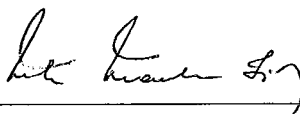


# OTIMIZAÇÃO À DISTÂNCIA: UM SISTEMA DE ESTUDO INTEGRADO E DISTRIBUÍDO

Glória Lúcia de Moura Alves

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

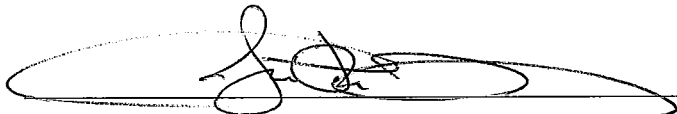
Aprovada por:



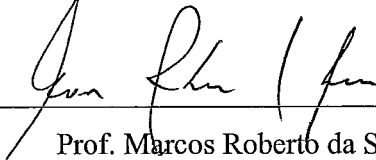
Prof. Nelson Maculan, D.Habil



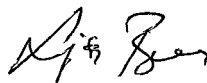
Profa. Neide Santos, D.Sc.



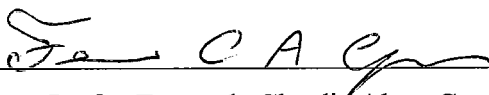
Prof. Carlos José Pereira de Lucena, Ph.D.



Prof. Marcos Roberto da Silva Borges, Ph.D.



Profa. Lígia Alves Barros, D.Sc.



Profa. Fernanda Claudia Alves Campos, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

DEZEMBRO 2001

ALVES, GLÓRIA LÚCIA DE MOURA  
Otimização à Distância: Um Sistema de  
Estudo Integrado e Distribuído [Rio de  
Janeiro] 2001.

X, 130 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc.,  
Engenharia Sistemas, 2001)

Tese - Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, COPPE

1. Sistema de Estudo Integrado e  
Distribuído para Otimização

I. COPPE/UFRJ II. Título

Esta tese é dedicada à memória do meu pai, José Alves Lô e à minha mãe Glória de Moura Alves, ambos fontes inesgotáveis de amor.

## AGRADECIMENTOS

Esta tese não teria sido possível sem a ajuda indispensável de algumas pessoas, a quem gostaria de manifestar os meus mais sinceros agradecimentos.

Ao mestre de nós mestres e meu orientador neste trabalho, professor Nelson Maculan cujo convívio, opiniões e contribuições foram definitivas para a finalização deste trabalho.

À minha orientadora professora Neide Santos, que mesmo antes de me conhecer pessoalmente, proporcionou-me a esperança de realizar este sonho. O seu exemplo, a sua dedicação e o seu profissionalismo foram o meu “combustível” ao logo destes últimos meses. Um mundo acadêmico com mais “Neides” certamente seria melhor.

Aos professores Carlos José Pereira de Lucena, Marcos Roberto da Silva Borges, Lígia Alves Barros e Fernanda Claudia Alves Campos por participarem da banca de defesa desta tese.

Aos colegas, amigos e alunos do IME, de forma especial às professoras Nadya Prado, Valéria Mota e Gerson B. Costamilan e ao aluno Emanuel Freire, pelo carinho, apoio e amizade ao longo desta caminhada.

Ao Instituto Militar de Engenharia, IME, na pessoa do Dr. Rex Nazaré pela concessão da licença parcial remunerada, fato que viabilizou a execução de meu doutorado.

Aos meus irmãos, José Mauro de Moura Alves, Fernando Sérgio de Moura Alves e Luís Vicente de Moura Alves, que tanto acreditaram, incentivam e torceram por mim, ao longo de toda a minha vida.

Ao filho que o coração escolheu, Leandro Menezes Bandeira, pelo convívio, amizade, carinho e a grande esperança de que este trabalho o induza a seguir o caminho dos estudos.

À memória do meu querido pai, com a certeza de que está vibrando de alegria com esta vitória profissional.

À Glória de Moura Alves, um recado: amo você mãe!

Especial agradecimento ao meu marido, Paulino Machado Bandeira, por ter acreditado em mim e ter me brindado com seu carinho, amor e compreensão em todas as horas.

Aos que tudo negaram para a viabilização deste sonho agradeço a força interior que me motivou a chegar ao final da jornada, superando os obstáculos.

A São Francisco de Assis, única presença interior, causa e essência de tudo: “Paz e Bem!”.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

## OTIMIZAÇÃO À DISTÂNCIA: UM SISTEMA DE ESTUDO INTEGRADO E DISTRIBUÍDO

Glória Lúcia de Moura Alves

Dezembro/2001

Orientadores: Nelson Maculan

Neide Santos

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Algumas propostas de integração das tecnologias da rede Internet têm sido oferecidas, entre elas os Sistemas de Estudos Integrado Distribuído (em inglês, Integrated Distributed Learning Systems - IDLS). Os IDLSs visam apoiar a criação e aplicação de cursos à distância. Tais sistemas se apresentam como solução de baixo custo e longo alcance tanto para a implementação de programas de educação continuada, como para apoio do processo de estudo de conteúdos curriculares na educação formal.

Com a finalidade de atender a estas questões e no contexto de desenvolvimento de estudo e pesquisa em Otimização, reunimos algumas características dos portais temáticos para propor nesta tese de doutorado o IDLS Otimização à Distância (OaD).

OaD possui dois componentes definidos por Sessões de Estudo e Sessões de Autorial, com seus respectivos recursos em uma estrutura dividida por módulos: cooperação, publicação eletrônica, simulação numérica, avaliação, criação e manutenção de conteúdos. Tais recursos oferecem um conjunto de funcionalidades que possuem características e preceitos para o estudo de problemas de Otimização.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

DISTANCE OPTIMIZATION: A INTEGRATED DISTRIBUTED LEARNING  
SYSTEM

Glória Lúcia de Moura Alves

December/2001

Advisors: Nelson Maculan  
Neide Santos

Department: Systems and Computer Engineering

In the last few years, several proposals for the educational use of the Internet have been offered. Among them, the Integrated Learning Distributed System- *IDLS*. *IDLS* aims at supporting the creation and the application of distance learning courses. Such systems can become a low cost and long reach solution for the implementation of long life education programs as well as support the study process of formal education curriculum.

In order to assist such matters and concerning the context of development of study and research in Optimization, we gather some thematic gate features with the purpose of putting forward the IDLS – Distance Optimization (OaD) in this doctorate thesis.

OaD has two components defined by Study and Authorship Sessions, with their respective resources in a defined module structure: cooperation, electronic publications, numerical simulations, assessment, creation and maintenance of contents. Such features offer a set of functions with their characteristics and precepts for the Optimization study matters.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS .....</b>	<b>xi</b>
<b>Capítulo 1 – Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 Colocação do problema pesquisa .....	1
1.2 Justificativa do estudo .....	5
1.3 Objetivos .....	6
1.3.1 Objetivo geral .....	6
1.3.2 Objetivo específico .....	6
1.4 Organização do estudo .....	6
<b>Capítulo 2 - Internet e o Estudo de Problemas de Otimização .....</b>	<b>7</b>
2.1 Tecnologias da Internet para fins educacionais .....	7
2.1.1 Visão geral das tecnologias da Internet para fins educacionais .....	7
2.1.2 Sistemas de estudo integrados e distribuídos (IDLs) .....	18
2.2 Aspectos cognitivos do estudo de problemas de otimização .....	30
2.3 Tecnologias da Internet para apoio a pesquisa e estudo dos problemas de otimização .....	33
2.4 Conclusão .....	41
<b>Capítulo 3 - OaD: Um Sistema de Estudo Integrado e Distribuído .....</b>	<b>43</b>
3.1 Descrição geral .....	43
3.2 Usuários do sistema e suas tarefas .....	46
3.2.1 Usuários do sistema .....	46
3.2.2 Tarefas dos usuários no ambiente .....	48
3.3 Arquitetura do OaD .....	49

3.4 Funcionamento e cenários de uso .....	55
3.4.1 Interface principal .....	55
3.4.2 Sessão de autoria .....	55
3.4.3 Ambientes de estudo .....	58
3.5 As Sessões de Estudo .....	61
3.5.1 Temas de estudo .....	61
3.5.2 Módulo de cooperação/comunicação .....	65
3.5.3 Módulo de publicação eletrônica .....	65
3.5.4 Módulo de simulação numérica .....	74
3.5.5 Módulo de avaliação .....	82
3.6 Conclusão .....	87
<b>Capítulo 4 - Avaliação do protótipo Otimização à Distância .....</b>	<b>89</b>
4.1 Avaliação de sistemas e sites para educação à distância (EAD) .....	89
4.1.1 Avaliação de Sistemas para EAD .....	89
4.1.2 Avaliação de <i>Sites</i> para EAD .....	95
4.1.3 Avaliação dos estudantes nos sistemas EAD.....	99
4.1.4 Conclusões da seção.....	101
4.2 Avaliação de OaD .....	102
4.2.1 Definição do design de pesquisa .....	102
4.2.2 Construção de instrumentos de coleta de dados .....	103
4.2.3 Coleta de dados e interpretação dos resultados .....	105
4.3 Conclusão .....	115
<b>Capítulo 5 - Conclusões e trabalhos futuros .....</b>	<b>117</b>
5.1 Trabalhos futuros .....	119
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO 1.</b> Avaliação do sistema Otimização à Distância: pesquisa exploratória - cadastro dos participantes dos temas de estudo .....	
<b>ANEXO 2.</b> Avaliação da interface e avaliação dos aspectos acadêmico .....	



## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Arquitetura do OaD - Visão em Camadas .....	50
Figura 3.2	Ferramentas para o servidor dos temas de estudo .....	51
Figura 3.3	Ferramentas para o módulo cooperação/comunicação .....	52
Figura 3.4	Ferramentas para o módulo de publicação eletrônica .....	53
Figura 3.5	Ferramentas para o módulo de simulação numérica .....	53
Figura 3.6	Camada de objetos responsável pela manipulação das informações do sistema .....	54
Figura 3.7	Adicionar link para a página dos temas de estudo do sistema OaD ....	57
Figura 3.8	<i>UplOaD</i> .....	57
Figura 3.9	Método de estudo proposto - adaptado de FLEMMING (1996) .....	59
Figura 3.10	Tela inicial do tema de estudo: variações do problema da mochila ....	63
Figura 3.11	Organograma geral dos temas de estudo .....	64
Figura 3.12	Janela da função Otimização na Internet: Adicionar Links .....	67
Figura 3.13	Janela da função Otimização na Internet: Verificar Links .....	67
Figura 3.14	Exemplo de um problema de programação linear pelo método gráfico .....	76
Figura 3.15	“Máquina gráfico PPL- 2D” .....	76
Figura 3.16	“Máquina do simplex” .....	77
Figura 3.17	“Máquina mochila” .....	79
Figura 3.18	Interface inicial da avaliação interativa dos conteúdos .....	83
Figura 3.19	Interface da avaliação interativa objetiva para interpretações de problemas de programação linear .....	84
Figura 3.20	Interface da avaliação interativa discursiva para interpretações de problemas de programação linear .....	85
Figura 3.21	Interface da avaliação interativa experimental para problemas de programação linear .....	86
Figura 5.1	Áreas do conhecimento envolvidas no desenvolvimento de OaD .....	119

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Módulos do projeto “tuORial .....	35
Tabela 2.2	Fontes de referência sobre programação matemática do Prof.Harvey J. Greenberg .....	36
Tabela 2.3	Recursos gerais oferecidos pela Internet para a área de Otimização .	40
Tabela 3.1	Temas de estudo do protótipo OaD .....	62
Tabela 3.2(a)	Sites colocados pelos usuários na biblioteca virtual: “otimização na Internet” .....	68
Tabela 3.2(b)	<i>Sites</i> colocados pelos usuários na biblioteca virtual: “otimização na Internet .....	69
Tabela 3.2(c)	Sites colocados pelos usuários na biblioteca virtual: “otimização na Internet” .....	70
Tabela 3.3	Tabela estrutural do sistema otimização à distância .....	88
Tabela 4.1	Características de qualidade de produto de software .....	90
Tabela 4.2	Sub-características de qualidade de produto de software sub-características de qualidade de produto de software .....	90
Tabela 4.3	Critérios para avaliação de sistemas para educação a distância .....	93
Tabela 4.4	Critérios de qualidade de conteúdos de sites educacionais .....	99
Tabela 4.5	Níveis de questão em módulos de auto-avaliação .....	100
Tabela 4.6	Características e sub-características para avaliação da interface do OaD .....	104
Tabela 4.7	Características e sub-características para avaliação dos aspectos acadêmicos .....	105
Tabela 4.8	Classificação dos usuários quanto à habilidade no uso da Internet ...	106
Tabela 4.9	Conhecimento do sistema Otimização à Distância .....	106
Tabela 4.10	Linha de pesquisa escolhida pela população em análise .....	107
Tabela 4.11	Temas de estudo escolhidos pelos participantes .....	107
Tabela 4.12	Resposta dos participantes do sistema as questões formuladas na avaliação: "quais são as suas expectativas com o uso do sistema?" e “Cite os pontos positivos do sistema OaD e suas razões” .....	107
Tabela 4.13	Resposta dos usuários do sistema as questões formuladas na avaliação: “ <i>O que você modificaria neste sistema, casooubesse a você prepará-lo e ministrá-lo?</i> ” .....	108

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1	Avaliação da interface com os usuários - resultados da questão I: confiabilidade .....	109
Gráfico 4.2	Avaliação da interface com os usuários: usabilidade .....	110
Gráfico 4.3	Avaliação da interface com os usuários: eficiência .....	110
Gráfico 4.4	Avaliação de aspectos acadêmicos: organização dos temas de estudo.....	111
Gráfico 4.5	Avaliação de aspectos acadêmicos – módulo de cooperação .....	112
Gráfico 4.6	Avaliação de aspectos acadêmicos – módulo de publicação eletrônica .....	112
Gráfico 4.7	Avaliação de aspectos acadêmicos – módulo de simulações numéricas .....	113

**INTRODUÇÃO**

Este capítulo apresenta a colocação do problema pesquisa, enfocando a justificativa e os objetivos para o tema, e descreve a organização do estudo.

**1.1 COLOCAÇÃO DO PROBLEMA PESQUISA**

Segundo MACULAN (2001) alguns problemas de tomada de decisão podem ser modelados por um problema de Otimização. A modelagem Matemática via Otimização é uma tarefa da nossa capacidade de abstração visando à transformação dos fenômenos observados e conhecimentos adquiridos em expressões matemáticas.

Busca-se o ótimo (mínimo ou máximo) de uma função (real) objetivo que satisfaça às condições estabelecidas pelas restrições (expressões matemáticas) do modelo.

O desenvolvimento de um modelo matemático depende da especialidade do profissional que o propõe. O mesmo problema pode ser "representado" por diferentes modelos matemáticos. É importante que o profissional tenha honestidade intelectual e admita que outros modelos também poderão trazer bons resultados ao mesmo problema de decisão.

Uma vez um modelo matemático de Otimização formulado, começam outros desafios:

- ♦ Como o resolver?
- ♦ Existem algoritmos já bem estudados (convergência, robustez)?
- ♦ Esses algoritmos já foram implementados (confiabilidade)?
- ♦ Suas complexidades numéricas (assintóticas, polinomiais, não polinomiais)?

Encontrada uma solução ótima, uma análise de sensibilidade fazendo variar alguns dados, menos confiáveis, deve ser feita para observar o comportamento do ótimo. Às vezes o fenômeno estudado é muito sensível a pequenas variações dos dados. Às vezes o modelo apresenta uma alta sensibilidade a uma pequena variação de alguns dados, enquanto que o fenômeno observado varia muito pouco.

As noções de modelo primal e de seu dual são de importância capital, pois o problema formulado é o primal, mas o seu dual pode ser mais explicativo em termos práticos. A solução de um fornece uma cota para a solução do outro.

MACULAN (2001) destaca ainda que à complexidade numérica do algoritmo utilizado em um problema, devido ao número muito grande de variáveis e de restrições, nem sempre se consegue encontrar uma solução ótima do modelo. Quando isso acontecer, a busca de métodos aproximativos de solução será de grande importância, métodos esses que estimam a distância máxima entre uma solução viável para o problema, mas sem garantia de otimalidade, e uma cota inferior (minimização) ou uma cota superior (maximização). Quanto menor for essa distância tanto melhor será a escolha de uma boa solução ou de boas soluções. A procura de outras formulações e de novos algoritmos para o mesmo problema visando a diminuir essa distância é obrigação em Otimização.

É muito importante "sentir" os dados, assim como observar a evolução do valor da função objetivo. Para isso a simulação computacional se presta de maneira quase insubstituível. A previsão de cenários diferentes para o mesmo problema não poderá ser esquecida.

Modelar problemas de Otimização é uma atividade que advém da experiência, dos conhecimentos matemáticos e computacionais, da capacidade de abstração da simulação com dados aleatórios. Toda a atenção aos problemas numéricos, provocados pelo uso da aritmética flutuante dos computadores, é primordial.

Nunca esquecer que não se está trabalhando com o problema real e sim com um de seus modelos matemáticos.

A busca de novas idéias e de novos algoritmos, e o estudo criterioso da aplicação dos métodos de Otimização em todas as áreas do conhecimento devem ser a preocupação constante de um ou de uma profissional em Otimização.

Analisando a especificidade envolvida no aprendizado da Otimização apontada anteriormente por MACULAN (2001) observa-se que, tanto como área de estudo, quanto em suas aplicações, a Otimização constitui um domínio complexo. Muitas vezes ao fim de um problema não se obtém um resultado teórico ou de aplicação prática imediata, mas sim uma melhoria da nossa intuição com respeito às propriedades matemáticas e/ou à *física do problema*.<sup>1</sup>

No suporte ao estudo dos problemas de tomada de decisão modelados por um problema de Otimização, uma das dificuldades observadas é a falta de um ambiente integrado, que dê acesso a conceitos, métodos e técnicas através da Internet. A necessidade de suporte *on-line* é fundamental uma vez que os profissionais desta área de pesquisa precisam de contínua atualização de seus conhecimentos, para melhorar a qualidade e a competitividade dos serviços que prestam. Uma das soluções para a educação continuada destes profissionais pode ser amparada na educação à distância apoiada nas tecnologias da rede Internet.

Verificamos, no entanto, que a adoção deste enfoque educacional ainda é tímido, quer seja como mecanismo para a educação continuada para profissionais já inseridos no mercado de trabalho ou como suporte adicional para os alunos dos cursos de graduação e pós-graduação em Ciência da Computação.

Entre as vantagens do uso da Internet destacam-se: atingir novos públicos e promover o desenvolvimento de novas metodologias em um processo de estudo. Esta rede mundial de computadores tem sido vista como um enorme repositório de oportunidades educacionais. Recursos como *sites* de cursos, *sites* de referências, software para *download*, grupos de interesse, listas de discussão, salas de *chats*, entre outros, estão disponíveis, mas encontram-se dispersos, dificultando sua localização. Algumas propostas de integração dos recursos da Internet têm sido oferecidas, entre elas os *Sistemas de Estudo Integrado e Distribuído* (em inglês, *Integrated Distributed Learning Systems - IDLSs*). Estes sistemas apresentam-se como uma solução de baixo custo e longo alcance tanto para a implementação de programas de educação continuada, como para apoio do processo de estudo de conteúdos curriculares na educação formal. Atualmente uma variada gama destes produtos está disponível, entre eles, WebCT, LearningSpace, TopClass e AulaNet (SANTOS, 1998). A análise destes

---

<sup>1</sup> Por *física do problema* nos referimos ao lado prático do mesmo, ou seja, às questões ligadas à Natureza.

sistemas, apresentada no Capítulo 2 deste trabalho, mostra que eles foram desenvolvidos com o objetivo de serem muito flexíveis para acomodar atividades de ensino e aprendizagem em diferentes domínios do conhecimento, tanto para uso acadêmico como em empresas para todos os níveis.

ROMANI *et al.* (1998) ressaltam que os primeiros sistemas baseados na Web reproduziam a sala de aula presencial. Entretanto, a Internet como qualquer outra tecnologia digital é constituída de duas vertentes - a informativa e a construtiva - há uma predominância do lado informativo na concepção das suas aplicações. O processo educacional também pode ser visto como a união equilibrada das mesmas componentes: a informativa e a construtiva. Parte do aprendizado ocorre através da obtenção de informação, que vem da leitura de livros, das aulas expositivas, ou de pesquisa na Web. A outra parte é conseguida pela construção de “coisas”, fazendo e experimentando. No entanto, o que se nota é um desbalanceamento dessas duas componentes, onde o lado construtivo da aprendizagem tem sido pouco privilegiado, em parte pela ausência de tecnologia adequada, e o lado informativo assume uma posição dominante. De forma análoga à maioria das aplicações na Web, os ambientes desenvolvidos para apoiar cursos à distância na rede também têm privilegiado o lado informativo. Ao entrar na maioria desses ambientes, o aluno ou professor não encontra o lado construtivo de aprendizagem, o que se vê é um conjunto de ferramentas que apresenta e organiza a informação gerada nos cursos.

Considerando:

- ◆ a especificidade envolvida no aprendizado da Otimização;
- ◆ a possibilidade de utilizar-se um Sistema de Estudo Integrado e Distribuído para auxiliar o entendimento dos problemas de tomada de decisão que podem ser modelados por um problema de Otimização;
- ◆ a possibilidade de utilizar-se um Sistema de Estudo Integrado e Distribuído para auxiliar o entendimento do processo de busca e observação do comportamento de soluções ótimas (ou aproximadas) para problemas que podem ser modelados por um problema de Otimização;
- a necessidade dos profissionais da área de Otimização terem acesso à educação continuada para atualização de seus conhecimentos;

- ♦ a possibilidade de oferecer aos estudantes da graduação e da pós-graduação em Ciência da Computação, aos pesquisadores e futuros pesquisadores, um suporte no idioma português para estudo e pesquisa dos problemas de Otimização com a intermediação da Internet e;
- ♦ a necessidade de dar aos alunos um espaço integrado na Internet que permita a visualização e experimentação de modelos, algoritmos, métodos e técnicas relacionados à área de Otimização,

o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento, aplicação e avaliação de um IDLS como elemento coadjuvante ao estudo de problemas de Otimização.

## **1.2 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO**

A sociedade atual experimenta inovações tecnológicas que se apresentam com muita rapidez, alterando os processos de trabalho e gerando expressiva demanda por educação continuada. Apesar da crescente demanda por reciclagem profissional, as organizações têm sofrido cortes sucessivos em seus orçamentos, na maioria das vezes, decorrentes da busca pela redução de despesas para a manutenção da competitividade imposta pela internacionalização do conhecimento. No caso específico do Brasil, associado a isto, suas dimensões continentais tendem a excluir os profissionais afastados dos grandes centros das oportunidades de treinamento, quer sejam pela indisponibilidade de tempo ou pela impossibilidade de deslocamento ou escassez de recursos financeiros.

O uso das tecnologias de rede como apoio para a educação continuada à distância pode mostrar-se como uma solução viável. Várias universidades no exterior têm oferecido programas de pós-graduação e graduação à distância, como também têm crescido, em número e diversidade, de forma expressiva, a comunidade de usuários de sistemas como WebCT e AulaNet.

A necessidade de se buscar alternativas que proporcionem maior acesso à educação continuada, e a possibilidade de uso das tecnologias associadas à rede Internet em um processo de estudo voltado para profissionais da área de Otimização, no idioma português, justificam este trabalho de pesquisa.



## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral desse trabalho é desenvolver, aplicar e avaliar um processo de estudo à distância no domínio da Otimização.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

No contexto das pesquisas em Otimização, o objetivo específico deste trabalho é desenvolver, aplicar e avaliar um Sistema de Estudo Integrado e Distribuído (IDLS), no idioma português, que considere a especificidade do estudo dos problemas de Otimização, e que seja voltado tanto para estudantes da graduação e pós-graduação quanto para profissionais da área.

## **1.4. ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO**

Para atender a seus objetivos, o trabalho está dividido em quatro capítulos, além desta Introdução. No segundo capítulo, é apresentada uma descrição do estado da arte nos temas de tese, a saber: as tecnologias da Internet para fins educacionais, a especificidade do estudo na área de Otimização, e a Internet como apoio à pesquisa e ao estudo dos problemas de Otimização. No terceiro capítulo, é apresentado o IDLS *Otimização à Distância*. No capítulo 4, são descritos e analisados resultados da avaliação de um protótipo do sistema com seus usuários potenciais. As conclusões do estudo e os trabalhos futuros que constituem o Capítulo 5.

## **INTERNET E O ESTUDO DE PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO**

Neste capítulo, inicialmente, são apresentadas propostas para o uso das tecnologias da Internet para fins educacionais. Dentre as propostas de uso dessas tecnologias, encontram-se os Sistemas de Estudo Integrados e Distribuídos (em inglês, *Integrated Distributed Learning Systems – IDLS*), que serão definidos e comparados, com o objetivo de possibilitar a análise dos recursos disponíveis neste tipo de sistema. A seguir, procuramos destacar os aspectos cognitivos envolvidos no estudo e pesquisa dos problemas de Otimização. Por fim, a apresentação uma breve visão geral do suporte existente na Internet para apoiar o estudo dos problemas de Otimização.

### **2.1 TECNOLOGIAS DA INTERNET PARA FINS EDUCACIONAIS**

#### **2.1.1 VISÃO GERAL DAS TECNOLOGIAS DA INTERNET PARA FINS EDUCACIONAIS**

A Internet é a maior rede de computadores existente na atualidade. Ela, na verdade, é uma rede composta de outras redes e proporciona a seus usuários comunicação a baixo custo e acesso a um grande número de fontes de informação. A Internet interconecta pessoas para os mais variados fins e têm contribuído para ampliar e democratizar o acesso à informação, eliminando barreiras como distância, fronteiras e fuso horário.

Voltada inicialmente para a comunidade acadêmica e de pesquisa, o uso da Internet permite disseminar experiências e informações sobre as mais variadas áreas do conhecimento, entre milhões de usuários. Seu embrião surgiu de uma pequena rede experimental de computadores criada em 1969 pela *Advanced Research Projects Agency* (ARPA) do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, para permitir o compartilhamento de recursos computacionais, tais como bancos de dados, computadores de alto desempenho e dispositivos gráficos, entre os pesquisadores e fornecedores contratados pelo departamento. Logo ela passou a ser usada, também,

como meio de cooperação entre os participantes do projeto, inicialmente com o uso de correio eletrônico (RIBEIRO, 2000).

Em 1980, a rede experimental foi dividida em outras duas: a ARPANET, para pesquisa civil com fins militares, e a MILNET, com fins exclusivamente militares. A interligação destas duas redes foi chamada de *Defense Advanced Research Projects Agency Internetwork*, nome que foi abreviado posteriormente para Internet. (RIBEIRO, 2000).

Desde meados da década de 90, o crescimento da Internet vem sendo exponencial, englobando não só os principais institutos de pesquisa e universidades, como também faculdades menores, bibliotecas, escolas secundárias, entidades de classe, comunidades de profissionais, agências governamentais e empresas.

Cada grupo de pesquisa na rede foi se desenvolvendo e gerando padrões que foram assimilados por toda a comunidade mundial. Novos padrões foram criados ao longo dos anos sem substituírem os antigos. Ou seja, na Internet, tecnologias das mais diversas idades convivem harmoniosamente. Exemplos destas tecnologias são: correio eletrônico; *telnet*<sup>2</sup>; *chat*<sup>3</sup>; *gopher*<sup>4</sup>; *FTP*<sup>5</sup>; e a mais recente – WWW (sigla de World Wide Web, ou simplesmente Web).

A Web começou a operar em 1993 e pode ser encarada como a interface gráfica da Internet e a porta de acesso para todos os recursos e potencialidades da rede, incluindo gráficos e multimídia. Foi graças à criação da Web que a Internet se popularizou entre as pessoas, instituições acadêmicas e empresas (SIBILIA, 1999). Na Web, a informação é exibida em forma de páginas, chamadas *home pages*. Estas páginas ligam-se a outras páginas através de *hyperlinks* ou simplesmente *links*. A navegação pelas páginas Web para a busca da informação desejada, ocorre através de *clicks* nos *links* ou se digitando o endereço da página desejada.

O uso da Internet para fins educativos é quase tão grande quanto às ramificações da própria rede e encontra seu limite apenas na imaginação de usuários que queiram tirar

---

<sup>2</sup> *Telnet* - permite acesso remoto de computadores

<sup>3</sup> *Chat* - conversa *on-line* pelo computador.

<sup>4</sup> *Gopher* - sistema de menus figurativos que auxiliam na busca de informações.

<sup>5</sup> *FTP* - sigla de *File Transfer Protocol* que utiliza repositórios de arquivos para *download*.

proveito dela. Segundo WEININGER (1999), alguns exemplos de uso da Internet para fins educacionais são:

- ♦ a Internet como fonte de informações atualizadas,
- ♦ a Internet para projetos interativos,
- ♦ a Internet para a atualização e capacitação de professores,
- ♦ a Internet para aprendizagem cooperativa e,
- ♦ a Internet para propiciar a Educação à Distância.

SANTOS (1998) analisou propostas de uso das tecnologias da Internet para fins educacionais e, por constatar a dispersão das propostas, sugeriu a seguinte taxionomia:

1º. Aplicações hipermídia para fornecer instrução distribuída.

2º. *Sites* educacionais.

3º. *Frameworks* para aprendizagem cooperativa.

4º. Ambientes distribuídos para aprendizagem cooperativa.

5º. Salas de aulas virtuais.

### **1º. Aplicações *hipermídia* para fornecer instrução distribuída**

Entre as aplicações *hipermídia* para instrução distribuída, encontram-se:

(i) cursos multimídia, com objetivos educacionais definidos, tarefas a serem realizadas pelos alunos, formas de avaliação e suporte para comunicação com pares e com o professor. De um modo geral, tais cursos não são oferecidos gratuitamente e;

(ii) cursos no formato hipertexto, compostos de páginas Web, seguindo o modelo de livro texto, normalmente sem tutoria.

A imensa maioria dos cursos existentes na Internet pertence ao segundo enfoque. Estes cursos seriam o que SCHANK (1994) denomina *page-turning architecture*,

adotando o formato “pressione o botão para a próxima página”. Pode-se, contudo, encontrar cursos sobre quase todos os assuntos na Web.

## 2º. *Sites* de educacionais

Na categoria de *sites* educacionais, estão reunidas diferentes formas de apoio ao trabalho docente e ao estudo autônomo dos estudantes. Eles reúnem funcionalidades, tais como biblioteca de *software* educacional, espaços para comunicação, *software* para *download*, *links* para outras páginas Web e jornais. Entre estes *sites*, destacam-se *The World Lecture Hall*, *Study Web* e *The Internet Public Library*.

### ⇒ **The World Lecture Hall**<sup>6</sup>

É um *site* contendo *links* para cursos criados por professores de todo o mundo que estão usando a Web para distribuir material didático. O *site* provê um serviço de tradução de cursos para diversos idiomas, inclusive português, e permite que os autores incluam seus cursos como páginas referenciadas a partir do *site*. No momento, os cursos estão classificados em 75 categorias, tais como Artes, Bioquímica, Ciência da Computação, Ciências Políticas, Engenharia Civil, Geografia, Humanidades, Saúde, Sociologia e Zoologia.

### ⇒ **Study Web**<sup>7</sup>

*Study Web* reúne uma coleção de 28.000 *sites*, entre *sites* educacionais sobre conteúdos curriculares, classificados por disciplinas e por série escolar, e *sites* de referência. Uma máquina de busca e mecanismos de orientações aos usuários tornam as consultas a *Study Web* rápidas e seguras.

### ⇒ **The Internet Public Library**<sup>8</sup>

É uma biblioteca virtual, reunindo *sites* com informações/*software* sobre uma gama muito variada de tópicos curriculares e de interesse geral. É dotada de uma interface amigável e atraente. Os mecanismos de orientação dos usuários, tais como marcos de navegação, mapas, *pathfinders*, entre outros, evitam a desorientação do

---

<sup>6</sup> The World Lecture Hall - <http://www.utexas.edu/world/lecture/>

<sup>7</sup> Study Web – <http://www.studyweb.com>

<sup>8</sup> The Internet Public Library - <http://www.ipl.org/ref/>

usuário e tornam as consultas seguras. A biblioteca virtual tem interface e conteúdos personalizados para dois tipos de usuários - adolescentes e jovens.

Entre os *sites* brasileiros, destacam, Escolanet e Projeto Aprendiz.

### **Escolanet<sup>9</sup>**

O *site* põe à disposição dos usuários uma série de informações e serviços educacionais. Há *sites* de estudos, cobrindo conteúdos das principais disciplinas do ensino fundamental e médio, espaços para discussão e “bate papo”, páginas com diversão e dicas, esporte e saúde, além de um guia do professor.

### **Projeto Aprendiz<sup>10</sup>**

É um *site* de educação e cidadania voltada para professores, estudantes e aprendizes em geral. O projeto compõe-se de um resumo semanal das notícias da área, colunas, relatos de personalidades sobre professores que marcaram suas vidas, fórum de discussão sobre experiências de ensino, prêmios, dicas de *links* e um livro didático interativo. Sua concepção é bastante diferente da concepção do Escolanet, pois tem caráter mais informativo.

## **3º. Frameworks para Aprendizagem Cooperativa**

Os *Frameworks* permitem o desenvolvimento de ambientes que podem ser personalizados integrando ferramentas disponíveis. Existem alguns *frameworks* na Internet, unindo ferramentas para aprendizagem cooperativa ou para trabalho cooperativo, mas que podem ser usados para fins educacionais. Entre eles, podemos citar Habanero, wOrlds e Promondia desenvolvidos com propósito de pesquisa e que privilegiam a cooperação síncrona.

### **⇒ Habanero<sup>11</sup>**

Desenvolvido pelo *National Center for Supercomputing Applications*, o *framework* permite o compartilhamento de objetos Java com pares distribuídos pela Internet. É composto de uma Biblioteca de Ferramentas Cooperativas, com todas as

---

<sup>9</sup> Escolanet - <http://www.escolanet.com.br>

<sup>10</sup> Projeto Aprendiz - <http://www.uol.com.br/aprendiz/>

<sup>11</sup> Habanero - <http://havefun.ncsa.uiuc.edu/habanero/>

facilidades encontradas na rede, sendo dirigido para alunos da escola elementar e secundária. O mecanismo de colaboração desenvolvido em Java permite que os usuários compartilhem qualquer coisa que possa ser enviada pela Web (HTML, gráficos, dados), além de som e vídeo ao vivo. A versão básica de Habanero inclui uma interface de *software* que permite que qualquer aplicação se torne cooperativa. Habanero já superou a fase de versão beta, sendo um ambiente relativamente seguro de trabalho, mas carece de suporte pedagógico para que os professores desenvolvam tarefas cooperativas com seus alunos.

#### ⇒ Projeto wOrlds<sup>12</sup>

Focado no desenvolvimento de uma próxima geração de *framework* para trabalho cooperativo, wOrlds fornece a seus usuários uma coleção de locais, se fundamentando na Teoria dos Locais<sup>13</sup>. Segundo a teoria, um local é caracterizado por seus participantes (as pessoas que usam o local), seus objetivos (a razão de estar lá) e suas especificidades (os instrumentos que se adaptam aos objetivos dos usuários). Quando uma sessão wOrlds é iniciada, é apresentado o local casa, com uma barra de ferramenta contendo recursos de áudio para discussão com outros visitantes. Estas ferramentas dão acesso a facilidades e ferramentas padronizadas. Os ícones das Ferramentas, quando selecionados, desempenham uma ação padrão. O *framework* utiliza uma metáfora bastante interessante e as ferramentas disponíveis podem viabilizar situações proveitosas de aprendizagem cooperativa.

