

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE
ESTRUTURAS: EPISTEMOLOGIA, TECNOLOGIA E
EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA**

LUCIANO ANDREATTA CARVALHO DA COSTA

Tese apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul.

Porto Alegre

2004

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE EQUAÇÕES	9
LISTA DE ABREVIATURAS	10
RESUMO.....	11
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 ESCOPO DO TRABALHO	18
1.2 OBJETIVOS.....	19
1.3METODOLOGIA.....	19
2. UMA ABORDAGEM EPISTEMOLÓGICA E TECNOLÓGICA DA ENGENHARIA ESTRUTURAL.....	20
2.1 O CONSTRUTIVISMO E A EPISTEMOLOGIA GENÉTICA.....	21
2. 2 A CRIAÇÃO DE NOVIDADES: O CERNE DA EPISTEMOLOGIA GENETICA	25
2.3 EPISTEMOLOGIA: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA	33
2.3.1 <i>Pré-história européia</i>	35
2.3.2 <i>Etrúria e Roma</i>	36
2.3.3 <i>Revolução Industrial</i>	42
2.3.4 <i>As primeiras pontes de concreto - o concreto Protendido</i>	43
2.3.5 <i>O Método dos Elementos Finitos</i>	45
2.4 TECNOLOGIA.....	45
3. ENSINO DE ESTRUTURAS	48
3.1 O ENSINO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL: UM DIÁLOGO ENTRE DOIS PARADIGMAS.....	48
3.2 RECURSOS COMPUTACIONAIS E SUA INFLUÊNCIA NO ENSINO DE ESTRUTURAS	56
3.3 ELABORANDO QUESTÕES	58
3.3.1 <i>O conhecimento prévio</i>	58
3.3.2 <i>Abstração Reflexionante</i>	63
3.3.3 <i>Construção histórica dos conceitos de Engenharia Estrutural</i>	67
4 A AVALLAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....	76
4.1 AVALIAÇÃO FORMATIVA: CONTÍNUA E PROCESSUAL	79

4.2	AUTO-AVALIAÇÃO.....	81
4.3	ALUNO ELABORANDO QUESTÕES.....	82
4.4	UMA NOVA POSTURA DIANTE DOS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO.....	83
4.4.1	<i>O respeito ao ritmo individual de aprendizagem.....</i>	83
4.4.2	<i>A consideração do erro na aprendizagem.....</i>	86
4.5	A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM E A EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA.....	87
4.5.1	<i>A legislação em educação a distância.....</i>	88
4.5.2	<i>As peculiaridades da educação a distância.....</i>	89
5.	CONSIDERAÇÕES SOBRE AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM.....	93
5.1	DEFINIÇÃO CLARA DE UMA BASE EPISTEMOLÓGICA.....	94
5.2	A CONSIDERAÇÃO DA INTERNET COMO UM ESPAÇO CONSTRUÍDO TAMBÉM PELOS ESTUDANTES 94	
5.3	POSSIBILIDADE DE PROMOTOR AUTONOMIA AO ESTUDANTE.....	97
5.4	A INTERATIVIDADE EM AVA'S.....	98
5.5	POSSIBILIDADE DE PROMOÇÃO DA APRENDIZAGEM COLABORATIVA.....	100
6.	GPAREDE - GERADOR PARAMETRIZADO DE AVALIAÇÕES VIA REDE MUNDIAL DE COMPUTADORES - DESCRIÇÃO TÉCNICA.....	105
6.1	UM BREVE HISTÓRICO.....	105
6.2	DESCRIÇÃO TÉCNICA.....	106
6.2.1	<i>Arquivo porticosbala.mdb.....</i>	107
6.2.2	<i>Interface com a Internet.....</i>	114
6.2.3	<i>Disponibilização dos dados na Internet.....</i>	120
7.	PRIMEIRA INVESTIGAÇÃO A PARTIR DO GPAREDE.....	150
7.1	DESCRIÇÃO DA PRIMEIRA EXPERIÊNCIA.....	150
7.1.1	<i>Aplicação da lista de exercícios.....</i>	151
7.1.2	<i>Correção das provas pelo Professor.....</i>	152
7.1.3	<i>Visualização dos resultados das provas.....</i>	153
7.1.4	<i>Comunicação entre professor e aluno, a Avaliação Formativa.....</i>	154
7.1.5	<i>Controle sobre o envio de respostas.....</i>	155
7.1.6	<i>Seleção de questões para revisão da matéria.....</i>	156
7.1.7	<i>Envio de questões pelos alunos.....</i>	157
7.2	APRENDIZAGENS A PARTIR DESSA PRIMEIRA EXPERIÊNCIA.....	157
8	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	159
8.1	<i>Criação da plataforma.....</i>	160
8.2	<i>Funcionalidades do produto final.....</i>	160
8.3	<i>Tecnologia.....</i>	161

9. CURSO DE EXTENSÃO SOBRE DIAGRAMAS EM MODELOS ESTRUTURAIS - UMA SEGUNDA EXPERIÊNCIA DE INVESTIGAÇÃO	162
9.1 EQUIPAMENTOS E ESTRUTURA FÍSICA.....	162
9.2 PÚBLICO-ALVO	163
9.3 DIVULGAÇÃO E REALIZAÇÃO DAS INSCRIÇÕES	163
9.4 REALIZAÇÃO DO CURSO DE EXTENSÃO	164
9.5 REFLEXÕES A PARTIR DAS PERGUNTAS NORTEADORAS	167
9.5.1. <i>Primeiro Bloco de Perguntas</i>	167
9.5.2 <i>Segundo Bloco de Perguntas</i>	187
9.5.3 <i>Teceiro Bloco de Perguntas</i>	193
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	199
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	202
ANEXO I - ATIVIDADE PARA OS ALUNOS NA EXPLORAÇÃO DO SOFTWARE DR BEAM.....	211
ANEXO II-ENTREVISTAS.....	215
ANEXO III-ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO CURSO DE EXTENSÃO.....	221

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide Educacional Brasileira - valores aproximados	16
Figura 2- Modelo de uma viga simplesmente apoiada	25
Figura 3-Lei de Hooke.....	30
Figura 4 Distribuição de tensões na direção vertical.....	31
Figura 5- Ponte "Tarr Steps". na Inglaterra	35
Figura 6- Noções iniciais de equilíbrio	36
Figura 7- Modelo teórico dos arcos.....	37
Figura 8 - Arco Semicircular.....	38
Figura 9- Arco parabólico	38
Figura 10 - Comparação entre arcos	39
Figura 11 - Arco Trapezoidal com diagramas não-nulos.....	40
Figura 12 - Arco Trapezoidal com diagramas nulos	40
Figura 13 - Modelo Matemático de um Arco	41
Figura 14-Pont Du Gard-França- 18 a. C	41
Figura 15 - Ponte de Coalbrookdale	42
Figura 16-Ponte de Concreto Protendido de Freyssinet	43
Figura 17-Modelo de uma viga.....	50
Figura 18-Diagramas de Momento fletor	51
Figura 19-Modificação no diagrama.....	53
Figura 20 Aplicativo para uma viga biapoiada com duas cargas concentradas.....	56
Figura 21- Perguntas relacionadas à magnitude e às dimensões da carga.....	57
Figura 22 - Ponte natural situada na costa nordeste da ilha de Aruba	59
Figura 23- Utilização de conhecimentos matemáticos	60
Figura 24 - Obtenção dos diagramas por conceitos físicos	62
Figura 25- Modelo de uma viga com o respectivo diagrama de esforço cortante	63
Figura 26 - Generalização de relação matemática	65
Figura 27 - Analogia com a cinemática	66
Figura 28- Perfil da Ponte de Parati	69
Figura 29- Tabuleiro da Ponte de Parati.....	69
Figura 30- Seção Transversal da Ponte de Parati	70
Figura 31-Modelo Matemático	70
Figura 32 - Questão sobre hiperestaticidade.....	72
Figura 33 -Estrutura isostática	73

Figura 34 - Estrutura Hiperestática, a) Apoio direito sem deslocamento, b) Apoio direito com deslocamento.....	73
Figura 35 - Cálculo dos Momentos Máximos.....	74
Figura 36 - Avaliação integrada ao ensino e à aprendizagem	84
Figura 37 - Tabelas do Gerenciador do Banco de Dados	108
Figura 38 - Tabela Provas	109
Figura 39 - Formulário Manutenção.....	110
Figura 40 - Acesso às imagens pela tabela	111
Figura 41 - Lista de consultas.....	112
Figura 42 - Escolha de parâmetros	113
Figura 43 - Consulta obtida.....	113
Figura 44 - Códigos do Parâmetro Forma de Resolução.....	113
Figura 45 - Configuração ODBC	115
Figura 46 - ODBC já configurado	115
Figura 47 - Exemplo de visualização de página.....	117
Figura 48 - Exemplo de formulário na Internet.....	118
Figura 49 - Arquivo testeprval.asp	119
Figura 50 - Escolha das colunas da tabela do banco de dados	120
Figura 51 - Página principal do GPA	120
Figura 52 - Página acessada a partir do botão <i>Aluno</i>	121
Figura 53 - Dados cadastrais do aluno.....	121
Figura 54 -Utilização do porticosbala.mdb	122
Figura 55 - Cadastramento de alunos	122
Figura 56 - Visualização das atividades.....	123
Figura 57 - Atividade I	124
Figura 58 -Animação	124
Figura 59 - Envio de arquivos.....	125
Figura 60 - Envio de formulário de resposta	125
Figura 61 - Correção das atividades usando formulário.....	126
Figura 62 - Correção das atividades através de envio de arquivos.....	127
Figura 63 - Resposta do aluno.....	128
Figura 64 - Correção do professor	128
Figura 65 - Lista não-coriada	129
Figura 66 - Webfólio no GPAREDE.....	130
Figura 67 - Webfólio: envio de arquivos.....	131
Figura 68 - Webfólio: enviar novos arquivos.....	132
Figura 69 - Avaliação Formativa.....	132
Figura 70 - Criar novo assunto - aluno	133
Figura 71 - Ver assuntos -aluno	133

Figura 72 - Exemplo de assunto criado.....	134
Figura 73 - Lista de exercícios	135
Figura 74 - Exercícios extras.....	135
Figura 75 - Questões a serem respondidas	136
Figura 76 - Resolução dos exercícios extras	136
Figura 77 - Resposta do exercício extra.....	137
Figura 78 - Criação de questões	137
Figura 79 - Página acessada a partir do botão <i>Professor</i>	138
Figura 80 - Identificação do professor	138
Figura 81 - Cadastro de professores	139
Figura 82 - Área do professor na Avaliação Formativa	140
Figura 83 -Ver assuntos -professor	140
Figura 84 - Criar novo assunto - professor	141
Figura 85 - Participação de um aluno específico.....	141
Figura 86 - Identificação do professor.....	142
Figura 87 - Correção das atividades.....	142
Figura 88 - Planilha de correção.....	143
Figura 89 - Interface do Visitante.....	144
Figura 90 -Explicação.....	145
Figura 91 - Acesso aos <i>Webfolios</i>	146
Figura 92 - Exemplo de Webfolio	147
Figura 93 exemplo de comentário.....	148
Figura 94 - Comentário do visitante.....	148
Figura 95 - Janela explicativa do Webfolio.....	149
Figura 96-Página do Portal	151
Figura 97 - <i>Layout</i> de uma das provas	152
Figura 98- Página de correção das questões.....	153
Figura 99- Visualização das correções dos exercícios.....	153
Figura 100-Página da Avaliação Formativa (Professor).....	155
Figura 101- Página com as notas finais dos alunos	156
Figura 102- Auto-avaliação do aluno.....	156
Figura 103- Alunos enviando questões para o banco de dados	157
Figura 104-Primeira Edição do Curso	163
Figura 105 - Aprendizagem colaborativa - surgimento de atividades extras.....	169
Figura 106 - Webfólio reestruturação de conceitos.....	170
Figura 107 - Atividade 4.....	176
Figura 108-Momento Fletor por equilíbrio.....	177
Figura 109 - Atividade 7.....	178
Figura 110 - Esforço cortante obtido na forma tradicional.....	179

Figura 111 - Relação entre a Matemática e a Engenharia	180
Figura 112 - A Lei de Hooke e a Abstração reflexionante	181
Figura 113 - Webfólio Epistemologia histórico.....	181
Figura 114 - Correção a partir de arquivo enviado pelo aluno.....	188
Figura 115-Utilização da Avaliação Formativa.....	189
Figura 116 -Atividade comentada.....	192
Figura 117 - Utilização de relações matemáticas.....	195
Figura 118 - Animação Atividade I. III. IV. V e VI.....	221
Figura 119 - Animação Atividade II.....	222
Figura 120 - Animação Atividades VII e VIII	224
Figura 121 -Primeira ilustração Atividade VIII.....	224
Figura 122 - Segunda ilustração Atividade VIII.....	225
Figura 123-Atividade IX	226

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Variedade de condições da Engenharia Estrutural	55
Tabela 2 - Comparação de soluções atividade 4.....	176
Tabela 3 - Comparação de soluções atividade 7.....	178

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Expressão analítica dos diagramas.....	61
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

PPGEC Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GPAREDE - Gerador Parametrizado de Avaliações via Rede Mundial de Computadores. Nome dado ao sistema de avaliação proposto neste trabalho.

EAD Educação a distância.

MIT - Massachusetts Institute of Technology.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais.

AVA Ambiente Virtual de Aprendizagem.

ABENGE Associação Brasileira de Ensino de Engenharia.

COBENGE Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia.

ASEE - American Society for Engineering Education.

MEF Método dos Elementos Finitos.

PC - Personal Computer.

LIG - Laboratório de Informática do prédio da Engenharia Nova da UFRGS, local onde foi realizado o curso de extensão.

UERGS Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

RESUMO

O ensino e a aprendizagem a partir de ambientes informatizados e a educação a distância têm sido amplamente difundidos tanto em meios profissionais quanto acadêmicos. As suas aplicações em diferentes áreas de conhecimento nem sempre têm sido sensível às especificidades de cada área, representando muitas vezes uma mera digitalização dos conteúdos didáticos tradicionalmente trabalhados, sem que haja uma ressignificação da prática pedagógica.

A partir de uma abordagem interdisciplinar, este trabalho investiga como os recursos informáticos podem contribuir para uma melhoria nas relações pedagógicas numa proposta de avaliação da aprendizagem no ensino de Engenharia Estrutural.

Inseridos neste contexto, propõe-se o GPAREDE, um ambiente virtual de avaliação da aprendizagem no ensino de Engenharia Estrutural concebido para uma proposta de educação a distância. O gerenciamento de informação, via formulários e transferência de arquivos, e o desenvolvimento de webfolios são recursos empregados para prover um ambiente propício à construção do conhecimento no âmbito de uma avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem. A partir das perguntas norteadoras presentes no projeto de qualificação e da primeira investigação realizada, são definidas categorias de análise para as reflexões e as conclusões deste trabalho.

ABSTRACT

Teaching and learning through the telematic resources and distance learning have been widely spread out in professional and academic usage. The applications of these resources in different areas of knowledge usually does not take into account particular aspects of each area, representing not more than translations of didactic materials from traditional to on-line media, where pedagogical practice is not transformed.

Using an interdisciplinarity approach, this work investigates how information technology resources can contribute to improve the pedagogical relations in a proposal of learning assessment for structural engineering education.

Through this conceptions, it is proposed a virtual environment for learning assessment in structural engineering called GPAREDE , that was conceived for distance learning. Information management through forms and file transfer and the development of webfolios are resources developed to provide an environment that makes possible knowledge construction, where the teaching-learning process and learning assessment are integrated. From the questions that were proposed in the Qualify and from the first investigation, it is defined Standards for the analysis aimed to show ways for the reflections and conclusions of this work.

1 INTRODUÇÃO

O impacto da tecnologia da informação no cotidiano das pessoas é algo indiscutível, de modo que imaginar uma pessoa que adormece na metade do século XX e desperta na realidade atual torna-se um interessante exercício para se verificar esse impacto. Certamente não serão vistos os mesmos automóveis e os mesmos equipamentos hospitalares. Se constatará que foram descobertas curas para muitas doenças, novos medicamentos, novas formas de se fazer política, e, principalmente, uma substancial diferença no tratamento da informação. Será muito mais fácil verificar o saldo no banco e a previsão da temperatura para o final de-semana bem como se comunicar com pessoas espalhadas pelo mundo. Conseguirá-ouvir uma emissora de rádio de Londres, de Paris; saber, em questão de segundos, o que aconteceu no Japão ou nos Estados Unidos minutos atrás; ter seu computador infectado por um vírus criado por um usuário americano e, em questão de segundos, acessar os principais jornais do mundo. E se essa pessoa visitar uma escola, encontrará mudanças substanciais? Ficará surpresa e admirada com as novas formas de aprendizagem? Num mundo em constante transformação, onde a informação passa a ter um valor cada vez maior, deparamos-nos com uma escola estagnada na era industrial. Alava (2002, p. 19) reforça essa posição afirmando que "[...] a escola, como uma 'bela adormecida no bosque', demora a despertar para as tecnologias do século XX." Ramal (2000) considera que a escola organizada por níveis homogêneos de escolaridade já cumpriu o seu papel, quando se tinha uma função de formação em massa e a quantidade de informação disponível era bem menor, sendo o professor um dos poucos responsáveis pela sua transmissão. Atualmente, diante da tecnologia computacional disponível, o professor deixa de ter o papel de mero transmissor de uma informação a qual tem (ou tinha) acesso privilegiado. Será mais importante neste novo contexto mediar o acesso à informação, o que pode levar a um redimensionamento dos atores envolvidos, conforme será delineado no capítulo 4 (p. 76). É importante salientar a diferença entre informação e conhecimento, especialmente pela facilidade com que se obtém a informação atualmente. Gravina (2001) salienta a importância da análise crítica da informação, e não simplesmente à transmissão da mesma. Deve-se aproveitar os recursos do computador para a

comunicação, a cooperação e a colaboração, ao invés de simplesmente utilizá-lo para disseminar e recuperar dados (GUERRA, 2000). Segundo o referencial teórico que será apresentado no capítulo 2 (p. 20), informação só se transforma em conhecimento quando o sujeito passa a estabelecer relações com o seu conhecimento prévio a partir de interações com o meio. Por exemplo, a informação referente à evolução ao longo do tempo do nível de desemprego de uma região só terá sentido se o sujeito souber os critérios para definir uma pessoa desempregada, bem como tiver uma noção sobre a região que está sendo consultada. Para que se possa construir uma crítica a partir da informação, mais relações e mais estudos precisarão acontecer. A medida que se deseja interpretar a informação, mais dados são consultados, como por exemplo, o nível de desemprego de outras regiões do país, a relação desse nível com a industrialização e o PIB de cada região, bem como a contextualização desses índices com a realidade mundial. Vê-se, a partir desse exemplo, que é longo o caminho a ser percorrido até que uma informação se transforme em conhecimento.

Todavia, o uso do computador não garante a melhoria pedagógica. Papert (1994) alerta com propriedade o perigo de se criarem as famosas aulas de Informática oficialmente presentes no currículo como uma disciplina, sem uma integração com as demais. Este pode ser um dos erros mais graves daqueles que pretendem estar inseridos na Cibercultura (LEVY, 1993). Citando como exemplo a Mecânica Estrutural, o importante é que o professor dessa disciplina utilize recursos computacionais ao longo do seu curso ao invés dos recursos serem trabalhados de forma compartimentada em aulas de Informática. Guerra (2000) vai ainda mais longe, argumentando que o uso inadequado do computador na educação pode inclusive amplificar os problemas já existentes. Reforça-se, concordando-se com Longo (1999), que a máquina não substitui o contato humano, que consiste em algo

¹ A Cibercultura abrange os fenômenos relacionados ao Ciberespaço, ou seja, os fenômenos associados às formas de comunicação mediadas por computadores. Segundo LEVY (1993). Cibercultura representa o conjunto de técnicas (materiais e intelectuais), de práticas, de atitudes, de modos de pensamento e de valores que se desenvolvem juntamente com o crescimento do Ciberespaço.

fundamental na educação. O caminho parece utilizar-se do computador como um meio para se atingir um fim, e esse fim deve ser educacional, não tecnológico (KIRKWOOD, 1998).

