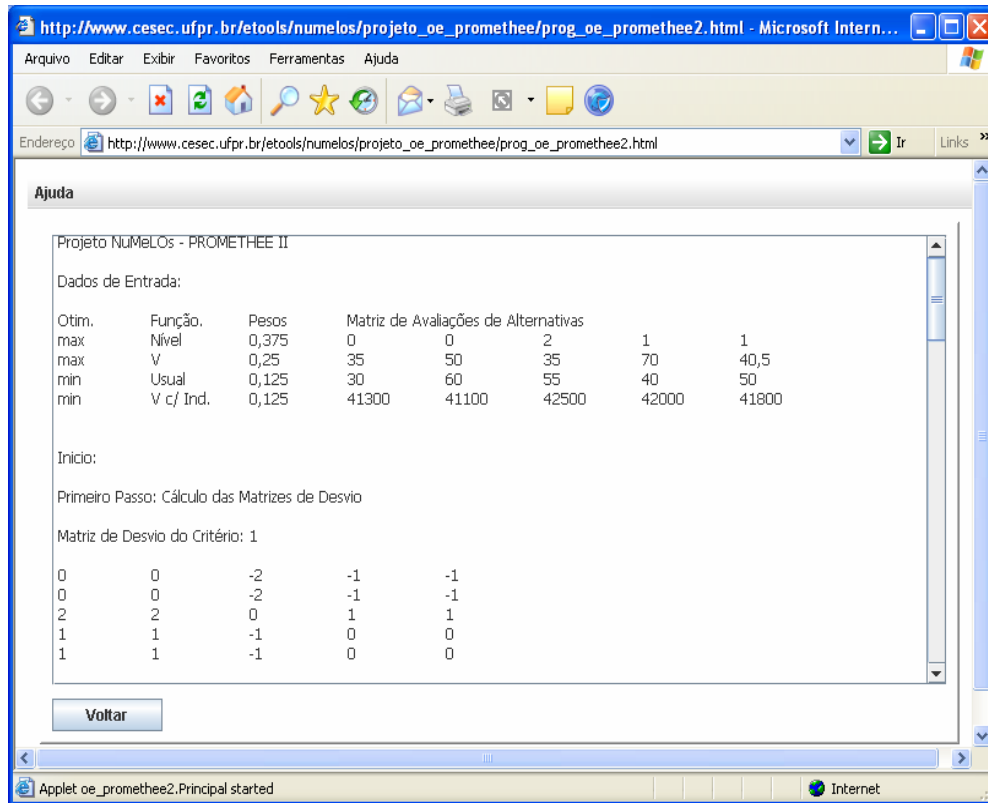


Figura 8 11 - PROMETHEE II (2)

O método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) é um método da escola francesa, desenvolvido pelos professores J.P Brans, B. Mareschal e P. Vincke em 1984 (Almeida & Costa, 2002). O método pode ser usado em problemas de multicritérios quando se tem um conjunto finito de alternativas, e vários critérios de decisão que devem ser maximizados ou minimizados conforme a necessidade. O índice II faz parte de uma classificação total para uma função específica.

Outros dois objetos analisados:

- Os objetos barragem e muro de arrimo (figuras 8.12 e 8.13) disponíveis no repositório do OE3 em:
  - <http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3/applets/barragem/>
  - [http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3/applets/Muro\\_Arrimo/](http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3/applets/Muro_Arrimo/),
  - ambos desenvolvidos em Flash.

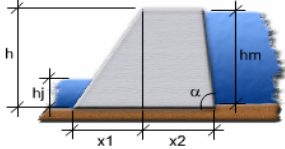
Projeto OE<sup>3</sup> - Barragem :: - Microsoft Internet Explorer fornecido por CESEC - UFPR.br

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3/applets/barragem/>

**OE<sup>3</sup> e-tools**

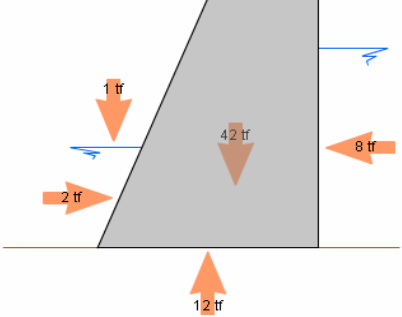
**Barragem**



Solo Areiloso     Solo Arenoso     Solo Siltoso  
 Água Doce     Água Salgada     Outro

x1:  m    hj:  m  
 x2:  m    hm:  m  
 h:  m     $\gamma_{liq}$ :  tf/m<sup>3</sup>  
 $\alpha$ :  grau(s)     $\sigma_{solo}$ :  tf/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{muro}$ :  tf/m<sup>3</sup>     $\phi_{solo}$ :  grau(s)

Exemplo 1  
 Exemplo 2  
 Exemplo 3  
 Exemplo 4



Cisalhamento do Concreto:  
 Ângulo de atrito interno:  $\phi$ :   
 Coesão: C:

**Sua Barragem é instável ao cisalhamento.**

Coeficientes de Segurança:  
 Cisalhamento:     Tombamento:     Escorregamento:     Tensões na base:  $\sigma_{méd}$ :      $\sigma_{máx}$ :

Concluído    Internet



Figura 8 12 - BARRAGEM E ANIMAÇÃO

Muro\_Arrimo - Microsoft Internet Explorer fornecido por CESEC - UFPR.br

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço [http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3/applets/Muro\\_Arrimo/](http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3/applets/Muro_Arrimo/)

**OE<sup>3</sup>**  
e-tools

### Muro de Arrimo

Metodo  
 Rankine  Coulomb

Seu Muro é instável ao tombamento.

Solo Arenoso  Solo Argiloso  Outro

c:  tf/m<sup>2</sup>

x1:  m  $\gamma_{\text{muro}}$ :  tf/m<sup>2</sup>  $\gamma_{\text{solo}}$ :  tf/m<sup>2</sup>

x2:  m  $\alpha$ :  grau(s)  $\sigma_{\text{solo}}$ :  tf/m<sup>2</sup>

h:  m  $\iota$ :  grau(s)  $\phi_{\text{solo}}$ :  grau(s)

Exemplo 1  Exemplo 2  Exemplo 3

Coefficientes de Segurança:  
 Tombamento:  Escorregamento:  Tensões na base:  
 $\sigma_{\text{méd}}$ :   $\sigma_{\text{máx}}$ :

Calcular Teoria Relatório

Respostas:

$\Sigma M$ : -3.775 tf.m  
 $M_c$ : 12.324 tf.m  
 $M_y$ : 0 tf.m  
 $M_p$ : -16.099 tf.m  
 Fat: 9.699tf  
 Ea: 6.162tf  
 $\sigma_{\text{min}}$ : 1.131 tf/m<sup>2</sup>  
 $\sigma_{\text{med}}$ : 11.2 tf/m<sup>2</sup>  
 $\sigma_{\text{max}}$ : 21.3 tf/m<sup>2</sup>

Elaborado por: Millian Abe e Astor Luft

Concluído Internet

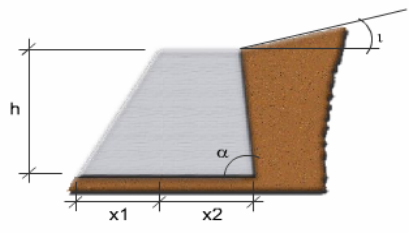



Figura 8 13 - MURO DE ARRIMO E ANIMAÇÃO

O objeto Barragem verifica a estabilidade de barragem simples com animação. O cálculo da força de pressão ou empuxo que os fluidos em repouso exercem sobre as superfícies sólidas que os limitam, é efetuado com base nos princípios da hidrostática e encontra aplicação em problemas de engenharia, como nos projetos de barragens, comportas e reservatórios.

O objeto muro de arrimo calcula a estabilidade de muros de arrimo. As estruturas de arrimo são utilizadas quando se deseja manter uma diferença de nível na superfície do terreno e o espaço disponível não é suficiente para vencer o desnível.

Por fim, o último objeto analisado:

- O objeto Derivadas, figuras 8.14 e 8.15, disponível na página <http://www.cesec.ufpr.br/etools/numelos>.

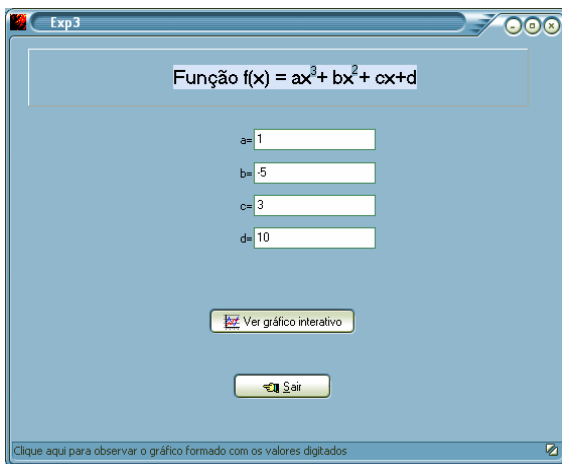


Figura 8 14 - DERIVADAS INTERFACE I

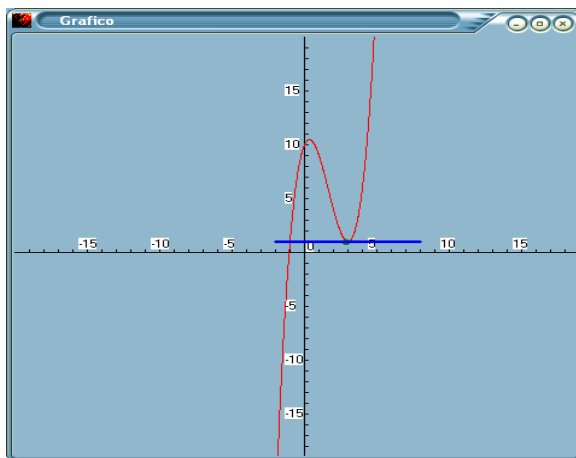


Figura 8 15 - DERIVADAS INTERFACE II

O objeto descreve a teoria relativa ao cálculo de derivadas e através de gráfico mostra o comportamento de uma função em um determinado intervalo, representando graficamente a reta tangente ao gráfico em um ponto específico.



### 8.2.1 Conteúdo do Objeto de aprendizagem

Como exemplo das etapas que devem compor um conteúdo mínimo para os objetos de aprendizagem, foram analisados os objetos descritos no quadro 8.1 em que, aponta para alguns quesitos.

Quadro 8 1 - ELEMENTOS MÍNIMOS DE CONTEÚDO

	Objetivo	Conteúdo Teórico	Aplicação prática	Atividade complementar	Avaliação e aprendizagem
Redes Neurais	✓	✓	✓	✓	✓
Algoritmo Genético	✓	✓	✓	✓	✓
Promethe II	✓	✓	✓	✓	✓
Barragem	✓	✓	✓	✓	
Muro de Arrimo	✓	✓	✓	✓	
Derivadas	✓	✓		✓	✓

Em relação aos itens avaliados, pode-se verificar a validade dos objetos e alguns itens foram 100% verificados e outros passaram dos 80% o que demonstra um percentual afirmativo no que tange estes requisitos.