#### ⇒ Promondia<sup>14</sup>

O sistema padroniza a comunicação interativa entre usuários da Internet. Ele opera com *applets* que implementam formas particulares de comunicação, como sessão de *chat*, jogo, agenda de um encontro, sessão apoiada em *whiteboard*. Os usuários podem começar uma sessão, se reunirem ou serem convidados para as sessões. A interface comum entre usuários é uma *applet IRCClient*, que conecta o usuário ao sistema e permite que ele veja quem mais está usando as demais partes de Promondia, conversando ou começando uma nova sessão. O sistema é divertido e pode ser potencialmente útil para aprendizagem cooperativa.

---

<sup>12</sup> Projeto wOrlds - <http://acsl.cs.uiuc.edu/kaplan/navigating.html>

<sup>13</sup> Teoria dos Locais - <http://acsl.cs.uiuc.edu/kaplan/theory.html>

#### 4º. Ambientes Distribuídos para Aprendizagem Cooperativa

É crescente o número de ambientes distribuídos para aprendizagem cooperativa. Seleccionamos, para apresentação, Belvedere, CaMILE, Collaboratory Notebook, CSILE e NICE por serem os ambientes mais representativos desta linha de educação virtual. Como exemplos brasileiros temos ARCOO, QSabe e WebSaber.

##### ⇒ **Belvedere**<sup>15</sup>

Belvedere é um ambiente para suporte à prática de discussão crítica de teorias científicas, baseado no paradigma colaborativo. Este ambiente se resume em um *groupware*<sup>16</sup> em rede usado para a construção de representações de relações lógicas e retóricas dentro de um debate, e cuja interface se assemelha a um editor gráfico. Belvedere provê os estudantes com formas concretas de representar componentes abstratos e relacionamentos entre teorias e argumentos. Idéias e relacionamentos são representados como objetos que podem ser apontados, ligados a outros objetos e discutidos. Belvedere pode ser utilizado por estudantes fisicamente próximos uns aos outros, trabalhando simultaneamente, de forma síncrona; estudantes compartilhando argumentos em tempos diferentes, de forma assíncrona; e estudantes trabalhando simultaneamente, mas localizados remotamente entre si. Segundo SUTHERS (1996), o ambiente combina três abordagens para aprendizagem: aprendizagem colaborativa, aprendizagem guiada, e aprendizagem baseada em problemas (forma de *learning-by-doing*). Cada um destes aspectos é coberto por uma categoria de *software* educacional dentro do ambiente: *groupware* para aprendizagem, tutor inteligente e simulação. Belvedere também provê facilidades para autoria de fontes de conhecimento *on-line* que podem ser acessadas e copiadas pelos estudantes. A utilização destas facilidades levou à construção de coleções de informações em vários campos de conhecimento científico. O ambiente foi estendido para servir como um *browser* Web, permitindo que os autores utilizem ferramentas HTML existentes e para referenciar páginas WWW.

##### ⇒ **CaMILE**<sup>17</sup> - Collaborative and Multimedia Interactive Learning Environment

---

<sup>14</sup> Promondia - <http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Projects/promondia.www6>

<sup>15</sup> Belvedere - <http://advlearn.lrdc.pitt.edu/belvedere/>

<sup>16</sup> *Groupware- Programa de Computador que oferece suporte para o trabalho de grupos.*

<sup>17</sup> CaMILE - <http://www.cc.gatech.edu/gvu/edtech/CaMILE.html>



CaMILE é um ambiente assíncrono de suporte à colaboração para Web, com o objetivo de estimular a aprendizagem, sendo voltado para a análise em um nível alto de agregação: fóruns de discussões com grupos múltiplos ou uma classe inteira (GUZDIAL, 1997). Todos os acessos ao sistema são realizados através de *browser* Web que acessa um servidor único. A interface do sistema é baseada em formulários e é igual para todos os usuários. As discussões no CaMILE são contextualizadas como em um *Newsgroup*, porém, o contexto é persistente, e está sempre disponível para os usuários, não “desaparecendo” após a visualização. Similar a CSILE, CaMILE provê uma facilidade na qual os estudantes são solicitados a identificar o tipo de colaboração que estão apresentando (p. ex., uma questão, uma nova idéia, uma refutação, etc.) e são oferecidas sugestões de frases produtivas iniciais para serem usadas em cada um destes tipos de notas. As notas podem conter tudo que uma página Web pode conter. De acordo com GUZDIAL (1997), uma diferença importante entre *Newsgroups* e CaMILE é que este ambiente apóia colaboração ancorada, ou seja, cada nota individual pode ser referenciada unicamente através de um *browser* Web. Isto quer dizer que o endereçamento direto de notas permite que páginas Web contenham *hyperlinks* para um contexto de discussão CaMILE. As âncoras funcionam como índices e lembretes do que estudantes discutiram sobre um determinado contexto.

### ⇒ Collaboratory Notebook<sup>18</sup>

Collaboratory Notebook é um ambiente multimídia em rede para construção de conhecimento, desenvolvido para ajudar estudantes, professores e cientistas a compartilhar questionamentos sobre os limites do tempo e espaço. Desta forma, estende a metáfora do *notebook* do laboratório do cientista com facilidades para compartilhar questionamentos entre múltiplos parceiros em projetos que podem estar distribuídos por várias instituições. Entre estas facilidades, o sistema provê uma estrutura de suporte para diálogo científico, direcionado para as tentativas dos estudantes de aprender sobre ciência através de projetos (O'NEILL, 1994). De acordo com O'NEILL (1994), a estrutura de organização da base de dados do ambiente é construída como a metáfora de uma biblioteca, tendo como elementos primários de interface prateleiras de livros, *notebooks* e páginas. A cada página escrita por um usuário, deve ser associado um

---

<sup>18</sup> Collaboratory Notebook - [http:// typhoon.covis.nwu.edu/tech-support/nb.html](http://typhoon.covis.nwu.edu/tech-support/nb.html)

ícone, que indica ou descreve aquilo que foi escrito (informação, comentário sobre o que outra pessoa escreveu, questão, conjectura, evidência a favor, evidência contra, plano para ação, ou passo dentro de um plano). As páginas que possuem relacionamento com outras são ligadas pelo sistema através de *links* hipermídia com os ícones correspondentes.

### ⇒ CSILE<sup>19</sup> - Computer-Supported Intentional Learning Environments

CSILE é uma base de dados coletiva, em rede, que contém idéias de estudantes, em formato textual ou gráfico, disponível para todos os participantes. Neste ambiente multimídia, os estudantes geram “nós”, contendo uma idéia, ou uma parte de informação relevante a um tópico em estudo. Os dados são indexados e organizados de tal forma que possa ser acessado por meio de uma série de canais, permitindo, então, que estudantes que estão estudando um tópico em um determinado domínio possam acessar informação relacionada em um outro domínio. Os estudantes produzem informações, formulam questões, provêm *feedback* e avaliações, e organizam o conhecimento na base de dados (GAY, 1996). Segundo GAY (1996), CSILE é baseado em três linhas de pesquisa: aprendizagem intencional (tentativa de alcançar um objetivo ativamente, diferente de simplesmente tentar se sair bem em tarefas ou atividades escolares); o processo de especialização (processo de solução progressiva de problemas e avanço além dos limites de competências atuais); e reestruturação de escolas como comunidades de construção de conhecimento. A ênfase do CSILE é na aprendizagem cooperativa, apesar da responsabilidade por esta experiência ser do professor e dos estudantes.

### ⇒ NICE<sup>20</sup> - Narrative, Immersive, Constructionist/Collaborative Environments

NICE tem como objetivo a construção de ambientes virtuais de aprendizagem para crianças, baseados em teorias de narrativa, construcionismo e colaboração. O sistema foi projetado para ser executado no CAVE, um ambiente de realidade virtual do tamanho de uma sala, onde várias pessoas podem se mover livremente, tanto física como virtualmente (JOHNSON *et al.*, 1998). Um *framework* teórico, que combina idéias da teoria de aprendizagem construtivista, técnicas de narrativa e colaboração

---

<sup>19</sup> CSILE - Computer-Supported Intentional Learning Environments <http://csile.oise.on.ca/demo.html>

<sup>20</sup> NICE- <http://www.ice.eecs.uic.edu/~nice/>

provê a fundamentação para o ambiente. No NICE, é possível realizar a construção com blocos de construção virtuais, que são modelos VRML e contém características que brinquedos físicos ou ferramentas de aprendizado não possuem: as crianças podem pegar objetos pesados ou grandes, transferi-los para outras crianças remotamente localizadas, combiná-los em novos objetos, ou simplesmente observar modificações em seus atributos com o tempo. Um dos produtos da atividade de construção no ambiente NICE é a narrativa, ou seja, as histórias formadas e criadas pelas crianças que participaram de uma interação com o sistema. Todas as ações ocorridas no ambiente são adicionadas à história formada continuamente, mesmo quando não representa uma interação das crianças. A seqüência da história passa por um *parser*, que troca algumas palavras pela sua representação icônica e a publica em uma página WWW. Os principais objetivos do NICE são aprendizagem a partir de múltiplas perspectivas; aprendizagem sobre como colaborar com outras pessoas; aprendizagem pelo controle e exploração ativa de variáveis do ambiente; programação por demonstração; exploração de estruturas de histórias; e criação de um produto final.

Os ambientes descritos são apresentados com detalhes, incluindo a avaliação de seu uso experimental em SANTORO, BORGES & SANTOS (1998).

#### ⇒ ARCOO - Aprendizagem Remota Cooperativa Orientada a Objetivos

O projeto ARCOO foi desenvolvido com o objetivo de apoiar aprendizagem cooperativa em ambientes distribuídos, onde ocorre interação entre pares na busca da solução de um problema, na realização de um projeto. Segundo BARROS (1994), a aprendizagem cooperativa em ambientes distribuídos pressupõe que é possível vivenciar as características da aprendizagem cooperativa face-a-face, mesmo estando os aprendizes distantes entre si, em alguns ou todos os momentos do processo de construção de um conhecimento. ARCOO é um Ambiente para ser usado em atividades presenciais ou Remotas (usando redes de computadores), projetado para auxiliar atividades Cooperativas que são realizadas sob a Orientação de tutores visando à alcançar certos Objetivos de aprendizagem.

A metáfora adotada no ambiente é a sala de estudos, onde o aprendiz está envolvido com um projeto que irá desencadear a aprendizagem de novos conceitos ou o aprofundamento de outros já desenvolvidos em sala de aula. A sala de estudos possui os

seguintes recursos: estante de livros, arquivos com informações, tela para assistir conferências, “auxiliares invisíveis”. O ambiente ARCOO é formado por quatro subsistemas: Co-gestão (torna o processo gerencial efetivo e transparente); Solução de Problemas (permite representar um Plano de Ação que expressa a divisão das tarefas entre os aprendizes de modo à realização de metas parciais que levarão à solução do problema); Socialização (gerencia os encontros entre os aprendizes através de Reuniões, Conferências e Conversas); Modelagem do Conhecimento (oferece os instrumentos para criar e manter mapas de conceitos e bases de informações que comporão o conhecimento coletivo, criando a memória compartilhada em um grande hipertexto).

### ⇒ QSabe

QSabe, desenvolvido no Departamento de Informática da Universidade Federal do Espírito Santo, é um ambiente inteligente para a troca cooperativa de informações apoiado por uma rede de computadores, a partir de um serviço de perguntas e respostas. O sistema é capaz de catalogar dinamicamente o perfil de colaboradores e atuar como um distribuidor inteligente de mensagens. Utilizando a metáfora de ambientes *groupware*, QSabe atua como um assistente interpessoal, permitindo que cada membro do grupo participe dos trabalhos, formulando e respondendo perguntas (MENEZES, 1997).

### ⇒ WebSaber

O ambiente é voltado para a resolução cooperativa de problemas e é organizado segundo um modelo de hipertexto, sendo apoiado por um editor cooperativo, um Bloco de Notas e ferramentas de comunicação e cooperação da Internet (SANTOS, 1994). WebSaber direciona-se preferencial, mas não exclusivamente, para alunos do ensino médio, coordenados por um tutor. Utiliza a metáfora de uma sala de reunião - *Meeting Room*, como o local principal das interações entre estudantes o tutor para a resolução cooperativa de problemas. Este local é composto de um *Hall*, de uma sala de estar - *SittingRoom* e de uma sala de trabalho - *WorkRoom*. No *Hall*, em um mural, são apresentados problemas à espera de solução. Se os participantes aderem à busca da solução, entram na *SittingRoom*, o lugar das trocas sociais. Os encontros de trabalho ocorrem na *WorkRoom*, onde há ferramentas para comunicação e apoio à solução do problema. WebSaber diferencia-se de ambientes análogos por oferecer ao tutor suporte

para tutoria e propor e apoiar uma forma abrangente de trabalho. A forma de trabalho proposta é uma variante dos passos utilizados no método científico clássico.

## **5º. Salas de aulas virtuais**

As salas de aula virtuais estendem o conceito dos sistemas de autoria convencionais ao ampliarem o espaço de interatividade e de comunicação e cooperação. Estas salas de aula são viabilizadas através dos sistemas de estudo integrados e distribuídos (IDLSs).

### **2.1.2 SISTEMAS DE ESTUDO INTEGRADOS E DISTRIBUÍDOS (IDLSs)**

Explicando o que vem a ser um sistema integrado, LUCENA (1999a) afirma que um sistema integrado permite que aprendizes e professores interajam em múltiplas dimensões, analisem os mesmos dados com diferentes ferramentas e atinjam múltiplos objetivos no âmbito do mesmo ambiente. Um ambiente integrado permite que possam não apenas colaborar em projetos pré-estabelecidos como também iniciar novos projetos e encontrar novos parceiros.

No contexto dos sistemas integrados, destacam-se os Sistemas de Estudo Integrado e Distribuído (IDLS). MACGREAL (1998) define IDLSs como aplicações cliente/servidor que usam o protocolo padrão da Internet e são designados especificamente para aplicações educacionais. Um IDLS é um ambiente multi-usuário, ou seja, os agentes se encontram distribuídos. O termo agente é utilizado para se referir a uma entidade que funciona de forma contínua em um ambiente computacional integrado distribuído, no qual ocorrem outros processos e existem outros tipos de agentes. Neste ambiente, podem existir "agentes artificiais" e "agentes humanos". Ou seja, em sistemas de estudo integrados distribuídos, os diferentes participantes da equipe, podem ser do tipo humanos ou agentes computacionais (sistemas especialistas).

Nos IDLSs o uso de ferramentas pedagógicas permite o oferecimento de condições síncronas e assíncronas de aprendizado, que podem, e devem, ser combinadas parcialmente com ferramentas do sistema convencional, este em menor escala,

permitindo uma combinação estreita de grande flexibilidade e alta eficiência no aprendizado final.

Vários tipos de sistemas foram desenvolvidos com o fim de promover as atividades de ensino e aprendizagem integradas e distribuídas. Existem hoje sistemas que reúnem uma série de recursos da Internet para criação e estruturação de cursos à distância. A lista destes sistemas é extensa, não se limitando aos que serão apresentados neste trabalho. Mas, os exemplos apresentados oferecem uma visão geral de sua potencialidade.

Os IDLSs procuram criar espaços virtuais de ensino e aprendizagem, reconstruir o ambiente da escola e da sala de aula, e estabelecer comunicação entre o computador e o usuário e entre usuários por meio de rede de computadores conectados. Eles atendem a objetivos educacionais e a estratégias pedagógicas definidas, auxiliando na criação dos conteúdos e na definição da forma dos cursos; na cooperação e comunicação entre os atores do processo educacional (coordenadores, professores, alunos, etc.) e na disponibilização e gerenciamento dos cursos.

De acordo com CUNHA, *et al.* (1999), os sistemas para a educação baseada na Web têm como características:

- (i) permitir a criação e a oferta material hipermídia;
- (ii) avaliar o progresso do aluno;
- (iii) administrar testes e exercícios;
- (iv) fornecer *links* para *sites* correlatos;
- (v) facilitar a criação de páginas Web e;
- (vi) fornecer infra-estrutura para comunicação e colaboração, através de *e-mail* e listas de discussão, salas de *chat*, *newsgroups*, quadros de avisos e conferência com áudio e vídeo.

Os sistemas disponíveis podem ser classificados em três grupos, segundo suas características constitutivas:

1º: sistemas de autoria ou desenvolvimento – fornecem recursos que auxiliam na criação ou desenvolvimento dos cursos;

2º: sistemas de gerenciamento – fornecem recursos que auxiliam no gerenciamento dos cursos e;

3º: sistemas mistos – fornecem recursos tanto para a autoria, quanto para o gerenciamento.

Os principais recursos embutidos nos sistemas de autoria possibilitam a execução das seguintes tarefas:

- ♦ elaboração do *layout* das páginas, com a possibilidade de manipulação do *background*, ícones, fontes, cores, janelas, barras de rolagem, textos, imagens, sons etc;
- ♦ instrumentos para edição de texto, hipertexto, glossário, bibliografia, índice, avaliação;
- ♦ importação de arquivos elaborados em outros programas, como por exemplo, arquivos elaborados no Word, PowerPoint, Excel;
- ♦ comunicação, interatividade e pesquisa, através de correio eletrônico, *chat*, lista de discussão, quadro de avisos, FAQ, videoconferência, ferramentas de busca, pesquisa de opinião, banco de dados multimídia.

Os sistemas de gerenciamento dispõem de ferramentas que permitem:

- ♦ a definição de estrutura organizacional da instituição virtual, por exemplo: campus, departamentos ou secretarias, cursos, classes;
- ♦ a definição de níveis gerenciais: diretor, chefe de departamento, coordenador de curso, professor, etc;
- ♦ o controle de usuários: inscrição e senhas de acesso;
- ♦ a geração de estatísticas e relatórios de controle sobre o acesso, os hábitos de navegação dos usuários (por exemplo, tempo de acesso) e;

- ♦ deixar disponível os conteúdos e informações sobre cursos, com *download* de arquivos, catálogo dos cursos, quadro de avisos, perfis de alunos e professores etc.

Os sistemas mistos congregam recursos de autoria e gerenciamento.

Selecionados para análise os sistemas *FirstClass*, *LearningSpace*, *TopClass*, *Virtual-U* e *WebCT*, por serem os mais difundidos nos Estados Unidos. Estes sistemas começam a ter uma comunidade expressiva de usuários também no Brasil. Selecionamos para análise, também, *AulaNet*, por ser o sistema brasileiro mais difundido e completo, além de contar, no momento, com uma grande comunidade de usuários.

Uma descrição geral desses sistemas é apresentada a seguir, usando-se critérios específicos de relevância, tanto para desenvolvedores de software, quanto para educadores.

## ⇒ Exemplos de Sistemas de Estudo Integrados e Distribuídos

### ⇒ AulaNet

*Fabricante:* Laboratório de Engenharia de Software – PUC/Rio

*Website:* <http://les.inf.puc-rio.br/aulanet>

*Descrição* (CRESPO, 1998).

AulaNet é um ambiente de aprendizagem cooperativo baseado na Web, cujo projeto se iniciou em 1997. Desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Software (LES) do Departamento de Informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), tem como objetivo a criação e assistência de cursos à distância. Atualmente, o AulaNet está disponível em português, em inglês e a sua versão em espanhol está em desenvolvimento. Na versão em português, existem 1050 alunos e 240 professores registrados.

Esses professores estão desenvolvendo 72 cursos (dos quais 22 estão publicados, i.e. disponíveis para consumo) sobre os mais variados assuntos, com um total de 509 alunos matriculados. Segundo seus idealizadores, o ambiente foi construído sob uma *abordagem cooperativa* para a instrução baseada na Web, procurando migrar para um



modelo de “comunidade dinâmica para aprendizagem”. (LUCENA, 1999b) e (LUCENA, 2000). Os recursos no AulaNet estão agrupados segundo descrições a seguir.

*Recursos Didáticos:* correspondem ao instrumental pedagógico que deverá ser utilizado durante a aplicação do curso e que devem ser previamente selecionados pelo Autor.

*Recursos de Avaliação:* correspondem aos formatos que serão utilizados pelo professor na avaliação do aproveitamento dos alunos.

*Recursos Administrativos:* são recursos necessários para o estabelecimento de uma comunicação operacional entre os alunos e a instituição responsável pela chancela do curso.

*Recursos Fixos:* são recursos utilizados em qualquer tipo de curso e dão suporte a operações básicas do AulaNet.

#### ⇒ **FirstClass**

*Fabricante:* SoftArc

*Website:* <http://www.softarc.com>

*Descrição* (ARANHA, 1999).

FirstClass Collaborative Classroom é uma ferramenta desenvolvida para aprendizagem colaborativa e educação à distância. Este IDLS possibilita que professores, alunos e pais estejam conectados, colaborando e publicando conteúdos na Internet. Sua interface gráfica é intuitiva e próxima ao padrão Windows e MacIntosh. Áreas colaborativas ou conferências em tópicos educacionais podem ser configurados com vários níveis de segurança e acesso. As permissões de acesso são flexíveis, e são facilmente e convenientemente configuradas para grupos ou indivíduos. Uma vez que os direitos e privilégios tenham sido testados para um usuário ou grupo, ele está pronto para se conectar com um cliente e-mail ou ainda com o Cliente FirstClass.

FirstClass não fornece um ambiente de desenvolvimento do instrutor e algum de seus recursos chaves incluem:

- ♦ interface baseada em ícones para navegação;
- ♦ capacidade multimídia através de arquivo anexados;
- ♦ capacidades de bate-papo em tempo real;

### ⇒ Learning Space

*Fabricante:* Lotus Development Corp.e IBM

*Website:* <http://www.lotus.com/home.nsf/welcome/learnspace>

*Descrição* (PANTOJA, 1999).

LearningSpace é uma ferramenta que utiliza a tecnologia Lotus Notes mais World Wide Web. O cliente Lotus Notes é utilizado para construir e acessar os cursos.

Os cursos criados no ambiente LearningSpace enfatizam a cooperação entre os aprendizes e entre aprendiz e docente e são apoiados em uma variedade de tecnologias disponíveis na Internet. Permite uma maior colaboração entre membros de grupos, classes e instrutores através de ferramentas apropriadas. Algumas opções multimídia são garantidas como vídeo, áudio e gráficos, podendo ser implementadas com a adição de um servidor Learning Server.

Este ambiente é composto por quatro sub-ambientes, sendo cada um composto de um banco de dados Lotus Notes. São eles:

*Schedule:* Este sub-ambiente serve para guiar os participantes de um curso, permitindo também navegar através do roteiro de aulas, exercícios e testes.

*Media Center:* Este sub-ambiente pode ser criado pelo instrutor ou pelo próprio projetista do curso com o objetivo de gerenciar e manter uma base com materiais de vários formatos de mídia como CDs, informações ao vivo de web *sites*, textos e até mesmo fluxo de vídeo.

*Course Room:* Sub-ambiente onde há discussões entre os estudantes e o instrutor. Essa espécie de colaboração pode ser pública ou privada e participante com participante ou instrutor com participante.

*Profiles:* Este banco de dados é responsável por ajudar a criar e manter informações a respeito dos estudantes e do instrutor do curso. As informações disponíveis podem ser na forma texto e/ou imagens.

*Assessment Manager:* Neste sub-ambiente apenas os instrutores têm permissão de acesso, e nele são executadas as avaliações do desempenho do aprendiz, assim como a atribuição de notas.

### ⇒ **TopClass**

*Fabricante:* WBT Systems

*Website:* <http://www.wbtsystems.com>

*Descrição* (CAVALCANTI, 1999).

TopClass integra ferramentas de aprendizagem colaborativa, de entrega e gerenciamento de conteúdo e de gerenciamento de pessoas. A conectividade entre os participantes é baseada na Web através de um *browser* padrão. O sistema roda sobre a Internet ou em redes locais corporativas. Há um sistema de mensagem para comunicação entre alunos e entre alunos-professor, a participação em múltiplas listas de discussão e atividades personalizadas para alunos.

Em TopClass, os cursos são construídos pelo professor a partir de Unidades de Material de Aprendizado que podem ser livremente exportadas ou importadas de curso para curso, podendo conter testes de múltipla escolha. Os estudantes e professores são agrupados em “classes” e o acesso ao material do curso, grupos de discussão e avisos são gerenciados automaticamente, de forma que somente os participantes autorizados possam obtê-lo. TopClass indica, para cada usuário individual, o *status* do material de curso definido para ele através de mensagens do tipo: novo, velho, lido ou não lido. O professor também tem acesso a esse *status* para monitorar o progresso do aluno.

TopClass pode ser usado para cursos ou treinamentos baseados na Web ou para dar assistência a aulas tradicionais. Qualquer conteúdo baseado em Web pode ser usado nos cursos que são disponibilizados pela Internet por alguma rede local corporativa. A arquitetura observada do sistema é cliente/servidor, onde o servidor é formado por um Web Server mais um TopClass Server e os clientes podem ser *browsers* como o Netscape Communicator, Internet Explorer, entre outros. TopClass inclui os seguintes componentes:

*TopClass Server* - Módulo para disponibilizar cursos;

*TopClass Creator* - Módulo para criação de cursos;

*TopClass Converter* - Módulo de conversão MS-Office (Word / PowerPoint);

*TopClass Analyser*- Módulo para análise de informações recolhidas pelo servidor.

#### ⇒ **Virtual-U**

*Fabricante:* Simon Fraser University

*Website:* <http://virtual-u.cs.sfu.ca/vuweb/>

*Descrição* (ARAÚJO, 1999).

Virtual-U é um conjunto de ferramentas integradas baseadas na Web que tem por objetivo a criação de cursos on-line. É intencionalmente projetado para permitir e facilitar discussões assíncronas, aprendizado cooperativo (*groupware*), e construção de conhecimento. O conjunto de ferramentas do Virtual-U inclui ferramentas para projeto de cursos, discussões e apresentações em salas de aula virtuais, tratamento de resumos dos cursos, e gerenciamento da evolução das salas de aula.

Implementa o suporte a múltiplos idiomas e a capacidade de personalizar a estrutura navegacional. O sistema possui os seguintes componentes:

*Sistema de Conferência:* oferece a possibilidade de configurar grupos cooperativos, definindo tarefas e objetivos e a criação de subconferências.

*Ferramenta de Estruturação do Curso:* possibilita a criação de cursos *on-line* sem conhecimento prévio de programação, através de *templates* que auxiliam o professor em aspectos relevantes como leituras necessárias e definição de conferência de grupo.

*Livro de Grau:* gerência a base de dados onde estão armazenados os níveis de desempenho dos alunos em um determinado curso. São apresentadas as atividades avaliadas, realizadas em forma gráfica ou de texto.

*Ferramentas de Administração do Sistema:* utilizadas pelo administrador do sistema, incluindo criação e manutenção de cursos e definição de privilégios de acesso.

### ⇒ Web-CT

*Fabricante:* Department of Computer Science at the University of British Columbia, Canadá.

*Website:* <http://homebrew.cs.ubc.ca/webct/>

*Descrição* (BARBETI, 1998).

WebCT é um sistema para a criação de ambientes educacionais baseados na Web, fornecendo uma variedade de ferramentas, como *chat*, trilha do progresso do aluno, organização de projeto em grupo, auto-avaliação, controle de acesso, ferramentas de navegação, investigações automarcadas, correio eletrônico, geração de índice automático, calendário de curso, *homepages* dos alunos e pesquisas do conteúdo do curso. Um curso em WebCT está organizado em torno de uma *homepage* principal, com ligações para componentes de conteúdo do curso, como páginas de conteúdo, ou para outras páginas, além de ferramentas do curso, como correio eletrônico, auto-avaliação e glossário. O sistema proporciona diferentes visões do curso dependendo da classe do usuário. Há quatro classes de usuários:

*Administrador:* há um único administrador, que não pode configurar ou adicionar conteúdo ao curso, mas apenas iniciar um curso e abrir um curso vazio para um projetista. O administrador pode cancelar cursos e mudar a senha dos projetistas.

*Projetista*: para cada curso somente um único projetista é considerado pelo sistema e, normalmente, esse projetista é o professor do curso. O projetista pode manipular o curso de diversos modos: criando perguntas, checando o progresso dos alunos, definindo grupos de trabalho dos alunos, etc.

*Instrutor*: cada curso pode ter um número qualquer de instrutores. O instrutor tem os mesmos privilégios de um estudante e também pode corrigir provas.

*Alunos*: cada curso pode ter qualquer número de alunos. Os estudantes não podem manipular o conteúdo do curso. O projetista do curso cria as contas dos alunos.

O sistema WebCT pode ser utilizado para criação de cursos totalmente *on-line* ou para publicação de materiais que complementam os cursos presenciais. Toda interação com o ambiente se dá por meio do *browser*, incluindo a administração do servidor, criação do curso, acesso do estudante e acesso do professor.

MACGREAL (1998) aponta como principais características destes sistemas:

- ♦ são projetados para dar suporte à colaboração distribuída em qualquer lugar e em qualquer parte;
- ♦ são projetados para dar suporte à aprendizagem à distância;
- ♦ usam estrutura de banco de dados e tem capacidades de entregar dados pela Internet;
- ♦ alguns deles permitem a criação de conteúdo e apresentam capacidades de administração de curso;
- ♦ usam a arquitetura cliente-servidor e podem ser usados para treinamento interativo e educacional em tempo real através da Internet ou de uma Intranet;
- ♦ podem ser acessados por múltiplas plataformas dos estudantes;
- ♦ são projetados para dar suporte a trabalho de grupo, auto aprendizagem e comunicação assíncrona em um ambiente integrado *on-line*;

- ♦ permitem a criação de cursos *on-line*, facilitando a publicação de materiais e suplementos dos cursos existentes;
- ♦ usam tecnologia de *browser* padronizada e possuem interface gráfica;
- ♦ usam ferramentas para somar recursos nos cursos existentes incluindo: e-mail para multi-plataforma, sistema de conferência, *chat*, listas de discussões e *groupware*;
- ♦ alguns facilitam a criação de páginas Web para ambientes educacionais e;
- ♦ alguns possuem ferramentas para geração de cursos e para autenticação de usuários.

Quanto aos IDLs analisados, verificamos que:

- ♦ um dos pontos chave desta modalidade de sistema é a apresentação de conteúdos curriculares. A forma de comunicação entre participantes é fortemente centrada em ferramentas assíncronas e não há necessariamente ênfase em atividades de trabalho cooperativo. Mesmo que facilidades de uso e de aprendizagem de sistemas computacionais sejam critérios subjetivos, os sistemas analisados atendem a estes critérios, não exigindo do usuário conhecimentos de informática ou outro tipo de conhecimento especializado, nesta área;

- ♦ os sistemas, de um modo geral, são seguros e estáveis. AulaNet fornece *plugins* dentro do ambiente para a incorporação das ferramentas/*software* necessários. Sendo também um ambiente para criação de cursos, é baseado na importação de arquivos em diferentes formatos - texto, imagens, vídeo, animações. As aulas são desenvolvidas a partir de um plano de aula, facilitando as atividades de planejamento e confecção de cursos. Está prevista a introdução de novas funcionalidades, entre elas, a customização da interface;

- ♦ fornecem bom suporte ao professor na construção e aplicação de cursos. TopClass permite a reutilização de conteúdos já desenvolvidos. WebCT fornece a maior variedade de ferramentas de comunicação. De um modo geral, há facilidades multimídia

para a apresentação da atividade educacional, apoio para propostas de trabalhos em grupo, possibilidade de importação de recursos didáticos e suporte para desenvolvimento de atividades usando recursos didáticos variados (slides, textos, imagens); AulaNet apresenta facilidades para a construção, aplicação e correção de provas, através da ferramenta QUEST e;

- ♦ oferecem aos estudantes ferramentas para anotações, auto-avaliação, *backtracking* e buscas, bem como ferramentas para a marcação de trilha de progresso. Na versão analisada de AulaNet, há poucas ferramentas para que estudante gerencie sua aprendizagem, ou seja, ainda não estão disponíveis anotações, trilha de progresso, auto-avaliação. No entanto, AulaNet oferece ferramentas síncronas de comunicação (*chat* e videoconferência).

Como visto, os IDLSs analisados reúnem as melhores tecnologias da Internet, permitindo a estruturação e a aplicação de cursos à distância em diferentes domínios do conhecimento. Neles, há suporte forte para a parte do aprendizado que ocorre através da obtenção de informação, vinda da leitura de livros, das aulas expositivas, ou de pesquisa na Web, mas eles parecem falhar na outra parte, conforme apontam ROMANI *et al.* (1998), que é conseguida pela construção de “coisas”, fazendo e experimentando.

Observando a natureza do estudo dos problemas da Otimização, verifica-se que os conceitos envolvidos têm exatamente esta «dimensão experimental», quer com «experiências reais» quer com «experiências conceituais». Um sistema de estudo para a área requer ferramentas que levem os usuários a raciocinar e a se comunicar matematicamente. Desta forma, começamos a esboçar os requisitos de um sistema para apoiar o estudo de problemas de Otimização. O sistema deve reunir:

- ♦ um conjunto de recursos para aprendizes e autores destinados aos vários estágios do processo de aprendizagem;
- ♦ um conjunto de recursos para proporcionar uma aprendizagem colaborativa no processo de estudo;
- ♦ um conjunto de recursos para funcionar da maneira mais transparente possível com os usuários;



- um conjunto de recursos que proporcione o máximo de flexibilidade em termos de teorias pedagógicas. O sistema deve prever recursos para dar suporte tanto para formas tradicionais, como textos didáticos e apostilas, como formas novas de ensino/aprendizagem, como ferramentas de comunicação, interação entre os alunos e entre alunos e professor e;
- um conjunto de ferramentas que permitam a visualização de conceitos em uma «dimensão experimental».

## **2.2 ASPECTOS COGNITIVOS DO ESTUDO DE PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO**

Para entendermos os aspectos cognitivos envolvidos na resolução dos problemas de Otimização, é necessário compreender os contornos desta área de estudo.

Os métodos numéricos aplicados a problemas da Engenharia são oriundos da Matemática. A sólida base de conceitos matemáticos é fundamental para a sua correta aplicação e, para isto, um conjunto de conceitos, algoritmos, técnicas e métodos matemáticos, relativos à solução de problemas de Otimização, devem ser dominados.

A Otimização situa-se na área da Matemática Aplicada e sua especificidade, segundo MACULAN (2001), foi apresentada na seção 1.1 desta dissertação. Destacaremos agora uma definição para Otimização considerada por IZQUIERDO (1998).

Otimização é um problema matemático, para o qual se busca encontrar os mínimos e os máximos de uma função, com valores dentro de uma determinada região do espaço. Os responsáveis pela tomada de decisões nos mais variados campos da atividade humana defrontam-se, no cotidiano, com esse tipo de necessidade. Às vezes, a natureza do problema, a demanda de resultados precisos, ou a própria curiosidade, leva o profissional da área a formalizar variáveis, restrições e objetivos, de maneira que a natureza Matemática do problema emerge. Esse é o problema de modelagem, que descobre isomorfismo entre a realidade empírica e o idealismo dos objetos matemáticos. No entanto, a correspondência entre experiência e modelo formal está longe de ser perfeita: a tradução está sujeita a erros, simplificações e falhas de comunicação.

Notavelmente, a problemática de adequar modelo matemático a uma situação real também pode ser formulada como um problema matemático, quase sempre de Otimização.

Os métodos, algoritmos e técnicas estudados em Otimização se aplicam a assuntos relacionados às suas diversas linhas de pesquisa, tais como a Programação Linear, Programação Não-Linear e Programação Inteira.

Programação Linear é considerada como uma ferramenta de planejamento, que nos ajuda a selecionar que atividades (variáveis de decisão) empreender, dado que essas atividades (diversas alternativas) competem entre si pela utilização de recursos escassos (restrições) ou então precisam satisfazer certos requisitos mínimos. O objetivo será maximizar (minimizar) uma função das atividades, geralmente lucros (perdas). A ferramenta Programação Linear exige, para seu uso, que toda as funções sejam lineares. (MACULAN *et al.*, 2001), (MACULAN, PEREIRA, 1980), (BREGALDA *et al.*, 1981), (BERTSIMAS, TSITSIKLIS, 1997) e (EHRlich, 1991).