A realidade social do sistema educacional brasileiro tem sido alvo de muita preocupação nos últimos anos. Peters (2001) apresenta importantes relatos a respeito do ensino a distância (EAD) desde os seus primórdios, descrevendo a iniciativa da *University of South África*, realizada na metade do século XX. Tal iniciativa foi particularmente interessante na África do Sul por se tratar de um país com elevado índice de segregação racial e problemas sociais, permitindo a abertura das universidades "brancas" aos negros, especialmente no período correspondente a política do *apartheid*. Este é um rico exemplo que pode ser pensado num projeto voltado para a realidade educacional brasileira, cujos indicadores evidenciam alguns problemas/ Conta-se com uma expectativa de 13,4 anos para a escola formal, contra 15,4 da França e 15,3 dos EUA (dados de 2000/2001) (UNESCO, 2004a). Quanto ao índice de alfabetismo entre 15 anos e 24 anos de idade, o Brasil está em 95,8 % contra 99 % do Chile e 99,8% da Itália (UNESCO, 2004b). Outro aspecto preocupante é a evasão escolar. Segundo o Censo Escolar 2002 realizado pela INEP J (INEP, 2004), enquanto pouco menos de 6 milhões de alunos se matricularam na primeira série do ensino fundamental, aproximadamente 2,2 milhões se matricularam na 3ª série do ensino médio. Ingressaram nas universidades, neste mesmo ano, aproximadamente 1,4 milhão de alunos. O número de alunos concluintes foi na ordem de 460.000, ou seja, em torno de 33 % dos ingressantes no ensino superior e apenas 8 % daqueles que se matricularam na primeira série do ensino fundamental. A **Figura 1** sintetiza esses dados.

~ Não consiste num conceito com fronteiras bem definidas. Neste trabalho a educação a distância será abordada segundo a visão proposta no Art. 1º do Decreto Presidencial nº 2494, de 10 de fevereiro de 1998, qual seja: "Educação a distância é uma forma de ensino que possibilita a auto-aprendizagem, com a mediação de recursos didáticos sistematicamente organizados, apresentados em diferentes suportes de informação, utilizados isoladamente ou combinados, e veiculados pelos diversos meios de comunicação".



Figura 1 Pirâmide Educacional Brasileira - valores aproximados
(Fonte: Censo Escolar 2002)

Esses números mostram que muito precisa ser feito para se tentar diminuir a evasão e possibilitar que uma parcela maior daqueles que se matriculam no Ensino Fundamental possam realizar o sonho de ter um diploma de curso superior. A educação a distância pode contribuir na diminuição dessa evasão na passagem do nível 2 para o nível 3. Parte desses 66% de alunos evadidos da Universidade podem estar sem tempo disponível para cursar as disciplinas nos horários usuais. Um trabalho a distância seria importante no sentido de flexibilizar o horário e tornar o aluno apto a concluí-la.

Além dessas questões tecnológicas inseridas no contexto social, serão tratadas questões epistemológicas. Como experiência pessoal, ingressei efetivamente na educação em 1996, quando passei a lecionar para primeiro e segundo graus. Já estava formado em Engenharia Civil, trabalhando naquele período em uma empresa da construção civil. A experiência docente me levou a cursar a licenciatura em Matemática e ingressar no Mestrado em Engenharia. O Centro de Mecânica Computacional e Aplicada - CEMACOM, por intermédio do meu orientador, Prof. Guillermo Juan Creus, já havia iniciado pesquisas relacionadas ao ensino de Engenharia (CREUS, G, 1990; EIFLER, 1990). Na minha dissertação (COSTA, 2000) trato da questão da avaliação a partir da proposta de um gerador chamado GPA (Gerador Parametrizado de Avaliações), com o intuito de propor uma

ferramenta computacional que possibilite realizar a avaliação de um curso de Mecânica Estrutural ao longo do processo. Iniciei em 2001 o Doutorado, agora contando com a co-orientação do Prof. Sérgio Roberto Kieling Franco, professor da Faculdade de Educação da UFRGS. O projeto de Doutorado foca questões específicas do ensino de Estruturas, com ênfase mais aprofundada na aprendizagem e no aperfeiçoamento do sistema de avaliação desenvolvido na dissertação, com o intuito de transformá-lo em um ambiente virtual para avaliação da aprendizagem. Posteriormente, foram publicados outros trabalhos (COSTA et al, 2000; COSTA et al, 2001a), procurando analisar a questão epistemológica com mais profundidade e apontando reflexões sobre incorporações de novas tecnologias no ensino de Estruturas. No segundo semestre de 2001, o projeto do qual eu participo foi contemplado no edital Material Didático da UFRGS (COSTA et al, 2001c) , o qual possibilitou contar com um bolsista de graduação e mais alguns recursos que possibilitaram aperfeiçoar o sistema desenvolvido na dissertação. Foi possível o desenvolvimento de uma interface do banco de questões anteriormente desenvolvido com a *Internei*, bem como de ferramentas voltadas para a avaliação da aprendizagem, tal como a disponibilização de webfolios dos alunos. O sistema passa a ser chamado de GPAREDE , pois agora está consolidada a interface com a *Internet*. Essa nova etapa do projeto foi publicada na conferência anual da American Society for Engineering Education - ASEE (COSTA et al., 2002). Como membro dessa associação, torna-se fundamental a divulgação do meu trabalho nas conferências anuais. Nossa preocupação tem-se concentrado na questão da avaliação da aprendizagem em ambientes telemáticos, de forma que tenhamos ferramentas adequadas para propor um trabalho a distância. Outro fórum interessante de construção de alternativas tem sido a Associação Brasileira de Ensino de Engenharia - ABENGE, a partir de publicações e participações anuais nos Congressos Brasileiros de Ensino de Engenharia (COSTA et al, 2000, 2001a, 2002b, 2003b) e na revista científica da Associação (COSTA et al, 2003a).

1.1 Escopo do trabalho

Na medida em que se trata de um tema interdisciplinar, torna-se fundamental uma clara definição epistemológica que fundamente as análises específicas de cada área envolvida. O capítulo 2 (p. 20) apresenta uma reflexão sobre o ponto de convergência entre os diferentes enfoques deste projeto, qual seja o acesso ao conhecimento. É na Epistemologia que se sustenta toda referência científica deste trabalho, tendo sempre como horizonte a utilização de ambientes informatizados e o ensino de Estruturas. No capítulo 3 (p. 48) parte-se para o ensino de Estruturas, procurando-se indicar caminhos no sentido de proporcionar uma melhoria nas relações de aprendizagem deste tema com ênfase na utilização de ambiente informatizados. O capítulo 4 (p. 76) se encarregará de tratar a questão da avaliação da aprendizagem no sentido de propor uma melhoria no processo ensino-aprendizagem e abordando o tema também como instrumento de reconhecimento institucional. Finalizando os fundamentos teóricos, o capítulo 5 (p. 93) apresenta considerações sobre ambientes virtuais de aprendizagens (AVA's), procurando estabelecer conexões entre o quadro teórico apresentado nos capítulos anteriores e as questões pertinentes à educação a distância.

Fundamentando-se nesse quadro teórico e na perspectiva de um postura de entusiasmo frente às possibilidades vislumbradas por recursos informáticos, parte-se para o desenvolvimento do GPAREDE-

O ambiente virtual para a avaliação da aprendizagem proposto será descrito no capítulo 6 (p. 105), onde serão apresentados os recursos disponíveis bem como os softwares utilizados no desenvolvimento do ambiente. No capítulo 7 (p. 150) será apresentada a primeira experiência investigativa, que teve como foco as questões de funcionalidade técnica. A seguir, no capítulo 8 (p. 159), será delineada a proposta de pesquisa, lançando-se o restante dos questionamentos que nortearam a realização da investigação final. Finalmente, no capítulo 9 (p. 162), descreve-se a realização da investigação final e procura-se responder as perguntas norteadoras que constaram no texto do projeto de qualificação e que estão novamente apresentadas nos capítulos 1, 2, 7 e 8.

O capítulo 10 (p. 199) descreve as conclusões parciais e apresenta considerações finais referentes a este projeto.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é proporcionar uma melhoria no processo de avaliação da aprendizagem no ensino de Estruturas numa proposta de EAD. Para isso, trabalha-se com os seguintes objetivos específicos:

Desenvolver um ambiente telemático para a avaliação da aprendizagem aplicado ao ensino de Engenharia Estrutural.

Verificar o impacto da utilização desse ambiente na avaliação da aprendizagem a distância.

Promover uma melhoria efetiva na aprendizagem a partir da utilização do ambiente, situando-se num quadro epistemológico e tecnológico bem definido.

1.3 Metodologia

A linha metodológica deste trabalho baseia-se na concepção, no desenvolvimento e na testagem e avaliação de um experimento-piloto realizado na plataforma do GPAREDE - o ambiente telemático objeto desta investigação. Como produto final, propõe-se sistema de avaliação da aprendizagem para ser utilizado numa intervenção didático-pedagógica a distância. Será fundamental uma coleta de dados junto aos alunos que acessarem o sistema para se obter os dados necessários para elaboração de conclusões. Ao longo do texto da tese serão feitas perguntas norteadoras que subsidiarão as investigações realizadas, permitindo que se criem categorias de análise para delimitar as reflexões realizadas.

2. UMA ABORDAGEM EPISTEMOLÓGICA E TECNOLÓGICA DA ENGENHARIA ESTRUTURAL

Etimologicamente, Epistemologia significa discurso (logos) sobre a ciência (episteme) (LISINGEN et al, 1999). Piaget (1980, p.20) atribui à Epistemologia a fonte mais fecunda da filosofia, argumentando que as renovações epistemológicas ocorrem devido à reflexão sobre as ciências. Numa conceituação simplificada e ao mesmo tempo abrangente, esse autor define Epistemologia como o "estudo da passagem dos estados de menor conhecimento aos estados de conhecimento mais avançado." Segundo Japiassu (1993 apud LISINGEN et al, 1999, p. 52), pode-se considerar a epistemologia como "[...] o estudo metódico e reflexivo do saber, de sua organização, da sua formação, de seu desenvolvimento, de seu funcionamento e de seus produtos intelectuais". Segundo Lisingen et al (1999), situar o lugar do conhecimento científico, estabelecer os seus limites e definir a natureza da ciência também são atribuições da Epistemologia. Ciência, conhecimento e saber se interrelacionam e se completam no âmbito da conceituação em questão. Não se tem como objetivo esgotar e muito menos sacramentar visões sobre temas tão dinâmicos e tão importantes para o desenvolvimento de uma sociedade. O que se busca no âmbito desse projeto é definir uma estratégia de avaliação, que implica num método pedagógico³, inerente a qualquer ato educativo. Segundo Becker (1999, p. 179), "[...] é necessário incluir as contribuições da Epistemologia, especialmente da Epistemologia Genética, na compreensão do ato educativo." Indo mais além, ele enfatiza que o conhecimento constitui a matéria-prima do fazer do professor. Nesse sentido, é fundamental uma abordagem epistemológica neste projeto.

³ No capítulo 4 justifica-se teoricamente a relação intrínseca entre avaliação e aprendizagem, o que justifica a definição de um método pedagógico ao se conceber uma estratégia de avaliação. Cabe ressaltar desde já que a Epistemologia Genética e o Construtivismo não constituem um método pedagógico. Segundo Franco (1997, p. 15), o Construtivismo deve "[...] ajudar o professor a entender a realidade do seu aluno, e a partir desse entendimento ele passa a criar modos (métodos e técnicas) de agir em sala de aula."

2.1 O Construtivismo e a Epistemologia Genética

Uma das principais referências teóricas deste trabalho é a Epistemologia Genética, cujas origens estão em Piaget. Como biólogo e com uma forte abordagem psicológica, ele foi um marco no quadro teórico sobre questões cognitivas, especialmente por representar um novo paradigma de acesso ao conhecimento. Segundo a análise histórica (GADOTTI, 1993), a teoria de Piaget insere-se no pensamento pedagógico da Escola Nova, que surge como um movimento de renovação frente ao paradigma sociológico vigente. Deixando de majorar aspectos sociais nas questões de acesso ao conhecimento, polarizados pelo movimento elitista burguês (positivismo) e pelo movimento popular socialista (marxismo), essa renovação expressava-se como um resgate da pedagogia de Rousseau⁴, valorizando a autoformação e a atividade espontânea da criança. Passa a enfocar aspectos epistemológicos e psicológicos. Franco (1999) alerta que esse movimento de aproximação com a psicologia da Escola Nova nem sempre foi fiel ao ideal de Rosseau. Se isso ocorreu nas idéias aprioristas⁵ que centravam a aprendizagem no aluno, o mesmo não se pode dizer sobre a teoria comportamentalista de Skinner, um psicólogo que construiu sua teoria baseada no condicionamento e no controle do corpo e da mente. Sua teoria ficou conhecida como a Psicologia Behaviorista,

O maior expoente do pensamento pedagógico iluminista, que surge como expressão do apego a racionalidade e da luta pela liberdade individual. Pela primeira vez na história da educação aborda-se o tema da infância. Foi a partir de Rosseau que a criança deixa de ser considerada como um adulto em miniatura. Segundo Gadotti (1993, p. 87-88), a criança "[...] vive em um mundo próprio que é preciso compreender; o educador para educar deve fazer-se educando de seu educando; a criança nasce boa, o adulto, com sua falsa concepção de vida, é que perverte a criança."

⁵ O apriorismo tem suas origens em Darwin e Galton (NITZKE, 2002), que acreditavam na hereditariedade da inteligência a exemplo de outras características pessoais. O conhecimento já está determinado a priori na bagagem genética do indivíduo. Os famosos testes de QI pertencem a essa concepção epistemológica. Segundo Becker (1999), o inatismo [apriorismo] usou as aptidões, a prontidão e os coeficientes de inteligência para justificar seu fracasso pedagógico.

inserida na abordagem epistemológica empirista⁶, que se apoia na visão aristotélica de que o conhecimento provém dos objetos (NITZKE, 2002).

Piaget, que construiu sua teoria numa constante divergência em relação ao Empirismo e ao Apriorismo, propôs uma epistemologia que recorre à gênese dos processos cognitivos, procurando entender o adulto estudando a criança. Segundo Piaget (1990, p.7), "[...] a vantagem de um estudo do desenvolvimento dos conhecimentos que remonta às suas raízes consiste em fornecer uma resposta à questão mal resolvida da direção dos processos cognitivos iniciais." Segundo ele, se não houver esse recurso investigativo à gênese, não restará outra alternativa "senão indagar se toda informação cognitiva emana dos objetos, informando de fora o sujeito, conforme supunha o empirismo tradicional, ou se, pelo contrário, o sujeito está desde o início munido de estruturas endógenas que importará aos objetos, segundo as diversas variedades de apriorismo ou de inatismo." (PIAGET, 1990, p.7). O alcance pedagógico da teoria piagetiana é significativo justamente devido ao seu conteúdo epistemológico (GRAVINA, 2001).

Esse recurso à gênese é minuciosamente descrito nos quatro estágios cognitivos propostos por Piaget, quais sejam o sensório-motor, o pré-operatório, o operatório-concreto e o operatório-formal.

O estágio **sensório-motor** ocorre antes da aquisição da linguagem. Neste estágio todo ato de inteligência refere-se a ações isoladas, não coordenadas entre si. Ocorre uma indiferenciação entre sujeito e objeto.

No estágio **pré-operatório** formam-se as funções simbólicas e a criança adquire a linguagem. Torna-se possível reconstruir o passado, planejar o futuro e pensar sobre objetos que não estão presentes. Nesse estágio ocorre a passagem da ação à operação a partir de uma descentração fundamental no indivíduo, que possibilitará o agrupamento operatório. A operação se constitui quando as ações são

⁶ O empirismo baseia-se na transmissão do conhecimento. Paulo Freire (1998) classifica esta prática pedagógica como educação bancária, a partir da qual o conhecimento é "depositado" na cabeça dos alunos, a qual funciona como uma espécie de tábula rasa que vai recebendo a informação de forma transmissiva. Becker (1999) alerta para a visão essencialmente comportamentalista dessa concepção, argumentando que Skinner, um dos maiores teóricos do Empirismo, acreditava que o homem não é um ser autônomo, podendo ser controlado pelo ambiente a partir de um comportamento passivo.

ajustáveis umas às outras, até que se pode "compô-las em sistemas gerais aplicáveis a todas as transformações." (PIAGET, 1973, p. 105). Operar então significa coordenar as ações e transformá-las por meio da representação simbólica. Neste estágio ainda não se tem as noções de conservação e reversibilidade, fundamentais para a estruturação definitiva das operações. Entende-se que a operação se constitui a partir da reversibilidade e da conservabilidade da ação, que se estabelece a partir de funções constituídas. Por exemplo, ao seriar uma dezena de varetas, inicia-se comparando-se por pares (uma grande e uma pequena) ou por trios (uma pequena, uma média e uma grande), sem coordená-las numa série única. Ao se constituir a operação, o sujeito reconhece que uma vareta A menor que uma vareta B, também será menor que todas as varetas maiores que B. Ocorrerá assim a antecipação e a retroação simultâneas, caracterizando a reversibilidade do sistema (Piaget, 1990).

Estruturam-se as operações e compreendem-se os conceitos de reversibilidade, conservação e transitividade. Constrói-se o número a partir da classificação e da seriação. Alcança-se o estágio **operatório-concreto**

No estágio **operatório formal** as operações libertam-se do contexto temporal e psicológico das ações isoladas do sujeito, que se torna capaz de operar não apenas sobre objetos, mas operar sobre operações, baseando-se em hipóteses e proposições. Segundo Piaget (1990, p. 45), "o conhecimento supera o próprio real para inserir-se no possível e ligar diretamente o possível ao necessário sem a mediação indispensável do conceito." Os conceitos de densidade (peso e volume), tensão (força e área) e trabalho (força e distância percorrida) pertencem a este estágio, pois são relações de segundo grau.

Conforme Nitzke (2002), mesmo em nível universitário os estudantes podem não ser capazes de realizar o pensamento formal em determinados campos de atuação. Passa-se a maior parte do tempo executando-se atividades que recorrem ao pensamento operatório-concreto. Dirigir, abrir a caixa de correio eletrônico e assistir TV são exemplos de atividades operatório-concretas. Não há elaboração de hipóteses

⁷ Operar sobre operações: Piaget (1990) também define como relações de segundo grau, ou seja, relações de relações. Cita como exemplo as relações entre o peso ou uma força e as grandezas espaciais. Ambas são relações, mas a pressão, por exemplo, que relaciona força com superfície, é uma relação de segundo grau.

nem a necessidade de se construir novas estruturas. O mesmo ocorre com o estudante de graduação. A grande tarefa do professor consiste em proporcionar momentos de aprendizagem que permitam o alcance a estágios cognitivos mais apurados.

Para mostrar como um adulto pode recorrer a um estágio anterior, utiliza-se um exemplo de Engenharia Estrutural. Sabe-se que o peso, resultante da ação da gravidade, é um dos conceitos físicos mais importantes desta área de conhecimento. Supõe-se então que não há mais atração gravitacional, o que torna necessário reconstruir conceitos previamente estabelecidos. O Equilíbrio (sentido físico) terá que ser compreendido num contexto completamente diferente, fazendo com que construções ocorridas no período sensório-motor percam o sentido. É claro que a forma de acesso do adulto é diferente, a começar porque ele já possui a linguagem, porém a investigação genética e a compreensão gradual da construção do conhecimento são fundamentais para subsidiar a prática docente. Voltando ao exemplo da compreensão da atração gravitacional, o professor precisa conhecer os diferentes estágios de construção desse conceito para poder interferir com mais propriedade no aprendizado do estudante. Precisa entender como os primeiros atos de inteligência ocorreram e quais foram os primeiros esquemas⁸ que desencadearam na construção do referido conceito.

Apesar da complexidade da questão, acredita-se ser possível construir uma base teórica que permita criar uma ferramenta pedagógica a serviço do processo avaliativo que trate de questões como essas. Que tal ferramenta leve em consideração o nível de desenvolvimento cognitivo e crie um ambiente propício à construção do pensamento formal, indispensável para o ensino de Estruturas

⁸ Piaget chama de esquemas a forma como o indivíduo estrutura suas ações e suas representações ao entrar em contato com o meio. A partir dos esquemas é possível interpretar e dar significado ao meio. A compreensão dos esquemas depende do processo de adaptação, que é detalhado posteriormente nesse capítulo.

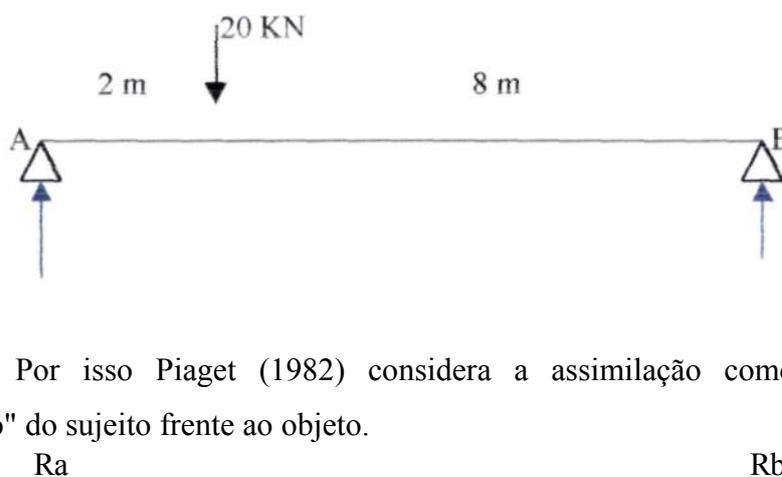
⁹ No capítulo 3 será detalhado o Ensino de Estruturas e sua interface com o quadro teórico proposto nesse capítulo.