O quadro 8.2 exibe um resumo da análise dos objetos abordados na seção anterior, segundo características da categoria pedagógica (características pedagógicas, precisão, qualidade) e da categoria ergonômica (características construção, usabilidade, flexibilidade e documentação). Verificando se cada objeto contém as características exigidas para cada critério.

Quadro 8 2 - AVALIAÇÃO SEGUNDO OS CRITÉRIOS

Características	Crítérios	Barragem	Muro de Arrimo	Algoritmos Genéticos	Redes neurais	Multicrítérios	Derivadas
Qualidade	confiabilidade	✓	✓	✓	✓	✓	
	qualidade de informação	✓	✓	✓	✓	✓	
Pedagógica	objetividade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	sequenciamento instrucional	✓	✓	✓			✓
	motivação	✓	✓	✓		✓	✓
	estruturação	✓	✓	✓			✓
	legibilidade	✓	✓				✓
	avaliabilidade	✓	✓				
Construção Design Instrucional	reusabilidade	✓	✓		✓	✓	
	granularidade	✓	✓	✓	✓	✓	
	qualidade gráfica da interface	✓	✓	✓			✓
Construção	descrição em metadados	✓	✓	✓	✓	✓	
	métricas			✓			
	reusabilidade	✓	✓	✓	✓	✓	
	granularidade	✓	✓	✓	✓	✓	
usabilidade	adaptabilidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	compatibilidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	visibilidade	✓	✓				✓
	navegabilidade	✓	✓				
	funcionalidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	homogeneidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Flexibilidade	acessibilidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	interoperabilidade	✓	✓	✓	✓	✓	
	reusabilidade	✓	✓	✓	✓	✓	
	durabilidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Documentação	Manutenibilidade	✓	✓	✓	✓	✓	
	Reparabilidade	✓	✓	✓	✓	✓	
	Evolutibilidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Material de Apoio	✓	✓	✓	✓		

A respeito dos critérios, observado no quadro, o resultado obtido foi positivo e a maioria dos quesitos foi alcançada validando assim os objetos de aprendizagem analisados.

### 8.2.2 Pesquisa de campo

Após a análise de alguns objetos de aprendizagem realizou-se pesquisa com a participação de 8 professores, 87 alunos e 4 programadores para validar

alguns objetos de aprendizagem e analisar a eficiência do objeto e a sua importância como ferramenta pedagógica através de um *checklist*. O processo utilizado foi a aplicação deste *checklist*, como ferramenta para auxiliar na verificação de características pedagógicas e ergonômicas de um objeto, validando o seu uso como ferramenta pedagógica.

Este *checklist* se assemelha a um conjunto de questionários (vide em anexo no apêndice 3, 4, 5 e 6), que foram aplicados aos professores, alunos de uma terceira universidade e programadores participantes dos projetos descritos.

Para participar da avaliação do objeto de aprendizagem o aluno deveria responder dois questionários, um de expectativa de uso e outro de uso do objeto. Questões selecionadas dos estudos realizados nas avaliações de softwares educacionais dos capítulos 3 e 4, como também na primeira fase desta pesquisa. Estas questões que foram selecionadas, foram suficientes para validar a pesquisa sem perder a qualidade. Questões com o objetivo de avaliar a qualidade e confiabilidade envolvendo as partes pedagógica e ergonômica do objeto de aprendizagem numérico.

Nos *checklists* destinados aos alunos prevaleceu, na maioria, a avaliação da categoria pedagógica contendo uma pequena parcela pertencente à categoria ergonômica.

Na primeira participação os alunos tiveram um primeiro contato indireto com o objeto através de uma aula expositiva. Após esta aula eles responderam o questionário de expectativa de uso. No quadro 8.3 são apresentados os resultados obtidos.

A maioria, isto é 74,45%, dos entrevistados tem acesso e costumam utilizar o computador diariamente.

A idéia de ter uma ferramenta que auxilie e facilite a aprendizagem de conteúdos mais avançados agrada a todos, o que facilita a possibilidade de sucesso no uso desta ferramenta computacional no auxílio a educação.

Quase 60% dos alunos se sentem motivados em utilizar o objeto para resolver problemas relacionados à disciplina e que a maioria absoluta 91,8% tem a expectativa que vai melhorar o conhecimento sobre o assunto. E que 59,2% está motivado para o uso de um objeto de aprendizagem que resolva problemas vistos em sala.

pesquisa de expectativa questionário aplicado aos alunos antes de resolver o exercício com o auxílio do applet				
	Diariamente	vezes por semana	vezes por semana	costume de usar o computador
Você costuma usar o computador ?	<b>74,45%</b>	16,60%	8,95%	
	sim	parcialmente	não	não se aplica
Você tem acesso a Web em casa?	<b>88,70%</b>		11,30%	
	trabalho	escola	Lan House	amigos, parentes
Caso a resposta seja negativa, qual é o local em que acessa?	4%	<b>96%</b>		
	muito bom	bom	indiferente	ruim/pessimo
O que você acha da idéia de ter a disposição um software ou objeto educacional em qualquer lugar e hora para pode resolver algum problema ligado a disciplina ?	<b>66,80%</b>	33,20%		
	vai melhorar o meu conhecimento	vai se manter na mesma	vai saber pouca coisa a mais	não vai fazer diferença
Quanto ao uso do objeto educacional para auxiliar a aprendizagem, pode ser considerada	<b>91,80%</b>	2,10%	6,10%	
	temeroso	indiferente	motivado	confiante
Na expectativa de uso do objeto você se sente		8,10%	<b>59,20%</b>	32,70%
	sim	parcialmente	não	não se aplica
Na sua opinião o uso deste objeto vai despertar o interesse do usuário sobre o assunto?	<b>51,10%</b>	40,80%		8,10%
Na sua opinião o objeto educacional vai permitir o desenvolvimento de um conteúdo novo?	<b>59,20%</b>	28,70%	1,90%	10,20%
Na expectativa para o uso do objeto educacional, você pretende usar várias vezes em experiências futuras?	<b>59,18%</b>	28,57%		12,25%

Quadro 8 3- QUESTIONÁRIO DE EXPECTATIVA

Ter uma ferramenta opcional para ajudar na aprendizagem é motivante e confiante para a grande maioria dos entrevistados. Mas quando se trata de um aprendizado novo, este percentual diminui um pouco, demonstrando neste caso que ainda tem prevalecido o paradigma da aprendizagem ocorrer somente em sala de aula com a ajuda da presença do professor.

Duas semanas após o primeiro contato foi proposto aos alunos que resolvessem um exercício com o auxílio do objeto de aprendizagem e após este contato direto pelo uso, eles responderam a outro questionário resumido em anexo no apêndice 4, para verificar a validade de ter e usar um objeto que o auxilie na aprendizagem. O quadro 8.4 mostra o resultado deste levantamento efetuado.

Quadro 8 4 -PESQUISA APÓS USO DO OBJETO

Questionário aplicado aos alunos depois de utilizar o objeto educacional				
	diariamente	mais de 3 x	menos de 3x	não usa
Você costuma usar o computador	<b>93,5%</b>	3,2%	3,3%	
Usa freqüentemente a Web para os estudos?	19,3%	<b>48,3%</b>	29,3%	3,1%
	sim	parcialmente	não	não se aplica
Você tem acesso a Web em casa	<b>93,50%</b>	3,30%	3,20%	
	muito bom	bom	regular	ruim
O seu conhecimento sobre o conteúdo antes de utilizar o objeto era:	19,35%	<b>51,65%</b>	29%	
	sabendo muito mais do que	sabendo pouca coisa	sabendo o mesmo	sabendo menos do que antes
Você considera, em relação ao grau de conhecimento adquirido com o uso do objeto educacional, que saiu:	24%	<b>45%</b>	31%	0
	a mesma do que antes	diminuiu	aumentou	sofreu momentos de
Em relação a motivação de utilizar os objetos educacionais para auxiliar na aprendizagem ela pode	9,6%		<b>83,8%</b>	6,6%
Qual a sua opinião sobre o objeto educacional				
Quanto a relevância	muito importante 32,3%	<b>importante 67,7%</b>	não se aplica	
Quanto a adequação: Sequência	<b>boa 96,7%</b>	regular 3,3%		
Compreensão	<b>fácil 92%</b>	difícil 8%		
	sim	parcialmente	não	não se aplica
Gosta da idéia de poder acessar em casa o objeto educacional em qualquer hora quando precisasse e sem custo?	<b>94,5%</b>	5,5%		
O objeto é compreensível e de fácil manuseio?	<b>94,5%</b>	5,5%		
Na sua opinião o uso deste objeto de aprendizagem despertou o interesse sobre os conteúdos contidos nele?	<b>70,9%</b>	22,5%	6,6%	
A aula se tornou mais interessante com o uso do objeto?	<b>70,9%</b>	29,1%		
A atividade é apropriada e o uso do O.E. facilitou a sua compreensão sobre o conteúdo?	<b>77,5%</b>	15,1%	7,4%	
As respostas de todas as operações realizadas no objeto estavam de acordo com suas expectativas?	<b>87,7%</b>	12,3%		
Você se sente seguro quanto aos resultados obtidos no objeto?	<b>86,0%</b>	14,0%		
Quando se deparou com algum erro teve suporte técnico que lhe ajudou a resolver o problema?	14,0%	9,0%	12,9%	<b>64,1%</b>
Está confiante e saberá usar o conhecimento adquirido pelo objeto em uma futura prática?	<b>93,5%</b>	6,5%		
O uso do objeto educacional aumentou o nível de seu conhecimento?	<b>45,3%</b>	45,1%	9,6%	
O gráfico contido no objeto ajudou a compreender melhor a base do conteúdo?	<b>87,0%</b>	13,0%		
Você usaria o objeto educacional novamente?	<b>93,0%</b>	3,8%	3,2%	

A pesquisa pós-uso confirmou o acesso e uso do computador, mas quando se tratou de utilizar o computador para fins educacionais, o índice caiu pela metade e passou de uso diário para três vezes por semana.

Dos alunos respondentes, 83,8% responderam que aumentou a motivação na utilização dos objetos para auxiliar na aprendizagem. A maioria maciça de 93% gosta da idéia de poder acessar um programa que possa auxiliar na aprendizagem de algum conteúdo específico.

Metade dos entrevistados considerou que seu conhecimento antes de utilizar o objeto era bom e utilizando o objeto de aprendizagem ocorreu uma pequena aprendizagem. Se o conhecimento era bom e aprenderam um pouco mais, o sucesso de utilizar objetos de aprendizagem que facilite a aprendizagem é eminente.

Nesta pesquisa também foi possível verificar o sucesso da visualização gráfica contida em software ou programas: além de motivar, auxilia a compreender conteúdos de mais complexidade.

A maioria dos entrevistados, 87%, afirmaram que o gráfico contido no objeto ajuda a compreender melhor a base do conteúdo e que se sentem seguros quanto aos resultados. Esta última é considerada uma das questões mais importantes quanto se trata de um objeto de aprendizagem numérico: a questão da confiabilidade e qualidade das informações obtidas.