O Método do Simplex é um dos mais utilizados para a solução de problemas de Programação Linear, porém existem outros métodos para a solução. Este método é um procedimento ou algoritmo iterativo convergente, que pesquisa os vértices do poliedro de restrições, passando, em cada iteração de um vértice para um outro vértice com valor associado da função objetivo que não pior que o anterior. Em um número finito de iterações, o algoritmo fornece a solução ótima, ou a indicação da inexistência de solução.

O Método do Simplex explora o fato de o máximo, ou mínimo, da função objetivo ocorrer num vértice do poliedro convexo de restrições. Ele não enumera todas as soluções básicas, mas somente as necessárias para chegar à ótima (EHRlich, 1991).

Programação Não-Linear, através dos diversos métodos computacionais, consiste na modelagem e solução de problemas de Otimização de uma função não linear, com ou sem restrições. Para resolver estes problemas alguns métodos computacionais são utilizados cuja implementação consiste em operações envolvendo cálculos com detalhes computacionais algumas vezes bastante complexos (BEASLEY, 1996) e (BERTSEKAS, 1995).

Programação Inteira é um problema de Otimização, onde todas ou algumas variáveis de decisão devem ser inteiras. Muitos desses problemas utilizam variáveis bivalentes (0 ou 1), que representam a existência ou não na solução ótima de um fator. (MACULAN, 1978), (SALKIN, 1975) e (WOLSEY, 1998).

Segundo MACULAN (2001), modelar problemas de Otimização é uma atividade que advém da experiência dos conhecimentos matemáticos e computacionais, com as quais os estudiosos da área precisam da capacidade de:

- ♦ buscar métodos aproximativos de solução de forma a estimar a distância máxima entre uma solução viável para o problema, mas sem garantia de otimalidade, e uma cota inferior (minimização) ou uma cota superior (maximização);
- ♦ "sentir" os dados e observar a evolução do valor da função objetivo do problema;
- ♦ desenvolver novas idéias, novos algoritmos e realizar estudo criterioso da aplicação dos métodos em todas as áreas do conhecimento e;
- ♦ abstração visando à transformação dos fenômenos observados e conhecimentos adquiridos em expressões matemáticas.

Para tanto, é necessário utilizar estratégias cognitivas que permitam ao profissional:

- ♦ procurar outras formulações e novos algoritmos para o mesmo problema visando à diminuir a distância máxima entre uma solução viável para o problema, mas sem garantia de otimalidade, e uma cota inferior (minimização) ou uma cota superior (maximização);
- ♦ realizar simulações computacionais visando à “sentir” os dados do problema;
- ♦ buscar novas idéias e novos algoritmos e;
- ♦ admitir que outros modelos também poderão trazer bons resultados ao mesmo problema de decisão.

Segundo BEASLEY (1994), o emprego da Internet pode auxiliar o estudante na tarefa de pensar mais profundamente sobre problemas da área de Otimização, dinamizando e solidificando o processo de estudo através da agilização e da flexibilização da manipulação de dados, com vários níveis de complexidade, e do reforço na habilidade de compreender as conexões entre as várias representações de uma mesma situação/questão. Com o computador, os profissionais da área podem lidar mais facilmente com questões mais realistas (não muito bem definidas), ampliando seu poder de resolução, e até mesmo de formulação, de problemas mais elaborados e complexos. Assim, as pessoas interessadas em Otimização podem adquirir mais facilmente os vínculos concretos entre suas linhas de pesquisa, e entre as situações reais e os métodos numéricos associados, podendo se comportar de um modo mais independente diante de questões novas, através da exploração de suas várias representações (textual, numérica, gráfica, algorítmica e algébrica).

A importância de sólidos conhecimentos básicos é ressaltada por BEASLEY (1994):

*"Procure formar uma base conceitual sólida. As tecnologias mudam rapidamente, mas muitos conceitos permanecem os mesmos por muito tempo".*

Quando nos referimos à Internet aplicada na área de Otimização, intuímos que várias são as aplicações do computador como processo de estudo para esta área de pesquisa, sendo muitas ainda pouco desenvolvidas e até mesmo subestimadas, haja vista o muito que ainda se deve pesquisar e trabalhar com esta tecnologia. Resta saber de que forma as tecnologias da Internet estão sendo usadas atualmente para apoiar programas de estudo em Otimização. Como veremos na seção a seguir, há uma série de iniciativas, aparentemente, pontuais e isoladas, conduzidas por um único professor, sem institucionalização departamental voltadas para este fim.

## **2.3 TECNOLOGIAS DA INTERNET PARA APOIO A PESQUISA E ESTUDO DOS PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO**

Para compor o estado da arte das tecnologias da Internet para o apoio à pesquisa e ao estudo dos problemas de Otimização, buscamos informações disponíveis na Web. O suporte disponível na Internet foi separado em grupos: (a) Ensino & Aprendizagem,

(b) Fóruns & Jornais, (c) *Sites* Pessoais e (d) Informações Gerais pertinentes à área de Otimização.

**(a) Ensino & Aprendizagem como processo de estudo e pesquisa na área de Otimização.**

Na Web, encontram-se *sites* com notas de aula sobre tópicos específicos de Otimização, fruto da iniciativa pessoal de professores da área. Alguns exemplos serão apresentados a seguir.

⇒ ***A Short Course in Linear Programming***<sup>21</sup>

Pequeno curso de programação linear escrito por Harvey J. Greenberg (GREENBERG, 1999c), professor do departamento de Matemática da University of Colorado em Denver.

⇒ ***An Introduction to Linear Programming and the Simplex Algorithm***<sup>22</sup>

Texto introdutório para Programação Linear e o Algoritmo do Simplex escrito REVELIOTIS, (1997). O *site* é um protótipo de livro eletrônico. Os tópicos e estrutura deste material são: a formulação de problemas de Programação Linear; a solução gráfica de problemas bidimensionais de Programação Linear; a generalização para o caso de  $n$ -variáveis, a geometria da região viável e o Teorema Fundamental de Programação Linear; uma caracterização algébrica de pesquisa do espaço solução: Soluções Viáveis Básicas e o Algoritmo do Simplex. Uma inovação deste texto é a integração de alguns módulos de *software* que permitem ao leitor simular seus próprios exemplos interativamente. O *software* é distribuído ao fim de sessões chaves.

⇒ ***WORMS, World of Operations Research and Management Science***

Coleção de *sites* na Web, criado pelo Grupo de Pesquisa Operacional (ORG) do departamento de Matemática da Universidade de Melbourne, Austrália. Este conjunto de *sites* é mantido pelos estudantes de graduação de ORG, sob o coordenação de Leonid

---

<sup>21</sup>A Short Course in Linear Programming –  
<http://www.cudenver.edu/~hgreenbe/courseware/LPshort/intro.html>

<sup>22</sup>*An Introduction to Linear Programming and the Simplex Algorithm* –  
<http://www.isye.gatech.edu/~spyros/LP/LP.html>

Churilov com a supervisão de Moshe Sniedovich. Entre suas ferramentas disponíveis destacamos:

a) Projeto “*tutOR*”<sup>23</sup>

Mantido pelo professor Moshe Sniedovich do departamento de Matemática & Estatística da University Melbourne, Austrália, (SNIEDOVICH, 1999a). O objetivo é desenvolver um sistema baseado na Web, fornecendo tutoriais para Pesquisa Operacional (PO). Em termos práticos, há três espécies de atividades: desenvolvimento de módulos de tutorial para tópicos específicos de Pesquisa Operacional; desenvolvimento de ferramentas genéricas na Web para facilitar a construção dos módulos de Pesquisa Operacional e pesquisa das tecnologias na Web pertencentes a este projeto.

A proposta futura para este grupo de pesquisa é desenvolver mais módulos, cobrindo tópicos introdutórios de pesquisa operacional incluindo: programação linear e dualidade; teoria dos jogos; programação dinâmica; método do caminho crítico; teoria dos grafos; decisão sob incerteza; árvores de decisão e análise de sensibilidade.

b) Projeto “*tuORial*”<sup>24</sup>

O objetivo deste projeto é desenvolver um sistema tutorial *on-line* baseado na Web para tópicos de pesquisa operacional. O *site* possui uma biblioteca organizada por módulos. A Tabela 2.1 descreve os módulos oferecidos pelo sistema.

MÓDULOS DO SISTEMA	DESCRIÇÃO
Row Operation	Módulo para resolver operações com linhas on-line.
The Equator	Módulo para resolver sistemas de equações lineares on-line.
The Inverter	Módulo para inverter matrizes on-line.
The Simplex Place	Módulo para encontrar soluções problemas de programação linear com o método Simplex.
Virtual Duality	Módulo para encontrar o dual de um problema de programação linear (SNIEDOVICH, 1999b).

TABELA 2.1. MÓDULOS DO PROJETO “TUORIAL”.

⇒ *Tutorial on Integer Programming*<sup>25</sup>

<sup>23</sup> Projeto “*tutOR*” - <http://www.tutor.ms.unimelb.edu.au/frame.html>

<sup>24</sup> Projeto “*tuORial*” - <http://www.ifors.org/tutorial/index.html>

<sup>25</sup> *Tutorial on Integer Programming* - <http://mat.gsia.cmu.edu/orclass/integer/integer.html>

A Programação Inteira está presente através deste do tutorial, mantido pelo professor Michael A. Trick (TRICK, 1997).

⇒ **Fontes de referência sobre Programação Matemática do Prof. Harvey J. Greenberg.**

Coleção de *sites* na Web, criado pelo referido professor do departamento de Matemática da University of Colorado em Denver, USA. A Tabela 2.2 ilustra duas dessas referências.

FONTES DE REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO
Mathematical Programming Glossary <a href="http://www.cudenver.edu/~hgreenbe/glossary/glossary.html">http://www.cudenver.edu/~hgreenbe/glossary/glossary.html</a>	Glossário que contém termos específicos para Programação Matemática, e alguns termos de outras disciplinas da Matemática, diretamente relacionadas (GREENBERG, 1999a).
Myths and Counterexamples in Mathematical Programming <a href="http://www.cudenver.edu/~hgreenbe/myths/myths.html">http://www.cudenver.edu/~hgreenbe/myths/myths.html</a>	Exemplos e contra exemplos de Programação Matemática nas categorias: Programação Linear, Programação Não-Linear e Programação Inteira (GREENBERG, 1999b).

**TABELA 2.2. FONTES DE REFERÊNCIA SOBRE PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA DO PROF. HARVEY J. GREENBERG.**

⇒ **OR-Notes**<sup>26</sup>

Notas introdutórias sobre tópicos de Pesquisa Operacional escritas pelo professor J.E. Beasley (BEASLEY, 2000).

⇒ **Richard Weber's notes**<sup>27</sup>

*Site* que permite imprimir notas (postscript) do professor. Richard Weber (WEBER, 1998).

Observa-se que no contexto de Ensino & Aprendizagem na área de Otimização, os *sites*, com exceção do Projeto “*tuORial*”, contendo notas de aula para a revisão de conteúdos e aqueles com material didático para o apoio ao estudo, constituem informação textual, no formato de apostilas eletrônicas, cobrindo partes específicas de cursos que serão (ou foram) ministrados de forma presencial. Observa-se também que, com raras exceções, estes *sites* não fornecem aos alunos espaço virtual para a experimentação e testes de soluções. Não estão previstas formas de comunicação e

<sup>26</sup> *OR-Notes* - <http://mscmga.ms.ic.ac.uk/jeb/or/contents.html>

<sup>27</sup> *Richard Weber's notes* - <http://www.statslab.cam.ac.uk/~rrw1/opt/index98.html>

cooperação entre os estudantes, sendo que canal de comunicação mais difundido é o e-mail do professor.

## (b) Fóruns & Jornais

Há inúmeros fóruns e alguns jornais *on-line* na Internet, mas poucos são especializados no estudo de problemas de Otimização. Os fóruns e jornais selecionados são os considerados mais úteis para os estudiosos da área.

### ⇒ *Kluwer Online*

*Kluwer Online* é um serviço de jornal eletrônico da Universidade da Flórida que permite às instituições licenciadas o acesso eletrônico a textos completos de suas publicações. Entre os jornais que tratam de aspectos teóricos e computacionais de Otimização e suas aplicações em engenharia destacam-se:

📖 Computational Optimization and Applications

Web Site: <http://www.wkap.nl/journalhome.htm/0926-6003>

Editor Chefe: William W. Hager.

Dept. of Mathematics, University of Florida, Gainesville, USA.

📖 Journal of Global Optimization

Web Site: <http://www.wkap.nl/journalhome.htm/0925-5001>

Editor Chefe: Panos M. Pardalos.

Dept. of Industrial & Systems Engineering, University of

Florida, Gainesville, USA.

📖 Journal of Combinatorial Optimization

Web Site: <http://www.wkap.nl/journalhome.htm/1382-6905>

Editor Chefe: Ding-Zhu Du


University of Minnesota, Minneapolis, USA

📖 Journal of Optimization Theory and Applications

Web Site: <http://www.wkap.nl/journalhome.htm/0022-3239>



Editor Chefe: Angelo Miele

 Optimization and Engineering

Web Site: <http://www.wkap.nl/journalhome.htm/1389-4420>

Editor Chefe: Tamás Terlaky.

Departamento de Computação e Software, McMaster University, Hamilton, Canadá.

#### ⇒ **SIAM**<sup>28</sup>

Science and Industry Advance with Mathematics, SIAM, é uma organização composta de matemáticos da área aplicada e computacional que se dedica a contribuir com esta linha de pesquisa, desde 1952, através de publicações, conferências, grupos de atividades específicas. Uma de suas publicações é o jornal *SIAM Journal on Optimization*, que contém artigos de pesquisa teórica e prática em Otimização. O editor Chefe é o professor C.T. Kelley. Os artigos incluem tópicos de programação linear e quadrática, programação convexa, programação não-linear, Otimização combinatória, programação inteira e análise vetorial. As contribuições enfatizam a teoria, algoritmos, software, prática computacional, aplicações, ou ligações entre estes assuntos.

#### ⇒ **ITORMS**<sup>29</sup>

*ITORMS* é um serviço de fóruns como transação interativa de Pesquisa Operacional e Programação Matemática.

#### (c) **Sites Pessoais**

Os *sites* pessoais contêm informações de cursos, artigos de pesquisa e *links* relacionados à Otimização. Dentre estes se destacam:

#### ⇒ **Henry Wolkowicz** - <http://orion.math.uwaterloo.ca/~hwolkowi>

Professor do departamento de Otimização&Combinatória da University Waterloo.

#### ⇒ **Dorit S. Hochbaum** - <http://queue.ieor.berkeley.edu/~hochbaum>

---

<sup>28</sup> SIAM - <http://www.siam.org/journals/siopt/siopt.htm>

<sup>29</sup> *ITORMS* - <http://orcs.bus.okstate.edu/itorms>

⇒ **Moshe Sniedovich** - <http://www.ms.unimelb.edu.au/~moshe/>).

Professor do departamento de Matemática&Estatística da University Melbourne, Austrália.

⇒ **J E Beasley** - <http://mscmga.ms.ic.ac.uk/jeb/jeb.html>

Professor de pesquisa operacional da Management Science em Imperial College, Londres.

⇒ **Michael Trick** - <http://mat.gsia.cmu.edu/>

Editor de *Infirms Online*, que contém *links* na área de Otimização, como programas de cursos, artigos de pesquisa, programas educacionais, programas de computador *on-line*, lista de discussão, endereços de jornais da área, etc.

⇒ **Harvey Greenberg** - <http://carbon.cudenver.edu/~hgreenbe/index.html>

Professor de Mathematics Department - University of Colorado at Denver. Oferecem em seu *sites* referências na Web, e um *Courseware*.

#### (d) Informações Gerais

Nesta categoria está reunido um conjunto diferenciado e disperso de recursos oferecidos pela Internet para a área de Otimização, englobando desde repositório de software até bibliotecas virtuais. A Tabela 2.3 mostra as informações gerais pesquisadas nesta categoria.

<b>SITES</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
⇒ NetLib	Provavelmente o maior repositório existente de programas de métodos numéricos. Está localizado em Oak Ridge National Laboratory, Knoxville, Tennessee e em AT&T - Bell Laboratories, NJ ( <a href="http://net.indra.com/~sullivan/q115.1.html">http://net.indra.com/~sullivan/q115.1.html</a> )
⇒ FAQ: Numerical Analysis & Associated Fields Resource Guide	Resumo de pesquisas feita na Internet sobre: análise numérica, álgebra simbólica e pesquisa operacional ( <a href="http://net.indra.com/~sullivan/q10.html">http://net.indra.com/~sullivan/q10.html</a> ).
⇒ Linear Programming Applications	Aplicações de problemas de Programação Linear. ( <a href="http://condor.depaul.edu/~rverma/lp.html">http://condor.depaul.edu/~rverma/lp.html</a> ).
⇒ Tom Cavalier's Optimization Links	<i>Site</i> que contém <i>links</i> para otimização de uma forma geral. ( <a href="http://www.personal.psu.edu/faculty/t/m/tmc7/tmclinks.html">http://www.personal.psu.edu/faculty/t/m/tmc7/tmclinks.html</a> ).
⇒ Linear Programming FAQ e Nonlinear Programming FAQ -	<i>Sites</i> que contêm perguntas mais frequentes (FAQ) na área de Programação Linear e Programação Não-Linear ( <a href="http://www.non.com/News.answers/nonlinear-programming-faq.html">http://www.non.com/News.answers/nonlinear-programming-faq.html</a> )

⇒ Web resources for teaching with technology	Contém um número grande de <i>links</i> para o apoio à pesquisa de tecnologias no ensino da Matemática ( <a href="http://mathweb.uccs.edu/haefner/resources/resources.htm">http://mathweb.uccs.edu/haefner/resources/resources.htm</a> )
⇒ OR-Library	Coleção de dados para teste atribuídos a problemas de otimização mantido pelo professor J E Beasley. ( <a href="http://mscmga.ms.ic.ac.uk/info.html">http://mscmga.ms.ic.ac.uk/info.html</a> ).
⇒ Optimization Technology Center- Argonne OTC	<i>Site</i> que contém uma série de <i>links</i> da área- ( <a href="http://www.mcs.anl.gov/home/otc">http://www.mcs.anl.gov/home/otc</a> ).
⇒ NEOS Guide Optimization Tree	Guia <i>on-line</i> para otimização numérica. ( <a href="http://www-fp.mcs.anl.gov/otc/Guide/OptWeb/index.html">http://www-fp.mcs.anl.gov/otc/Guide/OptWeb/index.html</a> ).
⇒ RIOT - Remote Interactive Optimization Testbed	<i>Site</i> do departamento de Engenharia Industrial e Pesquisa Operacional da UC Berkeley tem por propósito fornecer informação educacional e problemas interativos através da Web. Há um mostruário de algoritmos desenvolvido localmente pela faculdade. ( <a href="http://riot.ieor.berkeley.edu/riot">http://riot.ieor.berkeley.edu/riot</a> )

**TABELA 2.3. RECURSOS GERAIS OFERECIDOS PELA INTERNET PARA A ÁREA DE OTIMIZAÇÃO.**

Concluindo esta seção, nota-se que:

- ♦ a instituição de ensino e/ou os professores desta área põe à disposição dos usuários alguns recursos, mas não há formas de tutoria previstas. Não se logrou observar se o material disponível permite o estudo autônomo;
- ♦ a Web funciona como um meio de disponibilizar opções para a escolha do local de estudo por parte dos aprendizes, sendo apontados endereços na Web com conteúdos de textos impressos e referências a fontes bibliográficas e na Web;
- ♦ o processo de ensino-aprendizagem não ocorre em um ambiente com algum grau de interatividade.

Percebe-se que a adoção das tecnologias da Internet ainda é tímida, quer seja como mecanismo para a educação continuada ou como suporte adicional aos cursos de graduação e pós-graduação em Ciência da Computação. O estudo de problemas de Otimização pode, no entanto, se beneficiar da Internet através da criação de um ambiente virtual integrado que ofereça interatividade, espaço de experimentação e estudo ativo em laboratório.

## 2.4 CONCLUSÃO

Neste capítulo, apresentamos uma visão geral dos suportes que a Internet oferece ao processo educacional. Dentre os suportes, os sistemas de estudo distribuídos e integrados se sobressaem por sua capacidade de estender as funcionalidades da educação presencial e de apoiar novas formas de estudo.

Analizamos, também, à luz da pequena literatura disponível, os aspectos cognitivos envolvidos no estudo dos problemas de Otimização. Tais aspectos, no entender de MACULAN(2001), requerem métodos de estudo que:

- ♦ permitam ao usuário procurar outras formulações e algoritmos para o mesmo problema visando à diminuir a distância máxima entre uma solução viável para o problema, mas sem garantia de otimalidade, e uma cota inferior ou superior;
- ♦ permitam ao usuário buscar novas idéias e novos algoritmos;
- ♦ permitam ao usuário a realizar simulações computacionais visando à desenvolver e comparar diferentes parâmetros para um mesmo problema e;
- levem o usuário à analisar e compreender que outros modelos também poderão trazer bons resultados ao mesmo problema de decisão.

A natureza do estudo aponta para sua «dimensão experimental», quer com «experiências reais» quer com «experiências conceituais».

Entendemos que os IDLSs existentes reúnem as melhores tecnologias disponíveis na Internet, entre elas, a possibilidade de se agregar aos sistemas, através de *plugins*, programas executáveis. De toda forma, eles parecem não propiciar a constituição de um ambiente favorável ao desenvolvimento de uma abordagem laboratorial, na qual o usuário aplica o método científico de observação, identificação, exploração, análise e explanação do fenômeno estudado.

Tendo em vista os aspectos cognitivos envolvidos no estudo dos problemas de Otimização apontados por MACULAN (2001) e a partir do referencial teórico dos

Sistemas de Estudo Integrados e Distribuídos, desenvolvemos, implementamos e avaliamos um IDLS, denominado por *Otimização à Distância*, que tem por metas:

- ♦ congregar em um único ambiente no idioma português a inter-relação entre as linhas de pesquisa: Programação Linear, Programação Inteira e Programação Não-Linear,
- ♦ disponibilizar artigos publicados;
- ♦ disponibilizar um espaço para ensaios de artigos pertinentes a área;
- ♦ apoiar a busca de informações relacionadas com especificidade na área;
- ♦ apoiar a formação de grupos de discussão sobre temas específicos;
- ♦ fornecer um espaço de experimentação ativa no laboratório;
- ♦ prover um banco de arquivos com problemas resolvidos na área;
- ♦ propiciar um levantamento bibliográfico, via Web, de temas na área;
- ♦ proporcionar estudo autônomo e individual;
- ♦ proporcionar um aprendizado cooperativo via Web e;
- ♦ fornecer um ambiente de autoria para que professores e pesquisadores usem os recursos existentes na elaboração de suas disciplinas nesta área.

No próximo capítulo, descrevemos em detalhes o sistema proposto.

## OAD: UM SISTEMA DE ESTUDO INTEGRADO E DISTRIBUÍDO

Vimos no capítulo anterior deste trabalho que novas formas de educação à distância apoiadas nas tecnologias da Internet estão surgindo e, rapidamente, se difundindo. Diferentes formatos de sistemas para apoio a atividades de educação à distância estão sendo desenvolvidos e postos disponíveis seguindo enfoques metodológicos e computacionais particulares.

Vimos, também, que os IDLSs para propósitos genéricos não atendem a especificidade do estudo dos problemas de Otimização, por não fornecerem espaço para a experimentação numérica ativa em laboratório e não disponibilizarem uma biblioteca especializada nas linhas de pesquisa relativas a área de Otimização.

Por outro lado, verificamos que as iniciativas apoiadas nas tecnologias da Internet, voltadas para dar suporte ao estudo de problemas de Otimização, se concentram, basicamente, no oferecimento de páginas Web com material didático e com a possibilidade de contato com o professor, em geral através de uma ferramenta de correio eletrônico. Tais constatações nos motivaram a estudar o desenvolvimento de um sistema integrado distribuído para o apoio à pesquisa e ao estudo dos problemas de Otimização. Neste capítulo, apresentamos o sistema *Otimização à Distância (OaD)*, descrevendo as características e tarefas dos usuários, a arquitetura, o funcionamento e os cenários de uso, a modelagem das sessões de autoria e de estudo, bem como a estratégia de implementação.

### 3.1 DESCRIÇÃO GERAL

*Otimização à Distância, OaD*, é um sistema de estudo integrado e distribuído para temas específicos da área de Otimização, apoiado em diversas ferramentas de exibição de conteúdo, de comunicação, cooperação e coordenação, disponíveis hoje na Internet. A concepção e desenvolvimento do sistema basearam-se fortemente na especificidade do estudo dos problemas de Otimização, conforme esta especificidade é descrita nas seções 1.1 e 2.2 desta dissertação (MACULAN, 2001). Entendemos que:

(A) os aspectos cognitivos relacionados à capacidade de *buscar métodos aproximativos de solução, desenvolver novas idéias, novos algoritmos e realizar estudo criterioso da aplicação dos métodos em todas as áreas do conhecimento*, requerem métodos de estudo que permitam ao usuário:

⇒ procurar outras formulações e algoritmos para o mesmo problema visando à diminuir a distância máxima entre uma solução viável para o problema, mas sem garantia de otimalidade, e uma cota inferior (minimização) ou uma cota superior (maximização) e,

⇒ buscar novas idéias e novos algoritmos.

Tais aspectos cognitivos podem ser identificados através de recursos computacionais que permitam ao usuário:

⇒ consultar o maior número possível de referências bibliográficas específicas à área de Otimização e

⇒ através de novas entradas de dados, expor ensaios de artigos - *pre-prints (e-prints)*<sup>30</sup> - ampliando, desta forma, a consulta de referências bibliográficas visando à buscar novas idéias e novos algoritmos.

Como veremos mais adiante, *Otimização à Distância* fornece o *Módulo de Publicação Eletrônica* que propicia um levantamento bibliográfico, via Web, de temas específicos e disponibiliza um espaço para ensaios de artigos de forma rápida e fácil.

(B) os aspectos cognitivos relacionados à *capacidade de "sentir" os dados e observar a evolução do valor da função objetivo do problema* requerem métodos de estudo, que permitam ao usuário realizar simulações computacionais visando à desenvolver e comparar diferentes parâmetros para um mesmo problema.

Tais aspectos cognitivos podem ser identificados através de recursos computacionais que levem o usuário a experimentar suas hipóteses com a finalidade de

---

<sup>30</sup> *Pre-prints (e-prints)* são artigos científicos em formato eletrônico, colocados em diretórios de computadores e dando acesso ao texto integral.

atingir um objetivo específico e, através de experimentações, descobrir relações existentes entre a ação e o resultado obtido.

Como veremos mais adiante, *Otimização à Distância* fornece o *Módulo de Simulação Numérica*, que permite ao usuário realizar simulações computacionais visando à “sentir” os dados do problema.

(C) os aspectos cognitivos relacionados à *capacidade de abstração visando à transformação dos fenômenos observados e conhecimentos adquiridos em expressões matemáticas*, requerem métodos de estudo que levem o usuário a analisar e compreender que outros modelos também poderão trazer bons resultados ao mesmo problema de decisão.

Tais aspectos cognitivos podem ser identificados através de recursos computacionais que permitam ao usuário propor uma aprendizagem cooperativa com especificidade na área de Otimização.

Como veremos mais adiante *Otimização à Distância* fornece *Módulo de Cooperação/Comunicação* que além proporcionar um aprendizado cooperativo via Web sobre temas específicos, visa à apoiar a formação de grupos de discussão no processo de analisar diversas representações do mesmo problema.

A partir destas considerações e utilizando as tecnologias da Internet, *OaD* foi projetado de forma a atender tanto a alunos regularmente matriculados na graduação e pós-graduação na área, como a profissionais que necessitem de educação continuada. O sistema sustenta-se em um conjunto de serviços e funcionalidades da Internet, apresentadas em um *browser* Web. Suas principais características são:

- ♦ um conjunto de ferramentas que facilitam o processo de estudo: apresentação de conteúdos através de hipertextos, planejamento de atividades através de agenda, exemplos, exercícios e material de apoio;
- ♦ um conjunto de ferramentas para comunicação e cooperação: mural de discussão, e-mail, quadro de avisos e sala de reunião;



- ♦ um conjunto de ferramentas que permite ao usuário intervir no sistema fornecendo novas entradas de dados: biblioteca virtual e banco de arquivos;
- ♦ um conjunto de ferramentas que permite ao usuário realizar simulações numéricas de problemas na área de Otimização: 'máquinas virtuais' e suporte para simulações com sistemas algébricos;
- ♦ um conjunto de ferramentas que permite ao usuário realizar auto-avaliações dos conteúdos;
- ♦ um conjunto de ferramentas que permite ao usuário a criação de páginas de conteúdos: *templates*. O *template* visa à facilitar o trabalho do autor/professor no desenvolvimento dos conteúdos de um tema de estudo;
- ♦ um conjunto de ferramentas para atualização dos conteúdos de um tema de estudo com mecanismo para *uplOaD* de arquivos para o servidor.

Sistemas análogos adotam metáforas familiares a professores e alunos, tais como aulas, unidades de ensino. A metáfora adotada em *OaD* é a do ambiente de estudo, onde o aprendiz está envolvido com um tema de estudo que irá desencadear a aprendizagem de novos conceitos ou o aprofundamento de outros já desenvolvidos em processos tradicionais de ensino. O ambiente de estudo, denominado no sistema por Sessão de Estudo possui os seguintes recursos: biblioteca, laboratório e auto-avalição. A partir da mesma interface, o sistema oferece também a Sessão de Autoria cujo objetivo é a criação das páginas de conteúdos dos temas de estudo. Para atender aos formatos de estudo previstos, *Otimização à Distância* fornece um conjunto de funcionalidades apresentadas em *browser* Web. *OaD* pode ser usado tanto para criação de temas de estudo, como para realizar estudo *on-line* de problemas de Otimização.

### 3.2 USUÁRIOS DO SISTEMA E SUAS TAREFAS

### 3.2.1 USUÁRIOS DO SISTEMA

O sistema tem dois tipos de usuários: Autores/Professores e Estudantes, chamados de Participantes. Cada um destes dois tipos de usuários é visto de forma diferente pelo sistema, em termos de funções, acesso e privilégios.

#### ✓ Autores/Professores

São usuários com direitos de criação e alteração dos temas de estudo, e também da inscrição dos participantes/estudantes. Normalmente, o maior problema encontrado pelos professores que desejam colocar seu material didático na Internet é aprender e dominar uma variedade de linguagens de programação. No entanto, o professor somente precisa dominar sua área de conhecimento.

Levando isso em consideração, o *OaD* foi projetado para facilitar a tarefa de implementação de um tema de estudo. O sistema além de ter uma área fixa, onde se encontram as principais funcionalidades necessárias dos temas de estudo, oferece ao autor um *template* para a criação e exibição de páginas de conteúdos, visando à facilitar o trabalho no desenvolvimento de um tema de estudo, um conjunto de ferramentas para manutenção dos temas de estudo e a possibilidade de fazer *uplOaD* de arquivos para o servidor.

#### ✓ Participantes

São os usuários que somente tem acesso aos temas de estudo disponibilizados pelos autores. Os materiais disponíveis aos aprendizes podem incluir várias unidades com textos, softwares, laboratório e testes.

Para implementar os formatos de estudo, cada aprendiz ou grupo de aprendizes que estiver matriculado, terá acesso ao material instrucional e o sistema oferecerá:

- ♦ diferentes formatos de estudo. Em sua primeira versão, *OaD* oferece quatro formatos de estudo para atender as principais necessidades do estudo de problemas de Otimização: *estudo individual*, *estudo em grupo*, *estudo interativo* e *estudo através de simulações numéricas*.

♦ Páginas com os conteúdos dos temas de estudo. Essas páginas além de apresentarem o conteúdo específico do tema a ser abordado, apresentam também uma descrição da dinâmica de estudo.

♦ Correio eletrônico. *OaD* possui no *Módulo de Cooperação* uma funcionalidade que permite o envio de mensagens entre os usuários que estão cadastrados.

♦ Facilidades de discussão em grupo. Cada grupo cadastrado no sistema terá a sua disposição um mural de discussão onde todos os estudantes podem ler e escrever mensagens, que estarão disponibilizadas para todos os demais integrantes do grupo de estudos.

- ♦ Realização de avaliações interativas fornecidas pelo autor. Estas avaliações possibilitam um processo de auto-avaliação dos participantes.
- ♦ Consultas e acréscimos de artigos, trabalhos e *links* das diversas linhas de pesquisa na área de Otimização.
- ♦ Matrícula *on-line*. Ao aprendiz será permitida a matrícula em vários temas de estudo.

### 3.2.2 TAREFAS DOS USUÁRIOS NO AMBIENTE

#### ✓ Tarefas dos usuários autores

A criação de um tema de estudo no *OaD* se faz em etapas, todas elas comandadas pelo autor do tema, quais sejam:

1. identificação do autor e informações gerais,
2. confecção da página de conteúdo,
3. adicionar link na página dos temas de estudo do sistema e,
4. enviar página de conteúdo do tema de estudo para o servidor - *UplOaD*

## ✓ Tarefas dos usuários participantes/estudantes

Para acessar a página inicial do tema de estudo o participante deverá estar cadastrado e habilitado pelo autor. Desta forma, deverá:

1. escolher o tema de estudo de acordo com a linha de pesquisa; ser-lhe-á apresentada, então, uma tela contendo todos os temas de estudo disponíveis no módulo;
2. escolher um dos temas de estudo apresentados;
3. identificar-se como participante e após isso, será apresentada a página inicial do tema;
4. escolher um dos formatos de estudo oferecidos e;
5. finalmente, realizar sua avaliação interativa.

O participante decidirá a sua velocidade de contato com o volume de informações do tema de estudo.

*Otimização à Distância* diferencia-se de propostas análogas por fornecer suporte para:

- ♦ simulações de sistemas algébricos, desenvolvidos em softwares algébrico como o Maple, por exemplo;
- ♦ aprendizagem cooperativa com especificidade para a área de Otimização;
- ♦ simulações numéricas de problemas de Otimização;
- ♦ diferentes formatos de estudo em um mesmo sistema e;
- ♦ o usuário intervir no sistema fornecendo novas entradas de dados.

### 3.3 ARQUITETURA DO *OAD*

Do ponto de vista tecnológico, *OaD* é um sistema de arquitetura modular cliente versus servidor, onde está desenvolvida a interface do ambiente e CGI<sup>31</sup> que implanta todas as funcionalidades do servidor.

A figura 3.1 é uma visão em camadas dessa arquitetura. A arquitetura modular torna possível modificar ou estender o sistema de acordo com necessidades dos usuários e assegura também a atualização do mesmo simplesmente substituindo os módulos.

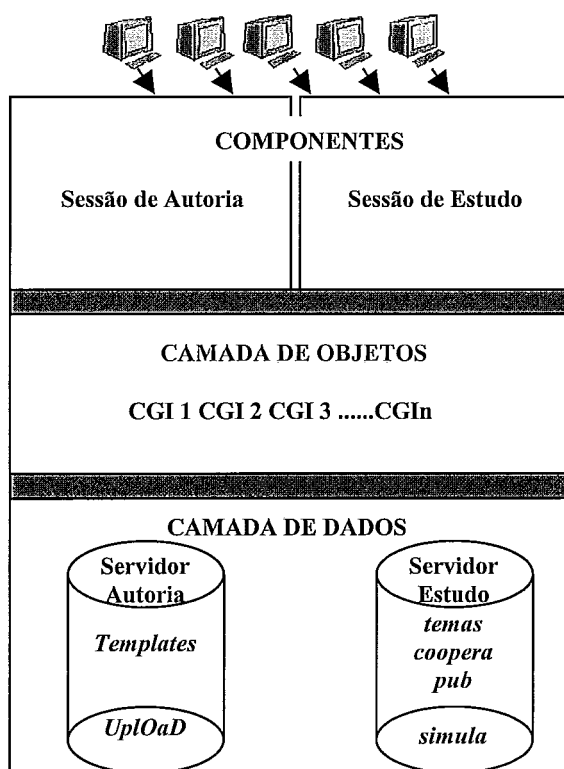


FIGURA 3.1 - ARQUITETURA DO *OAD* VISÃO EM CAMADAS

### ✓ Camada de Dados

Os objetos manipulados pelo ambiente estão armazenados na camada de dados, que é a responsável pela persistência desses objetos. Os servidores representam diretórios e subdiretórios onde poderão ser encontrados os materiais para os componentes e estão distribuídas em base de dados para as sessões de: autoria e estudo.