2.2 A criação de novidades: o cerne da Epistemologia Genética

O que precisa ser mais detalhado é a questão da construção de um novo conceito. Já que os mesmos não provêm dos objetos nem estão pré-determinados no sujeito, como eles são construídos? Quais as circunstâncias que levam o sujeito a passar de um conhecimento menos estruturado para um mais estruturado? Este é um problema essencialmente epistemológico e está no cerne desta teoria.

Para se compreender a forma como se estabelece uma nova construção, no âmbito da Epistemologia Genética, é necessário inicialmente que se compreenda o processo de adaptação, composto pelos conceitos de assimilação e acomodação. Posteriormente será preciso abordar a noção da abstração reflexionante e da criação de novidades¹⁰.

O sujeito assimila quando modifica o objeto, transformando-o a partir dos seus



esquemas. Por isso Piaget (1982) considera a assimilação como um "ato de julgamento" do sujeito frente ao objeto.

Figura 2 Modelo de uma viga simplesmente apoiada

O que representaria o modelo da **Figura 2** para um sujeito que não seja estudante de Engenharia? Quais seriam os esquemas mentais de representação que ele usaria

¹⁰ Piaget(1990) aborda o construtivismo e a criação de novidades sob a perspectiva genética, tratando inclusive dos aspectos biológicos envolvidos na construção de conhecimentos novos.

para modificar o objeto ? Para sujeitos da área da Engenharia, costuma-se entender a figura como um modelo matemático de uma viga, com dois apoios que restringem apenas as translações horizontas e verticais (os apoios permitem que ocorra o giro). R_a e R_b representam as reações dos apoios A e B sobre a viga, que reagem à carga de 20 KN. Foi apresentado este modelo a pessoas com diferentes formações, conforme descrito a seguir.

- Uma estudante de Licenciatura em Artes Plásticas

Ao ser indagada sobre o que representa o modelo, a estudante responde: R_a - Uma fórmula matemática [...] a representação de um cálculo ou de um espaço, um segmento de reta.

Perguntou-se então o que seriam os símbolos ali representados: R_a - 2 metros e 8 metros são as dimensões [...] Se fosse kg ao invés de KN seria o peso do segmento de reta.

- Um professor de Administração de Empresas

R_u - Estou procurando uma lógica [...] uma fórmula matemática, um esquema, um modelo.

O professor considerou que as flechas representam indicações de entrada de dados, que seriam então processados dentro do segmento AB.

Perguntei então se não haveria uma saída de dados, já que, pela forma como ele assimilou, só há flecha de entrada. Ele respondeu que o processamento resolve a relação entre A e B.

A partir desses simples exemplos pode-se identificar como os sujeitos assimilaram o objeto de uma forma diferente em função das suas estruturas internas de representação. Para a estudante de Artes Plásticas, deu-se ênfase para a representação espacial, enquanto que para o professor de Administração o mais importante foi a compreensão de um sistema com uma entrada de dados definida e uma região de processamento.

Ao mesmo tempo em que o objeto é assimilado, o sujeito modifica sua organização, acomodando-se. A acomodação é ao mesmo tempo causa e consequência da assimilação, e é esse um dos grandes pilares da teoria piagetiana. Enquanto os aprioristas defendiam que o conhecimento inicia no sujeito e os empiristas no objeto, Piaget sustentou que o conhecimento se inicia na ação, no

contato com o objeto, não sendo completamente independente deste. Conforme Piaget (1982), o objeto não é um dado, mas o resultado de uma construção.

Voltando ao exemplo inicial, a estudante precisou modificar seus esquemas, especialmente quando indagada sobre o que seriam as letras e números indicadas no modelo. Deixou de considerar como uma fórmula matemática e passou a justificar a hipótese de ser a representação de um espaço. Ocorreu a acomodação dos seus esquemas simultaneamente à assimilação anteriormente descrita. O professor, que desde o início disse que estava procurando uma lógica, acomodou-se diante da compreensão descrita acima. Este é um exemplo da adaptação, onde o objeto foi efetivamente construído pelo sujeito, representando algo bem diferente do que uma viga simplesmente apoiada, que seria o entendimento de um estudante de Engenharia.

O processo de adaptação está no cerne da conhecida noção de equilíbrio, que propõe o desenvolvimento cognitivo baseado num processo de auto-regulação. Não é uma sucessão de fatos agrupados de forma linear que vão desencadear na construção do conhecimento, e sim um constante restabelecimento do equilíbrio via processo de adaptação, ocorrendo a reorganização dos organismos num estágio de desenvolvimento ulterior. Segundo Luz (1994), a equilíbrio constitui-se num processo que se estabelece, e não num estado que se alcança. A auto-regulação é abordada por Capra (1997, p.274) quando se refere ao princípio básico de auto-organização da natureza. Segundo ele, "[...] em cada nível de complexidade encontramos sistemas integrados, todos auto-organizadores, que consistem em partes menores e, ao mesmo tempo, atuam, como partes de totalidade menores. "

Conforme Franco (1999), a teoria da abstração reflexionante¹¹ integra e supera a equilíbrio, explicando como se dá o processo de desenvolvimento cognitivo. Enquanto a abstração empírica permite que o sujeito se aproprie dos conhecimentos físicos dos objetos, a abstração reflexionante dá-se pela coordenação de ações sobre

¹¹Nesta conceituação, inclui-se a abstração empírica, que descrevemos a seguir. Piaget também abordou a abstração pseudo-empírica, como um caso particular da abstração reflexionante, um estágio intermediário entre esta e a abstração empírica. Seria quando propriedades não-observáveis são extraídas do objeto, mas os objetos ainda são necessários. Gravina (2001) situa a abstração pseudo-empírica no estágio operatório-concreto, entre a empírica (estágio pré-operatório) e a reflexionante (operatório formal).

os objetos. A primeira não gera a construção de novas estruturas e nem proporciona a auto-regulação, e a segunda que leva o sujeito à elaboração do pensamento formal. Piaget (1980, v. 2, p. 462) exemplifica a partir dos conhecimentos físicos e dos conhecimentos matemáticos. "Os conhecimentos físicos elementares são tirados do objeto por abstrações simples [empírica]", e "as estruturas lógico-matemáticas elementares são pelo contrário tiradas das ações do sujeito sobre o objeto, o que não é de nenhum modo idêntico, e a abstração em causa é reflexionante." A criança descobrirá o peso dos objetos ao agir sobre eles, tirando essa noção dos próprios objetos. Conforme Piaget (1980, v. 1, p. 89), "a ação de pesar não introduz o peso nos objetos mas leva a descobri-lo neles." A descoberta da soma de uma coleção (conhecimento lógico-matemático/ abstração reflexionante) dá-se na ação sobre os objetos, introduzindo neles propriedades que não teriam por si mesmos.

Não fugindo a regra do paradigma auto-regulador proposto por Piaget, diferindo por completo da abordagem linear, a abstração reflexionante também precisa ser compreendida como um processo dinâmico e integrador. Franco (1999) refere a teoria de Piaget como simultânea e provisória; é a partir dessas noções que a abstração reflexionante precisa ser entendida. Simultânea por considerar o patamar inferior e superior¹² ao mesmo tempo, e provisória, por prever patamares infinitamente superiores, sempre como constituição de relações sobre relações.

Para exemplificar o processo de abstração reflexionante, utiliza-se a compreensão da deformação, da Lei de Hooke¹³ e da Mecânica da Fratura. São conceitos fundamentais para a Engenharia Estrutural e que podem perfeitamente ser compreendidos segundo a perspectiva epistemológica proposta nesta tese. Piaget (1990, p. 86-87) aborda o conceito de deformação citando uma pesquisa sobre a distributividade no estiramento de um elástico. O sujeito inicia a raciocinar em termos

¹² Piaget utiliza essa terminologia para diferenciar diferentes estágios do desenvolvimento cognitivo. Convém sempre lembrar que esse crescimento não ocorre via desenvolvimento linear, e sim por um construtivismo dialético (FRANCO, 1999)

¹³ Robert Hooke (1635-1703) nasceu em Freshwater, Ilha de Wight, Inglaterra. Trabalhou com ótica, movimento harmônico simples e tensões em cordas tracionadas. Ficou conhecido internacionalmente pelo seu livro *Micrografia*, que apresenta imagens de objetos vistos por um microscópio desenvolvido por ele. Sua maior contribuição para a Resistência dos Materiais foi a Lei da Deformação Elástica dos Materiais, conhecida como a Lei de Hooke. Esta lei é explicada na página seguinte.

aditivos, imaginando que o alongamento ocorre apenas na extremidade, sendo independente do tamanho do elástico. A partir da experiência ele constata que quanto maior for o elástico, maior é o alongamento. A fase seguinte inicia com a compreensão da proporcionalidade, "[...] mas é essencial notar que esta não resulta sem mais nem menos das experiências: ela constitui o instrumento de assimilação necessário para a leitura dessas últimas." Se foi a experiência que provocou a construção¹⁴, "[...] foi necessário, para efetuar-la, a atividade do sujeito." Foi na experiência com diferentes elásticos que se constituiu a proporcionalidade, a partir de ações coordenadas, por abstração reflexionante. Na última fase, ocorre a explicação do estiramento "por uma transmissão distributiva e, portanto, homogênea da força." Cada nova fase integra e supera a anterior, e surge como condição necessária ao estabelecimento de um novo equilíbrio.

A Lei de Hooke constitui a fase que integra a tensão com a deformação. A deformação consiste numa razão entre a variação do comprimento de uma barra e o seu comprimento inicial, e a tensão uma razão entre a força aplicada e a área da seção transversal da barra. Hooke, a partir de seus experimentos, comprovou a relação de linearidade entre a tensão e a deformação. Quanto maior for o módulo de elasticidade da estrutura, maior será a inclinação da reta que representa graficamente a relação entre a tensão e a deformação. É pertinente lembrar que somente no século XVII se estabeleceu a relação entre tensão e deformação. Não foram os egípcios, com suas pirâmides, nem os gregos, a partir de Arquimedes e seus estudos sobre condições de equilíbrio e centro de gravidade dos corpos. Não foram também os romanos, com seus templos, arcos e fortificações. Isso mostra que a compreensão epistemológica da Lei de Hooke precisa ser tratada com bastante atenção nos cursos de Engenharia. Conforme descrito anteriormente, esta lei pertence ao estágio operatório-formal, pois constrói-se como relações sobre relações.

¹⁴ Cabe ressaltar que as construções autônomas são provocadas, e não ditadas pela experiência.

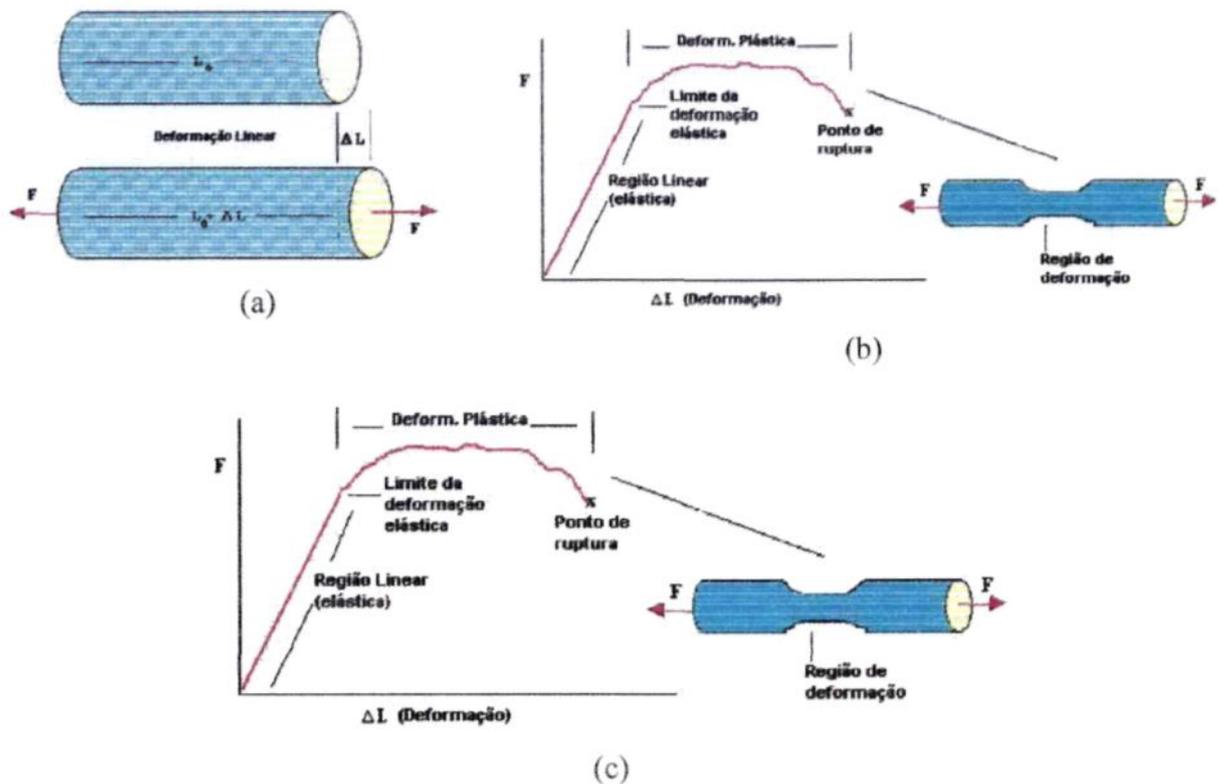


Figura 3- Lei de Hooke Extraído de

<http://www.labptan.iifsc.br/~Guilherme/hooke/deforma.htm>

A **Figura 3** apresenta o diagrama tensão-deformação de uma peça sujeita a um ensaio de tração. Hooke desenvolveu seus estudos na região elástica, onde há a proporcionalidade direta entre tensão e deformação referida anteriormente.

Gordon (1978) apresenta uma importante descrição histórica do estudo da Resistência dos Materiais que converge com a seqüência proposta. Segundo ele, a teoria de Hooke começa a ser generalizada por Euler e Young¹⁵ e posteriormente por Augustin Cauchy (1789-1857) que, num trabalho dirigido à Academia Francesa de Ciências em 1822, descreve os conceitos de tensão e deformação unitária. Novamente

¹⁵ Leonhard Euler (1707-1783) e Thomas Young (1773-1829): passaram a considerar a relação entre forças e deslocamentos em qualquer ponto da estrutura.

se alcança um patamar epistemológico superior¹⁶. Diferente de se considerar tensão e deformação como uma relação dissociada entre duas grandezas, agora precisa-se considerá-las como uma grandeza tensorial. Cada elemento infinitesimal de uma peça estrutural está então sujeito a um determinado estado de tensões, um conceito que agora se constitui de forma independente das relações anteriormente estabelecidas. Tanto as tensões como as deformações em diferentes direções podem ser mapeadas ao longo de uma peça.

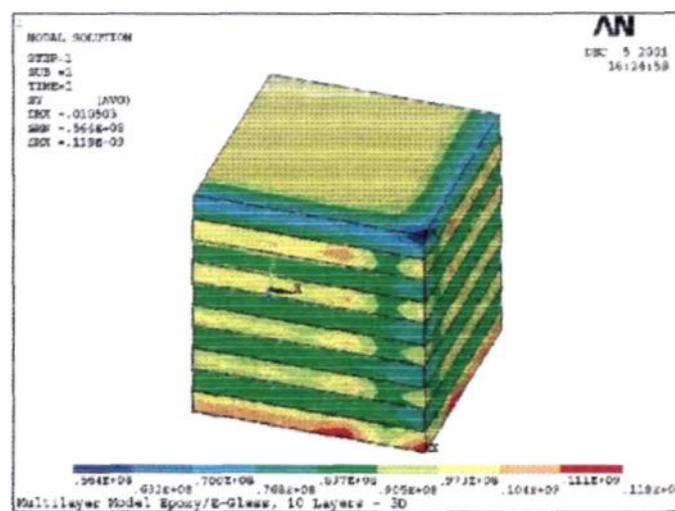


Figura 4- Distribuição de tensões na direção vertical

A Figura 4 apresenta o caso da distribuição de tensões na direção vertical. Enquanto Hooke trabalhava com barras submetidas a ensaio de tração, pode-se agora generalizar essa grandeza para qualquer ponto no interior da peça em qualquer direção.

Gordon segue descrevendo o contexto histórico do início da utilização da energia de deformação e da Mecânica da Fratura no cálculo de estruturas. Surge um novo conceito: a Energia de Deformação. O produto entre tensão e deformação constitui a energia, que será um critério para se obter os limites de utilização de peças

¹⁶ Convém reforçar que o patamar alcançado não anula o anterior. As relações anteriormente descritas são verdadeiras. O que se tem agora é o que chamaremos de uma superação integrada.

Gordon utiliza o exemplo dos amortecedores dos carros para exemplificar a importância da Energia de Deformação. São eles que permitem a transmissão suave de energia potencial em cinética através do armazenamento em energia de deformação durante o funcionamento de um veículo

segundo a Mecânica da Fratura. Consegue-se agora monitorar a propagação de trincas a partir de um novo patamar epistemológico.

A criação de novidades foi a abordagem feita por Piaget nas suas últimas obras, apresentando importantes reflexões sobre a questão de um conhecimento novo. Ele cita o caso do primeiro lançamento de um satélite artificial. Seria a criatividade das ações humanas, em especial a técnica, uma novidade? Até que ponto as técnicas não estariam pré-determinadas? Ele diferencia "[...] uma combinação que se realiza fatalmente entre múltiplos fatores pertencentes a um número considerável de séries heterogêneas (desde os dados astronômicos até a natureza do combustível)" (PIAGET, 1990, p. 101), do caso em que se tem a idéia de procurar essa combinação. Segundo Piaget, é justamente a idéia que constitui o fator de novidade. Mesmo sendo o resultado da "[...] culminação de uma série de projetos anteriores [...]" (p. 102), "[...] a combinação realizada resulta de escolhas e de relacionamentos não contidos naqueles." Surgem novos objetos a partir de "[...] aproximações ativamente procuradas." (PIAGET, 1990, p.102). A compreensão dessas novidades passa pela constante superação de patamares inferiores em nível de complexidade, gerando um novo patamar, como consequência do primeiro e resultado de um desequilíbrio causado por uma atividade do sujeito. Nunca é demais insistir que este projeto propõe uma abordagem epistemológica que não considera o conhecimento com algo pré-determinado nos objetos físicos. Também não estão estes conhecimentos pré-formados no sujeito, como se os objetos matemáticos¹⁸, por exemplo, existissem independente da sua construção. O que ocorre é o que Piaget denomina assimilação recíproca, onde a estrutura superior deriva da inferior através de transformações, sendo que a primeira enriquece a última, integrando-se a ela. No item seguinte são apresentadas evoluções conceituais em Engenharia Estrutural procurando mostrar como a assimilação recíproca ocorre em cada mudança de paradigma conceitual.

¹⁸ Piaget utilizou esse exemplo ao escrever sobre a interpretação platônica, segundo a qual, citando Russel, seria a partir da percepção que teríamos acesso às idéias eternas, que existem independentes de nós.

2.3 Epistemologia: uma abordagem histórica

O processo de criação de novidades citado anteriormente é contemplado por uma abordagem epistemológica que analisa a progressão histórica do conhecimento científico. Franco (1997, p. 17) propõe que se parta da gnosiologia (conhecimento do conhecimento) na direção das "construções sistemáticas deste conhecimento feitas pelo homem: as ciências." A definição de Epistemologia citada anteriormente faz referência tanto a questões sobre conhecimento quanto a sua sistematização histórica expressa pela ciência. Acreditando ser a ciência a maior expressão do conhecimento construído sistematicamente pela humanidade em sua evolução (FRANCO, 1997), será pertinente a proposição de uma análise histórica da evolução dos conceitos em Engenharia Estrutural para que se possa entender como o estudante realiza essa construção. Não se tem a pretensão de entender a evolução de todo o conhecimento relativo ao ensino de Estruturas, por isso será feito um recorte dessa teoria analisando-se apenas os conceitos utilizados para se vencer grande vãos.