A importância de ter acesso livre e a qualquer hora a um objeto que auxilie na aprendizagem é chave para o sucesso. A maioria maciça tem opinião favorável ao desenvolvimento deste tipo de software educacional. A relevância foi considerada, muito importante ou importante e a seqüência foi unanimemente considerada boa, com compreensão fácil. Os alunos se sentem a vontade para utilizar o objeto em situações futuras.

Alguns comentários dos respondentes ao final da pesquisa que valem a sua divulgação:

*“Acredito que facilitará na compreensão da resolução de exercícios”*

*“Com o software o aluno poderá despertar o interesse em aprender um assunto que não havia ficado claro em sala. Também ajudará aquele aluno que não tira suas dúvidas por vergonha ou medo.”*

*“A idéia do uso de ferramentas para o desenvolvimento do conhecimento é sempre motivadora, principalmente quando esta diferença está ligada diretamente a tecnologia.”*

*“Será muito interessante aprender com o auxílio de tal objeto de aprendizagem.”*

*“Esse objeto possibilita ao aluno pôr em prática o conteúdo visto em sala, o que muitas vezes não dá uma noção exata de sua função.”*

Esses comentários servem de incentivo ao desenvolvimento de objetos de aprendizagem para uso pedagógico.

Deve-se ressaltar que houve cooperação também por parte dos professores que responderam ao questionário específico. Neste, a categoria pedagógica foi avaliada e seu resultado está no quadro 8.5. Pode-se adiantar alguma curiosidades nenhum professor utiliza o computador na prática educativa. Mas 100% gostariam de ter material didático disponibilizado em um repositório de objetos de aprendizagem.

Quadro 8 5 -QUESTIONÁRIO PROFESSOR

Questionário aplicado ao professor				
	Sim	Não		
Utiliza o computador na sua prática educativa?		100%		
Já produziu algum software educativo ou programa específico para a sua disciplina		100%		
Qual é a sua receptividade ao objeto educacional ( software)	Muito importante	Importante	Não se aplica	
Quanto a relevância	12,5%	87,5%		
Quanto a adequação: sequência	boa 87,5%	regular 12,5%	ruim	
compreensão	fácil 100%	difícil		
Qual é a sua posição quanto a utilização do computador como estratégia de ensino?	Muito importante	Importante	Não se aplica	
	12,50%	87,5%		
Quanto a adequação: sequência	boa 87,5%	regular 12,5%	ruim	
compreensão	fácil 100%	difícil		
	sim	parcialmente	não	não se aplica
Você se sentiu motivado a utilizar o objeto na sua prática pedagógica cotidiana?	12,50%	88%		
O ambiente propõe situações de aprendizagem	100%			
Gostaria de ter outro material didático disponibilizado em um repositório de objetos.	100%			
Qual?	Aplicações práticas			
Os testes que você realizou com o uso do objeto os resultados foram satisfatórios em termos de confiabilidade e precisão?	12,50%	87,5%		
Gostaria de fazer algum comentário sobre o uso de objetos educacionais para auxiliá-lo no processo ensino e aprendizagem?	<b>Nota a necessidade cada vez maior, da utilização de meios que aproximem o educando de objetos que facilitem a aprendizagem. Este material apresentado é um bom começo.</b>			

A disponibilidade de objetos de aprendizagem em um repositório aberto permite incluir no processo de ensino e aprendizagem a utilização de ferramentas computacionais em sala de aula. Muitos professores que não tem o hábito de utilizar este tipo de recurso digital em sua prática educativa e também aqueles

professores que não tem possibilidades, tanto humana quanto financeira, de desenvolver tais objetos de aprendizagem.

Nesta pesquisa pôde se verificar que existe grande importância na utilização de ferramentas computacionais com o objetivo de facilitar a aprendizagem. Já foi constatado que o indivíduo constrói sua aprendizagem de acordo com suas experiências e vivências. A compreensão acontece pela utilização contínua e contextualizada dos conhecimentos e, assim, a situação de aprendizagem deve promover o manuseio de conhecimentos no contexto das práticas comuns da cultura. Fleming & Gonçalves (2006) comprova que o ambiente propõe situações de aprendizagem

O comentário do professor sobre o uso deste tipo de material incentiva a pesquisadores e programadores a desenvolver material de apoio didático digital. Além disso agrada ao professor a possibilidade de ter objetos disponíveis na web para auxiliar na busca de apoio à aprendizagem do aluno em uma disciplina em que é alto o índice de reprovação. Um dos maiores desafios para um professor de disciplinas como a de Cálculo Diferencial e Integral é diminuir o índice de evasão e reprovação em sua disciplina.

O comentário colocado na pesquisa é de grande valia, por isso a sua divulgação: *“Noto a necessidade cada vez maior, da utilização de meios que aproximem do educando de objetos que facilitem aprendizagem. Este material apresentado é um bom começo.”* indica esse cenário.

Por sua vez, programadores estudantes de uma Universidade responderam o questionário e prevaleceram itens pertencentes à categoria ergonômica com seus critérios, estando o resultado descrito no quadro 8.6.

Esta parte da pesquisa buscou avaliar critérios ligados a usabilidade do objeto e quanto ao objetivo do software. Este foi alcançado por unanimidade dos entrevistados.

Validar a eficácia da interação humano-computador em face de efetiva realização das tarefas por parte dos usuários é um dos objetivos da pesquisa. E também verificar a eficiência da interação homem-computador, face aos recursos



empregados (tempo, passos desnecessários, busca de ajuda, etc) onde se constata que a acessibilidade do objeto foi atingida.

Quadro 8 6 -QUESTIONÁRIO PROGRAMADOR

Questionário aplicado aos programadores				
	sim	parcialmente	não	não se aplica
O programa faz o que foi proposto de forma correta	75%	25%		
A execução programa é confiável	50%	50%		
O acesso é rápido?	75%	25%		
O objeto é acessível em local remoto?	50%	50%		
Funções de apoio estão implementadas		100%		
Fornecer ajuda de forma clara, completa, rápida e com recursos de hipertexto		75%	25%	
O programa propõe-se fazer o que é apropriado?	100%			
Utiliza de forma eficiente os recursos da plataforma?	100%			
Permite navegabilidade nos conteúdos?	75%	25%		
Permite interoperabilidade e comunicabilidade?	75%	25%		
	muito bom	bom	regular	ruim
Para garantir a durabilidade do objeto as atualizações são consideradas:	75%	25%		

Segundo os programadores, o objeto atinge sua acessibilidade por apenas metade dos entrevistados, mas são unânimes em afirmar que as funções de apoio estão implementadas.

Tanto o objetivo do programa quanto a utilização de forma eficiente dos recursos da plataforma foi atingido, pois o programa faz o que lhe foi apropriado segundo os respondentes.

A possibilidade de acessar com facilidade todas as partes do objeto, como também utilizá-lo em um conjunto de ferramentas ou plataformas, em outros locais com outras ferramentas e plataformas foi atingida segundo 75% dos entrevistados.

Por fim, o objeto analisado permite uma atualização fácil, sendo possível utilizar sem re-projeto ou recodificação, mesmo com mudança da base tecnológica, sendo sua durabilidade considerada como muito boa.

### **8.3 Considerações finais**

A primeira fase desta parte da pesquisa serviu de motivação para iniciar uma nova caminhada, o desenvolvimento de características e critérios para construir objetos de aprendizagem numéricos.

Na segunda parte da pesquisa, pôde ser verificada a validade do trabalho através de análise de alguns objetos desenvolvidos e disponíveis na rede mundial de computadores. Em seguida a essa análise, realizou-se uma segunda fase de levantamento onde se envolveram diferentes perfis da área: alunos, professores e programadores.

Pode ainda se salientar que, na instituição onde foi utilizado o objeto para o ensino e aprendizagem de cálculo diferencial nos cursos de engenharia na segunda fase da pesquisa, existe ao final de cada semestre uma avaliação de docente pelo discente. Resgatado do sistema o resultado desta avaliação (em anexo) se tem novo resultado que confirma, neste caso específico, a tese da motivação do aluno na constatação de sua aprendizagem, pois o índice de pontos dados ao professor aumentou em relação ao semestre anterior em que não foi utilizada ferramenta computacional que facilite a aprendizagem.

## 9 Conclusões e Perspectivas Futuras

### 9.1 Conclusões

A rápida expansão da Internet vem proporcionando novas formas de comunicação, e a *Web*, novos espaços de interatividade com a possibilidade de desenvolvimento de portais que contêm objetos de aprendizagem que auxiliam no ensino e aprendizagem de conteúdos gerais e específicos como, por exemplo métodos numéricos em engenharia.

A avaliação destes objetos, disponibilizados na forma de textos, apresentações, cursos, softwares, é uma questão que carece de modelos e padrões. Nesse sentido, poucos trabalhos procuram oferecer critérios para avaliar a qualidade dos objetos disponíveis nesta rede.

É neste contexto que esta tese busca dar a sua maior contribuição, a formulação de um método de construção e avaliação de objetos de aprendizagem numéricos até então não encontrada no material teórico pesquisado. Este método, além de se preocupar com a aprendizagem do aluno, também se preocupou com as questões de usabilidade do equipamento em uso. Também houve preocupação com a parte programacional, isto é, os programas descritos de forma adequada e sistemática através de etapas de desenvolvimento para a construção de objetos de aprendizagem. Assim um dos propósitos é validá-los no que tange a sua adequabilidade e qualidade usando métricas diversas.

Em objetos de aprendizagem numéricos a qualidade de informação deve ser levada em consideração: além do conteúdo, a fonte desse conteúdo, a estrutura e as características do produto e as etapas da produção do objeto.

Os “objetos de aprendizagem numéricos”, como colocados neste trabalho se constituem proposta de um modelo padronizado de armazenamento e distribuição de informação em sistema de ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos divulgados via Internet.

A partir de um levantamento das características necessárias para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem destinados ao ensino de conceitos matemáticos, em especial de métodos numéricos em problemas de engenharia,

desenvolveu-se um estudo das características destes objetos segundo os elementos básicos e suas inter-relações no aqui chamado *Tetraedro de Chevallard* (Chevalard et al. *apud* Malard, 2004).

Assim, os elementos (professor, aluno, conhecimento e objeto de aprendizagem) e as suas relações são abordadas e analisadas com foco na construção dos objetos de aprendizagem numéricos. Inicialmente quanto às quatro faces (chamadas aqui de **dimensões**): *didática, pedagógica, mediática e documental*. Depois, a análise se realiza quanto à união (junção pelas arestas) das faces duas a duas (**conjunto**), formando seis conjuntos com intersecção representada pelas arestas relacionando os elementos básicos dois a dois: *educacional, pedmental, didmental, escolástico, pético e medmental*. Finalmente, a análise é da integração das faces, três a três, resultando como intersecção os vértices, elementos básicos da representação (aqui chamados de **universos**): *aluno, professor, objeto de aprendizagem e conhecimento*.