---

<sup>31</sup> CGI - Common Gateway Interface

A sessão de autoria destina-se aos autores dos temas de estudo. A base de dados fica localizada no servidor de autoria, onde se encontram ferramentas para os recursos: *templates* e *uplOaD*. Nos *templates* encontram-se um conjunto de ferramentas para a confecção dos conteúdos de um tema de estudo. No *UplOaD* encontra-se a ferramenta necessária para o envio e disponibilização no ambiente Web dos arquivos produzidos pelo autor para o sistema.

A sessão de estudo destina-se aos participantes/estudantes dos temas de estudo, e a base de dados está no servidor de estudo, onde encontram-se ferramentas para os recursos disponíveis dos temas de estudo e dos módulos: Cooperação, Publicação Eletrônica e Simulação Numérica.

No modelo arquitetural, conforme mostra a figura 3.2, as ferramentas para os temas de estudo são:

⇒ **“pi”** - oferece recursos para os temas de estudo pertinentes a Programação Inteira: Problema de Steiner Geométrico em duas ou três Dimensões e Variações do Problema da Mochila.

⇒ **“pl”** - oferece recursos para os temas de estudo pertinentes a Programação Linear: Programação Linear - Método do Simplex.

⇒ **“pnl”** - oferece recursos para os temas de estudo pertinentes a Programação Não-Linear: Métodos de Penalidades para problemas de Programação Não-Linear.

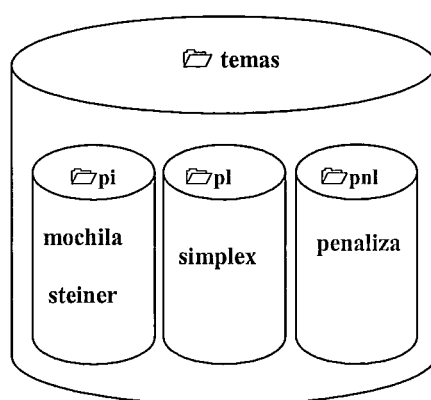


FIGURA 3.2 - FERRAMENTAS PARA O SERVIDOR DOS TEMAS DE ESTUDO

No modelo arquitetural, conforme ilustra a figura 3.3, há ferramentas para o módulo de suporte ao trabalho cooperativo entre professores e estudantes, oferecendo recursos para:

- ⇒ o estabelecimento de comunicação síncrona entre autores e aprendizes, com base em um serviço de *chat*
- ⇒ o estabelecimento de comunicação assíncrona entre autores e aprendizes, com base em sessões de trabalho cooperativo: mural e contato com autor.

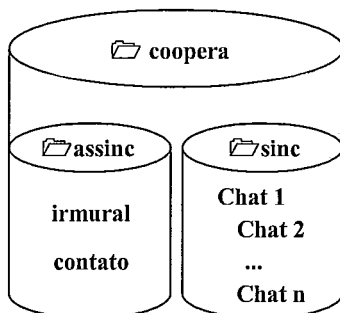


FIGURA 3.3 - FERRAMENTAS PARA O MÓDULO COOPERAÇÃO/COMUNICAÇÃO

As ferramentas que compõem o *Módulo de Publicação Eletrônica*, através da *Biblioteca Virtual* e *Banco de Arquivos*, oferecem recursos que permitem ao usuário intervir no sistema fornecendo novas entradas de dados. No modelo arquitetural apresentado na figura 3.4, as seguintes ferramentas formam o *Módulo de Publicação Eletrônica*:

- ⇒ **“avaint”** - oferece recursos para inserção de avaliações interativas no banco de arquivos.
- ⇒ **“reposit”** - oferece recursos para inserção de exercícios no repositório de problemas.
- ⇒ **“slides”** - oferece recursos para inserção de slides no banco de arquivos.
- ⇒ **“otimint”** - oferece recursos para inserção de *links* e respectivos comentários na página *Otimização na Internet* da Biblioteca Virtual.
- ⇒ **“prepub”** - oferece recursos para inserção de artigos e respectivos comentários na página *e-artigos* da Biblioteca Virtual.

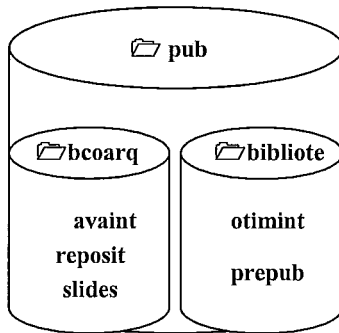


FIGURA 3.4 - FERRAMENTAS PARA O MÓDULO DE PUBLICAÇÃO ELETRÔNICA

As ferramentas para o módulo de suporte as simulações numéricas, no modelo arquitetural, conforme ilustra a figura 3.5, oferecem recursos para:

- ⇒ buscar soluções que satisfaçam os objetivos, as metas e as várias restrições, de problemas de programação linear, através das “máquinas” oferecidas no laboratório virtual.
- ⇒ usar sistemas algébricos, como o Maple, nos problemas oferecidos no laboratório virtual.

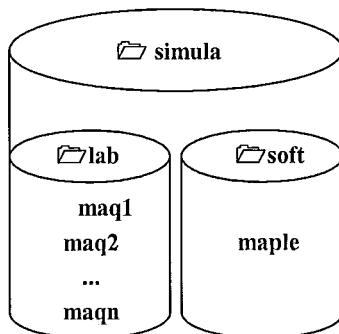


FIGURA 3.5- FERRAMENTAS PARA O MÓDULO DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA

### ✓ Camada de Objetos

A interface entre a camada de dados e os componentes do sistema é feita por uma camada de objetos CGI.

Os servidores *OaD*, tanto de autoria quanto de estudo, foram implementados em CGI e são clientes do servidor da camada de objetos. As respectivas interfaces (clientes)



são responsáveis pela avaliação dos dados de entrada e os servidores (objetos) são responsáveis pela persistência, manipulação das informações e controle das páginas do sistema.

Essa camada, apresentada na figura 3.6, é responsável pela manipulação de todas as informações do sistema como os Forms/CGI, utilizados para:

- ♦ os cadastros dos usuários tanto de autoria quanto dos temas de estudo;
- ♦ as transferências de arquivos via Web (*file upload*);
- ♦ o mural de discussão e os *chats* do módulo de cooperação;
- ♦ as ferramentas de interação do *Módulo de Publicação Eletrônica* e;
- ♦ as ferramentas de simulação para o *Módulo de Simulação Numérica*.

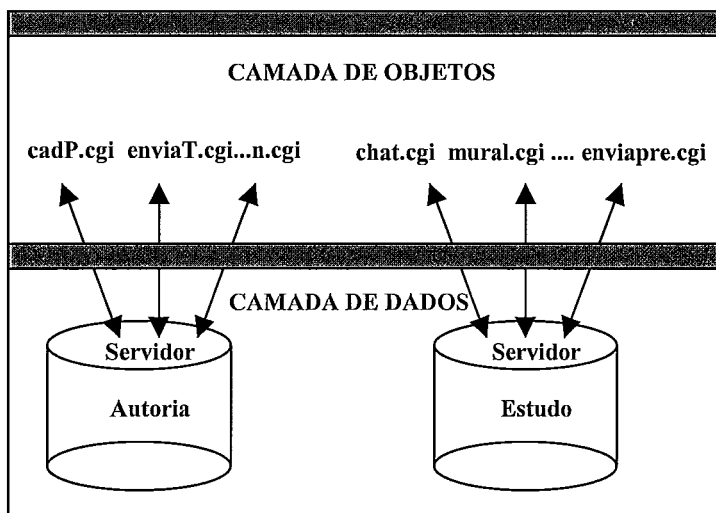


FIGURA 3.6 - CAMADA DE OBJETOS RESPONSÁVEL PELA MANIPULAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DO SISTEMA

Na seção seguinte apresentamos o funcionamento e cenários de uso do *OaD*.

## 3.4 FUNCIONAMENTO E CENÁRIOS DE USO

### 3.4.1 INTERFACE PRINCIPAL

A interface principal de *OaD* é o componente de gerência do sistema sendo responsável pela integração de suas partes. O funcionamento da interface principal caracteriza-se pela manipulação de todas as informações do ambiente e também pela integração do *OaD* com ferramentas externas, utilizadas para realizar alguns de seus serviços. Os servidores *OaD*, tanto de autoria quanto de estudo, são clientes da interface principal.

### 3.4.2 SESSÃO DE AUTORIA

O processo de funcionamento do componente de autoria do sistema *OaD* permite a criação e atualização das páginas de conteúdos dos temas de estudo a partir de uma interface gráfica, sem que seja necessária a codificação das ações desejadas em linhas de programação.

A filosofia, nesta versão inicial do *OaD*, é não usar nenhum software cliente, o que significa que qualquer dos utilizadores necessita apenas de uma ligação à Internet e de um programa de navegação. A idéia inicial é oferecer um ambiente de autoria simples, permitindo apenas aos autores dos temas de estudo a colocarem seus conteúdos de forma *on-line* no servidor do sistema. Toda interação do autor com o *OaD* é baseada na Web. O sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação Perl para acesso ao servidor, desta forma este acesso poderá ser feito de qualquer computador conectado a internet.

Para realizar a interação com o *OaD*, o usuário se cadastra na Sessão de Autoria, desta forma receberá por e-mail:

- a senha para entrar na Sessão de Autoria e
- a URL<sup>32</sup> que ficará hospedado o tema de estudo.

---

<sup>32</sup> URL -Uniform Resource Locator, endereço de designação de documentos pelo qual é possível acesso através da Internet.

De posse dessas informações, o autor se conecta ao sistema com a senha recebida, e através desta conta o sistema oferece os recursos descritos a seguir.

### ✓ Criação de um tema de estudo no servidor

Para a criação de um tema de estudo o autor precisa realizar duas etapas:

(1º) Confeccionar a página de conteúdo do tema de estudo.

A página de conteúdo de um tema de estudo pode ser apresentado no sistema em páginas nos formatos HTML, TXT ou PDF<sup>33</sup>.

Para fazer as páginas em formato HTML o autor tem à sua disposição *templates* que o auxiliam na confecção do conteúdo do tema de estudo. As páginas em formato TXT ou PDF são deixadas a encargo dos autores.

(2º) Adicionar link na página dos temas de estudo do sistema

Para acrescentar um *link* na página que contém todos os temas de estudo do sistema, o autor acessa a página “Adicionar Link para as páginas dos Temas de Estudo” e fornece os seguintes dados:

- ◆ *Título*: fornece um título pra o tema de estudo
- ◆ *URL*: fornece a URL enviada na fase de cadastramento do sistema,
- ◆ *Descrição do Tema*: fornece uma pequena descrição do tema de estudo a ser oferecido pelo OaD.

A figura 3.7 mostra a interface da página “Adicionar link para a página dos temas de estudo do sistema OaD”.

---

<sup>33</sup> PDF - Portable Document Format

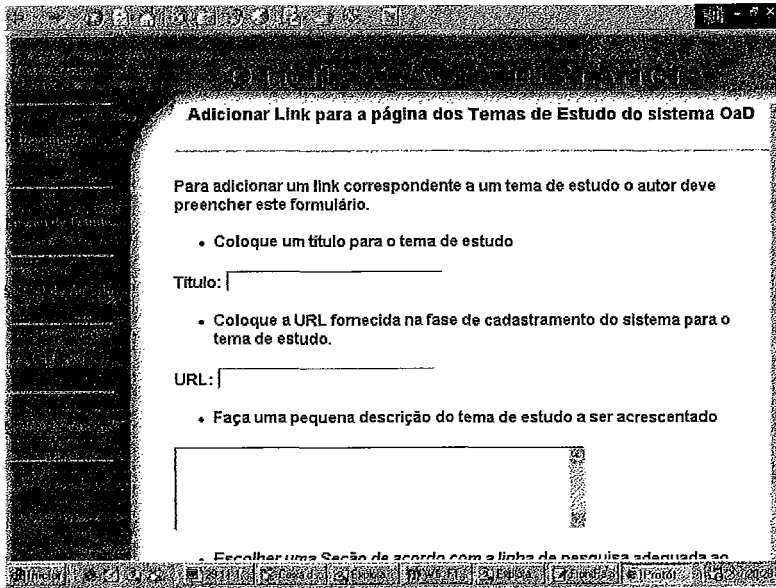


FIGURA 3.7 - ADICIONAR LINK PARA A PÁGINA DOS TEMAS DE ESTUDO DO SISTEMA OAD.

✓ Envio da página de conteúdo do tema de estudo para o servidor - *UplOaD*

O conteúdo do tema de estudo pode ser enviado - *UplOaD* - da máquina *desktop* do professor, onde foi criado, para a conta do tema no servidor, através da página mostrada na figura 3.8. O conteúdo poderá ser visualizado pelos participantes com a senha fornecida pelo autor no ato da matrícula. Esta senha será o nome que o autor do tema atribuir ao arquivo da página de conteúdo enviado ao sistema.

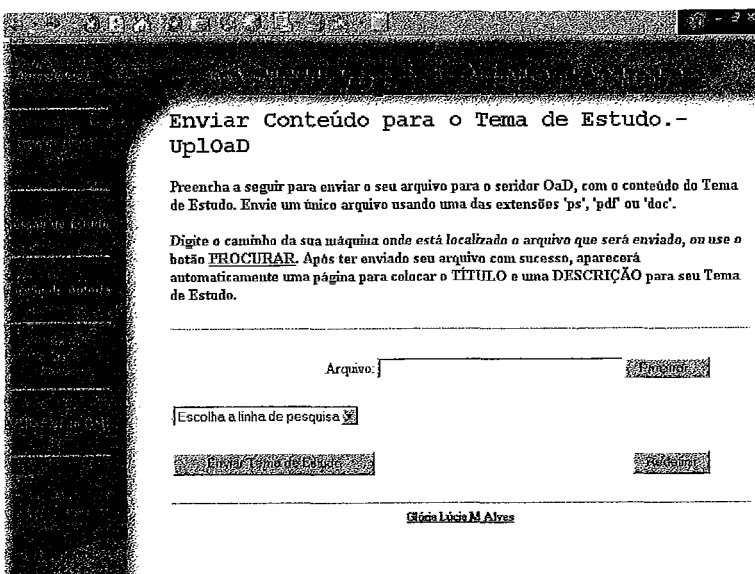


FIGURA 3.8 - *UPLOAD*

Após realizado os procedimentos descritos acima, o novo tema de estudo poderá ser acessado por seus participantes com a exibição de todos os módulos fixos do sistema.

#### ✓ **Atualizar temas de estudo existente**

Para atualizar o conteúdo do temas de estudo, basta que o autor efetue o *UplOaD*, via Web, do conteúdo atualizado para o servidor OaD, automaticamente será mostrado aos participantes do tema a página com o conteúdo atualizado.

O ponto principal do *OaD* é a possibilidade e facilidade dos autores poderem enviar materiais necessários ao seu tema de estudo a partir da própria Sessão de Estudo do sistema, por exemplo, estando conectado ao sistema, o autor acessa o Módulo de Publicação e dessa forma envia pela web artigos, slides, exercícios, *links*, etc para o servidor *OaD*.

Convém ressaltar ainda que, está sendo projetado um trabalho em paralelo, para dar suporte computacional mais robusto para a Sessão de Autoria.

### **3.4.3 AMBIENTES DE ESTUDO**

Na 1ª versão de *OaD* há suporte para quatro formatos de estudo:

#### ✓ **Estudo Individual**

Neste formato, é oferecida ao participante a oportunidade de realizar uma sessão de estudo, de forma livre e espontânea. A motivação do participante dependerá da força de estimulação do problema e das disposições internas e interesses dele próprio. Assim, o processo de estudo torna-se uma atividade de descoberta e de autonomia, sendo o sistema apenas o meio estimulador.

Dependendo do problema a ser resolvido, o participante deverá investigar as possíveis soluções, examinar os elementos envolvidos, desenvolver o modelo mental de representação, abordar uma solução, expor suas conclusões, e analisar sobre uma

possível generalização do problema. As etapas desenvolvidas por participantes que optam pelo formato de estudo individual está resumida na figura 3.9. Este formato de estudo reflete um modelo didático pautado em um ambiente de aprendizagem que utiliza o estudo autônomo, através de uma interface informatizada segundo FLEMMING (1996).

Uma situação típica seria aquela na qual um estudante da área de Otimização utiliza o sistema quer seja para a atualização em tópicos de interesse ou para a introdução teórico-prática em temas novos. Neste caso, a tutoria de um professor/instrutor pode ou não estar prevista.

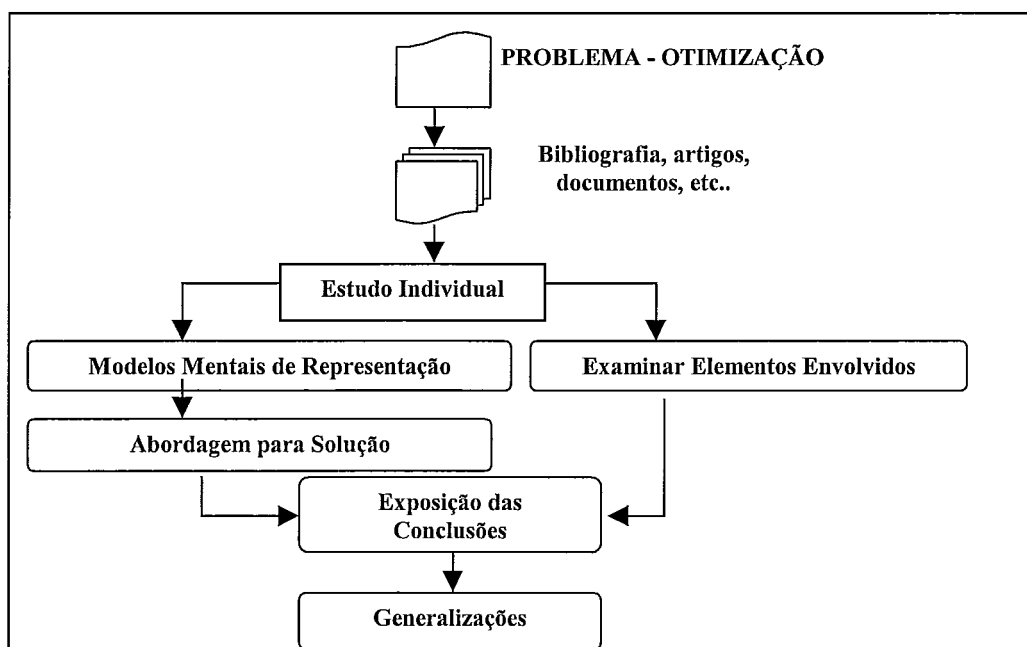


FIGURA 3.9 - MÉTODO DE ESTUDO PROPOSTO - ADAPTADO DE FLEMMING (1996)

### ✓ Estudo em Grupo

Neste formato, um grupo de participantes estuda temas disponíveis em *OaD*, em uma abordagem cooperativa. Como no formato, anterior, pode ou não haver tutoria direta. Para este formato de estudo, o sistema apresenta o Módulo de Cooperação, oferecendo um conjunto de ferramentas para comunicação e cooperação. A incorporação deste recurso deve ser prevista no plano de cada tema de estudo.

O estudo em grupo é voltado para a produção cooperativa de textos sobre temas propostos pelos autores e/ou participantes dos temas de estudo. A produção cooperativa

tem o apoio do mural de discussão, ponto de encontro em tempo real, quadro de avisos e agenda. No *Módulo de Cooperação/Comunicação*, há oportunidade de comunicação e de cooperação livre entre usuários, para a solução de problemas da área de Otimização. O detalhamento do Módulo de Cooperação será apresentado, mais adiante.

### ✓ **Estudo Interativo**

Neste formato, um único estudante ou um grupo de estudantes acessa(m) o sistema para resolver(em) problemas teóricos ou práticos. Para tanto, além de material didático e *links* de referência, *OaD* oferece um repositório de problemas de Otimização, com as respectivas soluções detalhadas, desenvolvido em Maple. Novos problemas podem ser incluídos e outro software, que não Maple, pode ser usado.

Um único participante ou um grupo de participantes pode intervir no sistema, fornecendo novas entradas de dados. Para este formato, o sistema apresenta o *Módulo de Publicação Eletrônica*, oferecendo dois serviços: *Biblioteca Virtual* e *Banco de Arquivos*. Cada um desses serviços proporciona aos participantes do tema de estudo, um espaço onde eles podem pesquisar e acrescentar dados. O detalhamento do *Módulo de Publicação Eletrônica* será apresentado, mais adiante, na seção 3.5.3.

### ✓ **Estudo Através de Simulação Numérica**

Neste formato, o participante realiza simulações dos problemas abordados nos temas de estudo, podendo ou não haver tutoria direta, através de um espaço de experimentação ativa no sistema. Para este formato de estudo, o sistema apresenta o *Módulo de Simulação Numérica*, oferecendo um serviço denominado por *Laboratório Virtual*. Este serviço possui um espaço com mini aplicativos denominados de 'máquinas virtuais', onde é possível realizar representações, observações e análises de resultados para problemas de Otimização. O detalhamento do *Módulo de Simulação Numérica* será apresentado, mais adiante, na seção 3.5.4.

## **3.5 SESSÃO DE ESTUDO**

A partir da tela inicial do protótipo, o usuário pode ativar a Sessão de Estudo. Essa sessão compreende cinco módulos: Aprendizagem, Cooperação, Publicação Eletrônica, Simulação Numérica e Avaliação.

### **3.5.1 TEMAS DE ESTUDO**

Os temas de estudo estão organizados a partir do conceito de uma página principal, que funciona como ponto de partida para todas as demais páginas. Esses temas de estudo estão distribuídos de acordo com as linhas de pesquisa na área de Otimização. Na versão inicial, como queríamos avaliar o sistema implementamos três linhas de pesquisa em Otimização: Programação Linear, Programação Inteira e Programação Não-Linear com seus respectivos temas de estudo. A escolha de um tema requer uma identificação. Estando habilitado como participante, é oferecido ao usuário acesso ao tema escolhido. A Tabela 3.1 mostra os temas de estudo e os autores dos textos de conteúdos oferecidos no protótipo.



Linhas de Pesquisa	Temas de Estudo	Autores dos Textos de Conteúdos
Programação Linear	♦ Programação Linear - Método do Simplex	Nelson Maculan Filho - COPPE/UFRJ (MACULAN, 1998).
Programação Inteira	♦ Proposta e Avaliação para o Problema de Steiner Geométrico em duas ou três Dimensões	Murilo T. Pereira - Universidade Federal de Pernambuco (PEREIRA, 1998)
	♦ Variações do Problema da Mochila	Robinson Hoto -- Universidade Estadual de Londrina - Paraná (HOTO, 2000)
Programação Não-Linear	• Métodos de Penalidades para Problemas de Programação Não-Linear	Trabalho realizado no Curso Programação Não-Linear ministrado pelo Prof. Adilson Xavier - COPPE/UFRJ

TABELA 3.1- TEMAS DE ESTUDO DO PROTÓTIPO *OAD*.

O modelo de navegação dos temas de estudo permite ao participante acessar os materiais oferecidos pelos autores. A navegação pode ser realizada através da navegação livre e de consultas estruturadas. A interface de cada tema é composta de três áreas de navegação: fixa, menu e exibição.

#### ✓ Área Fixa

Nesta área, em todos os temas de estudo, há um portal fixo para qualquer tipo de navegação escolhida pelo usuário. No portal são oferecidos os módulos de Cooperação, Publicação Eletrônica, Simulação e Avaliação.

#### ✓ Área de Menu

Nesta área são oferecidos os *menus* dos temas de estudo e os participantes têm acesso às ferramentas de estudo.

☞ *Apresentação* - contém informações sobre o tema de estudo. Entre as opções estão a descrição, a metodologia e a organização do tema (dinâmica do tema de estudo).

☞ *Conteúdos* - apresenta o conteúdo do tema de estudo, ou simplesmente indica qual material didático deve ser usado para o estudo, caso o módulo não possua conteúdo disponível *on-line*.

☞ *Agenda* - apresenta a organização em ordem cronológica das atividades propostas no tema de estudo.

☞ *Quadro de Avisos* - mantém os participantes informados sobre as novidades durante o desenrolar do tema de estudo.

☞ *Material de Apoio* - apresenta materiais úteis relacionados aos conteúdos abordados, subsidiando o desenvolvimento das atividades propostas tais como consultas em textos e artigos relacionados à temática do tema de estudo, área de *download*, etc.

☞ *Mensagem ao Autor do tema de estudo* - consiste em um mecanismo interno de envio de mensagem ao autor do tema.

☞ *Avaliação do tema de estudo* - consiste de um sistema de avaliação interno ao ambiente. Estão previstas como formas de avaliação as listas de exercícios e avaliações interativas.

☞ *Ajuda* - disponibiliza aos participantes explicações sensíveis ao contexto sobre todas as operações disponíveis.

### ✓ Área de Exibição

Esta é a área de visualização das áreas anteriores.

A figura 3.10 apresenta a interface principal do tema de estudo: Variações do Problema da Mochila.

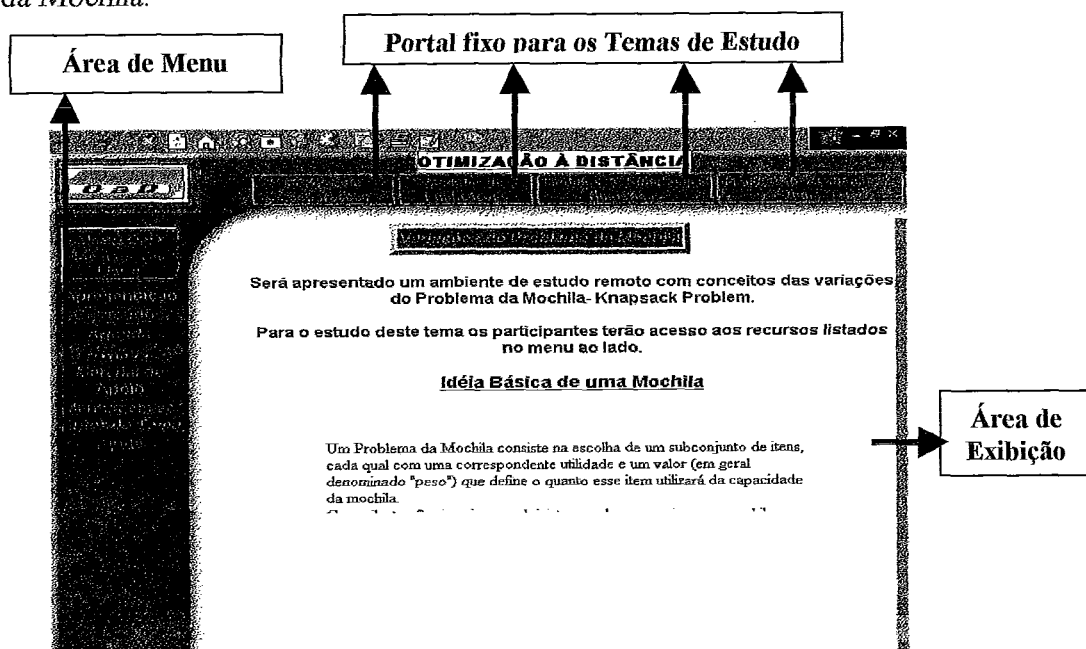


FIGURA 3.10 - TELA INICIAL DO TEMA DE ESTUDO: VARIAÇÕES DO PROBLEMA DA MOCHILA.

O organograma geral da interface principal do tema de estudo será mostrado na figura 3.11.

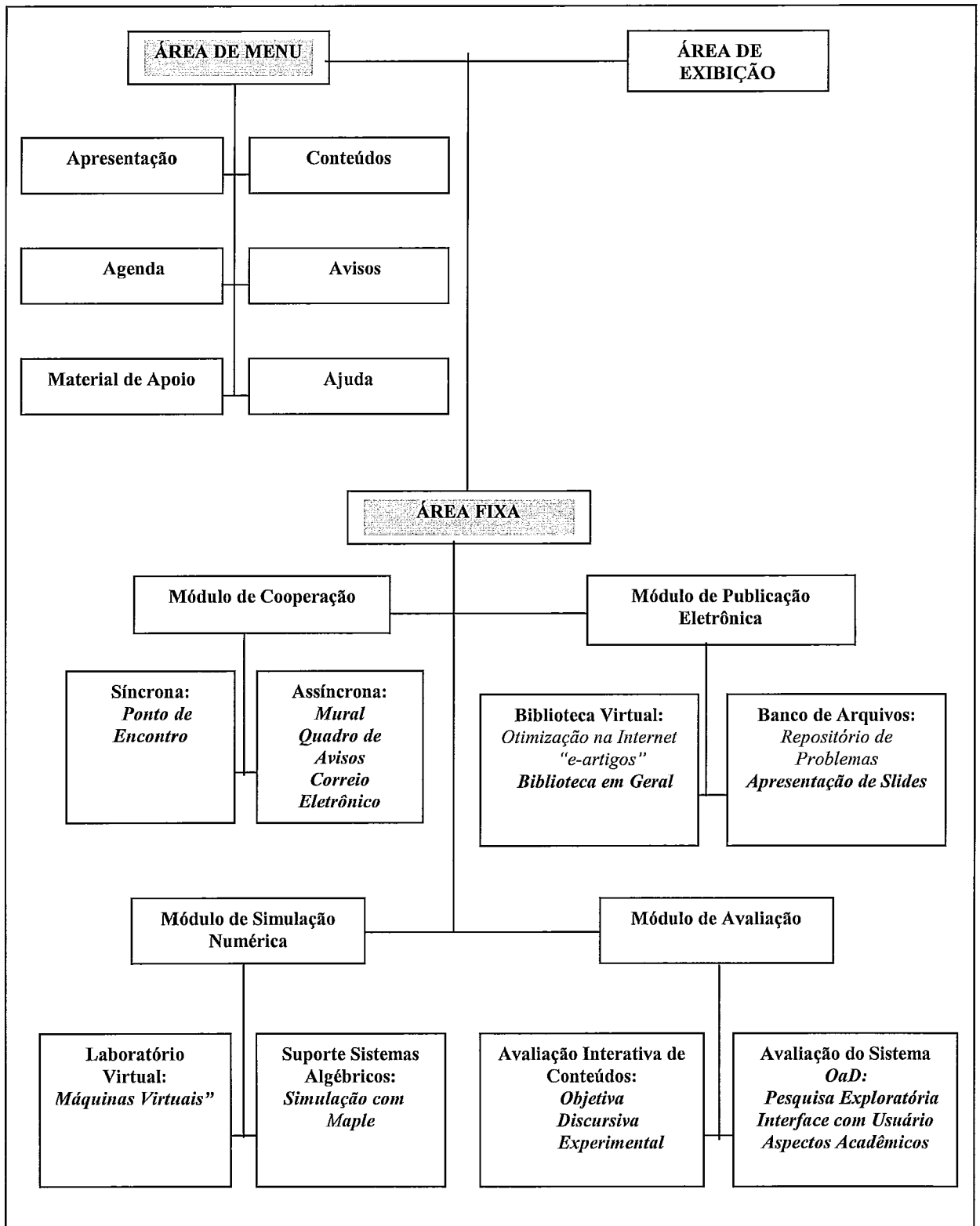


FIGURA 3.11 - ORGANOGAMA GERAL DO S TEMAS DE ESTUDO

Podemos observar que a sessão de estudo é constituída de uma estrutura modular, visando à facilitar seu uso. Os módulos, que possuem diferentes características e funções, são ligados por meio de uma interface principal, pela ação direta do usuário. Como pode ser visto, na figura 3.11, os principais recursos dessa sessão são os módulos de: Aprendizagem, Cooperação, Publicação Eletrônica e Simulação Numérica.

A interface principal é constituída por um conjunto de objetos gráficos, tais como telas, janelas, menus, botões, através da qual o usuário controla as ações executadas pelo protótipo. A tela inicial da interface permite ao usuário, por meio dos botões e *links*, acessar tanto o menu quanto os módulos operativos fixos. A comunicação entre os módulos operativos é transparente ao usuário que tem o controle de todo o processo via interface principal.

A seguir, descreveremos o *Módulo de Cooperação/Comunicação* que dá suporte à aprendizagem cooperativa no sistema *OaD*.

### **3.5.2 MÓDULO DE COOPERAÇÃO/COMUNICAÇÃO**

Com a finalidade de pesquisar e desenvolver sistemas de apoio à aprendizagem cooperativa, houve o surgimento da área de estudo denominada *Computer-Supported Collaborative Learning* (Aprendizagem Cooperativa Apoiada por Computador). Incentivadas por esta área de estudo, criamos no sistema *OaD* o *Módulo de Cooperação/Comunicação*. Este módulo, situado na área fixa da interface principal, permite que os usuários proponham o estudo cooperativo aos demais participantes do sistema. A comunicação pode ser realizada de forma síncrona, através de um ponto de encontro, permitindo reuniões em tempo-real entre os participantes, e assíncrona, através de um mural de discussão e uma página de contato com os autores dos temas de estudo.

### **3.5.3 MÓDULO DE PUBLICAÇÃO ELETRÔNICA**

A Internet incrementou a comunicação entre pesquisadores, propiciando uma mídia de fácil acesso e que lhes assegura rapidez e visibilidade no intercâmbio de informações com os seus pares. Essa agilidade fez contrastar o tempo de produção e

distribuição de revistas científicas impressas com a instantaneidade das publicações eletrônicas. No entanto, as publicações eletrônicas conservam ainda os princípios de transferência dos direitos autorais para os editores, o que nem sempre corresponde aos interesses dos autores. Além disto, este recurso pode ser visto como limitador da disseminação de novas idéias.

Em sintonia com esse cenário, foi criado o *Módulo de Publicação Eletrônica*, que pretende divulgar artigos, trabalhos, opiniões críticas e pesquisas na área de Otimização. A partir da interface principal, na área fixa de um tema de estudo, os participantes poderão ativar este recurso do sistema *OaD*, onde podem pesquisar e acrescentar artigos, trabalhos e *links*. O *Módulo de Publicação Eletrônica* tem dois serviços básicos: *Biblioteca Virtual* e *Banco de Arquivos*.

### ✓ **Biblioteca Virtual**

A Biblioteca Virtual abriga três seções fixas: Otimização na Internet, Pré-Publicações (Ensaaios de Artigos para Otimização - “*e-artigos*”) e Biblioteca em Geral.

#### **Otimização na Internet**

Esta função da Biblioteca Virtual permite ao usuário do sistema consultar e incluir *links* da área de Otimização. Entende-se por *links*, os endereços que contenham informações relevantes aos conteúdos dos temas de estudo. Sua importância está em oferecer ponteiros para outros *sites*, que abordem assuntos pertinentes ao desenvolvimento do estudo. Os endereços podem ser adicionados de acordo com a linha de pesquisa escolhida pelo usuário do sistema. Existem atualmente sete seções previstas para receber *links*:

1. Programação Linear
2. Programação Inteira
3. Programação Não – Linear
4. Outras linhas de pesquisa em Otimização
5. Páginas Pessoais
6. Jornais/ Revistas
7. Geral

O usuário pode também colocar uma pequena descrição ou comentário ao *link* a ser adicionado. A figura 3.12 ilustra como é a interface do participante para adicionar um *link*, e a figura 3.13 como é a interface do participante ao verificar um *link*.