Conforme foi mencionado anteriormente, a epistemologia pode ser vista a partir de dois prismas: como um processo de construção histórica do conhecimento e como uma (re)construção daquele conceito por parte do sujeito. Não é coincidência ocorrerem descobertas científicas semelhantes em locais distintos, cujos protagonistas simplesmente não se conheciam. Kuhn (2001, p. 92) refere-se à ciência normal²⁰ afirmando que "[...] uma novidade científica significativa emerge simultaneamente em vários laboratórios [...]", sendo uma consequência da atividade tradicional da ciência. Ele cita o exemplo da descoberta do oxigênio, ocorrida por volta de 1770, sugerindo que pelo menos três sábios têm o direito de reivindicá-la. Afirma também que muitos cientistas desse período podem ter produzido o oxigênio nos seus

"Em última análise seremos levados a definir a epistemologia, em segunda aproximação, como o estudo da passagem dos estados de menor conhecimento aos estados de conhecimento mais avançado." (PIAGET. 1980. p.20)

²⁰ O autor analisa a estrutura das revoluções científicas e classifica como ciência normal toda atividade científica fundamentada no paradigma vigente. Em Estruturas, por exemplo, grande parte da pesquisa acadêmica realizada atualmente fundamenta-se no paradigma epistemológico do Método dos Elementos Finitos.

experimentos sem o saberem. O que ocorreu foi uma nova construção a partir de estruturas anteriormente construídas pela comunidade científica. Ambos partiram da mesma base e dos mesmos conceitos, fato que foi determinante na semelhança da descoberta. Este é o construtivismo e a criação de novidades que foi detalhado no item 2.2, cuja noção fundamental é que a epistemologia jamais pode esquecer que a percepção humana sobre o universo está em constante evolução e revisão. O que ocorre é uma permanente criação de novidades que recorre constantemente às origens dos processos cognitivos, justificando a denominação Epistemologia Genética (E. G.). Será feito então um breve estudo genético da Engenharia Estrutural enfocando os conceitos envolvidos na execução de pontes. Serão considerados os seguintes momentos históricos:

- ? Pré-história européia.
- ? Etrúria e Roma.
- Revolução Industrial.
- Primeiras pontes de concreto.
- O estado da arte.

Apesar de muito se argumentar de forma às vezes simplista, que a evolução desses conceitos deu-se a partir de tentativa e erro, convém explicitar alguns argumentos neste sentido. Em primeiro lugar poderia ser pertinente perguntar-se o que se leva a escolher determinada tentativa. Piaget (1982) analisa minuciosamente essa questão separando as tentativas em dois casos: dirigido e não-sistemático. No primeiro caso tem-se uma estrutura anterior que irá nortear a definição da estratégia, enquanto que no segundo parte-se para uma situação totalmente aleatória. Na verdade pode-se dizer que, no contexto da necessidade de um novo paradigma, têm-se muitas vezes uma composição dessas duas situações. Certamente quando se sentiu a necessidade de se vencer vãos maiores, pode-se perceber que os materiais teriam que resistir a esforços de tração, algo que pode ser observado na natureza. Ou seja, o fato de ter-se optado por materiais dessa natureza não foi algo essencialmente aleatório, e sim uma novidade sobre o quadro lógico-matemático e físico presente no paradigma anterior.

2.3.1 Pré-história européia

Apesar das limitações tecnológicas presentes nesse período histórico, obras de Engenharia de grande porte já se realizavam. Será trabalhado o exemplo da ponte "Tarr Steps"²¹, na Inglaterra.



Figura 5- Ponte "Tarr Steps", na Inglaterra.

No exemplo da Figura 5, observa-se como modelo vigas simplesmente apoiadas. O obstáculo epistemológico (DION & PACCA, 1998), caracterizado como resistências conceituais dos diferentes momentos históricos, consistia na compreensão de que os materiais resistiam apenas à compressão. Tal paradigma permaneceu ainda no período seguinte.

²¹ Extraído de <http://www.lmc.ep.usp.br/people/otavio/estruturas/pph.htm>, em 12 de abril de 2002

Estrutura lógico-matemática e física

Não se tem um registro histórico do período de execução que permita inferir sobre as hipóteses e os cálculos utilizados na execução dessa ponte, mas pode-se supor que já representa uma superação de simplesmente colocar troncos de árvores sobre riachos. Supõe-se também que conceitos já verificáveis desde o estágio sensório-motor são aplicados com sucesso na constituição desse modelo.



Figura 6- Noções iniciais de equilíbrio

A partir da foto da ponte (figura 5), pode-se inferir que foram considerados vários modelos (Figura 6) colocados lado a lado. Estima-se então que foram utilizados esquemas construídos basicamente na ação direta sobre objetos.

2.3.2 Etrúria e Roma

A utilização de arcos foi empregada pelos etruscos com bastante propriedade. A grande novidade foi que os arcos permitiram a utilização de elementos que resistem somente à compressão, fazendo-se necessária a compreensão do modelo presente. Tal sistema estrutural apresenta conceitos físicos facilmente observáveis, sendo que a compreensão lógico-matemática possibilita uma generalização para diferentes modelos reais.

- Estrutura lógico-matemática e física

Inicia-se com a compreensão do modelo físico:



Figura 7- Modelo teórico dos arcos

Se o arco é parabólico e a carga é distribuída, conforme Figura 7, demonstra-se que o momento fletor será nulo, pois o momento gerado pelas reações horizontais será exatamente o mesmo gerado pela carga distribuída, porém como sinal contrário. Dessa forma não se tem também esforço cortante. Isso ocorre sempre que a geometria do estrutura for a mesma que a geometria do diagrama de momento fletor. Segundo Timoshenko (1953), os romanos utilizavam usualmente arco semicirculares, o que mostra que ainda não dominavam a construção matemática descrita acima. Tal construção se obtém, conforme descrevemos anteriormente, por abstração reflexionante. Os romanos e os etrúrios provavelmente edificaram seus arcos baseando-se em observações retiradas diretamente dos objetos, por abstração empírica. A comparação entre arcos semicirculares e arcos parabólicos representa um rico exemplo para a compreensão deste momento histórico. Enquanto nos primeiros a existência de forças horizontais não elimina o momento fletor ao longo do ocorre, no arco parabólico eliminam-se totalmente essas solicitações. Maior ainda será a importância deste exemplo quando passa-se a verificar em obras civis atuais a presença de arcos parabólicos.

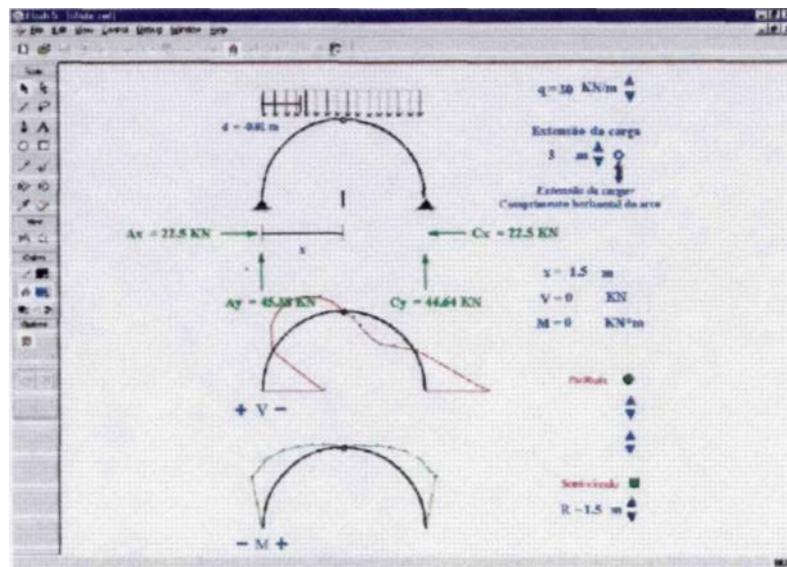


Figura 8 - Arco Semicircular

Na Figura 8 pode-se verificar os diagramas de esforço cortante e momento fletor de um arco semicircular submetido a uma carga distribuída em toda a extensão do arco. Se simplesmente for alterada a geometria desse arco, sem alterar os demais dados do problema, eliminam-se os momentos e esforços de corte, conforme pode-se verificar na Figura 9.

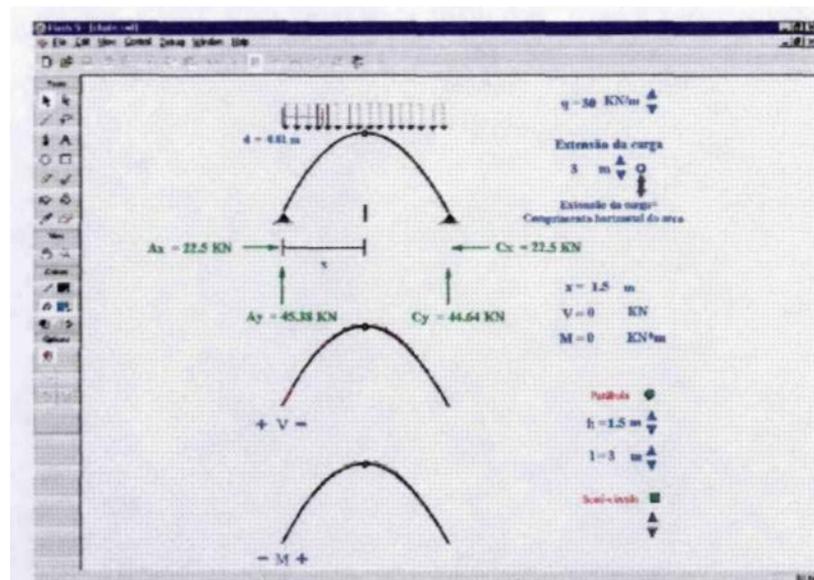


Figura 9 - Arco parabólico

Cabe ressaltar que esta eliminação ocorreu em função da carga estar distribuída em toda extensão da viga. Caso o carregamento não esteja distribuído em todo o arco, haverá esforço cortante e momento fletor também no arco parabólico, conforme se verifica na Figura 10.

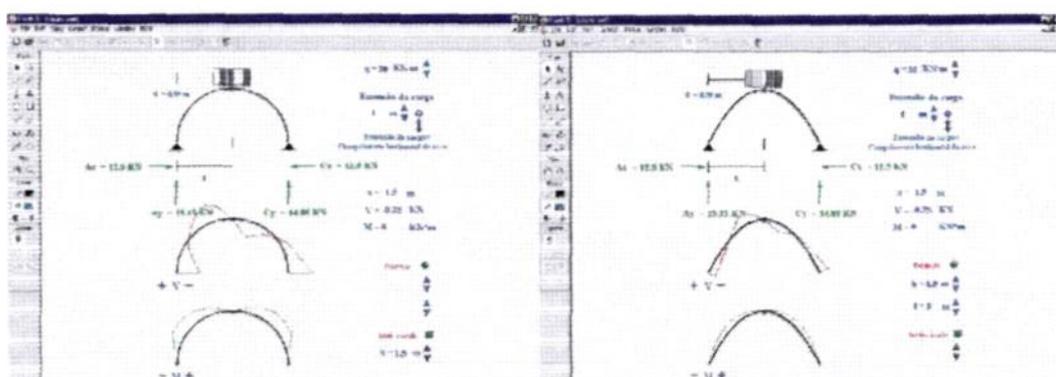


Figura 10 - Comparação entre arcos

Para que se compreenda a análise em questão, torna-se pertinente iniciar com arcos triangulares ou trapezoidais, pois a formulação matemática é menos complexa. A utilização de animações representa um importante recurso para a compreensão destes conceitos, pois permitirá ao aluno fazer conjecturas a partir dos modelos apresentados. Quando forem analisadas as investigações realizadas em capítulos posteriores, aparecerão alguns depoimentos de alunos que reforçam a importância da utilização de animações. Na Figura 11 (p. 40) apresenta-se um arco trapezoidal sujeito a duas cargas concentradas com os respectivos diagramas de esforço cortante e momento fletor.

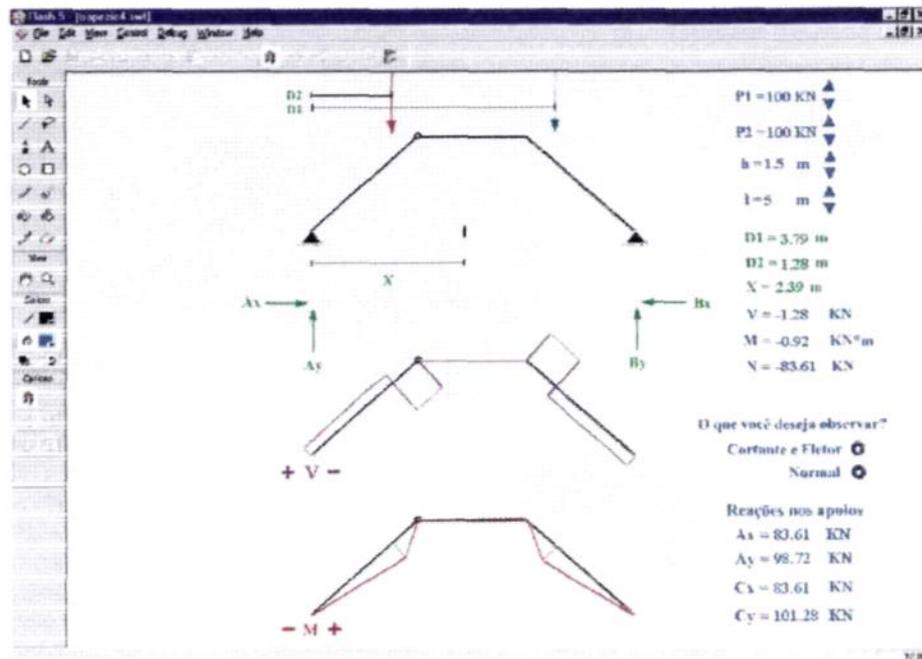


Figura 11 - Arco Trapezoidal com diagramas não-nulos

Para que não haja esforço cortante e momento fletor é necessário que as cargas estejam aplicadas nos nós, o que caracterizaria um diagrama de momento fletor trapezoidal para o caso de uma viga reta. Tal diagrama tem a mesma geometria do arco trapezoidal da Figura 12.

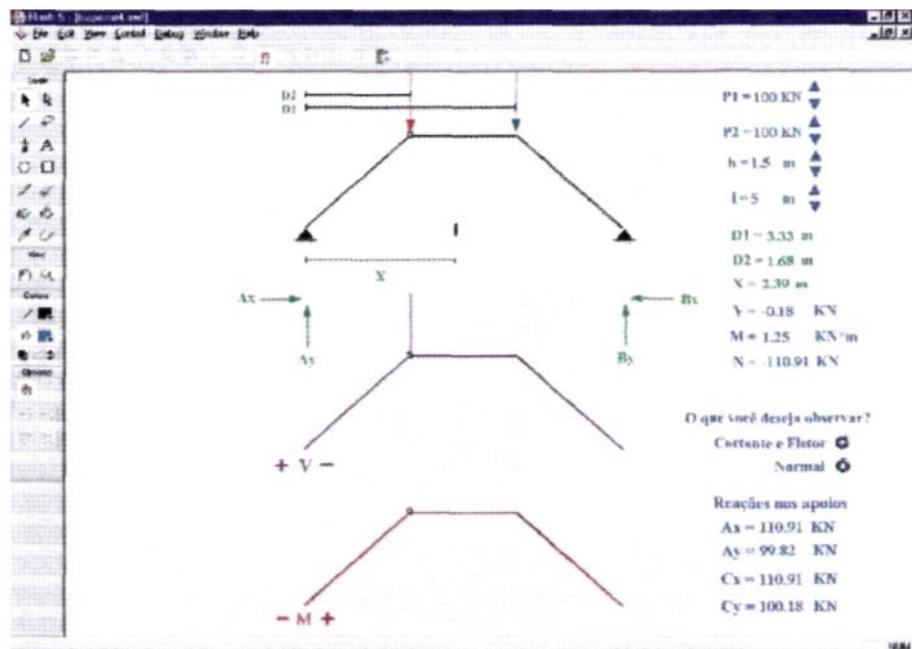


Figura 12 - Arco Trapezoidal com diagramas nulos

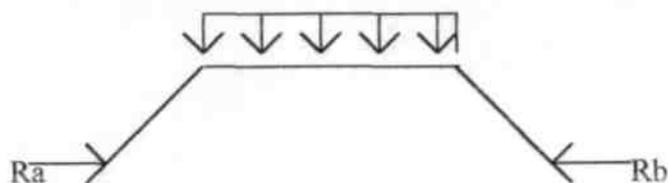


Figura 13 - Modelo Matemático de um Arco

Voltando ao momento histórico dos etruscos e dos romanos, a noção de que as reações horizontais R_a e R_b (**Figura 13**) contribuem para resistir a carga vertical aplicada sobre o modelo, pode ser obtida agindo diretamente sobre os mesmos, sem que seja necessária uma modelagem matemática. De qualquer forma já se observa uma evolução considerável com relação ao período pré-histórico. Na Figura 14 está a ponte Du Gard, edificada no ano 18 a. C. Nessa época, Arquimedes já havia feito suas rigorosas provas sobre as condições de equilíbrio e o método de determinação do centro de gravidade dos corpos, o que mostra que já se tinha um claro domínio sobre os conhecimentos físicos dos modelos estruturais no que diz respeito a sua condição estática.

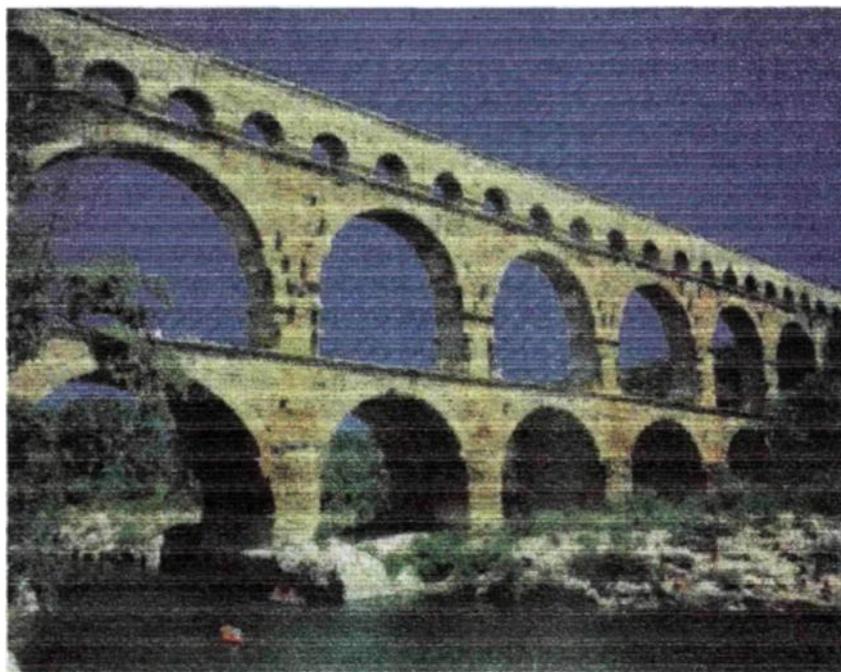


Figura 14 Pont Du Gard França 18 a. C.

2.3.3 Revolução Industrial

A partir desse momento histórico se tornou possível a utilização do ferro na edificação de pontes. Em 1779 foi edificada a Ponte de Coalbrookdale, sobre o Rio Severn, na Inglaterra. Foi a primeira ponte de ferro de todos os tempos (<http://www.lmc.ep.usp.br/people/otavio/estruturas/coal.htm>), vencendo um vão de mais de 30 metros.

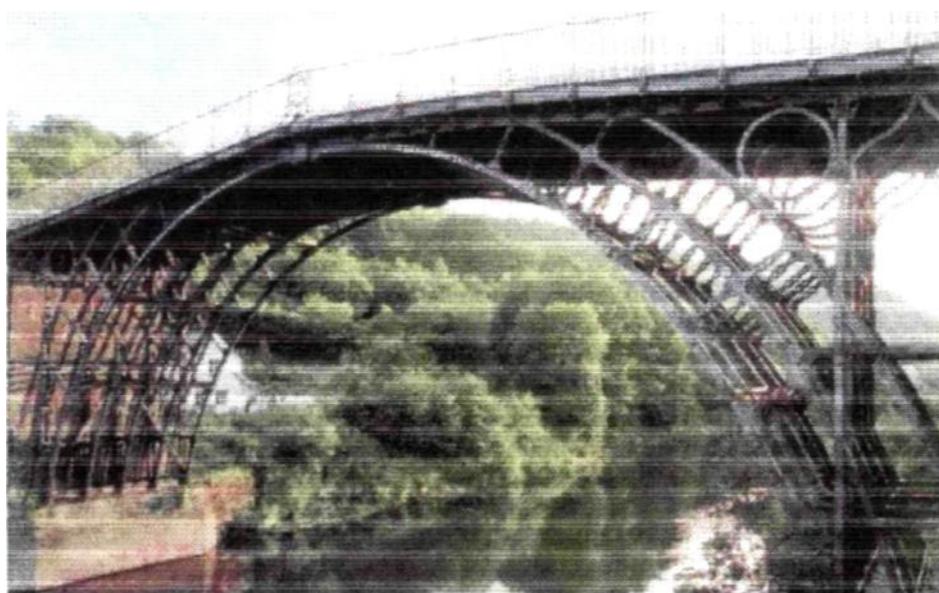


Figura 15 - Ponte de Coalbrookdale

Não se tem neste momento maiores alterações no quadro lógico-matemático. Na verdade parte-se para a obtenção de novas estruturas ainda baseadas em sistemas de arcos, porém com a flexibilidade que o ferro fundido possibilita. A grande questão desse período consistiu em inovações nos sistemas de construção civil, que não é objeto desta análise. Além disso envolveu uma mudança de paradigma cultural muito forte, o que se torna evidente quando se identifica essa edificação com a Revolução Industrial. Nesta época a Resistência dos Materiais começava a se desprender dos problemas práticos e iniciava a utilização da matemática, especialmente do Cálculo Infinitesimal. Em 1729 Belidor (1697-1761) publicou o livro *La Science des Ingénieurs*, que passa a propor uma abordagem mais racional nos cálculos de vigas. Levava em consideração sistemas estruturais mais complicados do que as vigas

propostas por Galileu Galilei. Ele considerava que era preciso considerar a complexidade das estruturas reais (Timoshenko, 1954).