A tarefa para o desenvolvimento das etapas destes objetos de aprendizagem envolve alguns fatores: a montagem de uma equipe multidisciplinar, composta por: professor, aluno ou usuário, design instrucional, programadores; seguir características e critérios para a sua construção numa visão computacional como também a disponibilização na *Web* através de um repositório seguindo padrões pré-definidos.

Determinados os três aspectos, categorias, características e critérios dos objetos, e com a montagem de uma equipe multidisciplinar e as etapas do desenvolvimento do objeto bem estabelecidas, foi possível um processo de validação do modelo de construção de objetos de aprendizagem voltados para a área de métodos numéricos em engenharia. A validação foi através de pesquisa de campo em que houve a participação de três universidades da capital paranaense, através de seus alunos professores e programadores.

Os resultados da pesquisa foram positivos e incentivadores no que tange os aspectos dos critérios e qualidade do objeto. Por exemplo, 83,8% dos alunos sentem-se motivados a utilizar o objeto para auxiliar na aprendizagem. 94,5%

gostam da idéia de acessar o objeto em qualquer lugar e qualquer hora. 93% pretendem usar o objeto mais vezes.

O ambiente propôs situações de aprendizagem aos alunos e a própria avaliação do professor pelo aluno em uma das instituições mostrou o sucesso do uso da ferramenta computacional para auxiliar o professor em sala de aula.

Conclui-se, por fim, que os objetivos propostos para esta tese foram atingidos à medida que se cumpriu o previsto e foram validadas as propostas através das pesquisas realizadas. Já foi constatado que o indivíduo constrói sua aprendizagem de acordo com suas experiências e vivências.

É importante ressaltar que a avaliação em ambientes de aprendizagem, em si, não termina com o desenvolvimento de um método. O avanço tecnológico tem levado as mudanças do cenário educacional (processo de ensino e aprendizagem).

O método apresentado visa servir de guia para a construção de objetos de aprendizagem destinados ao ensino de conteúdos mais complexos, e naturalmente possui limitações que requerem atualizações e estudos mais aprofundados.

## **9.2 *Perspectivas futuras***

Este estudo está proposto de forma a permitir ampliações futuras que contêm as seguintes expectativas:

1. Construir um objeto que possa ser utilizado instantaneamente por dois ou mais usuários na mesma área de visão de forma colaborativa, com compartilhamentos de recursos;
2. Resolução de problemas abordados com o uso de jogos, as especificidades de seu desenvolvimento através de características e critérios à luz do trabalho apresentado;
3. Adicionar e suprir categorias, características, critérios e métricas para objetos de aprendizagem segundo a evolução da tecnologia;

4. Refinar o estudo do tetraedro pedagógico com suas características e critérios;
5. Realizar estudos sobre a evolução do ambiente de criação e catalogação de objetos com a implementação de sistemas especialistas para prototipação e documentação do objeto.

Por fim, a tentativa tanto de avaliação de objetos de aprendizagem como a sua construção através de características e critérios é um desafio para todos que trabalham com a educação a distância. Os caminhos percorridos por autores aqui citados são de grande valia para continuar a busca de novas formas de avaliação e construção eficazes para objetos de aprendizagem ao ensino e aprendizagem de métodos numéricos.

## 10 Referências Bibliográficas

ABRAN, A. **Full function point measurement manual: V2.0**. Canadá: Software Engineering Laboratory in Applied Metrics - Universidade de Quebec, 1999.

Advanced Distributed Learning (ADL). Disponível em: <<http://www.adlnet.org>> Acesso em: 25 set. 2003.

AICC, CMI Guidelines for Interoperability, AICC CMI subcommittee 25 octobre 1993. Disponível em: <<http://www.aicc.org/pages/down-docs-index.htm>> Acesso em: 19 abr. 2006.

AGUIAR, R.V. **Desenvolvimento, implementação e avaliação de ambiente virtual de aprendizagem em um curso profissionalizante de enfermagem**. Ribeirão Preto, 132p., 2006. Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo.

ALMEIDA, A.T.; COSTA, A.P.C.S. **Priorities assignment of information systems based on PROMETHEE method**. Gest. Prod., Aug. 2002, vol.9, nº.2, p.201-214. ISSN 0104-530X.

ALMEIDA, V. P.; SILVA, J.C.A. **Estratégias Cógicas para Aumento da Qualidade do Hiperdocumento que contém o Material Instrucional para EaD**. IHC 2004. Disponível em: <<http://www.serg.inf.puc-rio.br/ihc/papers/IHC2004/173-176-IHC2004+.pdf>> Acesso em: 19 mar. 2007.

ALVES, R. M. **SAFES: Um Servidor de Avaliação Formativas e Somativas para o Ensino On-line via Web**. Belo Horizonte, 161p., 2003. Tese (Doutorado - Universidade Federal de Minas Gerais).

BARROSO, L.C., BARROSO, M.M.A., CAMPOS, F.F.F., CARVALHO, M.L.B., MAIA, M.L. **Cálculo Numérico, com aplicações**. São Paulo: Ed. HARBRA, 1987.

BARZELI, R. **Physically-Based modeling for computer graphics: A Structured Approach**. inc. California: Ed. Academic Press, 1992.

BASTIEN, J.M.C. et SCAPIN, D.L. **Critères ergonomiques pour l'évaluation d'interfaces utilisateurs**. Le Chesnay: Rapport technique INRIA n° 156, Juin 1993, INRIA, 1993

BECKER, F. **Modelos pedagógicos e modelos epistemológicos. Educação e realidade**. Porto Alegre, 164p., 1994. Tese (Doutorado) – COPPE/UFRJ.

BELCHIOR, A.D. **Modelo Fuzzi para a avaliação da qualidade de software**. Rio de Janeiro, 130p., 1997. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BERTOLDI, S., **Avaliação de Software Educacional: Impressões e Reflexões**. Florianópolis, 31 f., 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

BEZERRA, E. **Princípios de Análise e projeto de sistemas com UML**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2002.

BRANDÃO, E.J.R. **Repensando Modelos de Avaliação de Software Educacional**. Disponível em: <<http://www.minerva.uevora.pt/simposio/comunicacoes/artigo.html>> Acesso em: 15 mai. 2004.

BRAUDE, E. **Projeto de software: da programação à arquitetura: uma abordagem baseada em Java**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2005.

BRUSAMOLIN, V. **Manutenibilidade de software**. Disponível em: <[http://www.revdigonline.com/artigos\\_download/art\\_10.pdf](http://www.revdigonline.com/artigos_download/art_10.pdf)> Acesso em abril de 2007.

BURDEN, R. L. FAIRES, J.D. **Numerical Analysis**. 6 th. Boston: Ed. Brooks/Cole Publishing Company, 2002.

CATAPAN A. H.; CORNÉLIO, F. P.; SOUZA, A.C.; THOMÉ, Z.R.C.; CYBIS, W.A. **Ergonomia em Software Educacional: A possível integração entre usabilidade e aprendizagem**. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/~ihc99/ihc99/atasIHC99/art24.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2004.



CHIDAMBER, S. and KEMERER, C. (1994). **A Metrics Suite for Object Oriented Design**. IEEE Transactions on Software Engineering, 20(6). Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=631131>> Acesso em: 25 mai. 2006.

CORRÊA, E. S. **Algoritmos Genéticos e Busca Tabu Aplicados ao Problema das P-medianas**. Curitiba, 97p., 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

CUADRADO- GALLEGO, J.J. *Adaptación de las métricas de reusabilidad de la Ingeniería Del Software a los learning objects*. RED. **Revista de Educación a Distancia**, número monográfico II. Maio de 2005. Disponível em: <<http://www.um.es/ead/red/M4>> Acesso em: 03 set. 2005.

CYBIS, W.A.; PIMENTA, M.S.; SILVEIRA, M.C.; GAMEZ, L. **Uma abordagem Ergonômica para o Desenvolvimento de Sistemas Interativos**. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/~ihc99/Ihc99/AtasIHC99/AtasIHC98/Cybis.pdf>> Acesso em: 18 mai. 2004.

DEMO, P. Educar é diferente de ensinar. **Jornal do Brasil**. Rio de Janeiro. Caderno Empregos. 08 out. 2000. p. 1.

**Dublin Core Metadata Initiative**. Disponível em: <<http://dublincore.org>> . Acesso em: 12 out. 2003.

FLEMING D.M.; GONÇALVES, M.B. **Cálculo A, Funções Limite Derivação Integração**. São Paulo: Ed.Makron Books, 2001.

FERREIRA, L.F. **A Evolução de Ambientes de Aprendizagem Construtivista**. Disponível em <<http://penta.ufrgs.br/~luis/Ativ1/AmbApC.html>> Acesso em: 18 jun. 2005.

FILATRO, A. **Design Instrucional contextualizado: educação e tecnologia**. São Paulo: Ed. Senac, 2004.

GAMA,C.L.G.; SCHEER,S. Objetos de aprendizagem hipermediáticos na educação de engenharia, sua construção e usabilidade. In: 32º Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia 2004, COBENGE 2004. Brasília. **Anais...** Brasília : Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2004. v. 1. p. 1-9.

\_\_\_\_\_ Avaliação de objetos de aprendizagem para Educação a Distância de engenharia: construção, reusabilidade e avaliação. In: Programação do 12º CIED., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABED e UFSC, 2005. v. 1. p. 1-8.

GAMA, C.L.G. **Contribuições para formulação de um método para avaliação de objetos de aprendizagem para métodos numéricos.** Curitiba, 72 p., 2005. Proposta de Tese (Doutorado)- Universidade Federal do Paraná.

GAMEZ, L. **Manual do avaliador.** Minho e Florianópolis, 102 p., 1998. Dissertação (Mestrado)- Universidade do Minho e Universidade Federal de Santa Catarina.

GARCIA, L.F. **Introdução à engenharia de software.** Disponível em: <[http://www.garcia.pro.br/07-01-FDB-EngenhariaA/FDB-ENGENHARIA\\_A-1-2-3.pdf](http://www.garcia.pro.br/07-01-FDB-EngenhariaA/FDB-ENGENHARIA_A-1-2-3.pdf)> Acesso em 24 abr. 2007.

GOMES,J. & Velho, L. **Computação gráfica, volume 1.** Rio de Janeiro: IMPA,1998.

GONZÁLES, L. A. A., '**Conjuntos Difusos de Objetos de Aprendizaje**'. Disponível <http://www.inf.uach.cl/lalvarez/documentos/Conjuntos%20Difusos%20de%20LO.pdf> Acesso em: 03 set. 2005.

HACK, C.A; PLINIO, C.F; SOUZA, A.C; THOMÉ, Z.R.C; CYBIS, W. A. **Ergonomia em Software Educacional: A possível integração entre a usabilidade e aprendizagem.** Disponível em: <[www.Labiutil.inf.ufsc.br/ergolist/check.htm](http://www.Labiutil.inf.ufsc.br/ergolist/check.htm)> Acesso em: 22 jan. 2004.