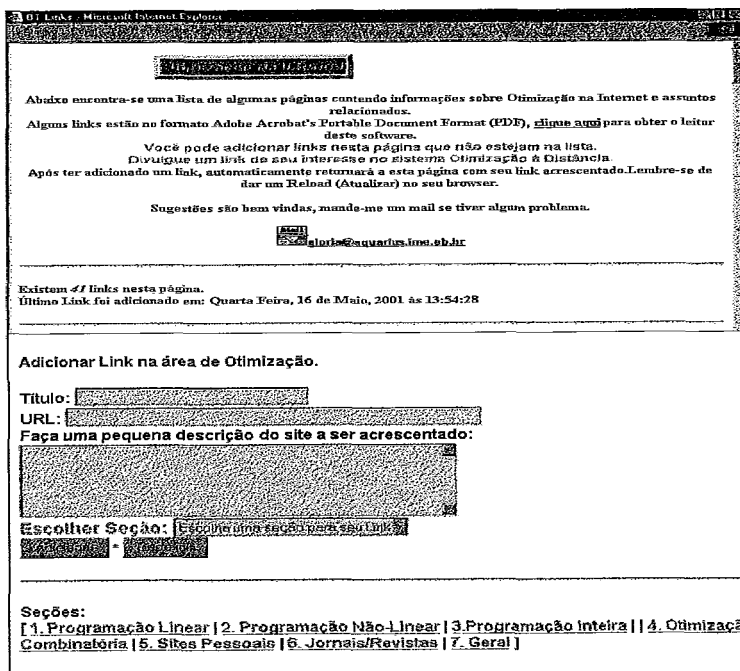


FIGURA 3.12 - JANELA DA FUNÇÃO OTIMIZAÇÃO NA INTERNET: ADICIONAR LINKS

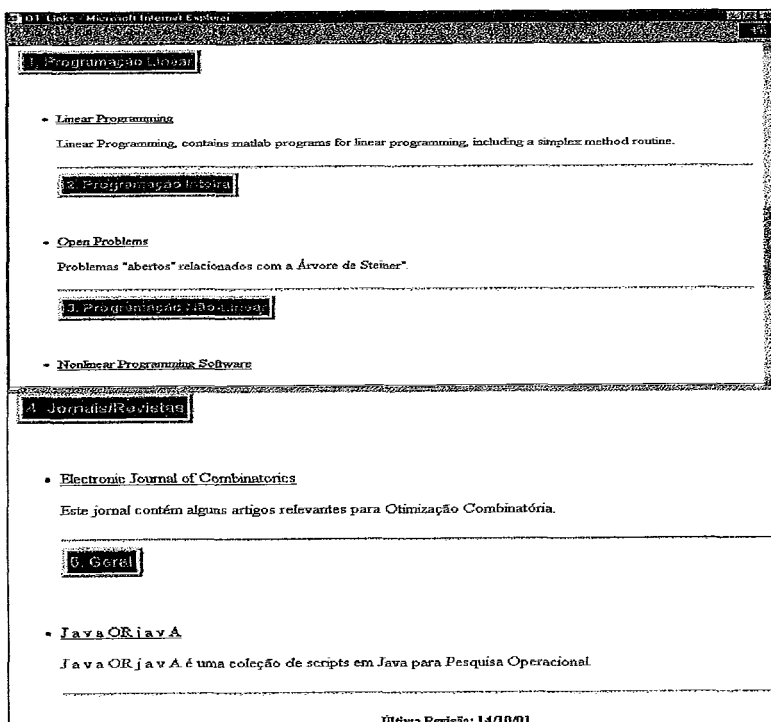


FIGURA 3.13 - JANELA DA FUNÇÃO OTIMIZAÇÃO NA INTERNET: VERIFICAR LINKS

Na fase de teste e avaliação do protótipo, o sistema recebeu a contribuição de 32 *links*, incluídos pelos usuários. As Tabelas 3.2(a), 3.2(b) e 3.2(c) mostram os *links* colocados pelos usuários na biblioteca virtual do OaD em Otimização na Internet.

SEÇÃO	SITES	DESCRIÇÃO/ URL
Páginas Pessoais	☰ People	Pessoas interessadas em Pesquisa Operacional. <a href="http://mat.gsia.cmu.edu/People/">http://mat.gsia.cmu.edu/People/</a>
	☰ Robert Vanderbei	Professor de Pesquisa Operacional da Engineering – Princeton University. <a href="http://www.princeton.edu/~rvdb/">http://www.princeton.edu/~rvdb/</a>
	☰ Mixed Integer Programming and Combinatorial Optimization	Harvey Greenberg coloca notas do seu curso de Otimização Combinatória. <a href="http://carbon.cudenver.edu/~hgreenbe/courses/mip/7594_S01.html">http://carbon.cudenver.edu/~hgreenbe/courses/mip/7594_S01.html</a>
	☰ IFORS tuORial Project - Moshe Sniedovich	Uma biblioteca de módulos contendo textos, cada um dedicado a um tópico relativamente de OR/MS. <i>Site</i> mantido por International Federation of Operational Research Societies (IFORS). <a href="http://www.ifors.ms.unimelb.edu.au/tutorial/">http://www.ifors.ms.unimelb.edu.au/tutorial/</a>
	☰ Michael Trick's Operations Research Page	Esta é uma página de pesquisa a todos os aspectos da Pesquisa Operacional. <a href="http://mat.gsia.cmu.edu/">http://mat.gsia.cmu.edu/</a>
	☰ Renato Cardoso Mesquita	Professor adjunto do Grupo de Otimização e Projeto Assistidos por Computador (GOPAC) do Departamento de Engenharia Elétrica, da Escola de Engenharia, da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. <a href="http://ead1.eee.ufmg.br/~renato/">http://ead1.eee.ufmg.br/~renato/</a>
	☰ Ricardo A. D. Zanardini	Universidade Federal do Paraná – Brasil Programa de Pós-Graduação - Métodos Numéricos em Engenharia - Programação Matemática <a href="http://www.cesec.ufpr.br/~zanardin/">http://www.cesec.ufpr.br/~zanardin/</a>
☰ Ismael Vaz Home Page	Professor do Departamento de Produção e Sistemas Escola de Engenharia - Universidade do Minho Campus de Gualtar 4710 Braga -Portugal. <a href="http://sarmiento.eng.uminho.pt/~dps/aivaz/">http://sarmiento.eng.uminho.pt/~dps/aivaz/</a>	

TABELA 3.2(A). SITES COLOCADOS PELOS USUÁRIOS NA BIBLIOTECA VIRTUAL: “OTIMIZAÇÃO NA INTERNET”

SEÇÕES	SITES	DESCRIÇÃO / URL
Programação Linear	☰ Aplicações de Programação Linear	Aplicações de Programação Linear em Otimização Estrutural, mantido por Rodrigo Evangelista de Castro e Vinicius Maia Barreto de Oliveira - COPPE / UFRJ -Programa de Engenharia Civil. <a href="http://www.sdnet.com.br/~bicofino/otimiza.htm">http://www.sdnet.com.br/~bicofino/otimiza.htm</a>
	☰ Modelos Deterministas: Optimización Lineal	Esta página apresenta um processo focalizado e estruturado para a formulação de problema de Otimização. <i>Site</i> mantido por Profesor Hossein Arsham da University of Baltimore, Maryland, USA. <a href="http://ubmail.ubalt.edu/~harsham/opre640S/SpanishD.htm">http://ubmail.ubalt.edu/~harsham/opre640S/SpanishD.htm</a>
	☰ Linear Programming	Contém arquivos do software matlab para programação linear incluindo uma rotina do Método do Simplex. <a href="http://orion.math.uwaterloo.ca/~hwoikowi/henry/matlab/lp.d/">http://orion.math.uwaterloo.ca/~hwoikowi/henry/matlab/lp.d/</a>
	☰ Interactive Linear Programming	<i>Sites</i> desenvolvidos em Berkeley, RIOT, que possuem soluções interativas e também uma breve introdução de PL. <a href="http://ford.ieor.berkeley.edu/riot/Tools/InteractLP/">http://ford.ieor.berkeley.edu/riot/Tools/InteractLP/</a>
	☰ OR-Notes	Notas de introdução a Pesquisa Operacional com ênfase em Programação Linear, escritas por J.E. Beasley. <a href="http://mscmga.ms.ic.ac.uk/jeb/or/lp.html">http://mscmga.ms.ic.ac.uk/jeb/or/lp.html</a>
	☰ An Introduction to Linear Programming and the Simplex Algorithm	Spyros Reveliotis escreveu este livro eletrônico como um protótipo. <a href="http://www.isye.gatech.edu/~spyros/LP/LP.html">http://www.isye.gatech.edu/~spyros/LP/LP.html</a>
Programação Inteira	☰ O problema da mochila.	Esta página é um resumo da discussão que está no capítulo 17 de Th.H. Cormen, Ch.E. Leiserson, R.L. Rivest, Introduction to Algorithms. <i>Mantido por</i> Paulo Feofiloff - IME-USP <a href="http://www.ime.usp.br/~pf/mac338/aulas/mochila.htm">http://www.ime.usp.br/~pf/mac338/aulas/mochila.htm</a>
	☰ Knapsack Problem Game	Página com um Applet em na linguagem Java simulando situações para o problema da mochila. <a href="http://space.tin.it/clubnet/hrhpre/KPApplet.html">http://space.tin.it/clubnet/hrhpre/KPApplet.html</a>
	☰ Open Problems	Problemas "abertos" sobre a Árvore de Steiner. <a href="http://ganley.org/steiner/open.html">http://ganley.org/steiner/open.html</a>
	☰ Library	SteinLib é uma coleção de Problemas sobre Árvores de Steiner em grafos. <a href="http://elib.zib.de/steinlib/steinlib.html">http://elib.zib.de/steinlib/steinlib.html</a>
	☰ The Knapsack Problem	Existem muitas versões do problema da mochila (Knapsack Problem), algumas mais complexas, algumas mais naturais do que outras. Neste <i>site</i> este problema é colocado sob ponto de vista da linguagem JavaScript. <a href="http://www.worms.ms.unimelb.edu.au/javaorjava/knapsack/knapsack.html">http://www.worms.ms.unimelb.edu.au/javaorjava/knapsack/knapsack.html</a>
	☰ The Steiner Tree Page	Página mantida por Joe Ganley. <a href="http://ganley.org/steiner/">http://ganley.org/steiner/</a>
	☰ Integer programming	<i>Site</i> mantido por J E Beasley. <a href="http://mscmga.ms.ic.ac.uk/jeb/or/ip.html">http://mscmga.ms.ic.ac.uk/jeb/or/ip.html</a>
☰ A Tutorial on Integer Programming.	Um tutorial sobre Programação Inteira Mantido por Operations Research Faculty de GSIA. <a href="http://mat.gsia.cmu.edu/orclass/integer/integer.html">http://mat.gsia.cmu.edu/orclass/integer/integer.html</a>	

TABELA 3.2 (B). SITES COLOCADOS PELOS USUÁRIOS NA BIBLIOTECA VIRTUAL: "OTIMIZAÇÃO NA INTERNET.



SEÇÃO	SITES	DESCRIÇÃO/ URL
Programação Não-Linear	☰ Métodos Numéricos em Programação Não-Linear	São apresentados os seguintes métodos: Método de Newton e Quociente de Rayleigh - Métodos para resolver problemas de Mínimos Quadrados Total - Implementação do algoritmo da Fatorização de Cholesky. Autor: Cosmo Damião Santiago. Mestrado em Matemática Aplicada a Engenharia - área de concentração em Programação Matemática, UFPR. <a href="http://www.cesec.ufpr.br/~cgs/">http://www.cesec.ufpr.br/~cgs/</a>
	☰ Funções de Penalidade	O método de funções de penalidade visa à aproximar problemas de Otimização com restrições, por problemas de Otimização sem restrições. O objetivo deste trabalho é mostrar as Funções de Penalidade. Página de Waléria A. G. Cecilio- bolsista do Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia – UFPR. <a href="http://www.cesec.ufpr.br/~wcecilio/Internet/fun_pen/func_pen.htm">http://www.cesec.ufpr.br/~wcecilio/Internet/fun_pen/func_pen.htm</a>
	☰ Nonlinear Programming Sof.	Lista de software para programação não-linear. <a href="http://solon.cma.univie.ac.at/~neum/glopt/software_1.html">http://solon.cma.univie.ac.at/~neum/glopt/software_1.html</a>
	☰ GPM/GPMNLC (Nonlinear Programming)	GPM/GPMNLC é um pacote com rotinas Fortran para soluções de problemas de programação não-linear <a href="http://www.wisc.edu/mathsoft/m14b.html">http://www.wisc.edu/mathsoft/m14b.html</a>
	☰ O Problema Dual Lagrangeano	Notas de aula do Ricardo A. D. Zanardini - UFP <a href="http://www.cesec.ufpr.br/~zanardin/Contents/Disciplines/dualidade/dual_lagrang.htm">http://www.cesec.ufpr.br/~zanardin/Contents/Disciplines/dualidade/dual_lagrang.htm</a>
	☰ Método da Região de Confiança	Notas de aula do Ricardo A. D. Zanardini - UFP. <a href="http://www.cesec.ufpr.br/~zanardin/Contents/Disciplines/trust_region/trm.htm">http://www.cesec.ufpr.br/~zanardin/Contents/Disciplines/trust_region/trm.htm</a>
Geral	☰ SIGOPT - Special Interest Group in Optimization	Grupo de pesquisa em Otimização na Alemanha: Deutsche Mathematiker-Vereinigung. <a href="http://optnet.itwm.fhg.de/sigopt/">http://optnet.itwm.fhg.de/sigopt/</a>
	☰ Opt-Net Home Page	O Opt-Net é um forum eletrônico para a comunidade da área de Otimização organizada por SIGOPT sob os auspícios de Deutsche Mathematiker Vereinigung (DMV). Os serviços básicos fornecidos por Opt-Net são um sumário semanal que contém uma lista moderada das contribuições, um endereço original de E-mail e <i>white pages</i> para cada membro. <a href="http://optnet.itwm.uni-kl.de/opt-net/">http://optnet.itwm.uni-kl.de/opt-net/</a>
	☰ Web Sites for [Mixed] Integer Programming and Optimization	Harvey J. Greenberg disponibiliza <i>links</i> em diversas categorias para Programação Inteira e Otimização. <a href="http://carbon.cudenver.edu/~hgreenbe/courseware/MIP/MIPsites.html">http://carbon.cudenver.edu/~hgreenbe/courseware/MIP/MIPsites.html</a>
	☰ Optimization Online	<i>Optimization Online</i> é um repositório de artigos sobre Otimização e tópicos relacionados. <i>Site</i> mantido por Mathematical Programming Society. <a href="http://www.optimization-online.org/">http://www.optimization-online.org/</a>

TABELA 3.2(C). SITES COLOCADOS PELOS USUÁRIOS NA BIBLIOTECA VIRTUAL: “OTIMIZAÇÃO NA INTERNET”

## **Pré-Publicações: Ensaios de Artigos para Otimização - "e-artigos"**

Nos Estados Unidos e em alguns países europeus, existe um número crescente de coleções de *pre-prints* (*e-prints*), que são artigos científicos em formato eletrônico, colocados em diretórios de computadores e dando acesso ao texto integral. Esses diretórios são chamados de *open archives*. O fluxo de trabalhos científicos que vem sendo direcionado para esses "arquivos públicos" já os consagrou como um modelo alternativo de comunicação para algumas áreas da pesquisa.

Seguindo esta tendência, foi criado, no sistema *Otimização à Distância*, um protótipo de arquivo aberto, chamado "*e-artigos*", para a comunidade de pesquisadores da área de Otimização. Com esse protótipo, estão sendo testadas a eficiência e eficácia de programas CGI, na linguagem Pearl, para o recebimento e manutenção desses arquivos. Estão sendo testados ainda aspectos relacionados à interoperabilidade com outros arquivos abertos que eventualmente possam vir a ser criados a partir dessa metodologia.

Como parte essencial dos resultados pretendidos com o uso de *OaD*, destacamos a disponibilidade, aceitação e uso dos arquivos abertos por parte dos pesquisadores, enquanto criadores de novos espaços de comunicação e de exposição de seus trabalhos. Para tanto, é imprescindível a aceitação do sistema por parte das escolas de pós-graduação em Ciência da Computação, sociedades científicas e instituições especializadas, de forma a expandir a iniciativa dos arquivos abertos as outras linhas de pesquisa nesta área.

O módulo pretende apoiar o processo de formação de uma comunidade usuária de publicação eletrônica, além de permitir a muitos autores disponibilizar os seus artigos de forma mais rápida e fácil, se comparada aos mecanismos tradicionais de publicação científica. Além disso, a implantação de *Open Archives* em Otimização, e, quem sabe, em outras áreas do conhecimento, contribui para o registro e disseminação da produção científica nacional.

Na versão inicial do sistema, "*e-artigos*" possui quatro seções, a saber:

1. Programação Linear
2. Programação Inteira
3. Programação Não-Linear
4. Outras Linhas de Pesquisa para Otimização

Na fase de teste e avaliação do sistema que será apresentada no Capítulo 4, os seguintes "e-artigos" foram colocados pelos participantes:

**☰ Um Algoritmo de Ponto Interior Inviável com Complexidade  $O\sqrt{n} L$  iterações para Programação Linear.**

*Descrição* - Tese defendida em 1998. Arquivo no formato Adobe Acrobat's Portable Document Format (PDF).

Autor - Marco Antônio Figueiredo Menezes (Programa Engenharia de Sistemas e Computação da UFRJ)

*Descrição* - Uma formulação de programação inteira mista para a árvore de Steiner euclidiana é apresentada. Após ter obtido a separabilidade entre variáveis contínuas e inteiras na função objetivo, um programa dual de Lagrange é proposto. Para resolver este problema dual (e obter um limite mais baixo para ESTP) usamos técnicas subgradientes. A fim avaliar um subgradiente em cada iteração resolvemos três problemas de Otimização, dois no tempo polinomial, e um é uma especial programação não diferenciável convexa. Arquivo no formato Adobe Acrobat's Portable Document Format (PDF).

*Autores* - Nelson Maculan (Universidade Federal do Rio de Janeiro); Philippe Michelon (Université de Montreal) e Adilson Xavier (Universidade Federal do Rio de Janeiro).

**☰ Algoritmos Genéticos: Origem e Evolução**

*Descrição* - Arquivo no formato Adobe Acrobat's Portable Document Format (PDF), apresentando os tópicos:

- ◆ "O Problema de Steiner em Grafos Direcionados" (PSGD),
- ◆ "O Problema do Caixeiro Viajante" (PCV),
- ◆ "Algoritmos Genéticos Convencionais",
- ◆ "Um Modelo de um Algoritmo Genético não Convencional",
- ◆ "Um Algoritmo Genético não Convencional" (AGNC),

- ♦“Avaliação dos Algoritmos Genéticos Propostos”,
- ♦“Algoritmos Genéticos Paralelos”,
- ♦“Um Algoritmo Genético Paralelo” e,
- ♦“ Migração de Cromossomos e Terminação”.

*Autor* - Luiz Satoru Ochi (Universidade Federal Fluminense)

### **Bibliotecas em Geral**

Espaço reservado para que os usuários do sistema *OaD* pesquisem e acrescentem endereços de bibliotecas disponíveis na Web.

### **✓ Banco de Arquivos**

Este serviço do Módulo de Publicações Eletrônicas permite consultar e incluir arquivos no sistema a partir de duas funções básicas:

- ♦“Repositório de Problemas”
- ♦“Apresentação de Slides”

### **Repositório de Problemas**

O Repositório de Problemas é um espaço reservado para os usuários do sistema *OaD* pesquisarem e acrescentarem problemas de Otimização com as respectivas soluções desenvolvidas analiticamente. Para a versão inicial do sistema foram colocados os seguintes itens com as soluções desenvolvidas analiticamente:

#### **1. Programação Linear - Método do Simplex**

Lista de Exercícios com soluções sobre o Método do Simplex

#### **2. Teoria de Poliedros**

Trecho do livro "Combinatória Poliédrica e Planos de Corte Faciais, com soluções de exercícios".

## Apresentação de Slides

Esta funcionalidade do Banco de Arquivos permite que os usuários do sistema pesquisem e acrescentem *slides* sobre tópicos específicos na área de Otimização. Para a versão inicial do sistema foram colocados os seguintes slides:

1. Introdução a Problemas de Programação Inteira.
2. Introdução Básica para o problema da Mochila.
3. Modelagem e Algoritmos de Solução para Programação Linear Inteira.
4. Modelagem de Problemas.

### 3.5.4 MÓDULO DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Através da Internet, é possível executar programas, o que mostra seu potencial como recurso computacional e não somente como veículo de apresentação de informação e de comunicação. Para *OaD*, foi criado o *Módulo de Simulação Numérica*. Este módulo contém mini aplicativos, que denominamos de “máquinas virtuais”, e que permitem ao usuário resolver um problema diretamente da Web. Os mini aplicativos estão escritos na linguagem *Java*, uma linguagem orientada a objetos e que tem a vantagem de ser independente de plataforma.

Uma das principais vantagens desta linguagem consiste em uma classe especial, *Applet*, que permite a criação de pequenos programas executáveis dentro de uma página HTML. Na realidade, as 'maquinas virtuais' são *Applets*, que habilitam o usuário a encontrar soluções diretamente da página 'Laboratório Virtual', que deve ser ativada pelo usuário sempre que ele desejar executar a simulação de um problema de Otimização ou outras tarefas associadas a uma simulação, por exemplo, visualizar e/ou trocar parâmetros de problemas existentes no tema de estudo, e, executar a simulação.

O recurso, situado na área fixa da interface principal, oferece duas opções: Laboratório Virtual e Suporte para simulações numéricas com softwares algébricos.

## ✓ Laboratório Virtual

Uma vez que o usuário tenha ativado o *Laboratório Virtual*, terá a seu dispor as “máquinas virtuais” oferecidas pelo sistema. As “máquinas”, através do "botão" *Executar*, permitem que o usuário execute diretamente do protótipo a resolução dos problemas cujos parâmetros tenham sido previamente definidos. Na versão inicial do sistema, foram implementados três problemas típicos de Otimização. Para ilustrar a interface de tais “máquinas virtuais”, descrevemos cada uma delas.

### **Máquina Gráfico PPL - 2D**

Objetivo. Representar graficamente Problemas de Programação Linear bidimensional.

#### Simulação numérica.

O método gráfico para resolver problemas bidimensionais consiste em:

- ♦ encontrar o gráfico da região viável;
- ♦ calcular as coordenadas dos vértices;
- ♦ substituir as coordenadas dos vértices na função objetivo e determinar o valor ótimo.

Se a região viável não for limitada, este método pode ser enganador. A solução ótima ocorre em um ponto do vértice somente se há uma solução ótima. É necessário determinar antes de prosseguir se existe ou não solução.

A figura 3.14 mostra um exemplo de Problema de Programação Linear pelo método gráfico.

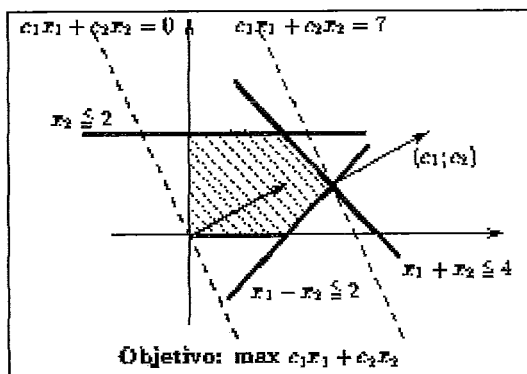


FIGURA 3.14 - EXEMPLO DE UM PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR PELO MÉTODO GRÁFICO.

FORMULAÇÃO MATEMÁTICA:

Maximizar  $f(x) = c_1x_1 + c_2x_2$

sujeito a :

$$\begin{cases} x_1 - x_2 \leq 2 \\ x_1 + x_2 \leq 4 \\ x_2 \leq 2 \\ x_1 \geq 0 \text{ e } x_2 \geq 0 \end{cases}$$

A figura 3.15 apresenta a 'Máquina Gráfico PPL- 2D'. Nela, observamos seus principais recursos.

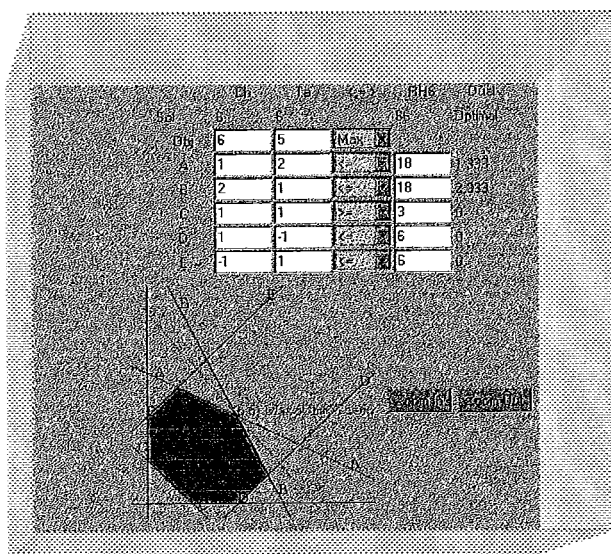


FIGURA 3.15 - "MÁQUINA GRÁFICO PPL - 2D"

### Máquina Simplex

Objetivo. Encontrar soluções de problemas de programação linear pelo método Simplex.

Simulação numérica.

O botão "Exemplo" mostra um exemplo de como colocar um problema de programação linear. A partir deste botão, modifique o problema, ou entre com um novo problema, e a seguir pressionar "Resolve".

Observações:

- ♦ modo decimal mostra todos os quadros e resultados como decimais,
- ♦ modo fração converte todos os decimais para fração,
- ♦ modo inteiro elimina decimais e frações.

A figura 3.16 apresenta a Máquina do Simplex'. Nela, observamos seus principais recursos.

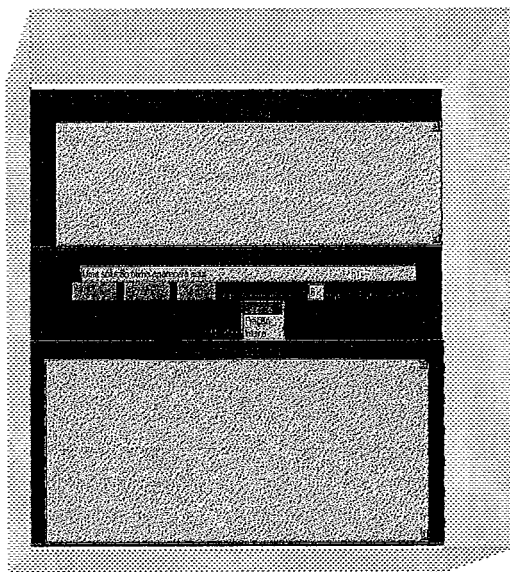


FIGURA 3.16 - "MÁQUINA DO SIMPLEX"

### **Máquina Mochila**

Objetivo. Encontrar valores ótimos das variáveis de decisão, e também exibir um breve relatório sobre o Problema da Mochila - *Knapsack Problems*.

O nome *Knapsack Problems* ou Problema da Mochila deriva-se da seguinte interpretação: suponha que você tenha uma mochila e deseja enchê-la com os artigos disponíveis de forma a maximizar o valor total dos artigos na mochila sujeitos a restrição do peso, exigindo que a mochila não exceda seu peso total prescrito. Que artigos devem ser selecionados?



Há diversas versões a este problema relacionado à disponibilidade dos artigos. Em particular, a versão 0-1 representa uma situação onde somente um artigo de cada tipo esteja disponível ou possa ser selecionado. O caso *unbounded* (ilimitado), que consideramos aqui supõe que há tipos de  $n$  de artigos e que há uma infinidade de artigos de cada tipo. Os dados de entrada para esta versão consistem então no seguinte:

- ♦ o peso máximo permitido,  $W$ .
- o peso de cada artigo do tipo  $i$ ,  $w_i$  para  $i=1,2,\dots,n$ .
- ♦ o valor de cada artigo do tipo  $i$ ,  $v_i$ ,  $i=1,2,\dots,n$ .

Formulação Matemática:

$$f(W) := \text{maximizar } \{v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3 \dots v_n x_n\}$$

sujeito a

$$w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 \dots w_n x_n \leq W$$

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \in \{1, 2, 3, \dots\}$$

Os pesos  $w_1, \dots, w_n$  dos artigos, bem como o peso máximo permitido da mochila  $W$ , são supostamente inteiros não negativos.

A versão ilimitada (*unbounded*) do problema da mochila permite que selecione tantos artigos de cada tipo quanto desejar, sujeita à restrição do volume total.

A equação do problema é escrita considerando o peso total,  $W$ , como um parâmetro. Ou seja, definimos:

$$f(w) := \text{maximizar } \{v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3 \dots v_n x_n\} \quad w = 0, 1, \dots, W$$

sujeito a :

$$w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 \dots w_n x_n \leq w$$

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \in \{1, 2, 3, \dots\}$$

Portanto temos que:

$$f(s) := 0, \quad s \leq w^* := \min \{w_i : i = 1, 2, \dots, n\}$$

No relatório denotamos por  $d^*(s)$  a decisão ótima (artigo) gerada resolvendo a equação funcional para um  $s$  dado. A recuperação do procedimento simplesmente

executa a estratégia prescrita por  $d^*$  começando com  $s = W$  e terminando quando  $s \leq w^*$ .

### Simulação numérica

Preencher os valores dos pesos  $\{w_i\}$ , os valores  $\{v_i\}$ , e o valor de  $W$ .

Quando estiver pronto clicar na tecla "Solve" para resolver o problema. O código de *JavaScript* computará os valores ótimos das variáveis de decisão  $\{x_i^*\}$ , e também um breve relatório.

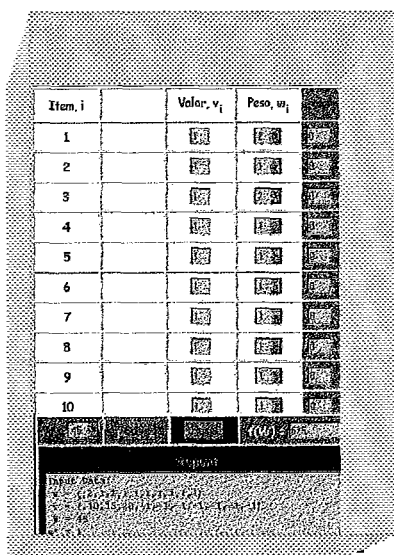
Se não quiser selecionar um artigo, atribuir um valor negativo.

Clicar na tecla Reset para restaurar o formulário da entrada.

Observar que o código não inclui nenhum pré-processamento, por exemplo, não tenta identificar artigos etc.

Faz-se necessário salientar que essas 'máquinas virtuais' são adaptações de APPLET criados por Bohdan Kaluzny, McGill University (Montreal, Canada).

A figura 3.17 apresenta a 'Máquina Mochila'. Nela, observamos seus principais recursos.



Item, $i$	Valor, $v_i$	Peso, $w_i$	
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
10	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>

FIGURA 3.17 - "MÁQUINA MOCHILA"

O outro recurso do Módulo de Simulações Numéricas é um suporte para simulações com sistemas algébricos.

### ✓ Suporte para Simulações com Sistemas Algébricos

Este serviço fornece suporte para apresentação das soluções dos problemas colocados no sistema com *softwares* algébricos. Atualmente existem sistemas de interface de alto nível, programáveis, e que são capazes de manipular dados algébricos, numéricos, gráficos e de fazer simulações.

Neste formato de estudo, pretende-se que os participantes do sistema conheçam recursos computacionais oferecidos por *softwares* algébricos, para resolverem problemas teóricos ou práticos interativamente. Para tanto, o sistema disponibiliza problemas com soluções detalhadas, desenvolvidas com softwares algébricos. Na versão inicial de *OaD*, foi usado o Maple, mas novos problemas podem ser incluídos e outro software que não Maple pode ser usado.

Para as soluções desenvolvidas com *softwares* algébricos, o Maple foi escolhido para as implementações iniciais por ser uma linguagem de programação abrangente com sintaxe intuitiva, facilidade de procura e de ajuda. O ambiente de um documento em Maple, denominado *worksheet* é capaz de preparar o documento técnico permitindo *hyperlinks* e outras funções.

Na versão inicial, as implementações do Maple ocorrem através dos problemas de programação linear descritos a seguir.

#### 1. Método Gráfico em Programação Linear com o Maple

Este documento técnico ilustra como o método gráfico para problemas bidimensionais de programação linear, podem ser implementados no Maple.

#### 2. Problema de Maximizar Lucro

Este documento técnico mostra um problema de programação linear usando o pacote Simplex do Maple.

### 3. Problema de Minimizar Custo

Um problema típico de programação linear para minimizar custo é apresentado com o pacote Simplex do Maple. A idéia de variável artificial e o problema de duas fases são introduzidos.

### 4. Análise do Algoritmo do Simplex

A análise é desenvolvida neste documento técnico com comandos do Maple, para analisar todos os passos do algoritmo do Simplex sem usar o pacote ‘Simplex’ do software.

### 5. Forma Tabular do Algoritmo do Simplex

Este documento técnico automatiza os passos do anterior e mostra estes passos na forma de quadros.

### 6. Instruindo o Maple para Transportar o Método do Simplex.

### 7. Dualidade em Programação Linear.

Este documento técnico usa o procedimento “dual” do pacote do Simplex para encontrar um problema dual de um problema dado.

### 8. Ponto Ótimo Múltiplo e Função Objetivo Ilimitada.

São apresentados, neste documento técnico, dois problemas: um que ilustra como usar o método Simplex para demonstrar que a função objetivo pode ser ilimitada na região viável e outro que mostra como se pode ter múltiplos pontos que são ótimos.

### 9. Métodos: Big M e Duas Fases

São apresentados conceitos de variáveis artificiais e excesso, mostrando um problema usando o método do Big M, sendo este comparado com o método das duas fases para se obter uma solução viável.

## 10. Regra de Bland

Neste documento técnico apresenta-se um exemplo que cicla e se usa a Regra de Bland para evitar que o algoritmo do Simplex torne-se cíclico. O ponto principal deste enfoque é apresentar problemas relacionados com área, bem como sua organização em forma sistemática através do Maple V.

Desenvolver formas de visualizar e analisar conceitos matemáticos através do uso de um sistema de representação gráfica afeta positivamente o aprendizado. É importante ressaltar que o material disponível não é simplesmente um uso de comandos do Maple e sim uma análise de conceitos através do software algébrico.

### 3.5.5 MÓDULO DE AVALIAÇÃO

Uma etapa importante do trabalho é avaliar se o participante assimilou os conteúdos aprendidos no tema de estudo escolhido, e também se o protótipo do sistema atende aos requisitos propostos nos objetivos específicos dessa dissertação. Para tanto, foi criado no *OaD* o *Módulo de Avaliação*, que visa apresentar:

- ♦ avaliação interativa dos conteúdos e,
- ♦ avaliação sistemática do protótipo.

#### ✓ Avaliação Interativa

A avaliação interativa dos conteúdos é um serviço do *Módulo de Avaliação* que possibilita enviar e resolver exercícios, com o propósito de fornecer parâmetros para a auto-avaliação dos participantes.

A avaliação interativa para os conteúdos dos temas de estudo consiste em um sistema de exercícios com aplicação em ambiente remoto. A função deste sistema é buscar do participante o que foi aprendido, a partir de uma lista de exercícios a ser executado a qualquer momento. Além de verificar os seus escores de acertos, o participante recebe também as soluções das questões discursivas, permitindo revisar e estudar o conteúdo. Os exercícios estão disponíveis de duas formas: em arquivos para *download*, e no formato de hipertexto para navegação. Neste caso, foram

implementados três modelos que serão descritos a seguir. A figura 3.18 ilustra como é a interface inicial da avaliação interativa dos conteúdos.