Em 1798 Girard publicou o livro *Traité Analytique de la Résistance des Solides*, que analisa com mais propriedade a distribuição de tensões no interior de uma viga e a simultaneidade entre tração e compressão na mesma seção. A grande evolução epistemológica do período refere-se às formulações matemáticas. É o período em que a abstração reflexionante começa a se constituir historicamente no ensino de Estruturas.

2.3.4 As primeiras pontes de concreto - o concreto Protendido

Neste novo período se obtém uma efetiva contribuição nos modelos matemáticos. Agora estará presente uma nova estrutura cognitiva, sendo necessário compreender efeitos combinados de compressão e tração a partir da solicitação de flexão. A compreensão da proporcionalidade precisará estar presente, pois um estudo mais aprofundado da resistência dos materiais se faz necessário.



Figura 16- Ponte de Concreto Protendido de Freyssinet

- Estrutura lógico-matemática e física

A flexão precisa ser compreendida a partir de uma modelagem lógico-matemática. Não basta mais compreender deslocamentos, e sim deformações, que precisam estar relacionadas com o estudo das tensões, gerando o famoso diagrama tensão-deformação, que só é compreendido quando o conceito de proporcionalidade estiver efetivamente construído. A compreensão da deformação ocorre segundo a análise feita anteriormente sobre a deformação de um elástico. A generalização do comportamento para elásticos de diferentes tamanhos e diferentes materiais está no cerne da Resistência dos Materiais, e só é possível a partir de uma generalização do princípio multiplicativo: a proporcionalidade. No item 2.2 desta Tese, quando se aborda a Lei de Hooke, pode-se verificar aspectos relacionados com a construção do conceito de proporcionalidade, já que a Lei de Hooke é uma consequência desse conceito. Através do princípio aditivo, que consiste nos primeiros esquemas operatórios, o sujeito é capaz de reconhecer que quanto maior a força de tração de um elástico, maior será o alongamento. Posteriormente, o princípio multiplicativo permitirá o reconhecimento de que o alongamento será tanto maior quanto maior for o elástico, podendo-se concluir que um elástico com o dobro do tamanho terá um alongamento duas vezes maior. A proporcionalidade se estabelecerá quando se compreender que esse aumento proporcional entre alongamentos e comprimentos de elásticos leva o problema a uma mesma situação. Ou seja, os problemas apresentam elásticos com a mesma deformação, que consiste na razão entre o alongamento e o comprimento inicial do elástico. A proporcionalidade se torna mais complexa ao se estabelecer a relação entre a deformação e a tensão à qual está submetido o elástico. Alongar 10cm um elástico de 100 cm significa o mesmo que alongar 20cm um elástico de 200 cm, pois o alongamento representou 10% (deformação) do tamanho inicial. Para que se tenha uma deformação maior, precisa-se aplicar uma tensão maior. Têm-se então o regime elástico quando houver a proporcionalidade linear entre tensão e deformação. Caso seja aplicado o dobro da tensão, a deformação será de 20%, para aquele mesmo material.

2.3.5 O Método dos Elementos Finitos

Hoje tem-se numa nova abordagem epistemológica. Depois do surgimento do Método dos Elementos Finitos (MEF), novas questões e novas estruturas surgem. Busca-se atualmente análises cada vez mais microscópicas, sendo mais importante deixar de considerar a estrutura como um único material. O MEF trata das leis matemáticas que discretizam as estruturas em elementos finitos e passa a analisar cada elemento dessa estrutura. Além disso pode-se focar comportamento de trincas, efeito do vento e outros efeitos de alta complexidade. Não costuma ser objeto de estudo de estudantes de graduação em Engenharia tal método, porém convém tratar com os alunos os alcances dessa teoria para situá-los no nível que uma análise estrutural pode comportar.

2.4 Tecnologia

A referência que se faz a transformações tecnológicas da era industrial, raramente deixa de exaltar o papel que o engenheiro exerceu naquele contexto. Processos fabris e grandes empreendimentos de Engenharia realizaram-se neste período. Todavia, vive-se agora numa nova era, onde a velocidade da informação passa a ser o grande diferencial. Alguns a chamam da era da informação. Como fica agora o papel do engenheiro ? Quais as conseqüências desse redimensionamento de tecnologias na formação do engenheiro ? Quais os novos paradigmas da ciência ?

À educação tecnológica têm sido associadas, na literatura, várias finalidades que, na sua essência, convergem para o desenvolvimento do indivíduo para uma atuação ativa e transformadora no mundo material. (SOUZA. 1999. p. 14).

Sim, toma-se necessária uma ação transformadora. Os recursos energéticos já se tornam escassos, o consumo de água parece começar a preocupar as nações, as relações de trabalho se modificam, os postos de trabalhos diminuem, mas o sonho da realização de empreendimentos permanece nas cabeças dos jovens engenheiros. Considera-se que o engenheiro será o protagonista quando efetivamente estiver inserido nas discussões abrangentes sobre a tecnologia, incluindo suas causas, seus

custos, seus benefícios, seus prejuízos e suas conseqüências. Não é raro que se encontrem posições antagônicas diante da tecnologia. Sancho (1998) contrapõe com muita propriedade estas duas visões, a partir do confronto entre os tecnófobos e os tecnófilos. Historicamente se tem observado este comportamento. Ele lembra o filósofo grego Sócrates, que resistiu à tecnologia da escrita argumentando que prejudicaria o desenvolvimento da inteligência, caracterizando uma postura tecnófoba. No início dos anos 70 constatou-se postura contrária ao emprego dos retroprojetores. Os mais idealistas acreditavam na possível substituição do professor por tal tecnologia. Ora, os recursos computacionais presentes no mundo contemporâneo podem perfeitamente ser contextualizados historicamente, fazendo com que se tenha que refletir filosoficamente sobre a tecnologia. E importante que não se perca o entusiasmo pelos avanços tecnológicos, pois somente acreditando e sendo protagonistas desses avanços é que se conseguirá estabelecer uma viabilidade prática de um projeto tecnológico. Todavia, é fundamental que não haja ilusão com o senso comum que muitas vezes atribui à tecnologia a possível solução dos problemas de uma país. Importar tecnologia sem levar em consideração a realidade local pode trazer sérios danos a uma nação e satisfazer apenas interesses comerciais em detrimento de interesses acadêmicos. Levy (1993) traz importantes contribuições sobre esta questão, referindo-se à tecnologia digital, apoiada num novo modelo de hierarquização de informações presente na *Internet*.

Guerra (2000) reflete sobre várias questões presentes ao propor o uso do computador na educação, entre elas as seguintes: o cuidado com a possível amplificação de problemas existentes no ensino tradicional, a necessidade de se conhecer as limitações e as exigências de cada nova tecnologia proposta; a importância de se propor mudanças pedagógicas profundas na educação, nunca confiar cegamente na máquina; aproveitar o potencial da *Internet* para comunicação, colaboração e cooperação, ao invés de ser apenas um instrumento para recuperar informação; e procurar integrar aspectos tecnológicos com humanos, dentro de uma perspectiva pedagógica inovadora. Burleson et al (2001) posicionam-se na direção de uma integração dos recursos multimídia com o currículo da Engenharia, especialmente por tais recursos estarem presentes no cotidiano das pessoas. Na perspectiva de uma proposta pedagógica adequada, torna-se fundamental uma

interface via *Internet* bem projetada. No seu projeto, Chandra & Kumar (2001) consideraram três premissas: interface amigável, modularidade (distinção clara entre assimilação e disseminação das informações) e viabilidade técnica. Os recursos computacionais também podem viabilizar um trabalho colaborativo a partir do compartilhamento de informações e ferramentas. Larson (2001) apresenta resultados de um projeto onde foram compartilhadas ferramentas para a construção de conceitos matemáticos. Ele descreve que não esperava que a simples iniciativa de produzir um texto interativo em multimídia fosse se transformar num ambiente colaborativo integrado, possibilitando um dinamismo com conseqüências pedagógicas positivas. No capítulo 5 (p. 93) será novamente tratado o tema da aprendizagem colaborativa, em especial a partir da utilização de recursos em multimídia.

O trabalho de Tese aqui apresentado propõe novas tecnologias para a educação a distância. Porém, é importante salientar que esse não é o principal objetivo deste projeto. Considerando-se o contexto da análise estrutural, pretende-se responder, pelo menos em parte, às seguintes perguntas:

- Como o computador deve ser usado na educação a distância para que efetivamente se tenha uma melhoria na aprendizagem ?
- Como fica a questão do contato humano no ensino virtual ?
- Como se pode gerar uma nova tecnologia educacional²² a partir recursos computacionais ?

²² Considera-se a tecnologia educacional a partir das reflexões acerca da Educação Tecnológica proposta por Souza (1999). Ou seja, gerar uma nova tecnologia educacional significa pensar uma nova forma de inserir o indivíduo a partir de sua ação transformadora no mundo material. A Internet pode levar a uma nova tecnologia educacional, apoiando-se num novo modelo de hierarquização de informações (LEVY, 1993). Todavia, não será uma novidade se deixar de proporcionar uma nova forma de haver transformação a partir da participação ativa dos indivíduos.

3. ENSINO DE ESTRUTURAS

Quando se trabalha com conceitos estruturais nas faculdades de Engenharia parece claro que se faz referência a projetos realizados a partir da intervenção do engenheiro, que, a partir de determinada finalidade, projeta os elementos estruturais de um empreendimento. Não se identificam grandes divergências entre os alunos quanto ao objetivo de se estudar tal assunto, consistindo num tema de relevância incontestável para o desenvolvimento da Engenharia. O que motiva efetivamente a realização deste trabalho é como se compreendem estes conceitos, muitas vezes com grandes possibilidades de se estabelecer relações intuitivas, embora com formulações físicas e matemáticas por vezes complexas. Na literatura técnica podem-se encontrar muitas obras que enfatizam o cálculo de estruturas, concentrando grande parte do trabalho na resolução de problemas propostos, sem fazer referência às variáveis que antecedem o cálculo.

Acredita-se que os aspectos da teoria construtivista apresentados no capítulo 2 podem contribuir para indicar alguns caminhos que levem os alunos a pensar em um problema de Engenharia desde o seu início. De que forma é o possível mobilizar o conhecimento prévio do aluno, permitindo que sua intuição lhe ajude na resolução do problema, é um dos desafios aqui propostos. Será dada ênfase aos conceitos pertinentes à construção de diagramas em modelos estruturais e aos princípios básicos da Resistência dos Materiais²³, procurando-se considerar um problema de Engenharia Estrutural não só a partir do método de resolução, mas que torne o aluno capaz de prever mudanças na solução a partir da modificação dos parâmetros iniciais.

3.10 ensino de Engenharia Estrutural: um diálogo entre dois paradigmas

Segundo Brohn (1992), grande parte da análise e do processamento dos cálculos se faz hoje a partir de recursos computacionais, e isso gerou um novo paradigma para a Engenharia Estrutural. Ele diferencia e analisa o velho e o novo

²³ Não se tem a pretensão de propor uma nova abordagem para o Ensino de Estruturas como um todo. O principal objetivo é indicar caminhos em conceitos iniciais para que se desenvolvam trabalhos futuros envolvendo os demais conceitos de Engenharia Estrutural.

paradigma da Engenharia Estrutural. Enquanto o velho enfatiza questões quantitativas, numéricas e apoiadas em formulações complexas, o novo apoia-se em ferramentas qualitativas, sendo mais importante a compreensão dos princípios e do comportamento dos modelos estruturais. Esta diferenciação entre dois paradigmas apresenta convergências com a abordagem epistemológica apresentada no capítulo 2 (p.20), onde o construtivismo é comparado com o empirismo. Enquanto o primeiro propõe a mediação, a construção e o dinamismo, o segundo considera como premissas epistemológicas a transmissão do conhecimento e a estaticidade das relações pedagógicas. Pietro & Oliveira (2001, p.2-3) caracterizam o velho paradigma como o paradigma da produção massiva, caracterizado industrialmente por trabalhadores não habilitados, altas quantidades e produtos padronizados, identificando-se com a visão empirista. Esses autores comparam o sistema educacional do velho paradigma com uma linha de montagem, onde "o aluno é o produto que está sendo educado ou 'montado' e os professores são os 'montadores do conhecimento do aluno". O conhecimento é fragmentado e colocado em ordem crescente de complexidade, cabendo ao aluno "assimilar esse conteúdo molecular, cada vez mais fracionado." O resultado desse modelo é um aluno passivo, sem capacidade crítica e autonomia. No ensino de Estruturas esta postura se reflete numa abordagem meramente quantitativa, analisando-se essencialmente através da física e da matemática sob a forma de equações. Em uma das entrevistas realizadas com professores de Estruturas²⁴, foi colocado que *os alunos têm mais dificuldades em conceitos que exigem formulações matemáticas mais complexas, tendo-se que abstrair da experiência*. A excessiva passividade dos alunos também foi mencionada. Um dos professores caracterizou os alunos como "re-ativos", *cumprindo metas apenas para se livrar*. Capra (1982) faz referência a esse paradigma descrevendo-o como o pensamento racional e analítico, gerando inclusive atitudes profundamente antiecológicas²⁵.

²⁴ Foram entrevistados professores da disciplina Mecânica Estrutural I da UFRGS e profissionais da área de Estruturas. A íntegra das mesmas está no Anexo II.

²⁵ Ele utiliza como um dos exemplos de atitude antiecológica a monocultura na produção agrícola baseada na utilização de produtos petroquímicos que interferem negativamente na saúde das pessoas e no ciclo ecológico do solo. O argumento que justifica esse processo é a produtividade, que se baseia

O novo paradigma, referido por Brohn com convergências em Capra (1982) e Pietro & Oliveira (2001) enfatiza questões qualitativas. É importante destacar que não se abandonam características quantitativas. O que Pietro & Oliveira propõem é uma abordagem inicial qualitativa, ocorrendo posteriormente o estudo quantitativo. Esta posição foi reforçada pela entrevista que fizemos com um profissional de Estruturas, onde o mesmo disse que *na faculdade recebemos e aceitamos os modelos prontos, de forma que se torna fundamental construir o modelo físico-matemático a partir da realidade*. O que talvez tenha faltado é a abordagem qualitativa inicial. Calcular os diagramas de momento fletor e esforço cortante de um modelo estrutural dado (vide Figura 17) não deixa de ser importante, porém o que se está propondo, baseados nas referências teóricas descritas acima, é que se inicie com uma compreensão intuitiva²⁶ do comportamento de uma estrutura.

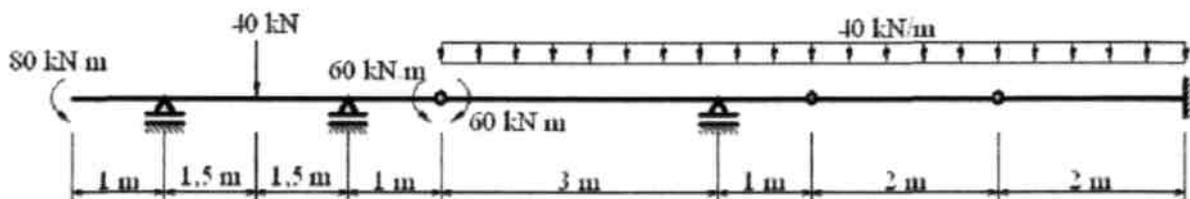


Figura 17- Modelo de uma viga

Morreau (1990) enumera algumas habilidades que indicam a compreensão do comportamento de uma estrutura: fazer a distinção entre estrutura e mecanismo e entre estabilidade e equilíbrio; identificar o caminho das cargas e quais estados de tensão elas geram e prever a forma deformada da estrutura; diagramas de esforço cortante e momento fletor. Essa compreensão pode se apoiar em estruturas do dia-a-dia, como o conjunto arco e flecha, um trampolim, um conjunto de caixas de fósforo empilhadas entre outras (Botelho, 1998). A distinção entre estruturas iso e hiperestáticas, exemplo apresentado em Jennings & Gilbert (1988), representa um

no fato de que a natureza não precisa ser preservada, **devendo** atender incondicionalmente às necessidades humanas.

²⁶ Sabe-se da complexidade do conceito de intuição. No contexto deste trabalho a intuição é compreendida a partir da teoria construtivista descrita no capítulo 2. Significa considerar o conhecimento prévio dos alunos e os seus modos de representação para se compreender qualitativamente o comportamento estrutural numa abordagem inicial.

conceito que pode ser perfeitamente construído na perspectiva da compreensão do comportamento da estrutura.

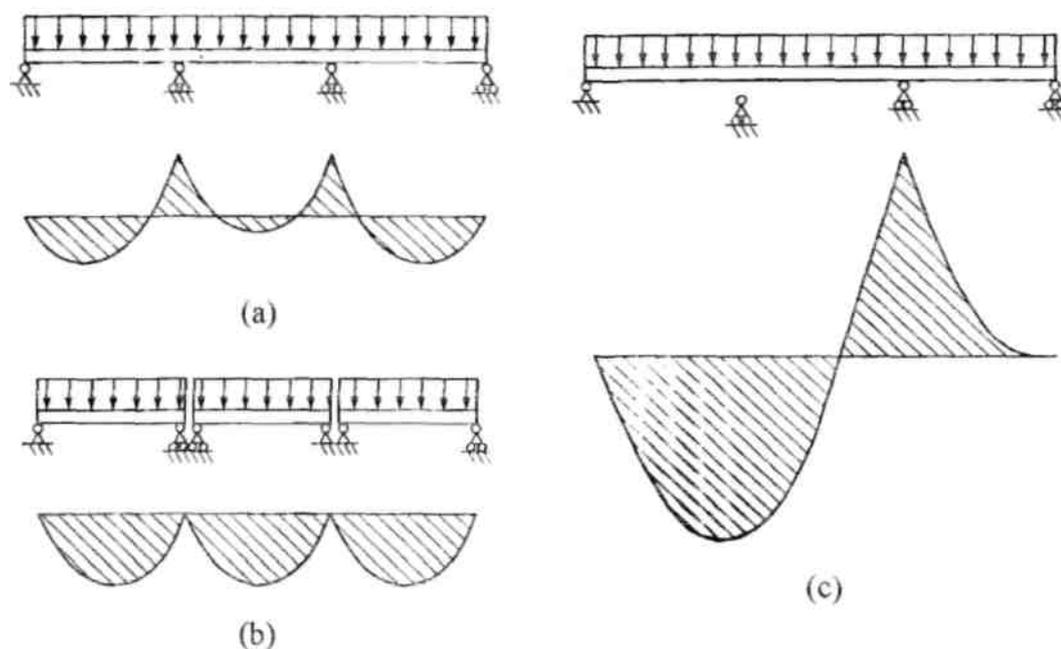


Figura 18 Diagramas de Momento fletor

(a)Viga contínua hiperestática (b) 3 vigas simplesmente apoiadas exercendo a mesma função (c)

Viga contínua após o rompimento de um apoio Fonte:
Jennings & Gilbert (1988)

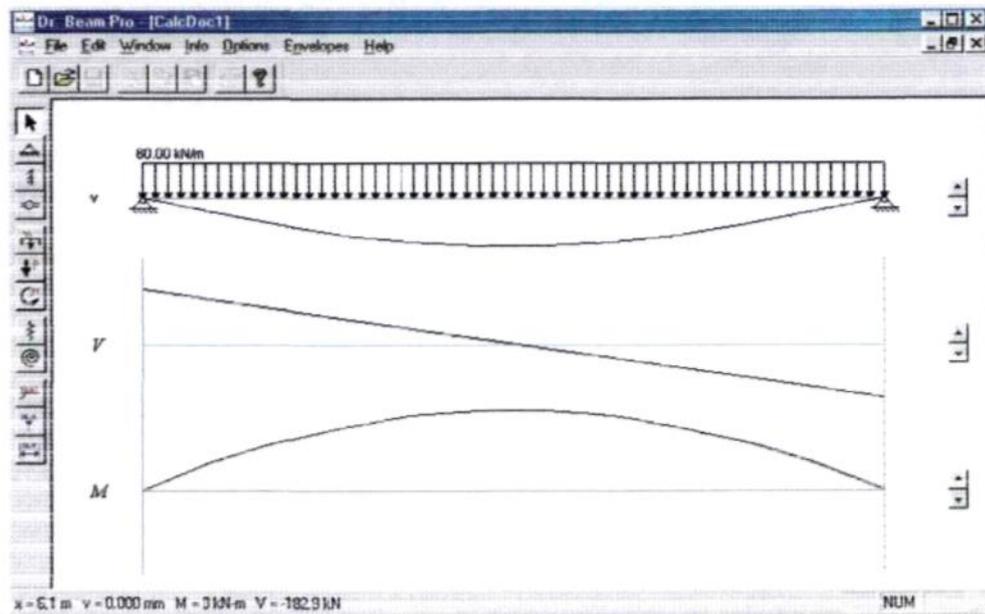
Segundo eles, os alunos diferenciam estruturas isostáticas de hiperestáticas a partir de seus diferentes métodos de resolução. Como as estruturas hiperestáticas apresentam mais apoios que o necessário, não podem ser resolvidas pelas tradicionais equações de equilíbrio²⁷. Se esta diferença fosse a mais importante, não haveria motivo para o estudo das estruturas hiperestáticas, pois os métodos computacionais usualmente utilizados não fazem essa distinção de método de resolução. A diferença mais importante entre tais estruturas refere-se ao comportamento estrutural, e não à forma de resolução. As forças internas de uma

Devem ser resolvidas utilizando-se o Método das Forças, o Método dos Deslocamentos ou o Processo de Cross, pois o número de incógnitas supera o número de equações de equilíbrio, gerando um sistema de equações indeterminado.