HENRY, L.W. **Maintenance Metrics for the Objects Oriented Paradigm.**

IEEE,1993. Disponível em:

<<http://ieeexplore.ieee.org/jiel2/462/6632/00263801.pdf?arnumber=263801>> Acesso em: abril de 2007.

IEEE Learning Technology Standards Committee (IEEE/LTSC). '*IEEE Standard for Learning Object Metadata*'. Disponível em: <<http://ltsc.ieee.org/wg12/>> Acesso em: 15 mar. 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9241:** Disponível em <<http://www.iso.org/iso/en>> Acesso em: 18 jun. de 2005

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9126** Framework: Disponível em <<http://mudhole.spodnet.uk.com/~kyrian/project/project.html>> Acesso em: 18 jun. 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14598** Framework: Disponível em <<http://mudhole.spodnet.uk.com/~kyrian/project/project.html>> Acesso em 18 jun. 2005.

JAVA World. **Make Java Fast.** Disponível em: <<http://www.javaworld.com>> Acesso em: 19 mar. 2004.

KRATZ, R.A. **Fábrica de Adequação de Conteúdo de Ensino para Objetos de Aprendizagem Reutilizáveis (RLOS) respeitando a norma SCORM.** São Leopoldo, 125p., 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Vale Rio dos Sinos. disponível em: <<http://www.inf.unisinos.br/~crespo/arquivos/dissertacoes/dissertacaoKratz.pdf>> Acesso em: 12 dez. 2006.

*Learning Object Review Instrument (LORI) User Manual.* Disponível em: <<http://cenlinu1.centennialcollege.ca/aahs/LORI/help.php>> Acesso em:25 mar. 2005.

LÈVY, Pierre. **Cibercultura.** São Paulo: Ed. 34, 2º edição. 2000.  
\_\_\_\_\_. **As Tecnologias da Inteligência.** São Paulo: Ed. 34, 2000.

LIBÂNEO, J.C. **A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender – a Teoria Histórico- cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davíдов** Disponível em: <<http://www.sescsp.org.br/sesc/images/upload/conferencias/179.rtf>>

Acesso em: 25 mar. 2006.

LINS, J. Entenda e explore os recursos de matemática da J2SE, tanto em ponto flutuante como números decimais. **Revista Java Magazine**, Rio de Janeiro, ed.19, p. 48-56. 2006.

LONGMIRE, W. A **Primer On Learning Objects. American Society for Training & Development. American Society for Training & Development.** Virginia. USA. 2001.

**Macromédia Flash**, Disponível em: <http://www.macromedia.com/software/flash/>> Acesso em: 23 out. 2004.

MALARD, R. **Interoperabilidade de conteúdos didáticos digitais: Uma contribuição a questão dos padrões.** Curitiba, 145 p., 2004. Dissertação (Mestrado)- Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

MARTINS M.L. **O Papel da Usabilidade no Ensino a Distância Mediado por Computador.** Belo Horizonte, 107p., 2004. Dissertação (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

MARTURET, M. M. **Educación a Distancia – Evaluación de Materiales.** Buenos Aires, Ed. Marymar,1999.

MENDES, R. M.; SOUZA, V.I.; CAREGNATO, S. E. **A propriedade intelectual na elaboração de objetos de aprendizagem.** Disponível em: <[http://www.cinform.ufba.br/v\\_anais/artigos/rozimaramendes.html](http://www.cinform.ufba.br/v_anais/artigos/rozimaramendes.html)> Acesso em: 11 jul. 2005.

MICHAELIS: **Moderno dicionário da língua portuguesa.** São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

NESBIT, J.; BELFER, K.; VARGO, J. A ***Convergent Participation Model for Evaluation of Learning Objects***. *Canadian Journal of Learning and Technology*, v.28(3), 2002. Disponível em: <[http://www.cjlt.ca/content/vol28.3/nesbit\\_et al.htm](http://www.cjlt.ca/content/vol28.3/nesbit_et al.htm)> Acesso em: 27 fev. 2005.

NIELSEN, J. ***Ten Usability heuristics***. Disponível em: <[http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic\\_list.html](http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html)>. Acesso em: 22 out. 2004.

\_\_\_\_\_ ***Do Interface Standards Stifle Design Creativity?*** Disponível em: <http://www.useit.com/alertbox/990822.html>. Acesso em 19 mar de 2007.

OLIVEIRA,C.C.; Costa,J.W.; Moreira, M. **Ambientes informatizados de aprendizagem: Produção e avaliação de software educativo**. Campinas: Ed. Papyrus, 2001.

PIAGET, J. **Psicologia e epistemologia: Para uma teoria do conhecimento**. Lisboa. Publicações Dom Quixote, 1991.

PICHILIANI, M.C. **Mapeamento de software para permitir a colaboração síncrona**. São José dos campos, 170 p., 2006. Tese (Doutorado) – Instituto Tecnológico da Aeronáutica.

PIMENTA, P.; BAPTISTA, A. A.. **Das plataformas de E-learning aos objetos de aprendizagem**. , TecMinho, 2004, p. 97-109. Disponível em [www.abed.org.br/congresso2005/por/pdf/024tcc4.pdf](http://www.abed.org.br/congresso2005/por/pdf/024tcc4.pdf) Acesso: 09 jul. 2007.

PRESSMAN, R. S. **Software engineering: a practitioner's approach**, 3. ed. New York: Ed. McGraw-Hill, 1995.

\_\_\_\_\_ **Engenharia de Software**. 5. Ed. McGraw-Hill, 2002.

PRIMO, A.F.T. e Cassol, M.B.F. **Explorando o conceito de interatividade definições e taxonomias**. Disponível em: <http://www.psico.ufrgs.br/~aprimo/pb/pgie.htm> Acesso: 22 jan. 2007.

PULINO, A.R.F. **Introdução ao Moodle, Ambiente de Aprendizagem módulo 1.** Departamento de Engenharia Civil e ambiental, 2004. Disponível em: <[http://www.moodle.uneb.br/file.php?file=/1/modulo01-moodle\\_1\\_.pdf](http://www.moodle.uneb.br/file.php?file=/1/modulo01-moodle_1_.pdf)> Acesso em: out. 2006.

RAINER. P. **Accessibility Metadata and Learning Objects** Disponível em: <<http://www.skillsforaccess.org.uk/articles.php?id=153>> Acesso em: 25 jan. 2006.

ROCHA, A.R.C., MALDONADO, J.C.; WEBER, K.C., **Qualidade de Software: Teoria e Prática.** São Paulo: Ed. Prentice Hall, 2001.

RUGGIERO, M., LOPES, V.L.R. **Cálculo numérico: aspectos teóricos e computacionais.** São Paulo: Ed. McGraw-Hill, 1988.

SALES, A.L.C. & TOUTAIN, L.B. **Aspectos que norteiam a avaliação da qualidade da informação em saúde na era da sociedade digital.** Disponível em: <[http://www.cinform.ufba.br/vi\\_anais/docs/AnaLidiaSales.pdf](http://www.cinform.ufba.br/vi_anais/docs/AnaLidiaSales.pdf)> Acesso em: 15 jan. 2006.

SCHEER, S.; GAMA, C.L.G. Developing learning objects for a structural engineering educational network. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, X ICCCB E., 2004, Weimar. **Anais...** Weimar. 2004. X- Proceedings. Weimar : Bauhaus-Universität Weimar e ICCCB E, v. 1. p. 1-10.

\_\_\_\_\_ Construção de um repositório para projetos educacionais hipermédia. In: CONGRESSO NACIONAL DE AMBIENTES HIPERMÍDIA PARA APRENDIZAGEM, 2004, Florianópolis. UFSC/CTC : **Anais...** Florianópolis: CONAHPA, 2004 v. 1. p. 1-8.

SCHEER, S.; GAMA, C.L.G.; ABE, M.S.; VERZENHASSI, C.C.; KRUKLIS, S. Objetos de aprendizagem como apoio para uma rede de ensino e aprendizagem em engenharia de estruturas. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING AND

TECHNOLOGY EDUCATION, 2004, Santos, Brasil. **Anais...** Santos: COPEC, 2004. p.1191-1195.

SICILIA, M.A. *Reusabilidade y reutilización de objetos didácticos: mitos, realidades y posibilidades*. RED. **Revista de Educación a Distancia**, número monográfico II. Fevereiro de 2005. Disponível em: <<http://www.um.es/ead/red/M2>> Acesso em: 03 set. 2005.

SILVA FILHO. A.M. Engenharia de confiabilidade de software. **Revista espaço acadêmico** – Ano III – Nº 27 – Agosto/2003 – Mensal - ISSN 15196186 Disponível em: <<http://www.espacoacademico.com.br/027/27amsf.htm>> Acesso em: 27 fev. 2006.

SILVA, C. R. O. **MAEP: um método ergopedagógico interativo de avaliação para produtos educacionais informatizados**. Florianópolis, 224p., 2002. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Santa Catarina.

Sosteric, N.; Hesemeier, S. “**When is a Learning Object not an Object: a first step towards a theory of learning objects**”. IN: *Internacional Review of Research in Open and Distance Learning*. Disponível em: <http://www.irrodl.org/content/v3.2/soc-hes.html> Acesso em: 09 jul. 2007.

STAUB. A.L.P. **Teorias de Aprendizagem**. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/tramse/med/textos/2004\\_08\\_04\\_tex.htm](http://www.ufrgs.br/tramse/med/textos/2004_08_04_tex.htm)> Acesso em: 18 jun. 2005.

STEUER, J. *Defining virtual reality: dimensions determining telepresence*. **Journal of Communication**, p.72-93, 1993. Disponível em: <<http://www.presence-research.org/papers/steuer92defining.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2007.

TAROUCO, L.M.R.; FABRE, M.-C. J. M.; TAMUSIUNAS, F.R. **Reusabilidade de objetos de aprendizagem**", *Novas Tecnologias na Educação*. 2003. Disponível em: <[http://www.cinted.ufrgs.br/renote/fev2003/artigos/marie\\_reusabilidade.pdf](http://www.cinted.ufrgs.br/renote/fev2003/artigos/marie_reusabilidade.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2003.

TATIABANA C.Y. & Kaetsu, Y.D. **Redes neurais**. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/ia/neurais/>> Acesso em: 23 out 2006.

VILLANI, A. & PACCA, J.L.A. **Construtivismo, Conhecimento Científico e Habilidade Didática no Ensino de Ciências**. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-25551997000100011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-25551997000100011&script=sci_arttext)> Acesso em: 19 ago. 2006.

VYGOTSKY, Lev S.. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 190p. 1998.

\_\_\_\_\_. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1998.

ZACARIAS, V.L.C. **Vygotsky e a Educação** Disponível em: <<http://www.centrorefeducacional.com.br/vygotsky.html>> Acesso em: 19 mar. 2006.

WARPECHOWSKI, M. Oliveira, J.P.M. **Obtenção de Metadados de Objetos de Aprendizagem no AdaptWeb**. Disponível em: <http://www.inf.ufrgs.br/erbd/Artigos/7924.pdf>. Acesso em: julho de 2006.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: A definition a metaphor, and a taxonomy**. 2001. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em 19 jul. 2004.