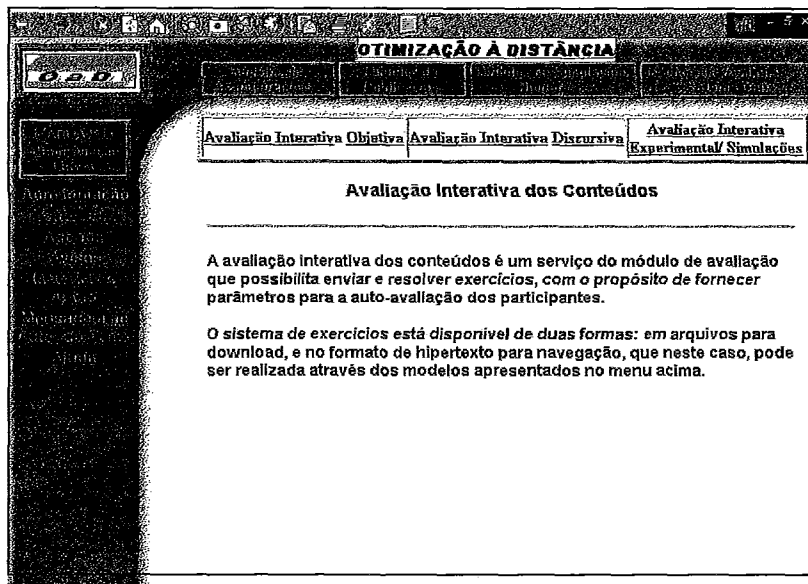


FIGURA 3.18 - INTERFACE INICIAL DA AVALIAÇÃO INTERATIVA DOS CONTEÚDOS

## Modelos para avaliação interativa propostas no sistema *OaD*.

### 1. Avaliação interativa objetiva

Neste modelo, o participante resolve pela Internet questões de múltipla escolha, sendo possível obter imediatamente o grau final da avaliação. Desta maneira, é possível que os participantes revisem suas questões e confirmem por que erraram determinada questão, por exemplo.

### 2. Avaliação interativa discursiva

Neste modelo, as questões são apresentadas de forma discursiva e o participante realiza as soluções em seus apontamentos pessoais. Quando terminar, solicita ao sistema através do link “Veja como se saiu nas questões propostas”, o acesso às resoluções completas das questões apresentadas.

### 3. Avaliação interativa experimental através de simulações numéricas

Neste modelo, as questões são resolvidas com o laboratório virtual do sistema. Os enunciados são apresentados na mesma tela (ou em telas separadas, conforme escolha do participante) que a “máquina virtual” adequada ao problema proposto. Desta forma, o

participante realiza simulações numéricas dos exercícios propostos, no mesmo espaço de experimentação ativa do sistema.

Como o propósito de ilustrar os modelos de avaliação interativa, serão apresentadas nas figuras 3.19 e 3.20 e 3.21 as interfaces para questões sobre Problemas de Programação Linear propostos no protótipo inicial.

**Avaliação Interativa Objetiva**  
**Interpretação de Problemas de Programação Linear**

---

Escolha a alternativa adequada para cada questão. Ao terminar, aperte o botão "Verifica nota" no final do formulário. Você pode fazer quantas tentativas quiser até atingir a nota 100. Se quiser recomeçar, basta apertar o botão "Limpa" no final do formulário.

1. Uma solução de um problema de programação linear é denominada de solução viável se nenhuma das restrições do problema for violada.(a)  
 a. Verdadeiro  
 b. Falso
2. Somente podemos resolver problemas de maximização e minimização usando programação linear.(b)  
 a. Verdadeiro  
 b. Falso
3. Uma restrição não-negativa previne valores negativos que possam aparecer na solução.(a)\*  
 a. Verdadeiro  
 b. Falso
4. A função  $f(x) = \max 6X_1 + 70X_2 + 89X_3$  pode ser considerada uma função objetivo viável.(a)  
 a. Verdadeiro  
 b. Falso
5. O custo reduzido é zero se nenhuma unidade de um produto dado(ou produção) são incluídos na solução ótima.(b)  
 a. Verdadeiro  
 b. Falso
6. Todas as Soluções Possíveis num Problema de Programação Linear formam um Conjunto Convexo.(a)  
 a. Verdadeiro  
 b. Falso
7. Se a solução ótima ocorre em mais de um ponto extremo, o valor da função objetivo não será o mesmo para todas as combinações convexas desses pontos extremos(b)  
 a. Verdadeiro  
 b. Falso

...

Sua nota é:  em um máximo de 100.

**FIGURA 3.19 - INTERFACE DA AVALIAÇÃO INTERATIVA OBJETIVA PARA INTERPRETAÇÕES DE PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR**

FIGURA 3.20 - INTERFACE DA AVALIAÇÃO INTERATIVA DISCURSIVA PARA INTERPRETAÇÕES DE PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

Avaliação Interativa Discursiva

Representação gráfica de Problemas de Programação Linear

---

Faça as soluções em seus apontamentos pessoais. Quando terminar, clique em "Gabarito das questões" e terá acesso as soluções completas das questões apresentadas.

---

**Questão 1.**

Encontrar graficamente a solução do seguinte problema:

maximizar  $3x + 2y$   
 sujeito a  
 $x + y < 2$   
 $y + 5x < 6$

---

**Questão 2.**

Encontrar graficamente a solução do seguinte problema:

minimizar  $180x + 160y$   
 sujeito a  
 $6x + y > 12$   
 $3x + y > 8$

---

**Questão 4.**

Uma companhia produz dois produtos (X e Y) usando duas máquinas (A e B). Cada unidade de X que é produzida requer um tempo de 50 minutos na máquina A e 30 minutos na máquina B. Cada unidade de Y que é produzida requer um tempo de 24 minutos na máquina A e 33 minutos na máquina B.

Em uma semana existem 30 unidades de X e 90 unidades de Y no estoque. O tempo disponível de processamento para a máquina A é previsto para 40 horas e na máquina B é de 35 horas.

A demanda para X na semana corrente é prevista para 75 unidades e para Y é prevista em 95 unidades

A companhia planeja maximizar a soma combinada de unidades de X e Y no estoque no fim da semana.

- Formule o problema de programação linear para decidir quanto de cada produto produzirá na semana corrente.
- Encontre a solução deste problema graficamente.



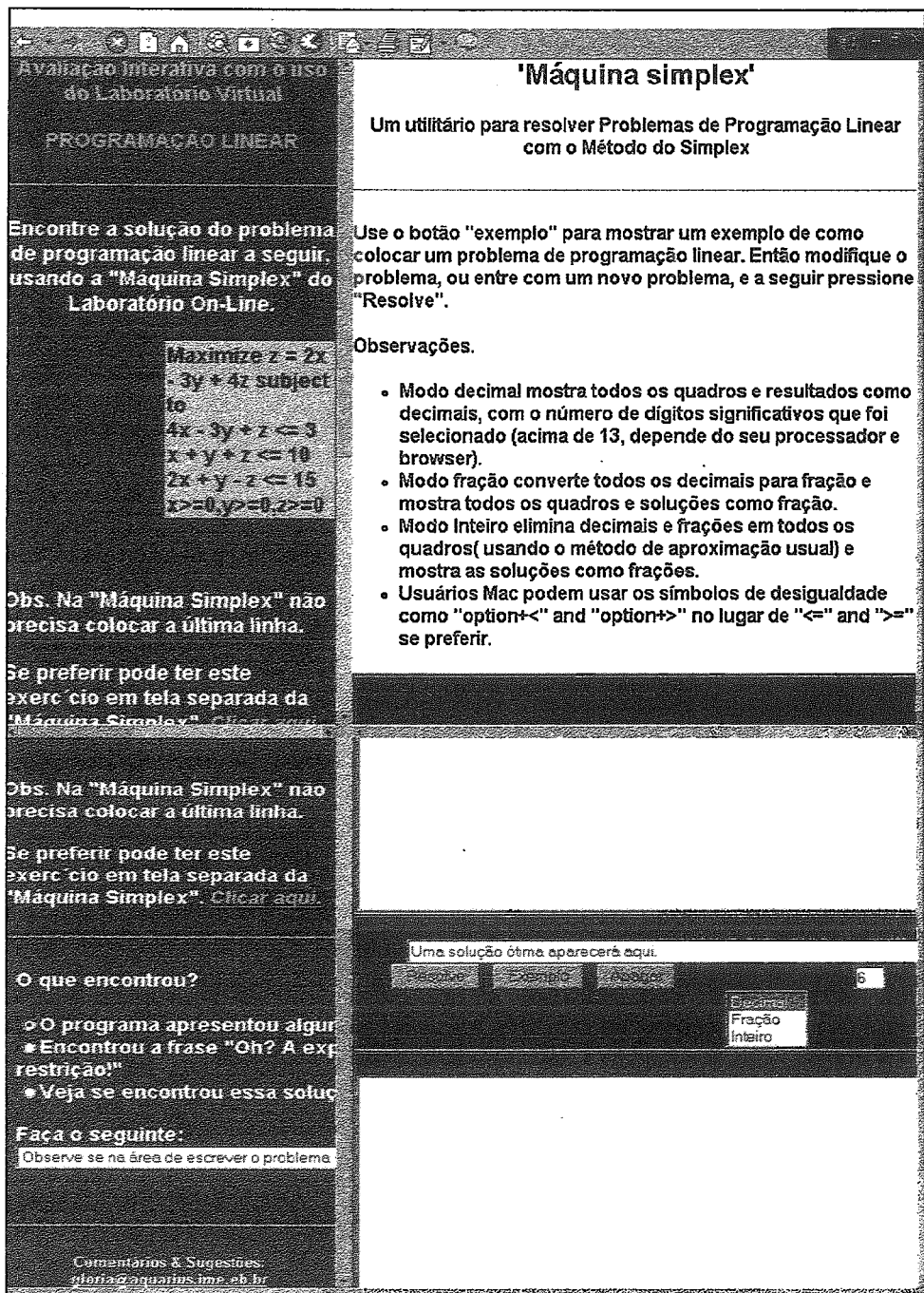


FIGURA 3.21 - INTERFACE DA AVALIAÇÃO INTERATIVA EXPERIMENTAL PARA PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR.

### ✓ Avaliação Sistemática do Protótipo

A avaliação sistemática do protótipo será apresentada no capítulo 4 e consiste de um estudo de caso exploratório e descritivo (YIN, 2001), com os usuários potenciais do

sistema, visando à analisar como o sistema se adapta à especificidade do estudo dos problemas de Otimização e responde às necessidades dos usuários.

### **3.6 CONCLUSÃO**

A motivação para desenvolver um sistema de estudo integrado e distribuído para apoio à pesquisa e estudo dos problemas de Otimização surgiu da análise de alguns IDLS e das necessidades particulares dos estudantes e profissionais da área de Otimização. A Tabela 3.3 mostra um resumo de todo sistema com seus componentes, recursos, serviços e funções.

Todos os recursos e serviços, indicados no Tabela 3.3 foram implementados na 1ª versão do sistema. O componente de autoria, entretanto, está sendo ampliado, para tornar-se mais robusto e com mais funcionalidades no contexto de uma dissertação de mestrado da linha de Otimização da COPPE/Sistemas.

Componentes	Temas de Estudo	RECURSOS		SERVIÇOS	FUNÇÕES	
	Linhas de Pesquisa					
Sessão de Estudo	<p><b>Programação Linear:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programação Linear: Método do Simplex (MACULAN, 1998).</li> </ul> <p><b>Programação Inteira:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proposta e Avaliação para o Problema de Steiner Geométrico em duas ou três Dimensões (PEREIRA, 1998).</li> <li>• Variações do Problema da Mochila (HOTO, 2000).</li> </ul> <p><b>Programação Não-Linear:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos de Penalidades para problemas de Programação Não-Linear - Trabalho realizado no curso de Programação Não-Linear ministrado pelo Prof. Adilson Xavier - COPPE/UFRJ</li> </ul>	Área Fixa	Módulo de Cooperação/ Comunicação	Comunicação Síncrona	Ponto de Encontro "char"	
				Comunicação Assíncrona	Quadro de Avisos	
					Mural de Discussão	
			Publicação Eletrônica	Biblioteca Virtual		Correio Eletrônico
						Otimização na Internet
						Pré-Publicações: "e-artigos"
			Módulo de Simulações Numéricas	Laboratório Virtual: "Máquinas Virtuais"		Biblioteca em Geral
						Repositório de Problemas
						Apresentação de Slides
			Módulo de Avaliação do Sistema	Suporte para simulações numéricas com softwares algébricos		"Máquina Gráfico PPL-2D"
						"Máquina Simplex"
						"Máquina Mochila"
			Área de Menu	Avaliação Interativa dos Conteúdos	Módulo de Avaliação do Sistema	
	Avaliação Interativa Objetiva					
	Avaliação Interativa Discursiva					
Avaliação Sistemática do OaD		Avaliação Interativa Experimental				
		Pesquisa Exploratória				
		Interface com Usuário				
Área de Exibição	Apresentação		Aspectos Acadêmicos			
			Informações sobre o tema de estudo.			
			Apresentação do conteúdo do tema de estudo			
			Organização das atividades.			
			Apresentação do Quadro de avisos.			
			Área de downlOaD.			
Sessão de Autoria	Módulo de Criação					
		Módulo de Manutenção	Templates	UplOaD		

TABELA 3.3. TABELA ESTRUTURAL DO SISTEMA OTIMIZAÇÃO À DISTÂNCIA.

Para analisar a adequação do sistema às necessidades de seus usuários potenciais, realizamos uma avaliação sistemática do OaD. Os resultados encontrados são apresentados e comentados no próximo capítulo.

## **AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO OTIMIZAÇÃO À DISTÂNCIA**

O objetivo geral desse trabalho é analisar, implementar e avaliar um processo de estudo à distância no domínio da Otimização. Especificamente, desejávamos desenvolver e implementar um Sistema de Estudo Integrado e Distribuído (IDLS), que considerasse a especificidade do estudo dos problemas de Otimização e as necessidades de seus usuários potenciais - estudantes da graduação e pós-graduação em Ciência da Computação e em áreas afins e profissionais da área. Uma etapa importante do trabalho era avaliar se o protótipo do sistema *OaD* atendia a estes dois requisitos.

Neste capítulo, de início, discutimos alguns enfoques de avaliação de sistemas para educação à distância. A seguir, descrevemos os procedimentos metodológicos adotados, os instrumentos de coleta de dados aplicados e apresentamos e comentamos os resultados obtidos com a avaliação do protótipo *OaD*.

### **4.1 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS E *SITES* PARA EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA (EAD)**

#### **4.1.1 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS PARA EAD**

O método de avaliação oficial que serve de apoio à prestação de serviços para a avaliação para qualidade de produto de *software* tem como referência às normas NBR 13596, Tecnologia de Informação - Avaliação de produto de software - Características de qualidade e diretrizes para o seu uso (ABNT, Abril 1996). Essa Norma define seis características, que descrevem, com um mínimo de sobreposição, a qualidade de produto de *software*.

<b>Características</b>	<b>Descrição</b>
Funcionalidade	Evidencia se os conjuntos de funções atendem às necessidades explícitas e implícitas para a finalidade a que se destina o produto.
Confiabilidade	Evidencia se o desempenho se mantém ao longo do tempo e em condições estabelecidas.
Usabilidade	Evidencia a facilidade para a utilização do software.
Eficiência	Evidencia se os recursos e os tempos envolvidos são compatíveis com o nível de desempenho requerido para o produto.
Manutenibilidade	Evidencia se há facilidade para correções, atualizações e alterações.
Portabilidade	Evidencia que é possível utilizar o produto em diversas plataformas com pequeno esforço de adaptação.

**TABELA 4.1. CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE PRODUTO DE SOFTWARE.**

Cada uma destas características é dividida em sub-características.

<b>Características</b>	<b>Sub-características</b>	<b>Descrição</b>
FUNCIONALIDADE	Adequação	Presença de conjunto de funções e sua apropriação para as tarefas
	Acurácia	Geração de resultados ou efeitos corretos
	Interoperabilidade	Capacidade de interagir com outros sistemas
	Conformidade	Estar de acordo com normas, convenções, regulamentações.
	Segurança de Acesso.	Capacidade de evitar acesso não autorizado a programas e dados.
CONFIABILIDADE	Maturidade	Frequência de falhas.
	Tolerância a Falhas.	Manter nível de desempenho em caso de falha.
	Recuperabilidade.	Capacidade de se restabelecer e restaurar dados após falha.
USABILIDADE	Inteligibilidade	Facilidade de entendimento dos conceitos utilizados.
	Apreensibilidade	Facilidade de aprendizado.
	Operacionalidade	Facilidade de operar e controlar a operação.
EFICIÊNCIA	Comportamento em relação ao tempo.	Tempo de resposta, de processamento.
	Comportamento em relação a recursos.	Quantidade de recursos utilizados.
MANUTENIBILIDADE	Analisabilidade	Facilidade de diagnosticar deficiências e causas de falhas
	Modificabilidade	Facilidade de modificação e remoção de defeitos
	Estabilidade	Ausência de riscos de efeitos inesperados.
	Testabilidade	Facilidade de ser testado.
PORTABILIDADE	Adaptabilidade	Capacidade de ser adaptado a ambientes diferentes.
	Capacidade para ser Instalado	Facilidade de instalação
	Conformidade	Acordo com padrões ou convenções de portabilidade
	Capacidade para substituir	Substituir outro software

**TABELA 4.2. SUB-CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE PRODUTO DE SOFTWARE.**

A partir destas características, diversos trabalhos buscam definir critérios para a avaliação da qualidade de software educacional, entre eles GCAMPOS (1994), FCAMPOS (1996), CAMPOS *et al.* (2001). Poucos trabalhos, no entanto, propõem

critérios para avaliar a qualidade do software educacional, na ótica do usuário. SILVA (1998) sugere que o programa educacional seja avaliado junto ao usuário, para se medir:

- a qualidade da idéia geral do software em que será apreciada a existência da diretriz, sua originalidade e adaptação no domínio, realizando testes com o público-alvo verificando o interesse global manifestado pelo princípio geral do software;
- a qualidade e variedade dos procedimentos de interatividade utilizados, para avaliar as páginas, os procedimentos de designação, a adaptação destes procedimentos ao conteúdo e às fases pedagógicas, bem como a flexibilidade ou rigidez dos procedimentos, a pertinência das questões postas, a clareza e a não-ambiguidade destas questões;
- ♦ a qualidade da flexibilidade do software para verificar se ele é flexível e se adapta a numerosas respostas dos usuários, oferecendo caminhos e propondo as escolhas reais. Avalia-se, também, a possibilidade de corrigir a resposta dada, o número de respostas previstas às questões, a potência dos modelos de análise de respostas, o número de escolhas reais oferecidas nos menus, o número, a qualidade e a variedade dos encaminhamentos possíveis no software, assim como a facilidade de retorno a um menu precedente;
- ♦ a natureza e qualidade das ajudas; se elas são sensíveis ao contexto, adaptadas em relação às dificuldades encontradas, sua hierarquização em função do tipo ou número de erros cometidos, sua originalidade e, sua variedade;
- ♦ grau de flexibilidade do software: dois critérios devem ser observados nesta característica: a facilidade com a qual pode-se parar e retomar o ensino de onde se parou e, a possibilidade de intervir no interior do software para modificar o conteúdo de maneira a poder adaptá-lo a necessidades específicas ou à evolução dos dados;
- qualidade das telas: é importante o seu aspecto estético. Avalia-se no geral, a disposição dos objetos, a legibilidade, os diferentes efeitos atrativos (desenhos, movimentos e sinais intermitentes).

Não encontramos trabalhos com propostas de avaliar a qualidade dos sistemas para educação à distância, na ótica do usuário. Estes sistemas podem ser avaliados sob diferentes prismas: sua qualidade como sistemas para gerenciamento da educação à distância, sua qualidade como sistemas de autoria, ou ainda a qualidade dos cursos e *sites* gerados a partir de suas funcionalidades e ferramentas da Web.

Diversos *sites* oferecem indicadores para a avaliação de sistemas do tipo IDLSs, entre eles:

- ◆ <http://multimedia.marshall.edu/cit/webct/compare/comparison.html>
- <http://linus.umd.edu/webct/default.htm/>
- ◆ <http://www.westga.edu/~distance/marsh23.html>
- ◆ <http://umanitoba.ca/ip/tools/courseware/evalmain.html>
- ◆ <http://www.ncrel.org/tandl/eval4.htm>
- ◆ <http://www.vpl-imc.org/pg1304.cfm>
- ◆ <http://www.renoir.csc.ncsu/MRA/reports/WebBasedTesting.html>

Estes trabalhos têm como ponto comum oferecer um conjunto bastante abrangente de critérios relacionados ao suporte oferecido pelo sistema ao instrutor, ao estudante e ao administrador do sistema. A Tabela 4.3 reúne os critérios mais comumente apresentados nos *sites* citados.

<b>Critérios para Avaliação de Sistemas para Educação a Distância</b>
<b>Suporte para Administração</b>
Ferramentas de suporte
O sistema fornece suporte para a instalação?
As falhas do sistema podem ser recuperadas?
O fabricante fornece apoio para este fim?
O sistema fornece suporte <i>on-line</i> ?
<b>Política de segurança</b>
A sistema tem uma política clara de segurança?
O servidor parece seguro?
As autorizações de acesso a sistema e aos materiais dos cursos são seguras?
<b>Administração do sistema</b>
O fabricante fornece suporte para a administração dos recursos do sistema?
Em caso negativo, o fabricante oferece treinamento para a administração do sistema?
O sistema parece ser de difícil administração?
<b>Utilização do sistema</b>
O sistema parece fácil de ser usado pelos seus diferentes usuários: professores, alunos e administradores?
O pacote do sistema inclui todos os <i>plugins</i> e softwares necessários a seu uso?
A ajuda para a administração e uso do sistema parece adequada?

O fabricante oferece versão para avaliação do sistema, independente da aquisição?
O sistema roda em diferentes sistemas operacionais sem perda de funcionalidade?
O sistema permite a customização da interface?
Ferramentas do Professor - Suporte para confecção do curso
O sistema fornece suporte para o planejamento de cursos?
O sistema adota metáfora familiar ao professor? Aula? Unidade de ensino? Seminário?
O sistema oferece ajuda para a confecção de cursos?
Conhecimento de HTML para desenvolver o material dos cursos é dispensável?
Conhecimento especializado na Internet para este fim é dispensável?
Não é exigido conhecimento de HTML para desenvolver testes?
Há ferramenta para gerar glossário?
Há ferramenta para gerar índice?
É possível importar arquivos de texto já existentes?
É possível importar arquivos em outros formatos (PPT, Gif, JPeg)?
O sistema permite algum nível de customização dos cursos?
O sistema permite a confecção de material multimídia?
O sistema permite que o professor veja o curso como o aluno verá?
É possível reutilizar curso ou parte de curso de outro professor?
É possível reutilizar partes de curso existente do mesmo professor?
O sistema permite incluir monitores?
O sistema permite a inclusão de aluno como co-autor?
Suporte para aplicação do curso e Tutoria <i>online</i>
O sistema fornece suporte para a administração de cursos?
O sistema permite atualização rápida de curso?
É possível personalizar o curso para cada aluno ou grupos de alunos?
Há ferramentas para o monitoramento de curso?
Há ferramenta para busca de material do curso?
Há formas variadas de tutoria aos alunos?
Há mecanismos para monitorar o desempenho do aluno?
O sistema armazena e organiza as interações dos alunos?
É possível redirecionar caminho do tutorial de acordo com respostas a testes?
É possível fazer perguntas de tempo marcado?
É possível gerar um conjunto randômico de perguntas?
Há ferramenta para disponibilizar dados sobre acesso e progresso dos alunos?
Há ferramentas de acompanhamento das atividades cooperativas dos alunos?
Formas de comunicação
O sistema põe à disposição do professor comunicação assíncrona com os alunos?
O sistema põe à disposição do professor comunicação síncrona com os alunos?
Ferramentas do Estudante
Há recursos variados como quadro de anúncios, calendário, agenda?
Existem ferramentas de comunicação síncrona?
Há recursos de <i>whiteboard</i> ?
O aluno pode dar <i>upload</i> em arquivo?
O aluno pode dar <i>download</i> em arquivo?
Existem recursos para avaliação <i>on-line</i> ?
Há ajuda <i>on-line</i> ?
O aluno pode fazer a marcação de progresso?
Existe suporte para a auto-avaliação?
Há a possibilidade do aluno fazer anotações no material do curso?
Existe área de apresentação do material/contribuição do estudante?
Há suporte para auto-avaliação? Há recursos de <i>bookmark</i> ?

TABELA 4.3. CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE SISTEMAS PARA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA.



Procurando estender estes critérios, de forma a capturar a dimensão pedagógica dos sistemas para EAD, JAPIASSU, DIAS (2001) apresentaram os seguintes questionamentos:

- ♦ O sistema permite acomodar múltiplas modalidades e estilos de aprendizagem?
- ♦ É possível representar vários pontos de vista do material do curso em janelas na tela?
- ♦ O sistema oferece recursos para pesquisas independentes e trabalho cooperativo?
- ♦ O programa oferece oportunidades para o desenvolvimento de pensamento crítico e de habilidades de administração de informação?
- ♦ Há apoio para o desenvolvimento de uma variedade de projetos de estudante?
- ♦ O sistema oferece espaços e/ou ferramentas para a negociação de contratos de aprendizagem, com direitos, deveres e prazos?
- ♦ Os estudantes podem colaborar na criação de seu processo de aprendizagem?
- ♦ Há ferramentas para este fim?
- ♦ Há suporte para este fim?
- ♦ O sistema permite que cada estudante localize seus próprios recursos e prossiga em sua aprendizagem independentemente dos outros estudantes?
- ♦ O sistema oferece espaços ou ferramentas para que os estudantes se organizem como um grupo independente do professor?
- ♦ O sistema permite adaptação no material do curso e nos recursos durante o curso?
- ♦ O sistema favorece a interatividade aluno-recursos do sistema?
- ♦ Os recursos são integrados e fáceis de serem usados?

No site *A Framework for Pedagogical Evaluation of Virtual Learning Environment* (<http://www.jtap.ac.uk/reports/htm/jtap-041.html>), são apresentados aspectos para avaliar a qualidade pedagógica dos sistemas de EAD. São eles:

*Negociação de recursos* - como os alunos negociam seus contratos de aprendizagem com os professores? Isto é um processo único ou contínuo? Quais são os direitos e responsabilidades de professores e alunos? Qual é a ocorrência desta negociação?

*Coordenação* - os estudantes podem colaborar na criação de seu processo de aprendizagem? Como?

*Monitoramento* - como o professor monitora a aprendizagem do aluno para remediar, quando for o caso?

*Individualização* - como cada estudante pode localizar seus próprios recursos e prosseguir na sua própria aprendizagem independentemente dos outros estudantes?

*Auto-organização* - quais espaços ou ferramentas estão disponíveis para permitir que os estudantes se organizem como um grupo de forma independente?

*Adaptação* - é possível ao professor adaptar o material do curso e seus recursos durante o desenrolar do curso?

Analisando alguns sistemas comerciais, como WebCT e TopClass, verificamos que estes sistemas não dão suporte computacional e/ou espaço pedagógico para que os alunos negociem seus contratos de aprendizagem com os professores ou colaborem na criação de seu processo de aprendizagem. Mesmo que a ênfase destes sistemas não seja no trabalho em grupo, eles dificilmente ajudam os estudantes a localizar os recursos mais adequados para cada aprendizagem particular, de forma a permitir que eles prossigam independentemente dos outros estudantes ou fornecem ferramentas para permitir que os estudantes se organizem como um grupo de forma autônoma.

#### **4.1.2 AVALIAÇÃO DE SITES PARA EAD**

Encontramos, ainda, na literatura, atributos para avaliação da qualidade de *sites* educacionais, entre eles, os de educação à distância. Em <http://www.vpl-inc.org/pg1304.cfm> são oferecidos os critérios exibidos a seguir.

- ♦ Características *on-line* e as ações do estudante.

- ♦ Os recursos *on-line* facilitam a interatividade entre pessoas e aumenta a compreensão através do uso de telecomunicações.
- ♦ As comunicações e contribuições do estudante são protegidas antes de serem colocados no *site*.
- ♦ Os estudantes podem acessar recursos *on-line* adicionais que fornecem informações relacionadas ou exemplos e que dão apoio aos objetivos de aprendizagem do programa.
- ♦ As fontes de informação citadas são confiáveis.
- ♦ Os recursos *on-line* são estáveis e atualizados regularmente para manter a confiabilidade e oportunidade dos dados.
- ♦ O *site on-line* provê modos para estudantes compartilharem e exibirem seu trabalho.
- ♦ Há apoio para o desenvolvimento de uma variedade de projetos de estudante.
- ♦ Há formulários *on-line* para a entrada de dados de estudante.

#### ✓Características *on-line* e a interface

- O *site* é ao mesmo tempo rico em conteúdo e esteticamente agradável. O texto é fácil de ser lido e os gráficos melhoram o design instrucional básico do *site*.
- Os estudantes podem navegar facilmente pelo *site*.
- O recurso *on-line* é bem estruturado. Provê acesso fácil ao conteúdo e dá suporte ao controle do usuário através de elementos como índice de busca, mapa de localização ou telas de ajuda.
- ♦ O recurso *on-line* é projetado para conservar demandas de largura de banda. Incorpora características novas da World Wide Web para aumentar a experiência de aprendizagem, não exibindo simplesmente o virtuosismo de programação do desenvolvedor.
- ♦ Há direções claras por carregar e instalar *plugins* ou aplicações de ajuda necessárias para o uso ótimo do *site*.

## ✓Design Curricular

- Os objetivos instrucionais e o conteúdo do programa provêm um grau elevado de correlação com o conteúdo curricular apropriado para o grupo-alvo de estudante e para parâmetros curriculares nacionais e padrões de desempenho.
- ♦ Objetivos de programa são declarados claramente e bem implementados, e eles são óbvios e pertinentes ao professor e estudante.
- Os recursos *on-line* atendem às necessidades dos estudantes através de táticas como o oferecimento de páginas alternativas.

## ✓Design do Programa

- O uso dos *sites* com as características básicas da Web (isto é, comunicação, acesso à informação, oportunidade de informação e contribuição) promove um entendimento significativamente mais profundo e maior de idéias, conceitos, e teorias do que seria possível com materiais instrucionais tradicionais.
- ♦ Os grupos de e-mail *on-line*, as conferências, os relatórios informativos ou os *sites* oferecem oportunidades para os professores compartilharem suas opiniões e experiências no uso do programa e suas sugestões para atividades de sala de aula.
- ♦ O programa não apresenta aspecto cultural, de sexo ou preconceito racial em seu conteúdo e formato e nem usa os rótulos depreciativos ou estereotipados do ancião, do inválido, ou qualquer outro grupo.

## ✓Design Instrucional

- ♦ O recurso *on-line* acomoda múltiplas modalidades e estilos de aprendizagem.
- O *site* contém sugestões para várias atividades *off-line*.

- ◆ Quando apropriado, são representados vários pontos de vista no programa.
- ◆ O recurso online estimula a criatividade e imaginação do estudante.
- O recurso facilita pesquisas independentes e trabalho cooperativo.
- O programa encoraja os estudantes a formularem estratégias e oferece oportunidades para o desenvolvimento de pensamento crítico e de habilidades de administração de informação.

### ✓Materiais Instrucionais de Apoio

- ◆ Os materiais de apoio contêm sugestões de atividades para o estudante, objetivos específicos, estratégias de administração, descrições de programa, cronograma de projeto, e endereço *on-line* para ajuda adicional.
- O recurso *on-line* contém modelos ou exemplos de estratégias de avaliação de desempenho bem projetadas e simples de implementar como também exemplos de critérios de avaliação.
- ◆ São fornecidos recursos para o professor visando à facilitar o desenvolvimento de produtos de estudante a serem compartilhados *on-line*.
- As estratégias para utilização do recurso com estudantes com necessidades especiais são fornecidas nos materiais de apoio.
- ◆ Os materiais de apoio contêm sugestões aos pais e à comunidade.

Estes critérios procuram enfatizar as dimensões pedagógicas da educação baseada na Web, como por exemplo, a possibilidade do *site* oferecer múltiplas modalidades e estilos de aprendizagem, estimular a criatividade e imaginação do estudante, e facilitar pesquisas independentes e trabalho cooperativo.

CAMPOS *et al* (2000) apresentam alguns critérios para avaliar especificamente a qualidade dos conteúdos de *sites* educacionais (Tabela 4.4).

<b>Características</b>	<b>Definição</b>
Abrangência	As informações devem ser suficientemente abordadas
Adequação	As informações devem ser adequadas ao nível do curso e interesse dos usuários
Atualização	As informações devem ser atuais e recentes
Autoria reconhecida	A autoria das informações deve ser conhecida e referenciada
Carga informacional	As informações devem ser adequadas ao nível de conhecimento do usuário
Corretude	As informações devem ser corretas
Estrutura	As informações devem ser organizadas de forma a facilitar a busca
Extensão	As informações devem possuir extensão do conteúdo para aprofundamento do conhecimento
Recursos	Os recursos devem ser usados de forma adequada nas diversas mídias
Referências Confiáveis	As referências bibliográficas devem ser confiáveis
Relevância	As informações devem ser relevantes para o processo de ensino e aprendizagem.

**TABELA 4.4. CRITÉRIOS DE QUALIDADE DE CONTEÚDOS DE SITES EDUCACIONAIS.**

Em uma vertente de avaliação complementar, identificamos também na literatura diretrizes para elaboração de cursos em ambientes participativos de aprendizagem, que um sistema integrado e distribuído para estudo à distância acomodar (CAMPOS *et al*, 2001), tais como:

- apoiar a construção de ambientes que permitam a ocorrência de aprendizagem e a compreensão sob múltiplas perspectivas;
- ◆ apoiar a proposição de problemas contextualizados e compatíveis com o conhecimento externo à sala de aula;
- permitir interpretação significativa e reflexiva;
- incentivar o pensamento crítico;
- encorajar a troca de idéias e testes das alternativas e;
- ◆ fornecer assistência ao estudante, ao contexto da aprendizagem e ao processo de aprendizagem.

Um outro aspecto avaliativo que começa a ser estudado refere-se a como avaliar estudantes nos sistemas à distância.

#### **4.1.3 AVALIAÇÃO DOS ESTUDANTES NOS SISTEMAS EAD**

Algumas propostas para avaliação do desempenho do estudante estão sendo discutidas, visando à redefinir o papel de avaliação, em face às mudanças prometidas pela Web. Neste contexto, emergem, e ganham adeptos, as propostas de auto-avaliação e avaliação pelos pares. Como visto no capítulo anterior deste trabalho, *OaD* adota a

auto-avaliação como política de avaliação. Neste sentido, implementamos três modelos para avaliação interativa: a avaliação interativa objetiva, a avaliação interativa discursiva e a avaliação interativa com simulações numéricas (Ver seção 3.5.5).

A auto-avaliação baseia-se no incentivo à autonomia e à responsabilidade individual do estudante frente a seu próprio aprendizado. A maior parte dos sistemas do tipo IDLSs adota esta forma de avaliação. PEAT (2000) procura de alguma maneira formalizar o processo de auto-avaliação e propõe módulos com grau crescente de dificuldade seguindo a taxinomia de Bloom. Para o autor, os módulos de auto-avaliação são compostos de questões, cujos conteúdos podem ser reutilizados de um nível para outro com o respectivo aumento de requisitos intelectuais. Na proposta dos módulos, o 1º nível de dificuldade testa a apreensão de conteúdo e a aquisição de conhecimento, o 2º nível testa a aplicação do conteúdo, o 3º nível testa a capacidade de análise do estudante e o 4º as habilidades desenvolvidas pelo estudante na síntese das informações a que teve acesso. A Tabela 4.5 ilustra a proposta.