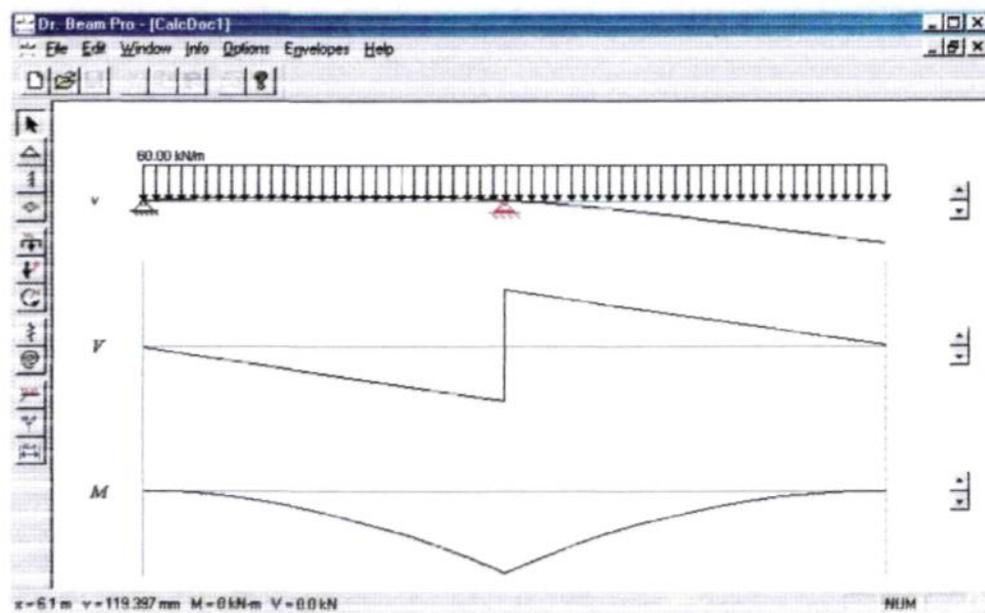
estrutura hiperestática dependem de variações térmicas, da rigidez relativa de cada elemento e da não-linearidade no comportamento do material. Comparar os modelos (a) e (b) da **Figura 18** pode contribuir para a compreensão do comportamento estrutural de cada caso, observando-se que o modelo isostático (b) apresenta um momento fletor máximo maior. Botelho (1998) utiliza essa situação para mostrar que aproximar uma estrutura hiperestática para uma isostática usualmente leva a uma segurança maior nos cálculos, pois se superestima os momentos fletores máximos, apesar de gerar momentos negativos junto aos apoios. A análise do modelo da letra (c) mostra a consequência do rompimento de um dos apoios da viga: um aumento considerável no momento fletor máximo da estrutura. Galileu Galilei (1988), um dos precursores no estudo da Resistência dos Materiais, apresenta um importante exemplo que reforça a necessidade de se compreender o grau de estaticidade de uma estrutura a partir de seu comportamento estrutural a partir da seguinte passagem:

...devo contar um caso digno de ser conhecido, como são todos os acidentes que acontecem de forma imprevista, principalmente quando a precaução tomada para evitar um inconveniente acaba sendo a causa principal da desordem. Uma coluna muito grande de mármore estava deitada e apoiada próximo de suas extremidades sobre dois pedaços de viga. Depois de algum tempo, um mecânico pensou que seria oportuno acrescentar um terceiro apoio no meio [tornando a estrutura hiperestática]. para evitar que se quebrasse nesse lugar, devido ao seu próprio peso. Parecia a todos muito oportuna a idéia: o resultado, porém, demonstrou ser o contrário, visto que, passados alguns meses, a coluna foi encontrada rachada e quebrada exatamente sobre o novo apoio do meio (p. 12).

Galileu descreve a causa da ruptura a partir da falha de um dos apoios, que cedeu com o decorrer do tempo, deixando a coluna apoiada sobre a extremidade que não cedeu e sobre o apoio acrescentado no meio, ou seja, novamente uma estrutura isostática.



(a)



(b)

Figura 19- Modificação no diagrama ²⁸

- (a) Primeira situação: coluna de mármore apoiada sobre apoios próximos de suas extremidades (b) Segunda situação, coluna de mármore apoiada sobre um apoio central e sobre outro em um das extremidades

²⁸ "V" significa Esforço Cortante e "M" Momento Fletor

²⁹ O software Dr Beam (Dr Beam, 2001), que gerou as figuras, apresenta o diagrama de momento fletor (positivo para cima) com convenção diferente daquela usualmente apresentada na bibliografia

Como podemos observar na **Figura 19**, ocorre uma mudança de sinal nos momentos fletores, não havendo mudança nos valores absolutos dos mesmos. A obra original de Galileu Galilei é do século XVII, e não é de se esperar que haja uma explicação detalhada e clara da causa da ruptura. Todavia, acredita-se que a mudança de comportamento estrutural ocorrida está entre as causas principais. Esse exemplo ilustra a importância de se entender as estruturas hiperestáticas a partir de uma abordagem diferente daquela tradicionalmente feita, que enfoca essencialmente a forma de resolução. Um dos fatores que contribuiu para essa compreensão tradicional e a forma como os alunos assimilam os conceitos, sempre com ênfase na resolução matemática do modelo, sem que se façam simulações e conjecturas nos modelos propostos, o que facilitaria a compreensão a partir do comportamento estrutural. Uma das alternativas para que se possa reverter tal quadro pode ser a utilização de atividades que explorem, através de simulações e conjecturas, possíveis resultados a partir de variações nas variáveis de um problema. Desta forma, será possível levar o aluno a pensar sobre a estrutura, antes mesmo de efetivamente calculá-la. Ao se conceber as atividades do curso de extensão que serão posteriormente descritas neste trabalho, tinham-se em mente estas questões. Como proporcionar o "pensar sobre" a estrutura, e como induzir o aluno a pensar com ênfase no comportamento estrutural e nas consequências de alterações nos dados do problema.

Torroja (S/D) apresenta exemplos elucidativos deste novo paradigma. Além disso, reflete sobre diversos fatores de ordem qualitativa que interferem no processo de intervenção da Engenharia Estrutural, sistematizando matematicamente da seguinte forma:

(positivo para baixo). Assim, (a) apresenta momentos fletores positivos e (b) momentos fletores negativos.

³⁰No item 3.3 esse exemplo será trabalhado novamente, demonstrado a igualdade entre os valores absolutos dos momentos fletores máximos de cada caso, bem como detalhando o modelo matemático de cada situação.

EQUAÇÕES	INCÓGNITAS
Finalidade do projeto	Material
Função Estática	Tipo estrutural
Qualidades estéticas	Forma e dimensões resistentes
Condições econômicas	Processo de execução

Tabela 1- Variedade de condições da Engenharia Estrutural

Tal sistema apresenta uma mútua influência entre as incógnitas e as equações, sendo impossível satisfazer (resolver) todas relações (equações) envolvidas. Uma variação no material (trocar concreto armado por aço, por exemplo) altera o tipo estrutural, as formas e as dimensões e o processo de execução, assim como o elevado custo de determinados processos de execução podem inviabilizar a utilização de um determinado tipo estrutural. Segundo esse autor, a partir de recursos de cálculo pode-se otimizar a forma e as dimensões da estrutura, porém o restante das incógnitas não podem ser obtido por métodos dedutivos. Obter a solução mais econômica também é possível, todavia a opção escolhida sempre se dará de forma subjetiva. Neste sentido enfatiza-se que projetar estruturas necessita muito mais de arte do que de ciência e técnica.

Segundo Vasconcelos (2002a), o computador não alerta para a concepção da estrutura, citando um exemplo do desabamento de uma estrutura, causado pela economia na plotagem das plantas. Foi assumida a simetria da estrutura (possibilitando a mesma planta para elementos simétricos) e vigas com diferentes carregamentos foram desenhadas iguais a do primeiro andar. O operador do "plotter" desenhou as plantas pelo pilar menos carregado. Um único pilar, que possuía o carregamento igual ao dobro do seu simétrico, causou o desabamento da estrutura. A idéia desse autor era mostrar a importância de não se pensar exclusivamente no custo ao se contratar um projeto, mostrando que existem outras incógnitas que precisam ser consideradas no projeto, reforçando a complexidade e a inter-relação descrita por Torroja.

3.2 Recursos computacionais e sua influência no ensino de Estruturas

É importante insistir na necessidade de se rever os paradigmas apoiados na existência de ferramentas computacionais concebidas para o cálculo estrutural. Shepherdson (1998) alerta que a interatividade com o programa deve ir além da simples análise, dependendo da habilidade do usuário em entender o comportamento estrutural e suas implicações. Além disso, reforça que o conhecimento humano na Engenharia é insubstituível, direcionando a questão para o ensino de Engenharia na graduação. O trabalho dessa autora, que consiste uma tese de Doutorado do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do MIT³¹, ainda apresenta alguns aplicativos destinados ao ensino de Estruturas.

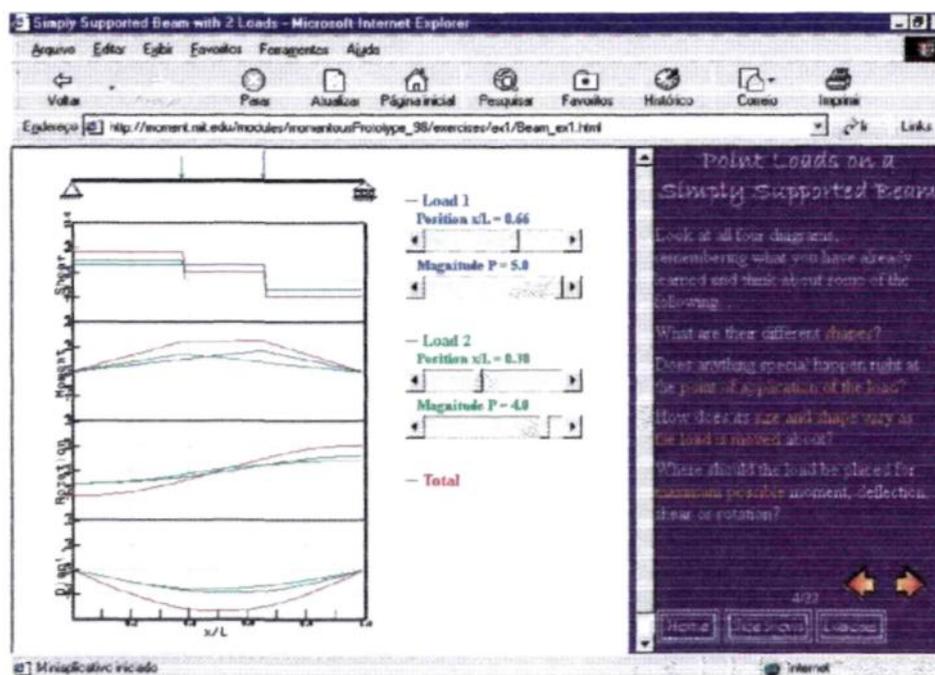


Figura 20- Aplicativo para uma viga biapoada com duas cargas concentradas

FONTE: Shepherdson (1998)

³¹ Massachusetts Institute of Technology, localizado na cidade de Cambridge, estado de Massachusetts. A tese citada pertence ao grupo de pesquisa coordenado pelo Prof. Jerome J. Connor, que tem entre seus interesses de pesquisa métodos inovadores para o ensino virtual de Engenharia Estrutural.

A **Figura 20** apresenta o caso onde o usuário pode definir a magnitude e a posição das cargas para então analisar as consequências nos diagramas de esforço cortante, momento fletor, deformação transversal e rotação. Do lado direito da tela se encontram perguntas e reflexões com características do novo paradigma anteriormente citado. Na **Figura 21**, são apresentadas algumas delas, relacionadas com a influência da magnitude e do ponto de aplicação da carga.

- Varie a magnitude e a posição da carga azul. Podes observar alguma tendência ?
- Observe os quatro diagramas lembrando o que já aprendemos sobre o assunto e responda.
Como são suas diferentes formas ?
Acontece algo especial no ponto de aplicação da carga ?
Como é a variação da grandeza e da forma quando a carga é deslocada?
Qual a posição da carga para se obter valores máximos de momento fletor, esforço cortante, deformação transversal e rotação ?
- Aqui estão algumas coisas que observei...
O esforço cortante é constante até o ponto de aplicação da carga, mudando bruscamente de positivo para negativo ou vice-versa dependendo da direção da carga concentrada.
Observaste que a descontinuidade tem a mesma magnitude que a carga ?
Os valores do esforço cortante em cada lado da descontinuidade são iguais às reações nos apoios. Isto nos leva a concluir que o local onde a carga deve estar aplicada para gerar um esforço cortante máximo é.....

Figura 21 - Perguntas relacionadas à magnitude e às dimensões da carga

FONTE: Shepherdson (1998)

No simples caso descrito acima já se pode abordar os conceitos de forma mais experimental, exploratória e reflexiva. A ênfase se transfere do cálculo **dos** momentos máximos para uma análise dos fatores que influem no local e na magnitude do momento máximo. O valor é facilmente obtido por simples aplicativos computacionais, mas a possibilidade de fazer conjecturas para possíveis modificações nos modelos influenciando então o valor máximo, consiste efetivamente a intervenção humana a pouco referida. A diferença consiste em

compreender por que se chegou a determinado resultado, e não simplesmente como ele foi alcançado. O diferencial do engenheiro perpassa necessariamente por análises qualitativas, que só se realizam com eficácia quando os conceitos envolvidos no problema estão bem consolidados. Considera-se mais relevante saber a interferência do ponto de aplicação da carga no cálculo da solicitação do que calculá-la. Em artigos anteriores propus, em conjunto com alunos da graduação, a utilização da planilha eletrônica na construção dos diagramas de solicitações (COSTA et al, 2001b), apresentando uma proposta de utilização de software através de perguntas com a mesma orientação de Shepherdson, com ênfase nos conceitos matemáticos que interferem no problema (COSTA et al 2001a). No ANEXO I - Atividade para os alunos na exploração do software Dr Beam é apresentada a atividade que foi proposta aos alunos na utilização do software. Tais atividades são exemplos que contribuem para a elaboração de questões em uma avaliação.

3.3 Elaborando questões

A avaliação da aprendizagem é um dos principais focos deste projeto. Neste sentido, serão apresentadas algumas questões elaboradas a partir do referencial teórico proposto. Elas serão analisadas sobre diferentes enfoques epistemológicos, quais sejam a consideração do conhecimento prévio, da abstração empírica/reflexionante e da construção histórica dos conceitos de Engenharia Estrutural.

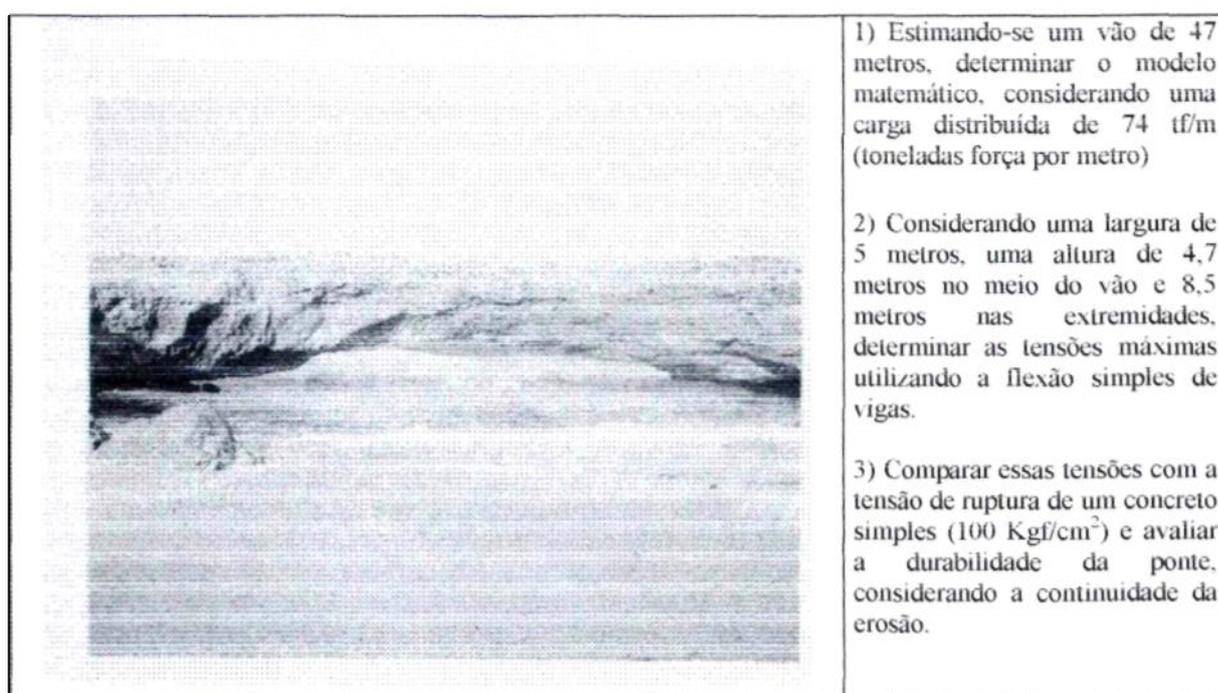
3.3.1 O conhecimento prévio

Conforme foi destacado no capítulo 2 (p. 20), o conhecimento prévio consiste na base para toda construção de um novo conceito. Ao se iniciar o estudo da Engenharia Estrutural é importante que se trabalhe com estruturas conhecidas e de preferência que possam ser manipuladas pelos estudantes. É o momento de se considerar estruturas na natureza e no dia-a-dia. Segundo Pietro & Oliveira (2001, p.4), e necessário

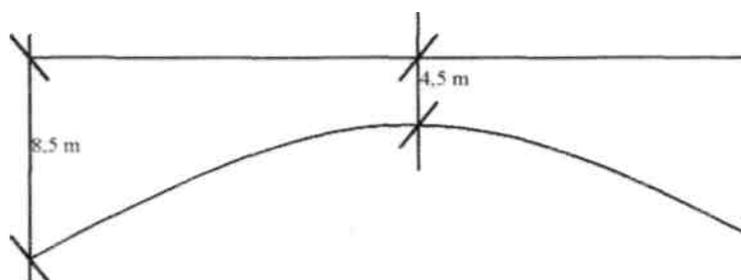
um tratamento inicial, de forma intuitiva e qualitativa, através da observação e da análise da natureza, da beleza das formas estruturais que

apresenta e ainda, como o auxílio de modelos que possibilitem a visualização de fenômenos que ocorrem nos modelos estruturais [...]"