WILKPEDIA **The free encyclopedia**,. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Granularity>> . Acesso em: 19 jan. 2007.

World Wide WEB Consortium – W3C. **Extensible Markup Language (XML)**. Disponível em: <<http://www.w3.org/xml/>> . Acesso em: 03 nov. 2003.

YNIMINE, S. **Flash MX**. Florianópolis: Ed. Visual Books, 2002.



## 10.1 Bibliografias

ANDRADE, A.L.P et all. Aplicação da Norma ISO/IEC 12119 na Avaliação da Qualidade de Produtos de Software in: VII CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE SOFTWARE: Qualidade de Software Curitiba. **Anais...** Curitiba: VII CITIS, 1996. p. 75-89.

ARDIS, M. A.; DUGAS,C.A. Test-First teaching: Extreme Programming meets instructional design in Software Engineering course. In: FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 34<sup>th</sup> ASEE/IEEE., 2004, Savannah, GA, **Anais...** IEEE,2004 p. F1C-25-F1C30.

BRADLEY,C. Boyle, T. **Student's Use of Learning Objects**. Disponível em <<http://imej.wfu.edu/articles/2004/2/01/index.asp>> Acesso em: 22 jan. 2004.

CAMPOS, G.H.B. **A Qualidade em Software Educacional**. Disponível em: <<http://www.ciencia.ufri.br/publicações/Artigos/eduBytes95/QualidadeSE.htm>> Acesso em: 18 mai. 2004.

\_\_\_\_\_ **A EAD e o modelo de competências**. Disponível em: <[http://www.timaster.com.br/revista/artigos/main\\_artigo.asp?codigo=910&pag=1](http://www.timaster.com.br/revista/artigos/main_artigo.asp?codigo=910&pag=1)> Acesso em: 25 mai. 2005.

CAMPOS, G.H.B; Campos, F.C.A.;Rocha, A.R.C. **Design Instrucional e construtivismos : em busca de modelos para o desenvolvimento de software**. Disponível em : <<http://www.niee.ufrgs.br/ribie98/TRABALHOS/250M.PDF> > Acesso em: 19 mar. 2005.

CYBIS, W. A. **Engenharia de Usabilidade: Uma abordagem Ergonômica**. Labiutil: Disponível em: <[http://www.labiutil.inf.ufsc.br/Apostila\\_nvVersao.pdf](http://www.labiutil.inf.ufsc.br/Apostila_nvVersao.pdf)> Acesso em: 23 out. 2003.

GALHARDO, M.A.; PIMENTEL, E.P.; Omar, N. Avaliação Contínua da aprendizagem num Curso de Estruturas de Dados. In: WORLD CONGRESS OF

ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION, Santos. **Anais...** Santos: WCETE, 2004 p. 1725-1729.

GHAOUI, C. **Usability Evaluation of Online Learning Programs**. Liverpool John Moores University, UK, Information Science publishing: 2003.

GUSTAFSON, K. L. BRANCH, R.M. **Survey of Instructional Development Models**. New York, Ed. ERIC, 2002.

JOCHEMS,W.; MERRIEMBOER, J. V.; KOPER, R. **Integrated E-learning: Implications for Pedagogy, Technology and Organization**. New York, Ed. Routledgefalmer, 2004.

HOWARD-ROSE, D.; HARRIGAN,K. **CLOE learning impact studies lite: evaluating learning objects in nine Ontario University courses**. Disponível em: <<http://cloe.on.ca/MERLOTConferencePaper10.doc>> Acesso em: 18 mar. 2005.

KALINKE, M. A. **Internet na Educação**. Curitiba, Ed. Expoente, 2003.

KALINKE, M.A.;TROVON, A. **A Delimitação de Critérios para a Análise e Seleção de Sites Educacionais**. Disponível em: <[http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/seminario\\_curitiba\\_files/Kalinke-Trovon.doc](http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/seminario_curitiba_files/Kalinke-Trovon.doc)> Acesso em: 24 mai. 2004.

IKEMATU, R. S. Gestão de metadados: sua Evolução na tecnologia da informação. In: DATAGRAMAZERO - **Revista de Ciência da Informação** IASI - Instituto de Adaptação e Inserção na Sociedade da Informação, Rio de Janeiro, v. 2(n. 6), 2001. Disponível em: <[http://dici.ibict.br/archive/00000308/01/Gest%C3%A3o\\_de\\_metadados.pdf](http://dici.ibict.br/archive/00000308/01/Gest%C3%A3o_de_metadados.pdf)> Acesso em: 19 jan. 2007.

KRAUSS, F.; Ally, M. *A Study of the Design and Evaluation of a Learning Object and Implications for Content Development*. Interdisciplinary. **Journal of Knowledge and Learning Objects**, v.1, 2005. Disponível em: <<http://ijklo.org/Volume1/v1p001-022Krauss.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2005.

MURAMATSU, B.; McMARTIN, F.; EIBECK, P. A.; TRONT, J. G., ANDERSON, W. ***An evaluation Process for Engineering Courseware: The Premier Award for Excellence in Engineering Education Courseware.*** Disponível em: <[http://www.smete.org/smete/public/about\\_smete/publications/ICEE00/ICEE-Premier-0800.pdf](http://www.smete.org/smete/public/about_smete/publications/ICEE00/ICEE-Premier-0800.pdf)> . Acesso em: 22 fev. 2005.

NASCIMENTO W.B.Jr., **Modelagem do Conhecimento Ergonômico para Avaliação da Usabilidade de Objetos de Interação.** Florianópolis, 93p., 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade federal de Santa Catarina.

PERES, F.; MEIRA, L. **Avaliação de software educacional centrada no diálogo interface,colaboração e conceitos científicos.** Disponível em: <<http://delivery.acm.org>> Acesso em: 25 fev. 2004.

POMPEU, R. C. **Um Estudo sobre Ambiente Virtuais de apoio ao Ensino e Aprendizagem de resistência dos Materiais.** Curitiba, 95p., 1999. Dissertação, (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.

REEVES, T.C. **A Research Agenda for Interactive Learning in the New Millennium.** Disponível em <<http://it.coe.uga.edu/~treeves/EM99Key.html>> Acesso em: 25 mai. 2005.

REIGELUTH, C.M. **Instructional-Design Theories and Models: Na Overview of their Current Status.** London, Syracuse University, Ed. LEA,1983.

\_\_\_\_\_ **Instructional-Design Theories and Models: A New paradigm of Instructional Theory.** v. II, London, Syracuse University, Ed. LEA, 1999.

RIBEIRO,D.A. **Processo da avaliação da arquitetura de software.** Recife, 68p., 2005. Monografia (Bacharel) - Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/~tg/2004-2/dar.doc>> Acesso em: 15 mai. de 2005.

ROSA, I. S. **Soluções para EAD online numa perspectiva construtivista.** Disponível em : <<http://www.universiabrasil.net/ead/materia.jsp?id=6354>> Acesso em: 19 mar. 2005.

SANDER, U., Huk, T. ***Evaluation of a Website with Learning Objects for Cell Biology – Target Groups and Usability.*** Disponível em: <[http://projekte.learninglab.uni-hannover.de/pub/bscw.cgi/d28342/Sander\\_E-Learn%202002.pdf](http://projekte.learninglab.uni-hannover.de/pub/bscw.cgi/d28342/Sander_E-Learn%202002.pdf)> Acesso em: 19 mar. 2005.

SHEPHERDSON, E. ***Teaching concepts utilizing active learning computer environments.*** Massachusetts, 220 p., 2001. Tese (Doutorado)- Massachusetts Institute of Technology.

SILVA V.T. **Módulo pedagógico para um ambiente hipermídia de aprendizagem.** Florianópolis, 69 p., 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/diss2000/valdete/>> Acesso em: 18 jun. 2005.

TRINDADE, B. **Um Ambiente Combinado Presencial e a Distância para a Aprendizagem dos Fundamentos de Desenho Técnico na Engenharias.** Florianópolis, 2000. Qualificação Doutorado (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

VOSGERAU, D.S.A.R; MATOS, E.L.M. A Tecnologia Educacional Face à Evolução das Correntes educacionais. In: Encontro Nacional da Didática e Prática de Ensino. 2004, XII ENDIPE, Curitiba. **Anais...** Curitiba: PUCPr.

WILLIAMS D.,D., ***Evaluation of Learning Objects and Instruction Using Objects.*** Disponível em: <http://www.reusability.org/read/chapters/williams.doc> Acesso em: 19 abr. 2004.

WORLEY, T. Como construir um *site*. **Publifolha**, São Paulo, 2ª ed. Série sucesso profissional: informática, 2001.

## 11 Apêndices

## Apêndice 1

Pesquisa realizada com os alunos de Engenharia Civil das universidades:

Universidade Federal do Paraná e Centro Universitário Positivo em 2004.

Pesquisa sobre a usabilidade do objeto 10 questões

1. O tempo de espera para a página ser carregada é aceitável?

Sim  Não  Parcialmente  N.A

Observações:

2. Os softwares fornecem a opção de download?

Sim  Não  Parcialmente  N.A

Observações:

3. As orientações que o software dá sobre como utilizá-lo são fáceis de serem entendidas?

Sim  Não  Parcialmente  N.A

Observações:

4. Os aplicativos executados a partir do site tiveram um bom desempenho?

Sim  Não  Parcialmente  N.A

Observações:

5. Existe opção para contacto com a equipe de manutenção do software?

Sim  Não  Parcialmente  N.A

Observações:

6. O sistema oferece equivalentes de teclado para a seleção e execução das opções de menu, além do mouse?

Sim  Não  Parcialmente  N.A

Observações:

7. O sistema emite sinais sonoros quando ocorrem problemas na entrada de dados?

Sim  Não  Parcialmente  N.A

Observações:

8. Os recursos sonoros são bem explorados, e utilizados pertinentemente?

Sim  Não  Parcialmente  N.A

Observações:

9. O sistema sempre exige uma ação explícita de ENTER, para dar início ao processamento de dados?

Sim  Não  Parcialmente  N.A

Observações:

10. Os títulos dos botões ajudam a navegação?

Sim  Não  Parcialmente  N.A

Observações:

Pesquisa sobre a aprendizagem do aluno, questões pedagógicas.

1. A redação e o estilo do texto está bem escrita, de forma clara e de fácil compreensão?

Sim             Não             Parcialmente             N.A

Observações:

2. Os botões de navegação fazem o que esperamos?

Sim             Não             Parcialmente             N.A

Observações:

3. Em caso de erro, eles são tratados e informados claramente?

Sim             Não             Parcialmente             N.A

Observações:

4. É fácil encontrar a explicação para sua dúvida?

Sim             Não             Parcialmente             N.A

Observações:

5. Os recursos motivacionais utilizados permanecem interessantes ao longo do tempo, sem tornarem-se aborrecidos através de repetições constantes?