Nível	Nível Cognitivo	Tipos de Questão	Nº de questões
Nível 1	Conteúdo e conhecimento	Use questões múltipla escolha e preenchimento de lacunas – a pergunta está sempre apresentada na tela.	7-8
Nível 2	Aplicação	Use questões múltipla escolha e preenchimento de lacunas, mas use também questões com campos para entrada de dados por parte do estudante – a resposta está sempre apresentada na tela.	4-5
Nível 3	Análise	Como o nível 2, mas com questões onde o estudante tenha que construir gráficos e tabelas.	3-4
Nível 4	Síntese de informação	Espera-se que o estudante seja capaz de sintetizar informação em resposta à questão. Isto pode requerer a produção de textos e deve ser oferecido exemplo de respostas para o estudante dar conceitos a si mesmo em uma escala de 0-5.	1-2

**TABELA 4.5. NÍVEIS DE QUESTÃO EM MÓDULOS DE AUTO-AVALIAÇÃO (PEAT, 2000).**

Estes módulos podem ser usados pelos estudantes individualmente ou em grupos, permitindo a discussão dos pares, a aprendizagem cooperativa e o trabalho em grupo. Um aspecto importante no processo de auto-avaliação refere-se ao momento em que este tipo de avaliação será acessado pelo estudante. Para ter acesso ao módulo de auto-avaliação, os estudantes têm que responder um pequeno conjunto de questões de falso-verdadeiro (PEAT, 2000). Aqueles que obtiverem 80% de acertos estão habilitados a acessar a auto-avaliação.

A avaliação pelos pares tem sido proposta por diferentes autores, como MAOR (1998) e SPARROW (1997), como forma de incentivar o trabalho em grupo, mas são poucos os relatos de seu uso em situações reais que permitam estender a experiência a outros contextos de educação baseada na Web.

#### 4.1.4 CONCLUSÕES DA SEÇÃO

Podemos observar que se encontra disponível vasta literatura sobre critérios de avaliação de sistemas e *sites* para educação à distância. Observa-se, contudo, que tais critérios enfatizam os aspectos operacionais dos sistemas, negligenciando as formas de se avaliar a adequação e consistência pedagógica destes sistemas. Encontram-se, também algumas propostas para avaliação *on-line* de estudantes, onde a cooperação e a interação entre os estudantes são aspectos a serem avaliados e recompensados. Mas, não encontramos trabalhos que tivessem por objetivo avaliar, em situação real ou experimental, a efetividade dos sistemas para educação à distância. Mesmo sistemas já consolidados e com expressiva comunidade de usuários, como WebCT e Learning Space, não apresentam os resultados de sua efetividade e adequação aos objetivos e necessidades dos professores ou dos estudantes.

Encontramos relatos de uso experimental da efetividade dos ambientes para aprendizagem cooperativa apoiada por computador (CSCL). Nestes casos, é realizado um estudo de caso, com *design* de pesquisa quase experimental, com um grupo de alunos, normalmente matriculados em uma mesma classe escolar de uma escola, com as variáveis do estudo identificadas e isoladas e com os alunos submetidos à situação de teste controlado, ou seja, resolvendo cooperativamente uma situação educacional proposta pelos avaliadores. CAMILE (GUZDIAL *et al.*, 1999) e Belvedere (SUTHERS, 1999), dois dos mais populares ambientes CSCL, foram avaliados com diversos grupos de alunos e os resultados estão disponíveis em diferentes artigos técnicos.

Estas abordagens não atendem completamente ao que queremos avaliar com o protótipo. Dada a indisponibilidade de estudos avaliando sistemas específicos do tipo IDLS, na ótica do usuário, realizamos um pequeno ensaio de pesquisa, descrito na próxima seção.



## 4.2 AVALIAÇÃO DE OAD

Para avaliar a adequação do sistema *Otimização à Distância* às demandas do estudo dos problemas de Otimização e às necessidades de seus usuários potenciais, definimos os seguintes procedimentos metodológicos:

- a) definição de um *design* de pesquisa;
- b) construção de instrumentos de coleta de dados;
- c) coleta de dados e interpretação dos resultados.

Descrevemos, a seguir estes procedimentos.

### 4.2.1 DEFINIÇÃO DO DESIGN DE PESQUISA

As estratégias de pesquisa em Ciências Sociais aplicadas podem ser experimental, *survey* (levantamento), histórica, análise de informações de arquivos (documental) e estudo de caso (YIN, 2001). Cada uma dessas estratégias pode ser usada para propósitos exploratórios, descritivos e/ou explanatórios.

Um estudo de caso é um procedimento empírico de pesquisa, onde se procura investigar um fenômeno contemporâneo dentro do contexto da vida real. Ele é, especialmente, usado quando as fronteiras entre fenômeno e contexto não são claramente evidentes (YIN, 2001). Ele é considerado uma abordagem de pesquisa adequada quando o tipo de questão de pesquisa é da forma “como?” e “por quê?” e quando o controle que o investigador tem sobre os eventos é reduzido.

A confiabilidade nos dados coletados é fundamental e dependente da validade dos instrumentos de coleta. Questionários com perguntas abertas e fechadas, entrevista de perguntas pré-formuladas com respostas fechadas e os protocolos são apontados como instrumentos confiáveis. Este tipo de estratégia de pesquisa se caracteriza pela coleta de dados através de questões abertas e exploratórias, pelo tamanho reduzido da amostra, e pela análise subjetiva e interpretativa dos resultados. De um modo geral, os resultados obtidos podem ou não ser quantificados. Através dos dados, são extraídos resultados que refletem opiniões, atitudes, sentimentos e expectativas dos sujeitos do estudo.

Para avaliar *OaD*, realizamos um estudo de caso de caso exploratório, com os usuários potenciais do sistema. Para tanto, construímos dois instrumentos para a coleta de dados, aplicamos os instrumentos e interpretamos os resultados.

#### 4.2.2 CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Nossa meta era avaliar o protótipo, na ótica do usuário, da sessão de estudo. Como visto no capítulo anterior, o participante tem acesso a:

- ♦ **área fixa** – nos temas de estudo, há um portal fixo para qualquer tipo de navegação escolhida pelo usuário. No portal são oferecidos os módulos de: Cooperação, Publicação Eletrônica, Simulação e Avaliação.
- ♦ **área de menu** - os participantes têm acesso às ferramentas de estudo oferecidas pelo autor / professor.
- ♦ **área de exibição** - área de visualização das áreas anteriores

Em *OaD*, como em sistemas análogos, há os recursos disponíveis, mas os temas de estudo precisam ser desenvolvidos pelo autor dos temas, usando as facilidades oferecidas pelo sistema para este fim, tais como, *templates* para apresentação de material de estudo. Para realizarmos o estudo de caso, foi necessária a implementação de:

- quatro temas de estudo distribuídos conforme as linhas de pesquisa em Otimização: Programação Linear, Programação Inteira e Programação Não-Linear, conforme mostrado no Tabela 3.1 da seção 3.5;
- ♦ três funcionalidades para a biblioteca virtual: Otimização na Internet, Pré-Publicações e Biblioteca em Geral, nos moldes apresentados na seção 3.5.3;
- ♦ duas funcionalidades para o banco de arquivos: Repositório de Problemas e Apresentação de Slides, nos moldes apresentados na seção 3.5.3;
- ♦ três máquinas virtuais no laboratório: Gráfico PPL, Simplex e Problema da Mochila, nos moldes apresentados na seção 3.5.4 e;

- ♦ três modelos de avaliação interativa: objetiva, discursiva e experimental, nos moldes apresentados na seção 3.5.5.

O protótipo do sistema com os módulos implementados foi posto *on-line*, cadastrado em dois *sites* de busca (Alta Vista e Yahoo) segundo as palavras-chave “Otimização“ e “Distância“ e também divulgado na lista de discussão da Rede Universidade Virtual Pública do Brasil – UniRede (VILHENA, 2000). No protótipo, foram incluídos, no *Módulo de Avaliação*, os dois instrumentos de coleta de dados:

**Questionário I** - Avaliação do Sistema *Otimização à Distância*: Pesquisa Exploratória - Cadastro dos participantes dos temas de estudo, com o uso de questões fechadas, onde se procura caracterizar os perfis dos participantes do estudo, quanto à sua procedência, faixa de idade, formação acadêmica, habilidade no uso da Internet, formas de acesso ao sistema, linha de estudo e pesquisa de interesse e o tema de estudo escolhido. Há uma questão aberta, com a qual se busca identificar as expectativas do usuário em relação à interface e os aspectos acadêmicos envolvidos no sistema;

**Questionário II**, composto de duas partes: Avaliação da Interface e Avaliação dos Aspectos Acadêmicos, com questões fechadas e questões abertas.

Para definir os critérios de avaliação da interface de *OaD*, consideramos os pontos levantados por (SILVA, 1998) e as características apresentadas para a avaliação para qualidade de produto de *software* da ABNT. A interface é avaliada pela sua confiabilidade, sua usabilidade e eficiência.

Características	Sub-características
I - CONFIABILIDADE	I.1. Frequência de falhas do sistema. I.2. Consistência da interação com o sistema. I.3. Controle e domínio sobre o sistema. I.4. Confiança nas formas de navegação do sistema.
II - USABILIDADE	II.1. Compreensão dos menus, <i>links</i> , ícones utilizados. II.2. Flexibilidade do sistema. II.3. Facilidade de manuseio dos elementos interativos (botões, hyperlinks, entrada de dados, etc.).
III - EFICIÊNCIA	III.1. Tempo de resposta dos módulos do sistema: Aprendizagem, Cooperação, Publicação Eletrônica e Simulação Numérica.

TABELA 4.6. CARACTERÍSTICAS E SUB-CARACTERÍSTICAS PARA AVALIAÇÃO DA INTERFACE DO *OaD*.

Para definir os critérios de avaliação dos aspectos acadêmicos de *OaD*, relacionamos os aspectos cognitivos tidos como típicos do estudo dos problemas de Otimização, segundo MACULAN (2001), aos métodos de estudo a serem adotado e ao suporte computacional necessário, traduzido pelos módulos de *OaD*.

<b>Características</b>	<b>Sub-Characterísticas</b>
IV. Organização do Módulo Aprendizagem	IV.1. Compreensão da apresentação das páginas do tema de estudo: área fixa, área de menu e área de exibição. IV.2. Facilidade de navegação e variedade dos procedimentos de interação (páginas, <i>links</i> , etc.). IV.3. Qualidade dos materiais de apoio utilizados: áreas de slides (transparências), de textos, de download, etc. IV.4. Adequação do tempo gasto na rede ( <i>on-line</i> ).
V. Organização do Módulo Cooperação	V.1. Contribuição da comunicação assíncrona (mural e correio eletrônico) para o estudo. V.2. Contribuição da comunicação síncrona: ponto de encontro( <i>chat</i> ) para o estudo. V.3. Contribuição do tema de estudo para a análise e compreensão dos referenciais que podem dar suporte à aprendizagem cooperativa.
VI. Organização do Módulo Publicação Eletrônica	VI.1. Utilidade da funcionalidade "Otimização na Internet" da "Biblioteca Virtual" para o estudo. VI.2. Utilidade da funcionalidade "Pré-Publicações (e-artigos)" da "Biblioteca Virtual" para o estudo. VI.3. Utilidade da funcionalidade "Biblioteca em Geral" da "Biblioteca Virtual" para o estudo. VI.4. Utilidade da funcionalidade "Repositório de Problemas" do "Banco de Arquivos" para o estudo. VI.5. Utilidade da funcionalidade "Apresentação de Slides" do "Banco de Arquivos" para o estudo. VI.6. Utilidade da funcionalidade "Avaliação Interativa" do "Banco de Arquivos" para o estudo.
VII. Organização do Módulo Simulação	VII.1. Contribuição das "máquinas" do "Laboratório Virtual" ao estudo. VII.2. Contribuição do suporte dado às simulações numéricas com softwares algébricos ao estudo.

**TABELA 4.7. CARACTERÍSTICAS E SUB-CARACTERÍSTICAS PARA AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS ACADÊMICOS**

A cada sub-critério foi associada uma escala numérica 5- Ótimo - 4 - Muito Bom - 3 - Bom - 2 - Regular - 1 – Insuficiente.

Os dois questionários foram considerados adequados para coletar dados, visto que nosso estudo tem caráter exploratório.

#### **4.2.3 COLETA DE DADOS E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS**

O sistema *Otimização à Distância* esteve *on-line* no período de Junho a Setembro de 2001 no endereço <http://www.ime.eb.br/~gloria/ool/index.htm>. Neste período, 2327 usuários visitaram o *site*, e 60 deles responderam ao Questionário I - Pesquisa Exploratória - Cadastro dos participantes dos temas de estudo. Destes 60, 40 usuários responderam ao Questionário 2 - Avaliação da Interface e Avaliação dos Aspectos Acadêmicos. Os dados coletados nos permitiram identificar o perfil dos usuários, apresentados nas tabelas a seguir.

## O Perfil dos Usuários

80% dos usuários que responderam ao Questionário I tinham idade entre 20 e 30 anos, sendo 40% estudantes de engenharia, 21,7% profissionais formados e atuantes no mercado de trabalho e 38,3% possuem outra formação acadêmica. Solicitados a descreverem sua habilidade no uso da Internet de acordo com as três categorias indicadas, os usuários se classificaram conforme apresentado na Tabela 4.8.

Tipo de Usuário	Discriminação	%
Iniciante	Classificação atribuída a si mesmo pelo visitante do sistema, por possuir pouca habilidade com a Internet e necessitar de maior auxílio para a execução das tarefas, pois exploram a rede e o computador de maneira intuitiva.	30
Nível médio	Classificação atribuída pelo visitante que sabe executar as tarefas básicas na Internet e possui alguma habilidade com o computador. Este usuário (na maioria estudantes de engenharia) começa a explorar as funcionalidades adicionais da máquina e aplicativos.	58,3
Experientes	Classificação atribuída pelo visitante que domina as funcionalidades do computador, dos <i>softwares</i> e da Internet.	11,7
Total		100

TABELA 4.8. CLASSIFICAÇÃO DOS USUÁRIOS QUANTO À HABILIDADE NO USO DA INTERNET.

É um pouco surpreendente que cerca de 85% dos participantes do estudo de caso apontam a si mesmo como tendo nível de experiência de iniciante ou médio em relação à familiaridade com a Internet. Talvez eles tivessem querendo informar seu nível de conhecimento na área de Otimização.

Apesar de, no início, pensarmos que recomendações de pessoas conhecidas fossem utilizadas como o meio principal de divulgação do sistema, verifica-se que a maioria dos entrevistados tomou conhecimento através de listas de discussão ou através de *sites* de busca (Tabela 4.9).

Conhecimento do sistema <i>OaD</i>	%
Através de Listas de Discussão	43,3
<i>Sites</i> de busca da Internet (Pesquisa aleatória)	36,7
Recomendações de pessoas conhecidas	15,0
Outra forma	5,00
Total	100

TABELA 4.9. CONHECIMENTO DO SISTEMA OTIMIZAÇÃO À DISTÂNCIA.

Esta informação mostra que a lista de discussão é um veículo útil para a divulgação de *sites* e sistemas educacionais. A linha de pesquisa e o tema de estudo de maior interesse dos usuários estão apresentados nos Tabelas 4.10 e 4.11.

<b>Linhas de Pesquisa</b>	<b>%</b>
Programação Linear	53,3
Programação Inteira	28,3
Programação Não-Linear	6,7
Nenhuma em especial	6,7
Mais de uma linha de pesquisa	5
Total	100

**TABELA 4.10. LINHA DE PESQUISA ESCOLHIDA PELA POPULAÇÃO EM ANÁLISE**

<b>Temas de Estudo</b>	<b>%</b>
Programação Linear - Método do Simplex	58,3
Problema de Steiner	16,7
Variações do Problema da Mochila	13,4
Métodos de Penalidades para Problemas de Programação Não-Linear	6,6
Nenhuma em especial	5
Total	100

**TABELA 4.11. TEMAS DE ESTUDO ESCOLHIDOS PELOS PARTICIPANTES.**

As sugestões vindas da questão: "*Quais são as suas expectativas com o uso do sistema?*", mostraram que os objetivos pessoais dos participantes foram atendidos, como mostrado na Tabela 4.12, na medida em que alguns o colocaram como ponto positivo do sistema.

<b>Usuários</b>	<b>"Quais são as suas expectativas com o uso do sistema?"</b>	<b>"Cite os pontos positivos do sistema OaD e suas razões"</b>
Mabel Scianni - EFEI	"Que seja uma boa ferramenta para estudo e de fácil compreensão"	"Boa ferramenta para estudo, fácil compreensão da teoria, exposição clara e didática do assunto".
Maria Aparecida Matos Freitas - UFSC -	"Que seja um sistema bem organizado e que encontre explicações claras"	"O módulo de publicação achei super legal e o sistema é muito bem organizado"
Joel Mangolin - TechNit-RT	"Que o sistema permita uma atualização de meu conhecimento".	"Constatarei que o sistema permitiu que eu atualizasse meus conhecimentos".
Carlos Magno Barreto de Araújo (Instituto de Tecnologia da Amazônia).	"Gostaria de recordar e ampliar meus conhecimentos"	"Meu objetivo foi atendido na medida que pretendia ampliar meus conhecimentos dos métodos de algoritmos de problema de programação linear"
Raquel França - Fortaleza/CE	"Gostaria de poder encontrar tudo o que é preciso para eu entender o Método do Simplex"	"(...) estou podendo realizar meus estudos praticamente sozinha".

**TABELA 4.12. RESPOSTA DOS PARTICIPANTES DO SISTEMA ÀS QUESTÕES FORMULADAS NA AVALIAÇÃO: "QUAIS SÃO AS SUAS EXPECTATIVAS COM O USO DO SISTEMA?" E "CITE OS PONTOS POSITIVOS DO SISTEMA OAD E SUAS RAZÕES".**

As sugestões vindas da questão "*O que você modificaria neste sistema, caso coubesse a você prepará-lo e ministrá-lo?*", foram úteis na reformulação de algumas funcionalidades do sistema como pode ser constatado através de alguns exemplos mostrados na Tabela 4.13.

Usuários	<i>“O que você modificaria neste sistema, caso coubesse a você prepará-lo e ministrá-lo?”</i>	<b>Modificações Realizadas no sistema <i>OaD</i>.</b>
Fernanda Campos- UFJF	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦”Sistema de avaliação não deveria constar de escala sim e não e sim escala de presença do atributo tipo 0 a 4, 0 total ausência e 4 total presença“.</li> <li>♦”No menu da esquerda trocaria a ordem: Cadastro e avaliação passariam para o final, pois as pessoas só vão aí uma vez.”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦Os questionários do Sistema de avaliação foram refeitos e colocados uma escala de 0 a 5 para classificar as respostas dadas pelos usuários.</li> <li>♦O menu da página inicial do sistema atual é composto de: apresentação, descrição do sistema, sessão de estudo, sessão de autoria, cadastro e avaliação, colocados nessa ordem.</li> </ul>
Eduardo Wagner – UFRS -	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦”Colocaria a leitura de texto com letra escura e fundo claro”.</li> <li>♦”Diminuiria o tamanho dos títulos”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦Todos os temas de estudo possuem esta característica atualmente.</li> <li>♦Os tamanhos dos títulos foram alterados conforme sugestão do usuário.</li> </ul>
Sandro Paula – UFMG -	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦”Como temos que ficar muito tempo conectado, poderia disponibilizar os conteúdos dos temas de estudo”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦Os conteúdos dos temas de estudo atualmente estão disponíveis para download.</li> </ul>
Sandro Paula – UFMG	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦”A parte de biblioteca em geral deveria também permitir acrescentar links”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦Foi colocado o recurso de localizar novos links na biblioteca geral.</li> </ul>
Márcio Góes - UEPA	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦”Deixaria pelo menos um tema de estudo como teste ao uso do sistema sem necessitar de senhas”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦Após a fase de teste o tema de estudo Programação Linear - Método do Simplex, por ter sido o mais procurado foi deixado livre para acesso.</li> </ul>

**TABELA 4.13. RESPOSTA DOS USUÁRIOS DO SISTEMA ÀS QUESTÕES FORMULADAS NA AVALIAÇÃO: “O QUE VOCÊ MODIFICARIA NESTE SISTEMA, CASO COUBESSE A VOCÊ PREPARÁ-LO E MINISTRÁ-LO?” E AS RESPECTIVAS REFORMULAÇÕES REALIZADAS NO *OaD*.**

Feitas às reformulações, 40 usuários, dos 60 originais, responderam ao questionário II. Após o uso do sistema, estes participantes responderam ao Questionário II, avaliando a interface de *OaD*, segundo os critérios constantes da Tabela 4.6 e os aspectos acadêmicos de acordo com os critérios da Tabela 4.7.

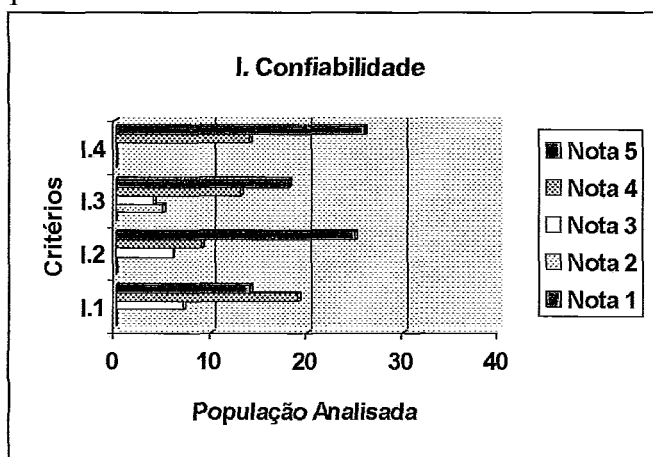
### **A Avaliação da Interface com o Usuário**

As interfaces de Sistemas de Estudo Integrados e Distribuídos não possuem semelhanças com as interfaces padronizadas disponíveis no mercado. Pelo contrário, elas devem ser concebidas de acordo com as necessidades das tarefas dos usuários. O desenvolvimento e a implementação do sistema *OaD* levaram em consideração que a interação dos usuários com a interface do sistema deveria atender aos objetivos dos temas de estudo. Desta forma, foram adotados a navegação hipertextual, o

preenchimento de formulários e o uso de recursos específicos para a área de Otimização (publicações eletrônicas e simulações numéricas).

Na ótica dos participantes, o sistema apresenta bons níveis de confiabilidade, usabilidade e eficiência (Gráficos 4.1, 4.2 e 4.3), mostrando que os participantes trabalharam com o sistema sem maiores dificuldades, mesmo aqueles que classificaram a si mesmo como iniciantes no uso da Internet.

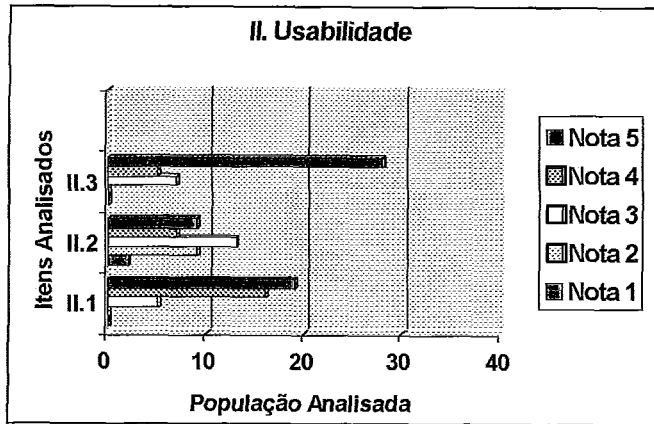
No entanto, observando o gráfico 4.2, verifica-se que a flexibilidade do sistema tem que ser revista, pois ela foi considerada de regular a insatisfatória por 27,5% dos participantes. A confiança dos usuários nas formas de navegação parece ser consequência do *design* da interface simples, porém eficiente. O tempo de resposta do processamento dos módulos do sistema foi considerado ótimo por 50% dos participantes, sugerindo que a estratégia de implementar as máquinas virtuais com applets Java tornou o processamento otimizado.



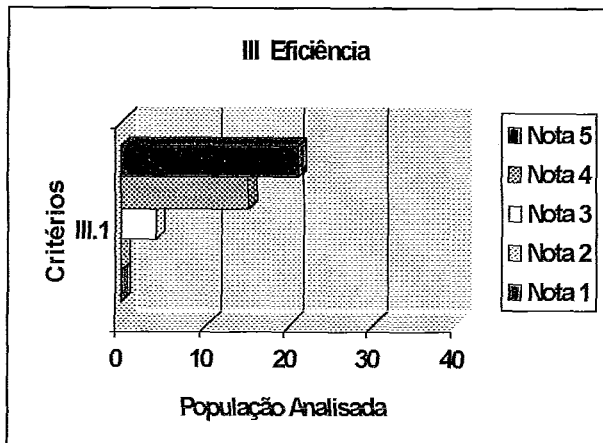
**GRÁFICO 4.1. AVALIAÇÃO DA INTERFACE COM OS USUÁRIOS - RESULTADOS DA QUESTÃO I: CONFIABILIDADE.**

- I.1 FREQUÊNCIA DE FALHAS DO SISTEMA.**
- I.2 CONSISTÊNCIA DA INTERAÇÃO COM SISTEMA**
- I.3 CONTROLE E DOMÍNIO DO SISTEMA**
- I.4 CONFIANÇA NAS FORMAS DE NAVEGAÇÃO.**





**GRÁFICO 4.2. AVALIAÇÃO DA INTERFACE COM OS USUÁRIOS: USABILIDADE.**  
**II.1 MENUS, LINKS, ÍCONES, ETC.**  
**II.2 FLEXIBILIDADE DO SISTEMA.**  
**II.3 ELEMENTOS INTERATIVOS (BOTÕES, ENTRADA DE DADOS ETC.)**

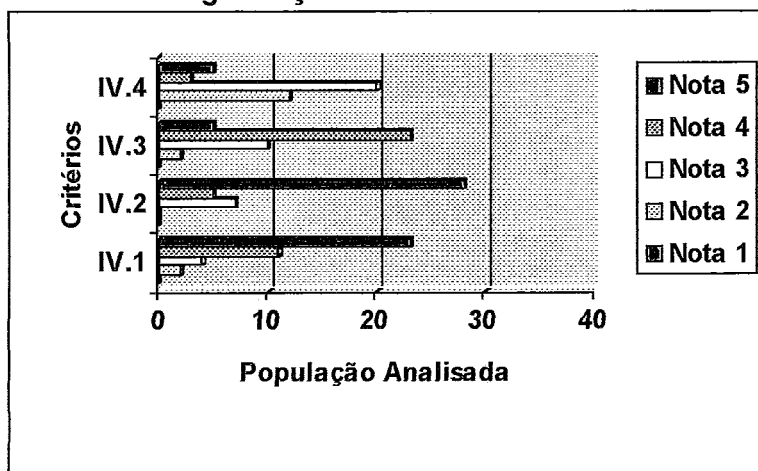


**GRÁFICO 4.3. AVALIAÇÃO DA INTERFACE COM OS USUÁRIOS: EFICIÊNCIA.**  
**III.1 TEMPO DE RESPOSTA DO PROCESSAMENTO DOS MÓDULOS DO SISTEMA.**

### Aspectos Acadêmicos

A qualidade acadêmica do sistema foi avaliada por quatro critérios: organização dos Temas de Estudo, organização do Módulo de Cooperação/Comunicação, organização do Módulo de Publicação Eletrônica e organização do Módulo de Simulação Numérica. Os gráficos 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7 ilustram a pontuação dada pelos participantes aos critérios descritos anteriormente.

#### IV. Organização dos Temas de Estudo

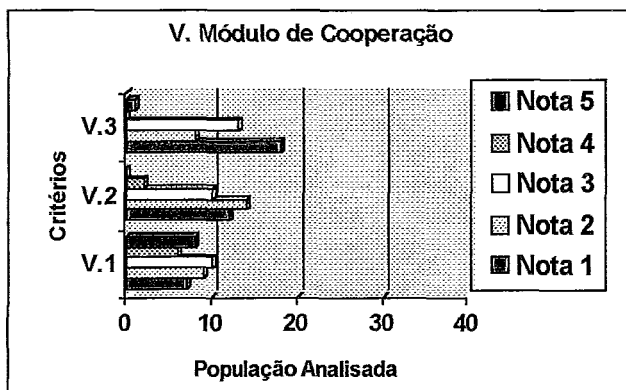


**GRÁFICO 4.4. AVALIAÇÃO DE ASPECTOS ACADÊMICOS: ORGANIZAÇÃO DOS TEMAS DE ESTUDO.**  
**IV.1. GRAU PARA A APRESENTAÇÃO GERAL DAS PÁGINAS DOS TEMAS DE ESTUDO: ÁREA FIXA, ÁREA DE MENU E ÁREA DE EXIBIÇÃO**  
**IV.2. GRAU PARA A FACILIDADE DE NAVEGAÇÃO E VARIEDADE DOS PROCEDIMENTOS DE INTERAÇÃO (PÁGINAS, LINKS, ETC...)**  
**IV. 3. GRAU PARA A QUALIDADE DOS MATERIAIS DE APOIO UTILIZADOS: SLIDES (TRANSPARÊNCIAS), TEXTOS, ÁREA DE DOWNLOAD, ETC.**  
**IV.4. GRAU PARA A ADEQUAÇÃO DO TEMPO GASTO NA REDE (ON LINE)**

O critério de avaliação da organização do temas de estudo, com seus sub-critérios, procurou avaliar tanto a facilidade de navegação, quanto à adequação dos elementos da interação (páginas, *links* etc.) às necessidades de estudo dos participantes. Os usuários de diferentes formações podem ter opiniões diversas sobre uma mesma simbologia, o que pode dificultar seu trabalho e a decisão final. Nota-se também que a adequação do tempo gasto na rede às expectativas do usuário, critério IV.4 obteve nota 2 por parte de 12 usuários. No sentido de atenuar este problema, decidiu-se fornecer os temas de estudo na área de *download*, desta forma os conteúdos do tema podem ser visto *off-line*.

Como *OaD* é um sistema de estudo que não precisa, necessariamente, da interação entre professor e aluno, a cooperação entre professor-aluno e entre alunos não ocorreu. Os recursos e serviços do sistema visam à contribuir para um processo de estudo individualizado, apesar de também ser oferecido um espaço voltado para o aprendizado cooperativo. O enfoque principal dos sistemas de Aprendizagem Cooperativa à Distância é que, estes, procuram ser uma alternativa para que professores e estudantes vivenciem juntos situações de aprendizagem, o que não é a proposta primordial do *OaD*. No entanto, faz-se necessário comentar que, embora o módulo de cooperação não tenha tido uma boa avaliação, os usuários do sistema desenvolveram o

aspecto colaborativo com o próprio sistema. Isto pode ser notado nas contribuições recebidas para o *Módulo de Publicação Eletrônica*, onde é oferecido um espaço para pesquisa e inclusão de informações (ver seção 3.3.3).

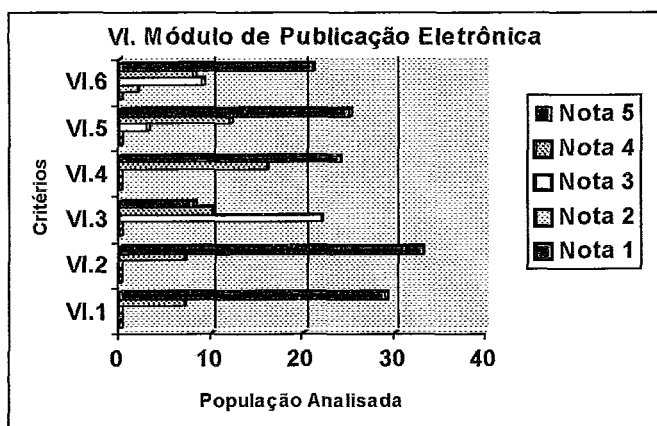


**GRÁFICO 4.5. AVALIAÇÃO DE ASPECTOS ACADÊMICOS – MÓDULO DE COOPERAÇÃO.**

**V.1 - GRAU PARA A COMUNICAÇÃO ASSÍNCRONA: MURAL E CORREIO ELETRÔNICO.**

**V.2 - GRAU PARA A COMUNICAÇÃO SÍNCRONA: PONTO DE ENCONTRO ("CHAT").**

**V.3 - GRAU EM QUE O TEMA DE ESTUDO CONTRIBUIU PARA QUE VOCÊ ANALISASSE E COMPREENDESSE REFERENCIAIS QUE PODEM DAR SUPORTE À APRENDIZAGEM COOPERATIVA**



**GRÁFICO 4.6. AVALIAÇÃO DE ASPECTOS ACADÊMICOS - MÓDULO DE PUBLICAÇÃO ELETRÔNICA.**

**VI.1 - GRAU PARA A FUNCIONALIDADE "OTIMIZAÇÃO NA INTERNET" PERTENCENTE A "BIBLIOTECA VIRTUAL"**

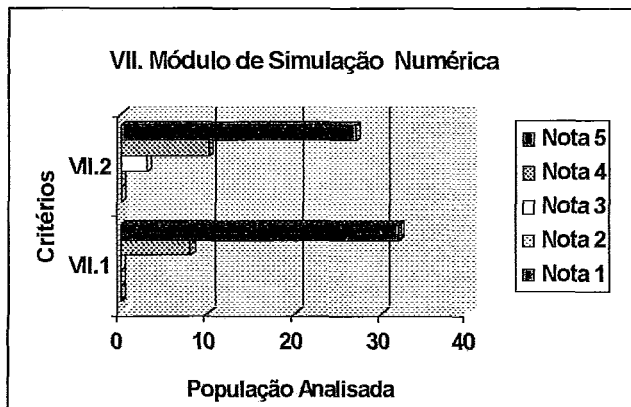
**VI.2 - GRAU PARA A FUNCIONALIDADE "PRÉ-PUBLICAÇÕES (E-ARTIGOS)" PERTENCENTE A "BIBLIOTECA VIRTUAL"**

**VI.3 - GRAU PARA A FUNCIONALIDADE "BIBLIOTECA EM GERAL" PERTENCENTE A "BIBLIOTECA VIRTUAL".**

**VI.4 - GRAU PARA A FUNCIONALIDADE "REPOSITÓRIO DE PROBLEMAS" PERTENCENTE AO "BANCO DE ARQUIVOS"**

**VI.5 - GRAU PARA A FUNCIONALIDADE "APRESENTAÇÃO DE SLIDES" PERTENCENTE AO "BANCO DE ARQUIVOS"**

**VI.6 - GRAU PARA A FUNCIONALIDADE "AVALIAÇÃO INTERATIVA" PERTENCENTE AO "BANCO DE ARQUIVOS"**



**GRÁFICO 4.7. AVALIAÇÃO DE ASPECTOS ACADÊMICOS – MÓDULO DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA.**

**VII.1 - GRAU PARA AS "MÁQUINAS" DO "LABORATÓRIO VIRTUAL"**

**VII.2 GRAU PARA O SUPORTE DADO AS SIMULAÇÕES NUMÉRICAS COM SOFTWARES ALGÉBRICOS**

Como podemos observar através dos gráficos 4.6 e 4.7, do ponto de vista da qualidade acadêmica, os pontos mais favoráveis foram os itens relacionados ao *Módulo de Publicação Eletrônica* e de *Simulação Numérica*, que obtiveram 82,5% e 80% de notas 5 atribuídas pelos usuários. A importância atribuída pelos usuários a estes dois módulos mostra que eles são o diferencial do sistema, parecendo atender às características e preceitos particulares apontados por MACULAN (2001) para o estudo de problemas de Otimização.

Constam também do questionário questões abertas que se revelaram informativas, fornecendo elementos para modificações, tanto na parte da interface, quanto na parte acadêmica do sistema, relatadas a seguir.

Os resultados obtidos com a avaliação do sistema junto aos usuários ofereceram a oportunidade de constataremos que os participantes consideraram que seus objetivos pessoais foram alcançados plenamente com o uso de *OaD*. Como valor agregado, parte deles considerou ter ampliado seus conhecimentos, não só em conteúdos pertinentes à área de Otimização, como também no uso das tecnologias da Internet.