Estes autores também reforçam a importância dos recursos computacionais neste contexto, permitindo que se visualize graficamente deformações e carregamentos em estruturas.



(a)



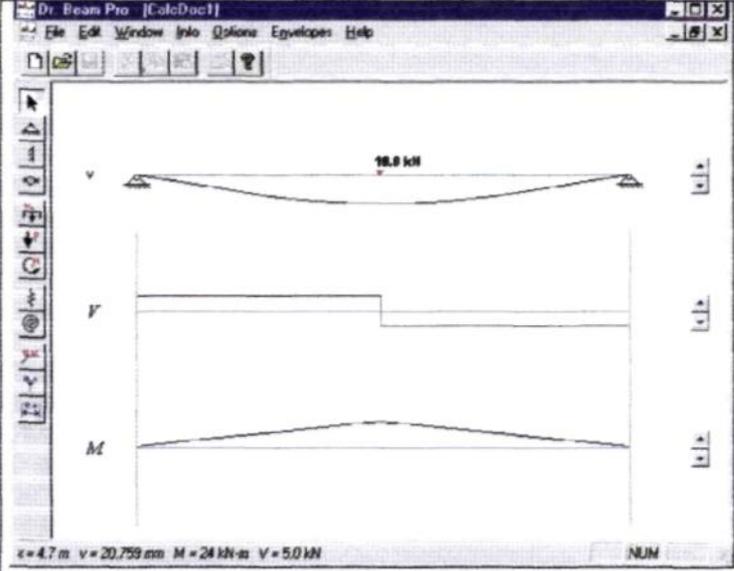
(b)

Figura 22 - Ponte natural situada na costa nordeste da ilha de Aruba (a)

Fotografia e exemplo de questões propostas (b) Modelo matemático

FONTE: Vasconcelos (2000, p. 19)

A questão apresentada na **Figura 22** refere-se à construção de modelo matemático e resolução de uma ponte moldada pela própria natureza. A proposta é utilizar uma estrutura real e que seja facilmente identificada pelos alunos. Dessa forma é possível, além de fazer a verificação estrutural, fazer com que o aluno imagine diferentes estruturas presentes na natureza e a forma como o efeito da flexão precisa ser considerado. A influência das alturas das seções transversais também pode ser um bom tratamento intuitivo a essa questão. Por exemplo, se as alturas fossem invertidas, a ponte resistiria a uma altura de 8,5 metros no centro do vão ? Se a altura da seção transversal fosse 4,5 metros em toda a extensão da ponte, haveria modificações nas tensões obtidas ? Conforme Vasconcelos (2000), tudo que o homem pensa ter inventado já foi inventado antes pela natureza. Assim, seria natural resgatar o conhecimento prévio do aluno justamente a partir de estruturas presentes na natureza, conhecida dos mesmos desde a formação de suas primeiras construções e aprendizagens.



Defina o comprimento de 10 metros para a viga. Clique no botão $\downarrow P$ e arraste-o até o ponto médio da viga. Fixe em 10,0 KN, a magnitude da carga. Arraste o cursor $\downarrow P$, sem pressioná-lo, até as posições x selecionadas abaixo e preencha a tabela com os valores correspondentes:

x	V	M
1.2		
2.5		
3.8		
5		
6.2		
7.5		
8.8		

Obtenha as equações das retas $V=V(x)$ e $M=M(x)$.

Figura 23- Utilização de conhecimentos matemáticos

A questão da Figura 23 propõe a construção de uma tabela de valores de solicitações (V - esforço cortante e M - Momento Fletor) a partir da utilização do software Dr. Beam, que obtém esses valores em diferentes pontos da viga a partir da movimentação do *mouse*. Preenchida a tabela, são então construídas as funções $V(x)$ e $M(x)$ utilizando-se conceitos matemáticos de funções a partir da utilização de pelo menos dois pontos, pois observa-se no gráfico (Figura 23) que as funções são descritas por retas. É necessário fazer esse procedimento duas vezes, pois a função apresenta comportamentos diferentes antes e depois do ponto de aplicação da carga, sendo necessária a obtenção de duas funções para cada solicitação, uma antes da carga ($0 < x < 5$ m) e outra depois da carga ($5 < x < 10$ m).

Antes da carga:

$$x = 1,2 \longrightarrow V = 5 \text{ KN}; M = 6 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$x = 3,8 \longrightarrow V = 5 \text{ KN}; M = 19 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

Esforço cortante é constante : $V(x) = 5 \text{ KN}$

Momento Fletor é crescente : $M(x) = 5 \cdot x$ (equação da reta obtida por geometria analítica, que é o conhecimento prévio).

Depois 

da carga:

Esforço cortante é constante : $V(x) = -5 \text{ KN}$

Momento Fletor é decrescente : $M(x) = -5 \cdot x + 50$ (equação da reta obtida por geometria analítica, que é o conhecimento prévio).

Então a função obtida para cada solicitação é a seguinte:

$$V(x) = \begin{cases} 5 \text{ KN}, & 0 \leq x \leq 5 \text{ m} \\ -5 \text{ KN}, & 5 < x \leq 10 \text{ m} \end{cases} \quad M(x) = \begin{cases} 5 \cdot x, & 0 \leq x \leq 5 \text{ m} \\ -5 \cdot x + 50, & 5 < x \leq 10 \text{ m} \end{cases}$$

Equação 1 - Expressão analítica dos diagramas

A idéia deste exercício é obter as funções utilizando o software Dr Beam e algum conhecimento prévio em geometria analítica, sem que seja necessário estudar os princípios físicos. Todavia, tais princípios serão fundamentais numa segunda abordagem mais aprofundada a partir de conceitos físicos, conforme descrevemos a

na Figura 24 - Obtenção dos diagramas por conceitos físicos. No capítulo 9. CURSO DE EXTENSÃO (p. 162) é apresentada uma reflexão a respeito desta questão a partir da investigação realizada no curso de extensão, particularmente na atividade realizada por um dos alunos.

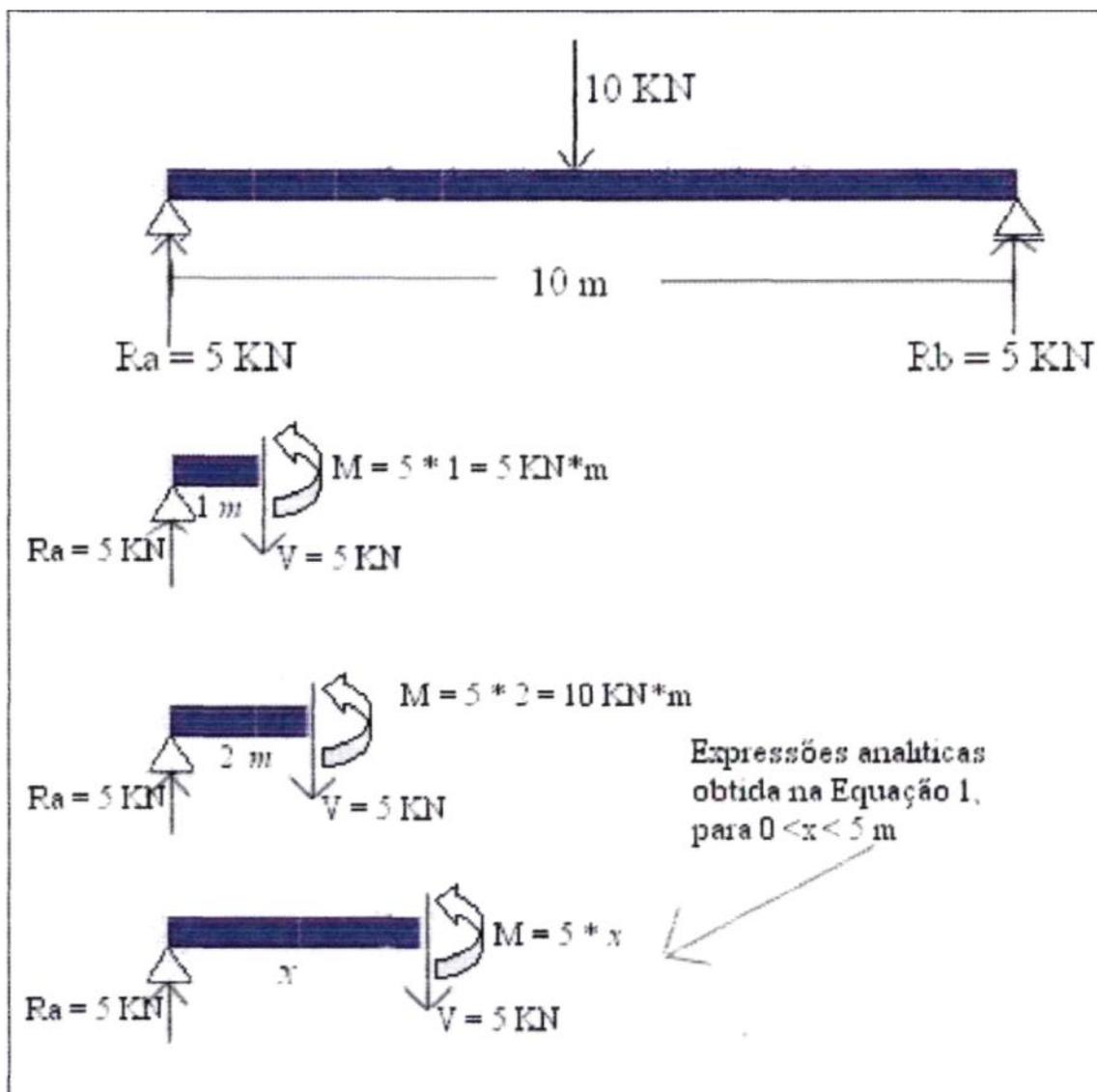


Figura 24 - Obtenção dos diagramas por conceitos físicos

Isola-se um dos lados da viga a partir do ponto onde se quer calcular as solicitações, obtendo-se as mesmas por equilíbrio em cada ponto desejado. Na Figura 24 é mostrado esse processo em $x = 1$ e $x = 2$, e depois para uma seção genérica, obtendo-se a forma analítica dos diagramas antes da aplicação da carga, conforme pode-se conferir na Equação 1, para $0 < x < 5 \text{ m}$. Acredita-se, baseando-se nos

fundamentos teóricos apresentados no capítulo 2 (p. 20), que a abordagem inicial baseada nos conhecimentos matemáticos prévios do estudante promove uma significativa mobilização para a compreensão posterior dos novos conhecimentos físicos que serão trabalhados. Para que se possa verificar o estágio em que se encontram os alunos, uma das alternativas é promover atividades que levem o estudante a resgatar os conceitos matemáticos. Nos capítulos seguintes, quando serão descritas e analisadas as atividades propostas no curso de extensão, será possível verificar como pretende-se avaliar o aluno quanto aos conhecimentos matemáticos prévios. Não se pode esquecer que alguns alunos podem não ter os conhecimentos matemáticos prévios suficientes, tornando-se necessário inicialmente retomar esses conceitos, pelo menos aqueles que serão imprescindíveis para as construções posteriores.

3.3.2 Abstração Reflexionante

Conforme foi abordado no capítulo 2 (p. 20), o processo de abstração reflexionante explicado por Piaget procura descrever o processo de construção de conhecimentos novos. A elaboração de questões para uma avaliação precisa considerar a forma como ocorrem essas novas construções. A compreensão do conhecimento estabelecendo-se via processo de auto-regulação e de forma integrada com estágios anteriores pode ser levada em consideração na elaboração das questões.

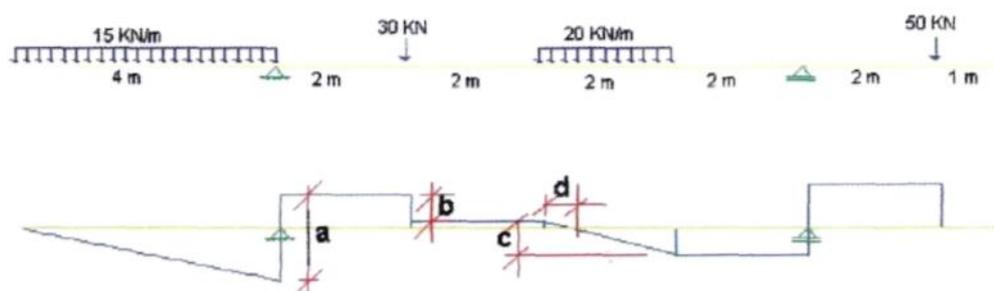


Figura 25- Modelo de uma viga com o respectivo diagrama de esforço cortante.

A partir da Figura 25, pede-se para determinar o diagrama do momento fletor, que pode ser determinado a partir do modelo da viga ou a partir do diagrama de esforço cortante. No primeiro caso estaríamos limitados a constatações obtidas diretamente do modelo, pelo princípio físico do equilíbrio. No segundo caso será necessário coordenar ações a partir de uma relação menos complexa já existente, e não diretamente a partir do modelo dado. No capítulo 2 (p.20) este tema é tratado, citando-se o caso do conhecimento matemático, que se estabelece pela abstração reflexionante, ou seja, coordenando ações a partir de relações menos complexas. No exemplo apresentado a relação menos complexa é o diagrama de esforço cortante, que constitui um patamar inferior a partir do qual se dará a abstração reflexionante que resultará numa relação mais complexa, qual seja diagrama de momento fletor. O diagrama de esforço cortante representa a distribuição das solicitações verticais ao longo de toda viga, e pode ser representado por uma função matemática, tendo como variável independente a distância de um ponto qualquer da viga a um ponto de referência" (usualmente o extremo esquerdo da viga). Assim, na Figura 25, o apoio esquerdo será em $x = 4$, e a carga de 30 KN em $x = 6$. É exatamente a partir desses elementos matemáticos que se inicia o processo de abstração reflexionante. As operações e as novas relações (que têm a função matemática como um caso particular) estabelecem-se a partir de quadro lógico-matemático estabelecido. O diagrama de momento fletor representa a distribuição dos momentos fletores ao longo de toda viga. Momentos são forças verticais multiplicadas por X , ou seja, esforços cortantes multiplicados por X .

" Essa variável independente passará a ser chamada simplesmente de x .

Uma das formas de levar o aluno a pensar sobre a relação entre momento fletor e esforço cortante pode ser inicialmente pensar na relação entre a velocidade e a distância percorrida, procurando buscar elementos que façam o aluno desprender-se da abstração empírica, para que se possa inicialmente estabelecer o desequilíbrio. Pode-se sugerir que se pense na distância percorrida e na velocidade a partir de suas relações gráficas, procurando-se entender por que a área do gráfico da velocidade corresponde à distância percorrida em determinado intervalo. Visualiza-se então que a imagem do gráfico da velocidade multiplicada por cada intervalo Δt , quando somados sucessivamente, levam a uma soma de distâncias percorridas, ou seja, uma soma de áreas. Que tipo de particularidade existe entre essas três grandezas, distância percorrida, velocidade e tempo, que caracterizam a relação matemática estabelecida? Que outras três grandezas apresentam essa característica, para que se possa então generalizar a relação obtida? A idéia desta estratégia é promover a compreensão de que quando uma terceira grandeza, no caso a distância percorrida, resultar da multiplicação entre uma primeira grandeza, o tempo, e uma segunda grandeza, a velocidade, necessariamente tem-se a terceira grandeza como a integral da segunda, conforme ilustra a Figura 26. É importante destacar que a primeira grandeza exerce o papel de abscissa para cada uma das duas outras grandezas, que exercem o papel de ordenada.

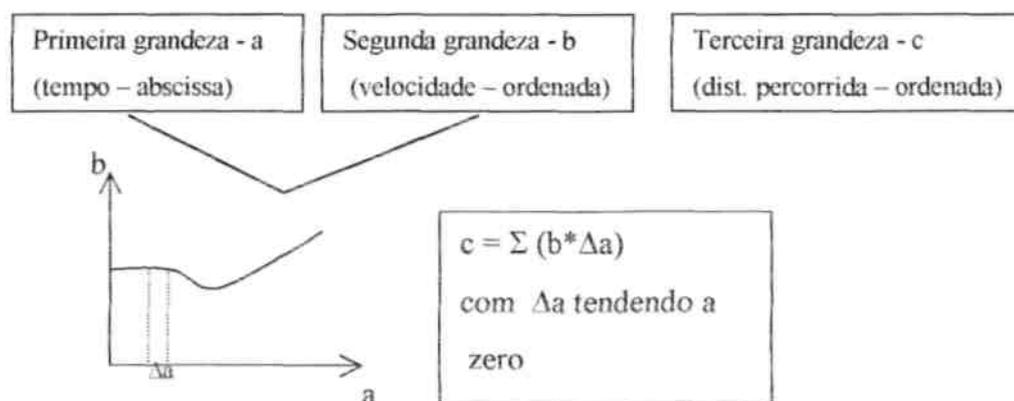


Figura 26 - Generalização de relação matemática

A partir dessa análise, outros exemplos podem surgir, tais como (na ordem - primeira, segunda e terceira grandeza): distância, força e trabalho; tempo, potência e trabalho; tempo, vazão, volume; distância, esforço cortante, momento fletor. A partir

dessa analogia com tempo-velocidade-distância percorrida pode-se entender que a variação do momento fletor em determinado intervalo representa a área do esforço cortante neste mesmo intervalo. Na Figura 27, o momento fletor entre $x = 0$ e $x = 10$ m, variou 150 KN*m, ou seja, a área do esforço cortante para o mesmo intervalo. Analogamente, a distância percorrida variou uma quantidade igual à área do gráfico da velocidade.

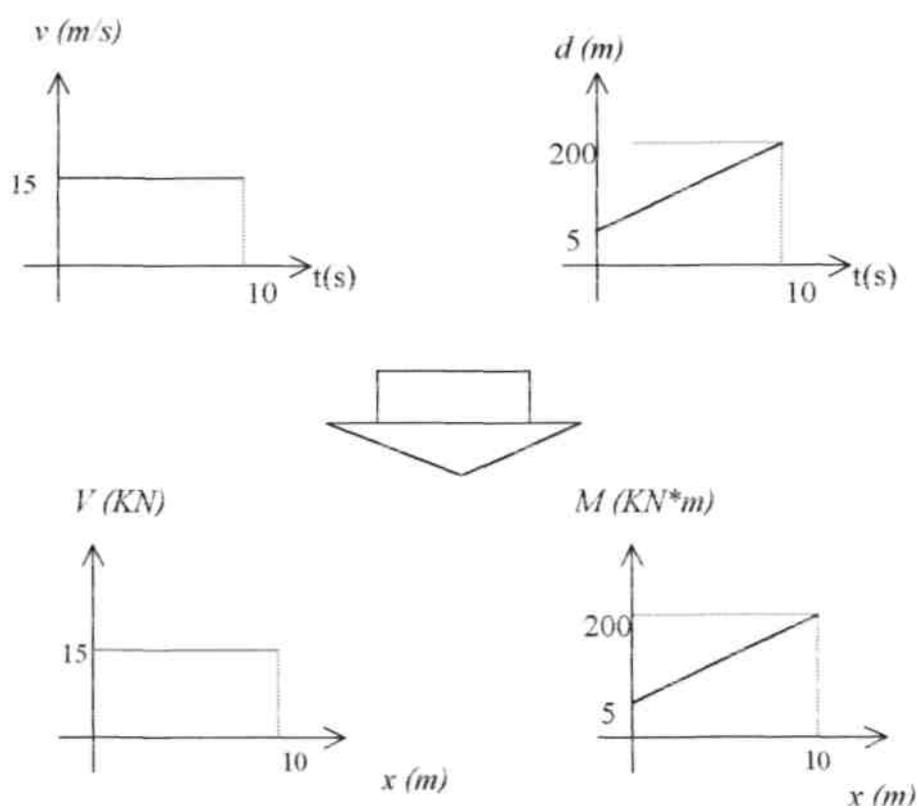


Figura 27 - Analogia com a cinemática

Compreender a variação da distância em função da área da velocidade parece ser "intuitivamente" mais fácil, porque são conceitos extraídos diretamente da experiência. Todavia, ao se considerar a relação entre essas duas grandezas, por

^BNesta etapa do curso de Engenharia o aluno já trabalhou com o Cálculo Diferencial e Integral, sabendo então que quando a variação de uma função $f(x)$ e a área de outra função $g(x)$ no mesmo intervalo, $f(x)$ é a integral da função $g(x)$. O Diagrama de Momento Fletor passa a ser entendido como

a Integral do Diagrama de Esforço Cortante: $\frac{\partial M}{\partial x} = -V \rightarrow M = -\int V \cdot dx$

abstração reflexionante constrói-se a relação entre o esforço cortante e o momento fletor. Essa é uma seqüência que exemplifica com propriedade o processo dinâmico de auto-regulação da abstração reflexionante. É importante que se proporcionem as condições para que se estabeleça a abstração reflexionante, sendo a mediação fundamental neste processo.