Sim             Não             Parcialmente             N.A

Observações:

6. O software possui ícones claros o suficiente para não gerar ambigüidade?

Sim             Não             Parcialmente             N.A

Observações:

7. O software oferece um resumo do desempenho do aluno ao final da sessão?

Sim             Não             Parcialmente             N.A

Observações:

8. Existe no software instruções de como agir em situações de erro?

Sim             Não             Parcialmente             N.A

Observações:

9. O site do software possui um material complementar para acesso do aluno?

Sim             Não             Parcialmente             N.A

Observações:

10. Você consegue dominar o conjunto de informações apresentadas para fazer uma avaliação final tranqüila?

Sim             Não             Parcialmente             N.A

Exercício utilizado, pelo professor Miguel da UFPR e professor Marcos Arndt da Unicamp na avaliação de um objeto educacional do projeto OE3.

O objeto escolhido foi Flexo Compressão de Peças de Madeira figura a1.

FIGURA A.1 FLEXO COMPRESSÃO DE PEÇAS DE MADEIRA

Segue os detalhes dos cálculos para a resolução do exercício.

### Exercício para o applet Flexo-Compressão de Peças de Madeira

Para a barra de um banzo de uma tesoura de um telhado de madeira, comprimento de flambagem  $L_0 = 150\text{cm}$ , tem-se os seguintes esforços característicos  $F_k$  (esforços axiais internos)

- $F_{gk} = 1800 \text{ daN}$  (carga permanente)
- $F_{wk} = 320 \text{ daN}$  (sobrepessão do vento)
- $F_{qk} = 0 \text{ daN}$  (carga acidental vertical)

Verificar a barra à compressão paralela às fibras da madeira, para as combinações últimas correntes mais críticas, de acordo com os critérios da norma NBR 7190.

#### Dados do problema:

- Madeira dicotiledônea Classe C40
- Classe de umidade 1
- Madeira de segunda categoria
- $b = 6\text{cm}$ ;  $h = 12\text{cm}$
- $\gamma_g = 1.4$ ; (carga permanente)
- $\gamma_q = 1.4$ ; (carga acidental)



### Solução:

1) Cálculo das propriedades geométricas:

$$A = 6\text{cm} \times 12\text{cm} = 72 \text{ cm}^2$$

$$I_{\min} = I_y = 12 \times 6^3 / 12 = 216 \text{ cm}^4$$

$$I_{\min} = \text{raiz}(I_{\min}/A) = 1,73 \text{ cm}$$

2) Verificação da condição de esbeltez máxima da coluna:

$$L_0 = 150\text{cm} \leq 40b = 40 \times 6 = 240 \text{ (condição atendida)}$$

3) Cálculo do índice de esbeltez da coluna:

$$\lambda = L_0/I_{\min} = 150 / 1,73 = 86,60 \text{ (} 80 < \lambda \leq 140 \text{)}$$

Tem-se a condição de coluna esbelta. Neste caso  $e_c$  diferente de zero. (O efeito da fluência precisa ser considerado).

4) Combinações de ações:

$$F_d = 1,4 \times (1800) + 1,4 \times [0,75 \cdot (320) + 0] = 2856 \text{ daN}$$

5) Propriedades de resistência e rigidez da madeira:

- Resistência:

$$f_{c0,d} = k_{\text{mod}} \times f_{c0,k} / \gamma_{\text{wc}}$$

$$f_{c0,k} = 40 \text{ MPa} = 400 \text{ daN/cm}^2 \text{ (resist. Característica da madeira dicotiledônea classe C40)}$$

$$k_{\text{mod}} = 0,56$$

$$\gamma_{\text{wc}} = 1,4$$

$$f_{c0,d} = 0,56 \times 400 / 1,4 = 160 \text{ daN/cm}^2$$

- Rigidez

$$E_{c0,m} = 19500 \text{ MPa (módulo de elasticidade médio – madeira dicotiledônea C40)}$$

$$E_{c0,ef} = k_{\text{mod}} \times E_{c0,m} = 0,56 \times 19500 = 10920 \text{ MPa (módulo de elasticidade efetivo)}$$

6) Tensões atuantes:

6.1) Devidas ao esforço normal (Nd):

$$\sigma_{Nd} = Nd/A = 2856 \text{ daN} / 72 \text{ cm}^2 = 39,67 \text{ daN/cm}^2 \text{ (compressão)}$$

6.2) Devidas ao momento fletor:

A excentricidade efetiva é dada por:

$$e_{1,ef} = e_1 + e_c = e_i + e_a + e_c$$

$$\text{Barra de treliça: } e_i = 0 \geq h/30 = 6\text{cm}/30 = 0,2 \text{ cm}$$

Onde h é a altura em relação ao plano de momento de inércia.

$$e_a = 150\text{cm}/300 = 0,5\text{cm}$$

- Carga crítica de Euler:

$$F_E = (\pi/L_0)^2 \cdot E_{c0,ef} \cdot I = (\pi/150)^2 \cdot 109200 \cdot 216 = 10347 \text{ daN} > F_d = 2856 \text{ daN} \text{ (não existe risco de ocorrência da flambagem global de Euler)}$$

- Excentricidade suplementar de 1ª. Ordem devido à fluência da madeira:

$$ec = (e_{ig} + e_a) \times \left\{ \exp \left[ \frac{\phi \left[ N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2) N_{qk} \right]}{F_E - \left[ N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2) N_{qk} \right]} \right] - 1 \right\}$$

$$e_{ig} = M_{1gd} / N_d$$

Barra de treliça eig = 0

$\Phi = 0,8$  = ( coeficiente de fluência Tabelado)

$\Psi_1 = 0,2$  e  $\Psi_2 = 0$  (para a pressão dinâmica do vento)

$$ec = (0 + 0,5)x \left\{ \exp \left[ \frac{0,8x[1800daN + (0,2 + 0)x320daN]}{10347 - [1800daN + (0,2 + 0)x320daN]} \right] - 1 \right\} = 0,09$$

$$e_{1,ef} = 0,2 + 0,5 + 0,09 = 0,79$$

$$M_d = N_d \cdot e_{1,ef} (Fe/Fe - Nd)$$

$$M_d = 2856 \times 0,79 \times (10347 / 10374 - 2856) = 3123,44 \text{ daN.cm}$$

$$\sigma_{Md} = (Md/I) \cdot y_{max} = (3292 / 216) \times 3 = 43,38 \text{ daN/cm}^2$$

7) Verificação da condição de segurança:

$$\sigma_{Nd}/f_{c0,d} + \sigma_{Md}/f_{c0,d} \leq 1$$

$$39,67/160 + 43,38/160 = 0,52 < 1$$

## Apêndice 2

Ergonômico (usabilidade)		Universidade 1				Universidade 2			
		sim	parcialment	não	n. a.	sim	parcialment	não	n. a.
1	O tempo de espera para a página ser carregada é aceitável?	78%	26%	6%	0%	83%	17%	0	0
2	Os softwares fornecem a opção de download?	59%	6%	52%	12%	35%	47%	18%	0
3	As orientações que o software dá sobre como utilizá-lo são fáceis de serem entendidas?	72%	22%	5%	6%	43%	38%	19%	0
4	Os aplicativos executados a partir do site tiveram um bom desempenho?	62%	22%	4%	12%	53%	27%	20%	0
5	Existe opção para contacto com a equipe de manutenção do software?	27%	12%	40%	21%	39%	22%	17%	22%
6	O sistema oferece equivalentes de teclado para a seleção e execução das opções de menu, além do mouse?	25%	24%	26%	25%	17%	35%	13%	35%
7	O sistema emite sinais sonoros quando ocorrem problemas na entrada de dados?	7%	6%	39%	48%	14%	7%	10%	69%
8	Os recursos sonoros são bem explorados, e utilizados pertinentemente?	4%	38%	28%	57%	7%	28%	10%	55%
9	O sistema sempre exige uma ação explícita de ENTER, para dar início ao processamento de dados?	22%	14%	55%	9%	30%	20%	30%	20%
10	Os títulos dos botões ajudam a navegação?	85%	10%	20%	3%	47%	53%	0	0
<b>pedagógico ( aprendizagem)</b>									
1	A redação e o estilo do texto está bem escrita, de forma clara e de fácil compreensão?	79%	14%	10%	0%	53%	27%	20%	0
2	Os botões de navegação fazem o que esperamos?	85%	12%	0%	3%	83%	17%	0	0
3	Em caso de erro, eles são tratados e informados claramente?	25%	24%	10%	41%	17%	35%	13%	35%
4	É fácil encontrar a explicação para sua dúvida?	37%	33%	19%	11%	13%	44%	26%	17%
5	Os recursos motivacionais utilizados permanecem interessantes ao longo do tempo, sem tornarem-se aborrecidos através de repetições constantes?	35%	30%	17%	18%	77%	0	23%	0
6	O software possui ícones claros o suficiente para não gerar ambigüidade?	66%	24%	4%	6%	50%	25%	0	25%
7	O software oferece um resumo do desempenho do aluno ao final da sessão?	16%	15%	42%	27%	7%	29%	21%	43%
8	Existe no software instruções de como agir em situações de erro?	13%	19%	42%	26%	7%	30%	33%	30%
9	O site do software possui um material complementar para acesso do aluno?	61%	12%	6%	21%	50%	25%	0	25%
10	Você consegue dominar o conjunto de informações apresentadas para fazer uma avaliação final tranquila?	52%	41%	2%	5%	28%	55%	17%	0

## Apêndice 3

Estou realizando uma pesquisa com os objetivos de elaborar um modelo de construção de objetos educacionais com adequação a princípios de: engenharia de software, métodos numéricos aplicados a engenharia, processo de ensino-aprendizagem e usabilidade. Este estudo faz parte da minha tese de doutorado como aluna do programa de pós-graduação em métodos numéricos em engenharia da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação do professor doutor Sérgio Scheer.

### Avaliação do objeto pelo aluno (expectativa de uso)

- 1) Você costuma usar o computador ?  
 Diariamente  
 Mais de 3 vezes por semana  
 Menos de 3 vezes por semana  
 Você não tem o costume de usar o computador
  
- 2) Você tem acesso a Web em casa?  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica  
Caso a resposta seja negativa, qual é o local em que acessa?  
 No trabalho  
 Na escola  
 Em Lan House  
 Em casa de amigos, parentes...  
 Outros: Especifique \_\_\_\_\_
  
- 3) O que você acha da idéia de ter a disposição um software ou objeto educacional em qualquer lugar e hora para poder resolver algum problema ligado a disciplina ?  
 Muito Bom  
 Bom  
 Indiferente  
 Ruim  
 Péssimo
  
- 4) Quanto ao uso do objeto educacional para auxiliar a aprendizagem, pode ser considerada:  
 Vai melhorar o seu conhecimento  
 Vai se manter na mesma  
 Vai saber pouca coisa a mais  
 Não vai fazer diferença
  
- 5) Na sua opinião o uso deste objeto vai despertar o interesse do usuário sobre o assunto?  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica ou não sabe
  
- 6) Na expectativa de uso do objeto você se sente:  
 Temeroso, pois você não se sente a vontade em lidar com a tecnologia.  
 Indiferente, para você tanto faz usar ou não um software  
 Motivado, em poder aprender mais com o uso da tecnologia  
 Confiante, pois você acredita que o uso vai facilitar a sua aprendizagem
  
- 7) Na sua opinião o objeto educacional vai permitir o desenvolvimento de um conteúdo novo?  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica ou não sabe
  
- 8) Na expectativa para o uso do objeto educacional, você pretende usar várias vezes em experiências futuras?  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica ou não sabe
  
- 9) Gostaria de fazer algum comentário sobre a expectativa de uso do objeto educacional?