Nas respostas obtidas nas questões abertas relacionadas à interface, os usuários apontam que:

- ♦ palavras familiares aceleram o processo de leitura;
- ♦ a leitura de texto com letra escura e fundo claro é mais confortável que a de texto claro com fundo escuro;

- ♦ a melhor visibilidade é aquela em que as cores utilizadas são contrastantes;
- ♦ os menus devem ficar em um lugar fixo para todas as telas/páginas;
- ♦ efeito de “pisca” funciona como alarme e é restrito a algumas situações;
- ♦ padronizar as telas/páginas, utilizando os mesmos princípios organizacionais, as mesmas formas, as mesmas cores e a mesma disposição espacial em todo o conjunto é altamente desejável;
- ♦ para maior consistência e clareza, a melhor forma de navegação deve começar com a tela (página) com títulos ou cabeçalhos que descrevam rapidamente o conteúdo ou propósito da tela. Portanto, deve-se simplificar ao máximo os títulos.

Nas respostas obtidas, em relação à avaliação acadêmica, pudemos identificar os pontos positivos e os pontos negativos do sistema. Um dos pontos positivos apontados pelos usuários são os vários formatos de estudo disponíveis, que podem ser realizados à distância, na hora e no ritmo desejados. Outro ponto positivo é a integração da teoria e prática, com o apoio dos módulos específicos do sistema. De uma maneira geral, o principal ponto fraco ao sistema foi o fato de não ter havido a oportunidade de realização de estudo em grupo, por razões já explicadas anteriormente.

Os resultados da avaliação já direcionaram algumas alterações, em curso, no sistema: melhoria no manual de instrução do sistema, mudanças no uso de cores, ajustes gerais nas telas de visualização dos temas de estudo e no formato de apresentação dos conteúdos e nos módulos fixos.

Apresentamos, em seguida, algumas mensagens recebidas dos usuários participantes.

*"Achei muito interessante o seu trabalho, e gostaria de parabenizá-la. Eu gostaria de me cadastrar nos seguintes módulos: Programação Linear, Programação Inteira, Programação Não-Linear. Obrigado, Marcelo" – EFEI.*

*"Assisti a sua palestra sobre o site do Sistema Otimização à Distância e gostaria de informações sobre as senhas. Grato, Eduardo Soares" UFRJ.*

*"(...) já acessei o módulo de meu interesse para conhecer seu conteúdo e posteriormente iniciarei um estudo. Os recursos oferecidos pelo sistema são muito bons. Obrigada, um abraço, Mabel". Escola Federal de Engenharia de Itajubá.*

*"Estou enviando o seu sistema ao Centro Universitário de Ensino à Distância do Estado do Rio de Janeiro- CEDERJ. Waldimir Longo."*

*"Me parece interessante e inovador. Vou procurar participar. Um abraço. Sueli" UniRede"*

*"Primeiramente, eu gostaria de parabenizá-la pelo excelente trabalho! Realmente o ensino a distância é uma idéia genial que deve expandir-se! Sobre os módulos de estudo, eu estou ADORANDO! (...) estou fazendo o máximo para estudar, responder as atividades propostas e participar de uma forma geral. Quanto ao conteúdo, são bem elaborados e atuais. Boa parte deste, eu havia estudado na universidade, mas de forma bem superficial. O laboratório virtual é genial para testar os problemas. No espaço de publicação, já coloquei um monte de links, vou escrever um artigo e colocar no e-artigos. A dificuldade que eu sinto no ensino a distância é que quando surgem dúvidas sobre o conteúdo ou atividades estas levam um maior tempo para serem esclarecidas, o que pode atrasar entrega de trabalhos e até não serem esclarecidas exatamente da forma que o aluno espera, por motivo óbvio da diferença entre a clareza e objetividade entre a escrita e oratória, restando às vezes ainda alguns questionamentos.(...) este fato não contou neste sistema estou podendo realizar meus estudos praticamente sozinha. Raquel" França, Fortaleza/CE".*

#### **4.3 CONCLUSÃO**

Desenvolvemos o sistema *OaD* para um domínio específico e para um segmento específico de usuários. A avaliação de um protótipo junto aos participantes do nosso estudo apresentou resultados preliminares bastante satisfatórios. No entanto, convém

ressaltar que o sistema, desenvolvido no contexto de uma pesquisa de doutorado, não pode ter seu *layout*, recursos e ferramentas comparados com os dos robustos e sofisticados sistemas do tipo IDLSs disponíveis.

A avaliação do sistema *OaD* nos mostrou que outros estudos de caso precisam ser realizados de forma a colher mais subsídios, especialmente em relação à pertinência e abrangência dos módulos relacionados aos aspectos acadêmicos. Mas a avaliação também nos forneceu indícios importantes:

- ♦ há uma demanda por parte de um público alvo específico por sistemas do tipo *OaD*;
- ♦ a existência de IDLSs para domínios genéricos é fundamental para a difusão da educação à distância, mas a disponibilidade de pequenos sistemas para domínios específicos pode ser apoio complementar efetivo para processos de estudo em áreas específicas.

## CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

No contexto de estudo e pesquisa em Otimização, o presente trabalho descreve as etapas de desenvolvimento, aplicação e avaliação de um Sistema de Estudo Integrado e Distribuído, denominado *Otimização à Distância*, a ser usado como elemento coadjuvante ao estudo de problemas de Otimização, tendo como suporte as tecnologias da Internet.

O estado da arte, apresentado no Capítulo 2, nos forneceu os parâmetros necessários para o desenvolvimento do sistema. Vimos que o uso das tecnologias da Internet para fins educacionais pode se mostrar bastante versátil. A análise da utilização de diferentes tecnologias da Internet como apoio ao estudo da Otimização aponta que uma série de iniciativas começam a serem desenvolvidas, mas tais iniciativas são ainda pontuais e fruto de ações individuais.

Apresentamos, também, no Capítulo 2, uma visão geral dos Sistemas de Estudo Integrados e Distribuídos, descrevendo suas principais características e as diversas tecnologias que podem ser utilizadas em sua implementação. O estudo das funcionalidades de diversos *IDLS* forneceu um indicativo forte de que o uso desses sistemas é bastante útil para o estudo autônomo à distância. Analisando-se detalhadamente as funcionalidades dos sistemas disponíveis, verificamos que grande parte deles não possui recursos adaptados ao estudo de problemas de Otimização. O estudo nesta área, assim como em outras áreas da Matemática aplicada, requer suporte diferenciado para atender às características específicas da área.

Neste sentido, o desenvolvimento do sistema *Otimização à Distância*, apresentado no Capítulo 3, partiu do pressuposto de que:

- ♦ a educação continuada à distância é uma demanda que cresce com a internacionalização dos conhecimentos;
- ♦ estudantes de graduação e pós-graduação na área de Ciência da Computação e áreas afins podem se beneficiar de novas formas de estudo intermediadas pela Internet;



- ♦ é necessário se desenvolver sistemas ajustados às necessidades específicas do usuário;
- o suporte computacional para o estudo à distância dos problemas de Otimização precisa considerar que os conceitos envolvidos têm uma “dimensão experimental”, o que requer espaços para “experiências reais” e “experiências conceituais”;
- ♦ a interface de um sistema para estudo à distância deve ser altamente intuitiva e;
- ♦ os recursos e funcionalidades oferecidos aos autores de temas de estudo *on-line* devem facilitar a construção de módulos ajustados à natureza do estudo.

Construído o protótipo, avaliamos sua adequação às necessidades dos usuários e à especificidade do estudo dos problemas de Otimização. Através de sessenta participantes, identificamos o perfil dos usuários potenciais do sistema. Quarenta usuários voluntários avaliaram o protótipo do ponto de vista da interface e dos aspectos acadêmicos. Entendemos que os objetivos propostos foram alcançados, na medida em que a combinação dos recursos e funcionalidades do sistema possibilitou aos usuários postura ativa e autonomia, fornecendo meios para que eles conduzissem, de forma independente, seu processo de estudo, o que foi comprovado pelos dados coletados na avaliação de *OaD*, conforme mostrado no Capítulo 4.

Uma das dificuldades para a realização de trabalhos como o presente trabalho é o caráter interdisciplinar dos estudos envolvidos. Para desenvolver *OaD*, tivemos que lançar mão de conhecimentos das áreas de educação e ciência da computação. Lançamos mão, também, de conhecimentos de áreas que surgem da interseção daquelas áreas – a informática na educação e a educação em Otimização, onde nosso trabalho se situa (Figura 5.1).

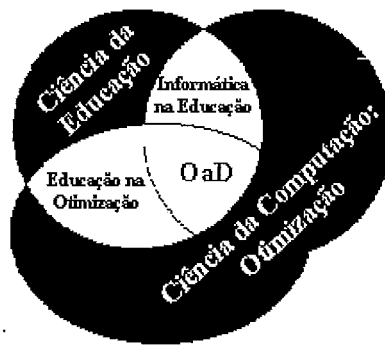


FIGURA 5.1. ÁREAS DO CONHECIMENTO ENVOLVIDAS NO DESENVOLVIMENTO DE *OAD*

Consideramos que a interdisciplinaridade envolvida no estudo é uma contribuição importante do presente trabalho. Entre outras contribuições, ressaltamos:

- o desenvolvimento de um sistema de estudo integrado e distribuído para um domínio específico do conhecimento. Como os sistemas de estudo mediados pela Internet são produtos de software surgidos recentemente, há poucos padrões de projeto, de implementação e de testes com os usuários disponíveis. A utilização de um processo de desenvolvimento que nasce da especificidade do estudo dos problemas de Otimização, e que inclui as características e tarefas dos usuários no sistema, a arquitetura do software, seu funcionamento e cenários de uso, bem como a modelagem de formatos de estudo contribui para o avanço e melhor entendimento da área e;
- o *design* de um pequeno ensaio de pesquisa exploratória para avaliar o protótipo junto a seus usuários potenciais, bem como os resultados obtidos, são também contribuições para a área da educação baseada na Web.

## 5.1 TRABALHOS FUTUROS

Concluída esta etapa do estudo, os trabalhos futuros irão seguir em duas direções: (a) estender algumas funcionalidades do sistema, e (b) ampliar o escopo da aplicação.

## ✓ EXTENSÃO DE FUNCIONALIDADES DO SISTEMA

Usando o sistema com estudantes, verificamos que alguns módulos podem ter sua capacidade estendida:

**Extensão da Capacidade dos Temas de Estudo:** independente dos outros módulos, o modo como o conteúdo é apresentado é fundamental para o sucesso do processo de estudo. Desta forma, pensamos em dotar o tema de estudo com algum tipo de suporte que oriente o aluno em relação ao tempo estimado necessário para o estudo de cada tema escolhido e oferecer alguma forma de tutoria automática. Desejamos também permitir que em cada tema de estudo se possa configurar opções diferentes, dependendo do público e da linha de estudo escolhida, para realizar uma customização de conteúdos. Essas extensões contribuem decididamente para que se alcance bons resultados.

**Extensão da Capacidade do *Módulo de Publicação Eletrônica*:** uma das áreas promissoras para o desenvolvimento de futuros trabalhos, seguramente, é a ampliação da capacidade do *Módulo de Publicação Eletrônica*. Em seu atual estágio, este módulo dá suporte para a inclusão de links para a área de Otimização, pré-publicações (ensaios de artigos), problemas resolvidos, apresentação de slides e avaliações interativas. Tendo em vista que as publicações eletrônicas incentivam novos pesquisadores, pensamos em testar novos formatos de arquivos abertos, que permitam maior flexibilidade para o envio de trabalhos, com vista a formar uma comunidade *on-line* de estudantes e pesquisadores em Otimização.

**Extensão da Capacidade do *Módulo de Simulação Numérica*:** outra área importante de atuação para o desenvolvimento de novos estudos diz respeito à capacidade do *Módulo de Simulação Numérica*. O próximo passo será, muito em breve, incorporar outras “máquinas virtuais” ao módulo.

Espera-se que essas extensões venham a tornar o sistema OaD mais dinâmico gerando uma maior motivação por parte dos participantes dos temas de estudo.

Além destas extensões aos módulos do sistema, está a ampliação das funcionalidades oferecidas na Sessão de Autoria. Este componente facilita o

desenvolvimento dos temas de estudos, permitindo que professores e/ou pesquisadores sem conhecimentos especializados em informática possam criar e manter conteúdos e materiais educacionais em um sistema baseado na Web. Para tanto, está sendo projetado suporte computacional mais robusto, permitindo ao autor aliar uma forma sistemática de estruturar o conteúdo com outras tecnologias da Internet.

#### ✓ AMPLIAR O ESCOPO DA APLICAÇÃO

Ao longo deste trabalho enfatizamos a importância de desenvolver e por disponível um sistema integrado e distribuído na Web que atendesse à especificidade do estudo dos problemas de Otimização. O esforço despendido foi, principalmente, para atingir este fim. No entanto, pretendemos analisar a adequação do sistema ao estudo outras áreas da Matemática do curso de graduação em engenharia do Instituto Militar de Engenharia (IME).

Em 1998, surgiu no IME, o *Projeto de Reformulação das Disciplinas Básicas em Engenharia no IME*, com o objetivo de empreender uma reforma profunda no ensino das disciplinas básicas do curso de graduação. O projeto busca uma reavaliação do currículo das disciplinas: Cálculo Diferencial e Integral, Álgebra Linear e Física, tendo por finalidade elaborar mudanças metodológicas e dar ênfase na interdisciplinaridade.

Pretendemos utilizar a estrutura do sistema *OaD* para apoiar inicialmente a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral e, posteriormente, as disciplinas de Álgebra Linear e Física.

A idéia de usar *OaD* para dar suporte ao estudo de Cálculo Diferencial e Integral requer: (a) a ampliação dos módulos de Simulação Numérica e Publicação Eletrônica para conceitos matemáticos apresentados nas disciplinas de cálculo diferencial e integral; e (b) a confecção de temas de estudo, no formato de hipertextos, criando uma coleção de textos didáticos sobre as teorias matemáticas demonstradas.

- ♦ A ampliação dos módulos de Simulação Numérica e Publicação Eletrônica requer a inclusão de novos programas CGI (Common Gateway Interface), escritos nas linguagens Perl e Java em *OaD*, voltados para: (a) criação de formulários, através dos quais será possível enviar arquivos ou *links* para o módulo de publicação, e (b)

construção de demonstrações gráficas e/ou numéricas para conceitos apresentados nas disciplinas de Cálculo.

A confecção de uma série de textos unidos por uma estrutura de hipertexto, para ser colocado como tema de estudo compreenderá dois segmentos:

- ♦ documentação completa sobre o funcionamento dos programas listados acima. Esta parte é, em suma, um sistema do tipo "Ajuda on-line" do programa e,
- ♦ coleção de textos teóricos sobre os conteúdos das disciplinas de cálculo, visando reunir exemplos dos conceitos de cálculo e os próprios conceitos em questão, de forma interativa e de fácil compreensão.

A adequação do sistema OaD ao estudo das disciplinas básicas de Matemática e física visa à contribuir com o *Projeto de Reformulação das Disciplinas Básicas em Engenharia no IME*, bem como ao projeto de educação à distância que está sendo implementado no instituto.

Outros pequenos estudos de caso precisam ser desenvolvidos, analisando-se a pertinência de incluir novos critérios, entre eles a importância de sistemas maduros que busquem informações sobre a longevidade de um ambiente de estudo à distância de maneira mais eficaz. Dessa maneira, a avaliação poderá ser conduzida de forma a observar se o conteúdo está fortemente apoiado em resultados teóricos globais a serem atualizados com novas aplicações e com novos resultados teóricos que possam a ser desenvolvidos.

## BIBLIOGRAFIA

- ARANHA, M., 1999, Uma descrição geral do ambiente FirstClass. Disponível em: <http://www.di.ufpe.br/~sd/ead/>. Acesso em: 21 mar.2000.
- ARAÚJO, R., 1999, Uma descrição geral do ambiente Virtual-U. Disponível em: <http://www.di.ufpe.br/~sd/ead/>. Acesso em: 21 mar.2000
- BARBETI, D.R., 1998, Desenvolvimento de Cursos On-line utilizando WebCT. Disponível em: <http://www.gacli.unicamp.br/cursos/webct/index.html>. Acesso em: 21 mar.2000
- BARROS, L.A. 1994, *Suporte a Ambientes Distribuídos de Aprendizagem Cooperativa*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- BEASLEY, J. E., 2000, OR-Notes. Disponível em: <http://mscmga.ms.ic.ac.uk/jeb/or/contents.html>. Acesso em: 18 set.2001.
- BEASLEY, J.E., 1994, "A survey of young O.R. workers", *Journal of the Operational Research Society*, v.35, n.4, 1984, pp.281-288.
- BEASLEY, J.E., 1996, "The impact of microcomputers upon O.R", *Journal of the Operational Research Society*, v.37, n.7, pp.715-717.
- BEASLEY, J.E.,2000. OR-Notes. Disponível em: <http://mscmga.ms.ic.ac.uk/jeb/or/contents.html>. Acesso em: 23 mar. 2000.
- BERTSEKAS, D.P., 1995, *Nonlinear Programming*, Athena Scientific, Belmont, Ma, USA.
- BERTSIMAS, D.; TSITSIKLIS, J.N., 1997. *Introduction to linear optimization*, Athena Scientific, Belmont, Ma, USA.
- BREGALDA, P. F.; OLIVEIRA, A. A. F.; BORNSTEIN, C. T., 1981. *Introdução à Programação Linear*, Campus.
- CAMPOS *et al* (2000) "Software Agropecuário: um Processo de Avaliação em Quatro Níveis". In SBES 2000 –Workshop de Qualidade de Software. João Pessoa, Paraíba, Brasil, Outubro.
- CAMPOS, F. (1994) *Qualidade de aplicações hipermídia*, Rio de Janeiro, RJ, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Novembro.
- CAMPOS, G. H. B. (1994). *Metodologia para avaliação da qualidade de software educacional: Diretrizes para desenvolvedores e usuários*. Rio de Janeiro, RJ, Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Novembro.
- CAMPOS, G.; CAMPOS, F. C. A., 2001, "Qualidade de Software Educacional" in ROCHA, A R. C, MALDONADO, J, C. & WEBER, K. C., 2001, *Qualidade de Software: Teoria e Prática*. Prentice Hall, São Paulo, Brasil, p. 124-130.
- CAVALCANTI, R., 1999, Uma descrição geral do ambiente TopClass. Disponível em: <http://www.di.ufpe.br/~sd/ead/>. Acesso em: 03 abr.2000.
- CRESPO, S., FONTOURA, M. F.; LUCENA, C.J.P., 1998 Um Modelo Conceitual Compatível com a Plataforma EDUCOM/IMS para Comparação de Ambientes de Educação na Web. DI/PUC-RIO. Disponível em: <http://www.almaden.ibm.com/cs/people/fontoura/papers/sbie98.pdf>. Acesso em: 29 out. 2000.
- CUNHA, L.; CAMPOS, F.; SANTOS, N., 1999, "Educação a Distância: Padrões para Projeto de Sistemas", Anais do TISE'99. Santiago, Chile, Dezembro.
- EHRlich, P.J., 1991, *Pesquisa operacional: curso introdutório*, 7 ed., Rio de Janeiro, Atlas.

- FLEMMING, D. M., 1997, "A Matemática no Curso de Engenharia Civil". In: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil. Florianópolis. Anais, v. 1, pp. 01-07.
- GAY, G., 1996, CSILE - Computer-Supported Intentional Learning Environments. Disponível em: <http://www.oise.utoronto.ca/~ggay/csile.htm>. Acesso em: 23 set 2001.
- GREENBERG, H. J., 1999a., Mathematical Programming Glossary. Disponível em: <http://www.cudenver.edu/~hgreenbe/glossary/glossary.html>. Acesso em: 03 abr. 1999.
- GREENBERG, H. J., 1999b, Myths and Counterexamples in Mathematical Programming Myths and Counterexamples in Mathematical Programming. Disponível em: <http://www.cudenver.edu/~hgreenbe/myths/myths.html>. Acesso em: 03 abr. 1999.
- GREENBERG, H. J., 1999c, A Short Course in Linear Programming. Disponível em: <http://www.cudenver.edu/~hgreenbe/courseware/LPshort/intro.html>. Acesso em: 03 abr. 1999.
- GUZDIAL, M., REALFF, M., LUDOVICE, P., *et al.*, 1999, "Using a CSCL-Driven Shift in Agency to Undertake Educational Reform", *Proceedings of Computer Supported for Collaborative Learning*, Stanford, USA.
- GUZDIAL, M., 1997, Information ecology of collaborations in educational settings: Influence of tool. *CSCL '97 Proceedings*.
- HIRATSUKA, T.P., 1999, *Contribuições da Ergonomia e do Design na Concepção de Interfaces Multimídia*. Tese de D.Sc., PEP/UFSC, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- HOTO, R., 2000, *Optimal Spektrum*. Disponível em: <http://www.mat.uel.br/spektrum/opt.htm>. Acesso em: 25 mai. 2000.
- IZQUIERDO, V.B., 1998, Aspectos da Fundamentação Teórica do Simulated Annealing III Semana Acadêmica do CPGCC, UFRGS, 10 a 14 de agosto de 1998. Disponível em: <http://www.inf.ufrgs.br/pos/SemanaAcademica/Semana98/>. Acesso em: 03 set. 2001.
- JAPIASSU, R.C., DIAS, R., 2001, Diretrizes para a Avaliação de Sistemas para Educação a Distância na Web. *Relatório de Projeto de Final de Curso*. Depto de Informática e Ciência da Computação/Instituto de Matemática/UERJ, junho, 39 pgs. (*Unpublished*).
- JOHNSON, A.E., ROUSSOS, M., LEIGH, J., VASILAKIS, C.A.; BARNES, C.R., MOHER, T.G., 1998, The NICE project: Learning together in a virtual world. *VRAIS'98 Proceedings*. Disponível em: <http://www.ice.eecs.uic.edu/~nice/NICE/PAPERS/VRAIS/vrais98.2.html>. Acesso em: 23 set. 2001.
- LUCENA, C. J. P., & Fuks H., 2000. *Professores e Aprendizes na Web: A Educação na Era da Internet*. ISBN 85-88011-01-8, Rio de Janeiro, Clube do Futuro.
- LUCENA, C.J.P., 1999a, Instrução baseada na web. Curso modelo AulaNet. Disponível em: <http://les.inf.puc-rio.br/aulanet>. Acesso em: 14 mar 1999.
- LUCENA, C.J.P., 1999b, *Utilizando Agentes no Suporte à Avaliação Informal no Ambiente de Instrução Baseada na Web - AulaNet*. In: SBIE'99, X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. Fortaleza, Ce.
- MACGREAL, R., 1998, Integrated Distributed Learning Environments (IDLEs) on the Internet: A survey. *Educational Technology Review*. Nº 9, 25-31.
- MACULAN N.; PEREIRA, 1980. *Programação Linear*, Atlas, São Paulo.
- MACULAN, N., 2001, *O Aprendizado da Otimização*, unpublished.

- MACULAN, N., FAMPA, M.; LUCENA A, 2001. *Otimização Linear*, no prelo.
- MACULAN, N.,1978. *Programação Linear Inteira*, Editora COPPE-UFRJ.
- MACULAN, N.,1998, *Programação Linear: Método do Simplex*. Apostila com conteúdo apresentado no tema de estudo sobre Programação Linear, unpublished.
- MAOR, D., 1998, How does one evaluate students' participation and interaction in an Internet-based unit? In Black, B. and Stanley, N. (Eds), *Teaching and Learning in Changing Times*, 176-182. Proceedings of the 7th Annual Teaching Learning Forum, The University of Western Australia, February 1998. Perth: UWA. Disponível em: <http://cleo.murdoch.edu.au/asu/pubs/tlf/tlf98/maor.html>. Acesso em: 23 set. 2001.
- MENEZES, C.; TAVARES, O.; PESSOA, J.M., 1997, QSabe - Trocando experiências sobre informática educativa em uma rede de educadores. *Anais SBIE'97*. São José dos Campos.
- O'NEILL, K., GOMEZ, L.M., 1994, The Collaboratory Notebook: A networked knowledge-building environment for project learning. *ED-MEDIA'94 Proceedings*.
- PANTOJA, F., 1999, Uma descrição geral do ambiente Learning Space. Disponível em: <http://www.di.ufpe.br/~sd/ead/LearningSpace.html>. Acesso em: 14 mar 1999.
- PEAT, M., 2000, Online assessment: The use of web based self assessment materials to support self directed learning. In A. Herrmann and M.M. Kulski (Eds), *Flexible Futures in Tertiary Teaching*. Proceedings of the 9th Annual Teaching Learning Forum, 2-4 February 2000. Perth: Curtin University of Technology.
- PEREIRA, M.T., 1998 *Proposta e Avaliação para o Problema de Steiner Geométrico em duas ou três Dimensões*. Tese de M.Sc., Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brasil.
- REVELIOTIS, S., 1997, An Introduction to Linear Programming and the Simplex Algorithm. Disponível em: <http://www.isye.gatech.edu/~spyros/LP/LP.html> . Acesso em 14 mar. 1999.
- RIBEIRO A.C.V.R., 2000, Internet como ferramenta de alavancagem empresarial. Universidade Federal Fluminense.
- ROMANI, L. A, ROCHA, H.V E SILVA, C. G ,1998, Ambientes para educação a distância baseados na Web: Onde estão as pessoas? *Anais da Conferência Rede Iberoamericana de Informática Educativa (RIBIE'98)*. Brasília. Brasil.
- SALKIN, H.M., 1975. *Integer Programming*, Addison Wesley.
- SANTORO, F. M.; SANTOS,N.; BORGES,M. R.,1998, "Um Framework para Estudo de Ambientes de Suporte à Aprendizagem Cooperativa." *Revista Brasileira de Informática na Educação*, n. 4, Abril.
- SANTOS, N., 1994. *Requisitos Educacionais de um Ambiente de Aprendizagem Apoiado em Hipertexto*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- SANTOS, N., 1998, Ambientes de Aprendizagem Cooperativa Apoiados em Tecnologias da Internet. Relatório Final de Pesquisa de Pós-Doutorado. DI/PUC-RIO. *Unpublished Report*.
- SCHANK R, 1994, Active learning through multimedia. *IEEE Multimedia*. 1 (1), 69-78.
- SCHETINGE, H.S.F.,2000, Modelo para um Ambiente Integrado de Resolução de Problemas de Otimização Combinatorial.
- SIBILIA, M.P.S., 1999, Internet: táticas e estratégias no mercado global/virtual/total. *Revista eletrônica Ciberlegenda*, n. 2.
- SILVA, C. R. O., 1998, *Bases Pedagógicas e Ergonômicas para Concepção e Avaliação de Produtos Educacionais Informatizados*. Tese de M.Sc.. Programa de Pós-



- Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Julho. Disponível em:  
<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/ribeiro/index.html>. Acesso em: 23 set. 2001.
- SNIEDOVICH, M., 1999a. *Projeto tutOR*. Disponível em:  
<http://www.tutor.ms.unimelb.edu.au/frame.html>. Acesso em: 14 mar. 1999.
- SNIEDOVICH, M., 1999b, Virtual Duality. Disponível em:  
<http://www.ms.unimelb.edu.au/~moshe/lp/duality/CLWelcome.html>. Acesso em: 14 mar. 1999.
- SPARROW, H., 1997, Peer assessment as a tool for learning. In Pospisil, R. and Willcoxson, L. (Eds), *Learning Through Teaching*, p307-311. Proceedings of the 6th Annual Teaching Learning Forum, Murdoch University, February 1997. Perth: Murdoch University.
- STECHER, M., 1996, *Topics in Linear Algebra*. Disponível em :  
<http://www.math.tamu.edu/~stecher/Linear-Algebra/index.html>. Acesso em 14 mar. 1999.
- SUTHERS, D., 1996, Combining Pedagogical and technological paradigms for educational software. *Position Paper CHI'96 Research Symposion*.
- SUTHERS, D., 1999, Effects of Alternate Representations of Evidential Relations on Collaborative Learning Discourse. Computer Support for Collaborative Learning 1999, 611-623. Evaluating Web-based Resources: A Practical Perspective. Disponível em:  
<http://www.thelearningsite.net/cyberlibrarian/elibraries/eval.html> . Acesso em: 09 nov. 2001.
- TRICK M. A., 1997, Tutorial on Integer Programming. Disponível em:  
<http://mat.gsia.cmu.edu/orclass/integer/integer.html>. Acesso em 14 mar. 1999.
- VILHENA, J. 2000. Rede pública terá primeira universidade na Internet, *Jornal Globo*, Rio de Janeiro, 13 jan. 2001.
- WEBER, R., 1998, Richard Weber's Notes. Disponível em:  
<http://www.statslab.cam.ac.uk/~rrw1/opt/index98.html>. Acesso em: 14 mar 1999.
- WEININGER, M.J., 1999, O uso da Internet para fins educativos. VIIIº ENDIPE (Encontro Nacional de Didática e Prática do Ensino), Florianópolis, SC.
- WOLSEY, L.A., 1998. *Integer Programming*, John Wiley & Sons.
- YIN, R. K., 2001, *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001

## ANEXO 2

---

### FORMULÁRIOS DE AVALIAÇÃO PARA O SISTEMA

### OTIMIZAÇÃO À DISTÂNCIA

### 2ª e 3ª Partes

---

**Linha de Pesquisa Escolhida:**

**Tema de Estudo Escolhido:**

---

O formulário de avaliação é grande importância para a verificação do nível de satisfação dos participantes do sistema Otimização à Distância, revertendo-se para o aprimoramento do sistema como um todo. Solicitamos sua avaliação, marcando com um X a resposta adequada a cada item.

5	ÓTIMO
4	MUITO BOM
3	BOM
2	REGULAR
1	INSUFICIENTE

---

## AVALIAÇÃO DA INTERFACE COM USUÁRIO

### 2ª Parte

---

	CONCEITO				
	1	2	3	4	5
<b>I - CONFIABILIDADE</b>					
I.1 Grau para a frequência de falhas do sistema.					
I.2 Grau para a consistência da interação com o sistema.					
I.3 Grau para o controle e domínio sobre o sistema.					
I.4 Grau de confiança nas formas de navegação do sistema.					

<b>II USABILIDADE</b>					
II.1 Grau para os menus, links, ícones utilizados.					
II.2 Grau para a flexibilidade do sistema.					
II.3 Grau para facilidade de manuseio dos elementos interativos (botões, hyperlinks, entrada de dados, etc.).					

<b>III EFICIÊNCIA</b>					
III.1 Grau para o tempo de resposta dos módulos do sistema: Cooperação, Publicação Eletrônica e Simulação Numérica.					

**AVALIAÇÃO DE ALGUNS ASPECTOS ACADÊMICOS**  
**MÓDULOS DE ESTUDO**  
**3ª Parte**

	<b>CONCEITO</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>IV – ORGANIZAÇÃO DOS TEMAS DE ESTUDO</b>					
IV.1. grau para a apresentação geral das páginas do tema de estudo: área fixa, área de menu e área de exibição					
IV.2. grau para a facilidade de navegação e variedade dos procedimentos de interação (páginas, links, etc...)					
IV. 3. grau para a qualidade dos materiais de apoio utilizados: slides(transparências), textos, área de download, etc...					
IV.4. Grau para a adequação do tempo gasto na rede (on line)					

<b>V – ORGANIZAÇÃO DO MÓDULO DE COOPERAÇÃO</b>					
V.1 - Grau para a comunicação assíncrona: mural e correio eletrônico).					
V.2 - Grau para a comunicação síncrona: ponto de encontro("chat").					
V.3 - Grau em que o tema de estudo contribuiu para que você analisasse e compreendesse referenciais que podem dar suporte à aprendizagem cooperativa.					

	1	2	3	4	5
<b>VI – ORGANIZAÇÃO DO MÓDULO DE PUBLICAÇÃO ELETRÔNICA</b>					
VI.1 - Grau para a funcionalidade "Otimização na Internet" pertencente a "Biblioteca Virtual".					
VI.2 - Grau para a funcionalidade "Pré-Publicações (e-artigos)" pertencente a "Biblioteca Virtual".					
VI.3 - Grau para a funcionalidade "Biblioteca em Geral" pertencente a "Biblioteca Virtual".					
VI.4 - Grau para a funcionalidade "Repositório de Problemas" pertencente ao "Banco de Arquivos".					
VI.5 - Grau para a funcionalidade "Apresentação de Slides" pertencente ao "Banco de Arquivos".					
VI.6 – Grau para a funcionalidade "Avaliação Interativa" pertencente ao "Banco de Arquivos".					

	1	2	3	4	5
<b>VII – ORGANIZAÇÃO DO MÓDULO DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA</b>					
VII.1 - Grau para as "máquinas" do "Laboratório Virtual".					
VII.2 Grau para o suporte dado as simulações numéricas com softwares algébricos.					

### **VIII –QUESTÕES ABERTAS.**

1. Indique e comente as limitações e as dificuldades que você encontrou na aprendizagem à distância

2. O conjunto de recursos, serviços e funções oferecidos pelo sistema Otimização à Distância(*OaD*) atende às necessidades da finalidade a que se destina, isto é, o estudo e pesquisa na área de Otimização?

3. Cite os pontos positivos do sistema *OaD* e suas razões

4. Cite os pontos negativos do sistema *OaD* e suas razões.

5. O que você modificaria neste sistema, caso coubesse a você prepará-lo e ministrá-lo?

6. Qual a sua experiência anterior com outro sistema com proposta semelhante ao sistema *OaD*?

7. Há mais algum comentário que você gostaria de fazer sobre o sistema *OaD*? .

### **A IDENTIFICAÇÃO PARA O PREENCHIMENTO DA FICHA É OPCIONAL.**

**Nome:**

**E-mail:**

**Universidade de Origem**

**Profissionais atuantes no mercado de trabalho (Empresa que trabalha)**

**Obrigada!**

## ANEXO 1

---

### FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO DO SISTEMA OTIMIZAÇÃO À DISTÂNCIA 1ª Parte

---

#### Pesquisa Diagnóstica

#### Cadastro dos participantes dos Temas de Estudo

---

Nome

E-mail

Universidade de Origem.

---

I. Nível de Formação dos usuários.
<b>I 1– Facha de Idade</b>
(a) Idade até 20anos (...) (b) Idade entre 21 e 30 anos (...) (c) Idade entre 31 e 50 anos (...) (d) Idade maior que 50 anos (...)
<b>II 1– Formação Acadêmica</b>
(a) Estudante de engenharia (...) (b) Profissional formado (...) (c) Outra Formação (...)

<b>II – Classificação dos Usuários quanto a habilidade no uso da Internet.</b>
(a) Iniciante (...) (b) Nível Médio (...) (c) Experiente (...)

**III – Como soube do sistema Otimização à Distância?**

- (a) Através de Listas de Discussão (...)
- (b) Através de *sites* de busca da Internet (...)
- (c) Recomendações de pessoas conhecidas (...)
- (d) Outra forma (...)

**IV – Como usuário da Seção de Estudo, qual a linha de pesquisa em Otimização escolhida?**

- (a) Programação Linear (...)
- (b) Programação Inteira (...)
- (c) Programação Não-Linear (...)
- (d) Nenhuma em especial (...)
- (e) Mais de uma linha de pesquisa (...)

**V. Como usuário da Seção de Estudo, qual o módulo de estudo escolhido?**

Se pretender usar mais de um módulo oferecido pelo sistema, favor escrever os nomes do(s) módulo(s), pois a senha enviada dependerá de sua escolha.?

- (a) Programação Linear - Método do Simplex (...)
- (b) Problema de Steiner (...)
- (c) Variações do Problema da Mochila (...)
- (d) Métodos de Penalização para problemas de Programação Não-Linear (...)
- (e) Nenhuma em especial (...)

**VI. O Projeto Otimização à Distância tem por meta desenvolver um sistema, que permita que seus usuários vivenciem experiências novas e desafiadoras durante o processo de estudo, através de novas tecnologias da rede Internet, peculiares a área de otimização.**

Dentro deste contexto, descreva suas expectativas quanto a interface e aspectos pedagógicos que deseja encontrar ao trabalhar o referido sistema.