## Apêndice 4

Estou realizando uma pesquisa com os objetivos de elaborar um modelo de construção de objetos educacionais com adequação a princípios de: engenharia de software, métodos numéricos aplicados a engenharia, processo de ensino-aprendizagem e usabilidade. Este estudo faz parte da minha tese de doutorado como aluna do programa de pós-graduação em métodos numéricos em engenharia da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação do professor doutor Sérgio Scheer.

O endereço do objeto educacional está disponibilizado no seguinte endereço: <http://www.pessoal.cefetpr.br/carmemgama>. Conto com sua valiosa colaboração, para atingir os objetivos propostos no trabalho. Qualquer dúvida, por favor, entre em contato: por e-mail [carmem.gama@uol.com.br](mailto:carmem.gama@uol.com.br)

### Identificação (opcional)

Nome:

Formação:

Titulação:

Local de trabalho:

### Avaliação do objeto pelo aluno (depois do uso)

- 1) Você costuma usar o computador ?  
 Diariamente  
 Mais de 3 vezes por semana  
 Menos de 3 vezes por semana  
 Você não tem o costume de usar o computador
  
- 2) Você tem acesso a Web em casa?  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica

Caso a resposta seja negativa, qual é o local em que acessa?

  - No trabalho
  - Na escola
  - Em Lan House
  - Em casa de amigos, parentes...
  - Outros: Especifique\_\_\_\_\_

  
- 3) Usa freqüentemente a Web para os estudos?  
 Sim diariamente  
 Mais de três vezes por semana  
 Menos de três vezes por semana  
 Você não usa
  
- 4) Gosta da idéia de poder acessar em casa o objeto educacional em qualquer hora quando precisasse e sem custo?  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica
  
- 5) O seu conhecimento sobre o conteúdo antes de utilizar o objeto era:  
 Muito bom  
 Bom  
 Regular  
 Ruim  
 Péssimo

- 6) O objeto é compreensível e de fácil manuseio?  
( ) Sim ( ) Parcialmente ( ) Não ( ) Não se aplica
- 7) Você considera, em relação ao grau de conhecimento adquirido com o uso do objeto educacional, que saiu:  
( ) Sabendo menos do que antes  
( ) Sabendo a mesma coisa que antes  
( ) Sabendo pouca coisa a mais  
( ) Sabendo muito mais do que antes
- 8) Em relação a motivação de utilizar os objetos educacionais para auxiliar na aprendizagem ela pode ser considerada:  
( ) A mesma de quando você não conhecia o objeto (software)  
( ) Diminuiu  
( ) Aumentou  
( ) Sofreu momentos de altos e baixos.
- 9) Na sua opinião o uso deste objeto de aprendizagem despertou o interesse sobre os conteúdos contidos nele?  
( ) Sim ( ) Parcialmente ( ) Não ( ) Não se aplica
- 10) A aula se tornou mais interessante com o uso do objeto?  
( ) Sim ( ) Parcialmente ( ) Não ( ) Não se aplica
- 11) A atividade é apropriada e o uso do O.E. facilitou a sua compreensão sobre o conteúdo?  
( ) Sim ( ) Parcialmente ( ) Não ( ) Não se aplica
- 12) As respostas de todas as operações realizadas no objeto estavam de acordo com suas expectativas?  
( ) Sim ( ) Parcialmente ( ) Não ( ) Não se aplica
- 13) Você se sente seguro quanto aos resultados obtidos no objeto?  
( ) Sim ( ) Parcialmente ( ) Não ( ) Não se aplica
- 14) Quando se deparou com algum erro teve suporte técnico que lhe ajudou a resolver o problema?  
( ) Sim ( ) Parcialmente ( ) Não ( ) Não se aplica
- 15) Está confiante e saberá usar o conhecimento adquirido pelo objeto em uma futura prática?  
( ) Sim ( ) Parcialmente ( ) Não ( ) Não se aplica
- 16) O uso do objeto educacional aumentou o nível de seu conhecimento?  
( ) Sim ( ) Parcialmente ( ) Não ( ) Não se aplica
- 17) O gráfico contido no objeto ajudou a compreender melhor a base do conteúdo?  
( ) Sim ( ) Parcialmente ( ) Não ( ) Não se aplica
- 18) Qual a sua opinião sobre o objeto educacional:  
Quanto a relevância: ( ) muito importante ( ) importante ( ) não se aplica  
Quanto a adequação: Seqüência: ( ) boa ( ) regular ( ) ruim  
Compreensão: ( ) fácil ( ) difícil
- 19) Você usaria o objeto educacional novamente?  
( ) Sim ( ) Parcialmente ( ) Não ( ) Não se aplica

20) Gostaria de fazer algum comentário sobre o uso do objeto educacional ?

---

---

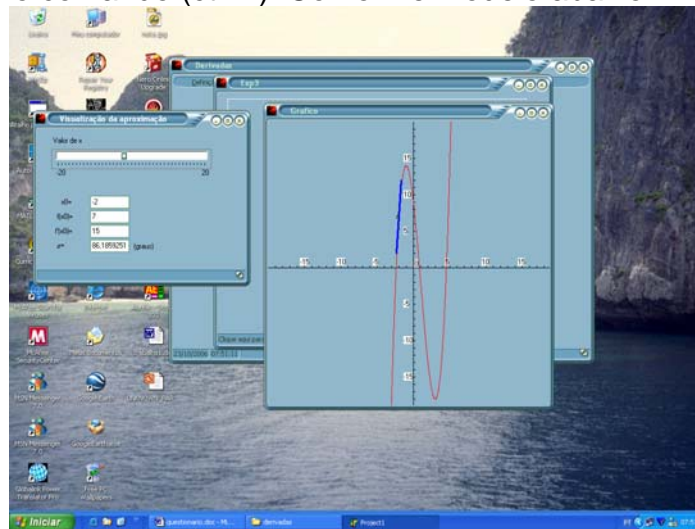
### O Exercício para ser resolvido utilizando o objeto educacional .

Estude o comportamento da função  $f(x) = x^3 - 3x^2 - 9x + 9$  utilizando o software contido na página <http://www.pessoal.cefetpr.br/carmemgama/> e indique os intervalos que ela cresce, decresce, as coordenadas dos pontos máximos e mínimos se existirem.

Aproveite a oportunidade de escrever a equação da reta tangente ao gráfico no ponto de abscissa  $x = 1$ .

Para acessar o objeto *click* uma vez no **link software derivadas** na página acima e após nos links executar que aparece duas vezes uma janela será aberta, nesta janela *click* no menu (acima) **tipos de função** e depois a **função três** e preencha os dados conforme a função que está sendo estudada.

Com o auxílio do botão *Print Screen* (botão no campo superior direito ao lado de F12 no teclado) você pode capturar a imagem do software e importar para a folha de resposta com o comando (ctrl v). Conforme modelo abaixo.



## Apêndice 5

Estou realizando uma pesquisa com os objetivos de elaborar um modelo de construção de objetos educacionais com adequação a princípios de: engenharia de software, métodos numéricos aplicados a engenharia, processo de ensino-aprendizagem e usabilidade. Este estudo faz parte da minha tese de doutorado como aluna do programa de pós-graduação em métodos numéricos em engenharia da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação do professor doutor Sérgio Scheer.

O endereço do objeto educacional está disponibilizado no seguinte endereço: <http://www.pessoal.cefetpr.br/carmemgama>. Conto com sua valiosa colaboração, para atingir os objetivos propostos no trabalho. Qualquer dúvida, por favor, entre em contato: por e-mail [carmem.gama@uol.com.br](mailto:carmem.gama@uol.com.br)

### Identificação (opcional)

Nome:

Formação:

Titulação:

Local de trabalho:

### Avaliação do objeto pelo professor

- 1) Utiliza o computador na sua prática educativa? Sim ( ) Não ( )  
Caso afirmativo,  
Disponibilizando conteúdo didático ( )  
Como ambiente de aprendizagem ( )  
Utiliza algum software educativo ( )
  
- 2) Já produziu algum software educativo ou programa específico para a sua disciplina sim ( ) Não ( )  
Caso afirmativo qual ?  
\_\_\_\_\_
  
- 3) Qual é a sua receptividade ao objeto educacional ( software)  
Quanto a relevância: ( ) muito importante ( ) importante ( ) não se aplica  
Quanto a adequação: seqüência: ( ) boa ( ) regular ( ) ruim  
Compreensão: ( ) fácil ( ) difícil
  
- 4) Você se sentiu motivado a utilizar o objeto na sua prática pedagógica cotidiana?  
( ) sim ( ) parcialmente ( ) não ( ) não se aplica
  
- 5) Qual é a sua posição quanto a utilização do computador como estratégia de ensino?  
Quanto a relevância: ( ) muito importante ( ) importante ( ) não se aplica  
Quanto a adequação: seqüência: ( ) boa ( ) regular ( ) ruim  
Compreensão: ( ) fácil ( ) difícil
  
- 6) O ambiente propõe situações de aprendizagem  
( ) sim ( ) parcialmente ( ) não ( ) não se aplica
  
- 7) Gostaria de ter outro material didático disponibilizado em um repositório de objetos.  
( ) sim ( ) parcialmente ( ) não ( ) não se aplica



Caso afirmativo qual ?

---

---

---

- 8) Os testes que você realizou com o uso do objeto os resultados foram satisfatórios em termos de confiabilidade e precisão?  
( ) sim ( ) parcialmente ( ) não ( ) não se aplica
- 9) Gostaria de fazer algum comentário sobre o uso de objetos educacionais para auxiliá-lo no processo ensino – aprendizagem?

---

---

---

---

---

## Apêndice 6

### Avaliação do objeto pelo programador:

- 1) O programa faz o que foi proposto de forma correta  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica
- 2) A execução programa é confiável  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica
- 3) O acesso é rápido?  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica
- 4) O objeto é acessível em local remoto?  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica
- 5) Funções de apoio estão implementadas  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica
- 6) Fornece ajuda de forma clara, completa, rápida e com recursos de hipertexto  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica
- 7) O programa propõe-se fazer o que é apropriado?  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica
- 8) Utiliza de forma eficiente os recursos da plataforma?  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica
- 9) Permite navegabilidade nos conteúdos?  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica
- 10) Permite interabilidade e comunicabilidade?  
 Sim  Parcialmente  Não  Não se aplica
- 11) Para garantir a durabilidade do objeto as atualizações são consideradas:  
 Muito bom  
 Bom  
 Regular  
 Ruim  
 Péssimo