3.3.3 Construção histórica dos conceitos de Engenharia Estrutural

Para que se possa propor questões que abordem aspectos da história da Engenharia Estrutural, são apresentados exemplos que utilizam estruturas reais e que levam o estudante a uma reflexão a partir do momento histórico em que a estrutura foi executada

Vasconcelos (2002b) descreve alguns elementos da Ponte de Parati, uma ponte localizada na cidade que lhe dá o nome, no extremo sul do estado do Rio de Janeiro. O contexto cultural e histórico é o passo inicial para a definição de questões sobre essa obra. Ele refere-se a obra como

uma pequena ponte em viga curva com 21.50 metros de vão. para uma só via carroçarei com apenas 3.87 m de pavimento. Essa ponte, sem registros, deve ser do início do século [XX], pois é toda de concreto armado, armada com barras grossas de ϕ 28.6 mm de aço especial St52. O concreto, de boa aparência, pela idade deve ter alcançado a resistência de 20 Mpa (p. 198).

Somente esse trecho já possibilita questões que levem os alunos a reflexões sobre conceitos de Engenharia Estrutural, tais como as que enumeramos a seguir:

- Considerando-se o período correspondente ao início do século XX, era-se de esperar a existência de uma ponte de concreto armado no Brasil ?

Tal questão trará à tona uma análise da evolução dos materiais utilizados nas obras de Engenharia. Por isso se torna importante a compreensão da evolução histórica descrita no capítulo 2 (p. 20). A utilização inicial de materiais presentes na natureza, sem que se tenha a necessidade de modificá-los. Era uma necessidade da época, já que predominavam processos artesanais de trabalho. Nada mais natural que o emprego de rochas, materiais resistentes a compressão. Mais tarde, com a

Revolução Industrial, introduz-se o ferro, especialmente na execução de pontes. No contexto do Brasil, a execução de pontes foi uma das primeiras aplicações do concreto armado, justamente no período correspondente à execução da Ponte de Parati. O concreto armado também foi utilizado para substituir antigas pontes de madeira e até mesmo pontes metálicas, especialmente para se obter obras mais resistentes (TELLES, 1993). Obras mistas também foram executadas neste período, com estruturas metálicas e tabuleiros de concreto armado ou pilares de concreto armado para substituir obras de alvenaria. • Em comparação aos Estados Unidos e aos países da Europa, por que não se encontram muitas pontes metálicas no Brasil? Questões desse tipo são importantes especialmente por tratarem da história da Engenharia Estrutural. Lindenberg Neto (2002) justifica a utilização dessa abordagem nos cursos de Engenharia e relata experiências positivas realizadas nas suas aulas. Desde aspectos culturais até a facilidade da compreensão do comportamento estrutural, esse autor enumera diversas razões para o uso da historicidade. O impacto da Revolução Industrial no Brasil bem como as propriedades do aço e do concreto também poderão ser trabalhadas a partir da proposição da questão.

- Faça um modelo matemático para uma das vigas longitudinais que sustentam a ponte descrita na citação abaixo:

Home a intenção do projetista da obra de realizar uma ponte com pequenas dimensões no meio do vão para possibilitar a passagem de pequenas embarcações. Em direção às margens não existia qualquer impedimento em aumentar a altura da viga. Por isso imaginou-se uma viga simplesmente apoiada com balanços de 6.30 m que proporcionassem momentos negativos suficientemente grandes para aliviar o meio do vão. (VASCONCELOS. 2(X)2b. p. 198).

As Figura 28 e Figura 29 mostram o perfil da ponte e a planta do tabuleiro.

Construir um modelo a partir de uma situação real é mais importante do que resolver um modelo dado pelo professor, especialmente diante do uso quase que unânime de ferramentas computacionais para o cálculo de estruturas. Conforme foi mencionado anteriormente, modifica-se o papel do engenheiro, sendo a fase da concepção de modelos uma das mais importantes. Este é um exemplo de uma estrutura real que pode ser modelada pelo estudante. A prefeitura de Parati fez, em 1994, um levantamento da viabilidade dessa ponte, que constatou que a carga permanente no vão central é de 22,1 KN/m, e nos balanços de 23,3 KN/m, originando um momento em serviço de 955 KN*m no meio do vão e de 322 KN*m nos apoios (VASCONCELOS, 2002b). A obtenção dos momentos de serviço a partir das cargas permanentes representa um problema de forte impacto pedagógico.

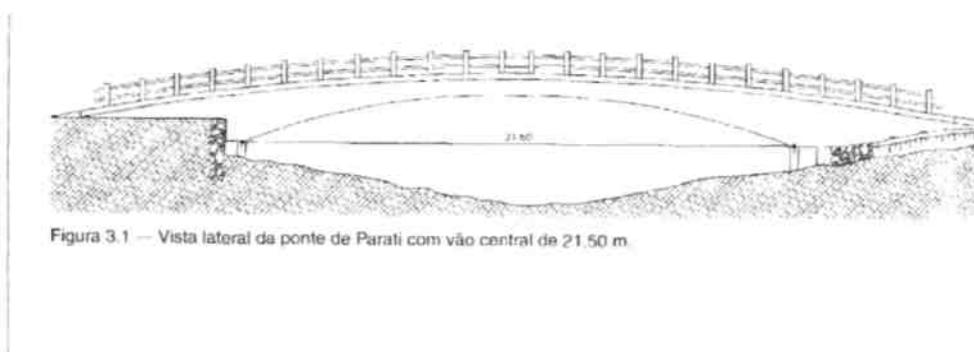


Figura 3.1 — Vista lateral da ponte de Parati com vão central de 21,50 m.

Figura 28 Perfil da Ponte de Parati

FONTE: Vasconcelos (2002b)

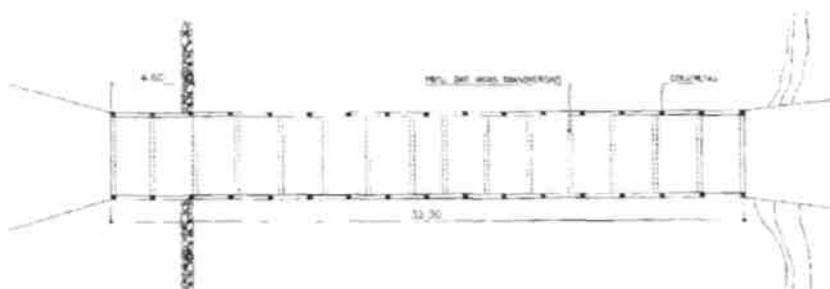


Figura 29 Tabuleiro da Ponte de Parati

FONTE: Vasconcelos (2002b)

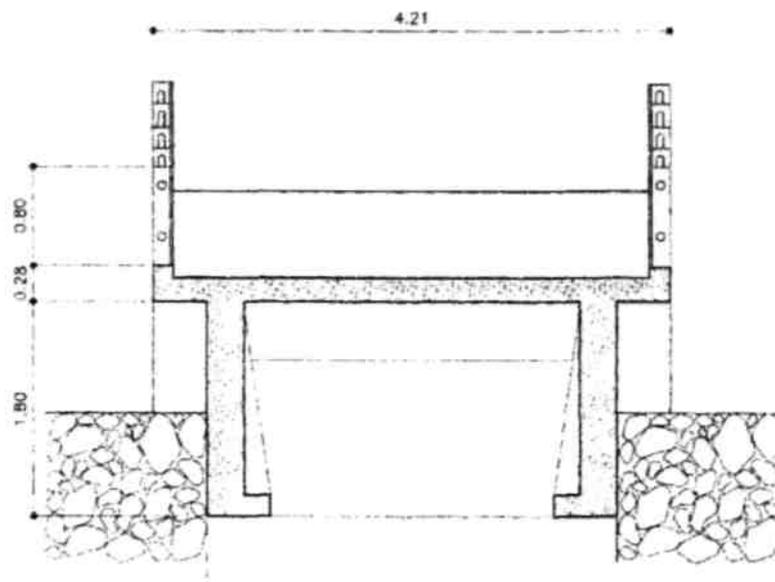


Figura 30- Seção Transversal da Ponte de Parati

FONTE:V Vasconcelos (2002b)

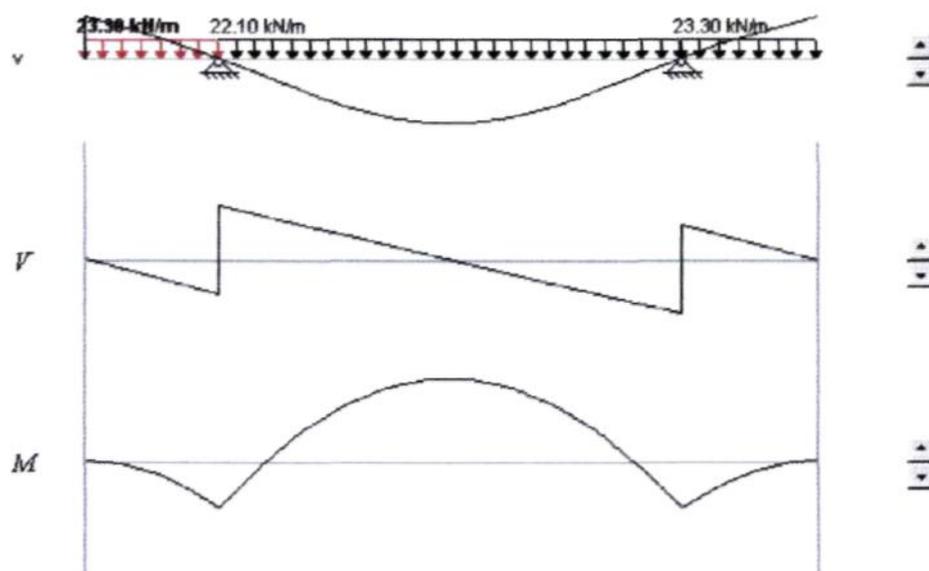


Figura 31 - Modelo Matemático

A partir do modelo chega-se a valores aproximados dos momentos de serviço. A **Figura 31** apresenta o Modelo Matemático seguido dos diagramas de esforço

cortante e momento fletor, ambos gerados pelo software Dr. Beam. No diagrama de momento fletor observa-se um momento fletor máximo no meio do vão, com um valor de 946 KN*m, e nos apoios o valor do momento é 319 KN*m, valores bem próximos daqueles indicados por Vasconcelos.

Na **Figura 19- Modificação no diagrama** apresenta-se as modificações no diagrama de uma viga a partir da modificação dos seus apoios, em um caso descrito por Galileu Galilei (1988). Ao se levar em consideração o estado da arte do conhecimento científico, pode não parecer relevante a problemática apresentada, pois nada mais houve do que a adição de um apoio de segunda ordem no meio do vão e a ruptura do apoio da extremidade direita, alterando completamente os diagramas de esforço cortante e momento fletor. Todavia, conforme foi sustentado em passagens anteriores, a compreensão histórica da Engenharia Estrutural pode proporcionar um impacto pedagógico positivo. Foi através de Galileu Galilei que a teoria e a prática deixaram de ser consideradas separadamente no desenvolvimento do conhecimento científico. Segundo Freire Júnior e & Carvalho Neto (1997, p. 15), o maior legado de Galileu foi a sua maneira de pensar, muito diferente daquela conhecida pelos aristotélicos³⁴, pois supõe a formulação de uma "hipótese matemalizada - portanto uma abstração das relações entre as variáveis dos fenômenos em estudo." Galileu recorreu à experimentação, considerando o experimento como uma pergunta que fazemos à natureza, que deve ser aproximada pela linguagem matemática. Conforme Koyré (1991), a grande diferença entre o homem medieval (ainda baseado na física aristotélica) e o homem moderno, refere-se à postura diante da natureza. Enquanto o primeiro a contemplava, o segundo procurou dominá-la, sendo a tendência mecanicista da física clássica (a física de Galileu, de Descartes) a maior expressão desse sentimento de posse em relação à natureza. Segundo Capra (2001), essa visão mecanicista da natureza e da vida está fortemente presente em grande parte do conhecimento científico, tornando-se necessária a sua superação no sentido de propor

Aristóteles elaborou uma física fortemente enraizada no senso comum, considerando a terra imóvel e localizada no centro do universo. Construiu um sistema teórico altamente sofisticado e coerente. Dividiu o mundo em duas partes: aquele que vivemos: e o céu. considerado perfeito, cabendo a ele a aplicação da matemática. Esse universo hierarquizado tinha entre seus pressupostos "um completo divórcio entre a teoria e a prática" (FREIRE JÚNIOR E & CARVALHO NETO 1997. p. 10).

o que chama de uma ecovisão, onde se parte para uma visão de mundo holística, com ênfase maior no todo em relação às partes. Capra vai além, afirmando que essa visão ecológica ultrapassa os limites científicos, considerando a vida como uma unidade, a partir da interdependência entre suas múltiplas manifestações bem como a partir dos seus ciclos de mudança e transformação. Focando-se essa visão holística é que se pretende pensar o ensino de Estruturas. Levando em consideração as reflexões acima e o caso analisado na **Figura 19**, sugere-se as seguintes questões: • Ao analisar a causa da ruptura, Galileu afirma:

o excesso de peso causou o que não teria acontecido se estivesse apoiada somente sobre as duas vigas [Figura 32 a)] . porque, se alguma delas tivesse cedido, a coluna a teria acompanhado. (GALILEU GALILEI. 1988. p. 12).

A partir desta constatação, pede-se para demonstrar porque o fato do apoio direito ceder compromete apenas a coluna³⁵ com três apoios (Figura 32b), e não aquela inicialmente concebida, com dois apoios.



Figura 32 - Questão sobre hiperestacidade

³⁵ Galileu usou para este exemplo uma terminologia diferente daquela atualmente utilizada. Chamou de vigas os apoios da coluna, sendo que esta funcionou como uma viga resistindo ao seu peso próprio.

Essa questão ajudará a compreender o comportamento estrutural de uma estrutura hiperestática a partir de uma estrutura isostática semelhante. A estrutura isostática não modifica seus diagramas em função de um deslocamento no apoio direito, conforme pode ser verificado na **Figura 33** (os diagramas da letra a) estão na mesma escala dos diagramas da letra b).

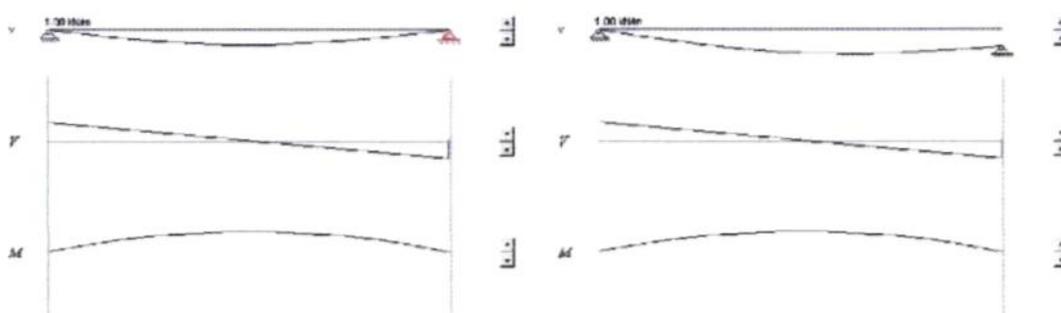


Figura 33 - Estrutura isostática a) Apoio direito sem deslocamento b) Apoio direito com deslocamento

No caso da coluna com três apoios (Figura 32 letra b) ocorre um comportamento estrutural diferente. Os diagramas são obtidos a partir do deslocamento do apoio direito, gerando momentos fletores máximos aumentando de acordo com os aumentos dos deslocamentos impostos (Figura 34).

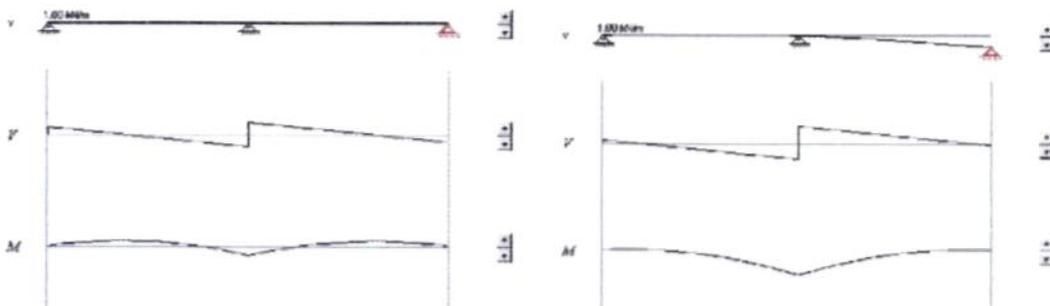


Figura 34 - Estrutura Hiperestática, a) Apoio direito sem deslocamento, b) Apoio direito com deslocamento

Além disso, pode-se analisar o problema na perspectiva do momento histórico da sua proposição. A Lei de Hooke ainda não existia e apenas se iniciava a utilização de leis matemáticas em experimentos científicos. O conhecimento sobre a Resistência dos Materiais era ainda muito incipiente, baseados nas experimentações de Galileu. Esta situação evidencia a necessidade de se compreender e se analisar as diferentes respostas de uma estrutura antes mesmo da utilização de modelos matemáticos apurados. Outra questão importante são as causas da ruptura, que não se torna tão evidente a partir de uma análise mais detalhada, pois se o apoio da direita simplesmente desloca-se para o centro, o módulo do momento máximo mantém o seu valor, ocorrendo apenas uma alteração do sinal, conforme podemos analisar na Figura 35.

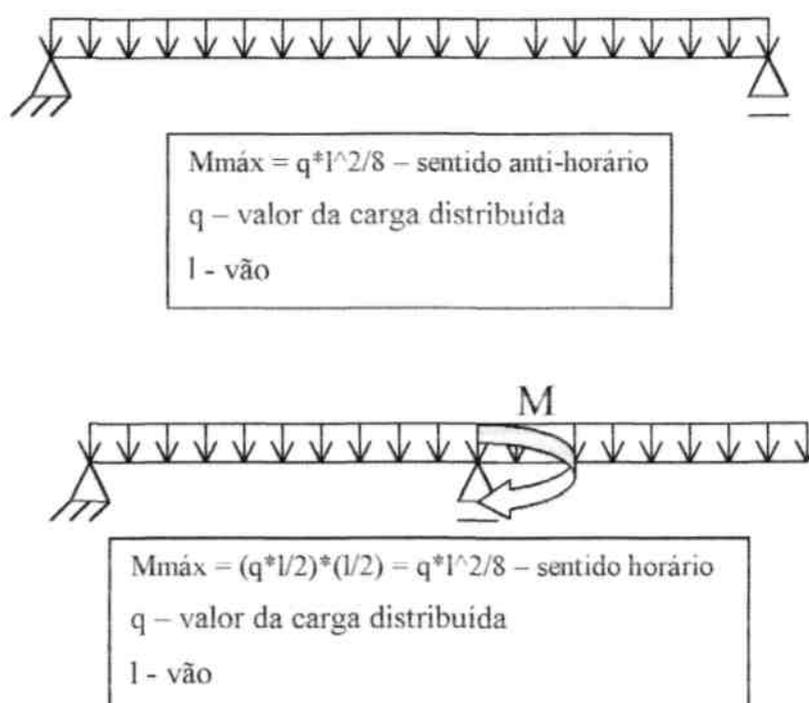


Figura 35 - Cálculo dos Momentos Máximos

A proposta de elaboração de questões apresentada acima tem como objetivo relacionar os elementos teóricos sobre o ensino de Estruturas e uma proposta de avaliação da aprendizagem em ambientes informatizados. Têm-se como foco neste trabalho as possibilidades de mediação em propostas de cursos de formação a distância, sendo esse horizonte considerado ao se porpor as questões apresentadas

neste item. Neste contexto, a concepção de um ambiente para a avaliação da aprendizagem deve ser sensível a pressupostos relativos a teorias de aprendizagem, e as relações entre eles devem estar bem-estabelecidas. A compreensão da abstração reflexionante e do processo de construção histórica do conhecimento bem como a consideração dos conhecimentos prévios serão fundamentais para se pensar estratégias de implementação de um ambiente virtual. No capítulo 5 (p. 93) serão trabalhados com mais detalhes os princípios teóricos apresentados e a forma como os mesmos podem ser contemplados em um AVA, porém já surge o seguinte questionamento:

- De que maneira os princípios construtivistas podem auxiliar na concepção de processos de avaliação que permitam inferir sobre o desenvolvimento da aprendizagem em Engenharia Estrutural ?

4 A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Não raro. quando falamos com colegas sobre como desenvolvem seu projeto de trabalho e como avaliam seus alunos, permanece a sensação de um longo roteiro por trem que. em viagem mais ou menos acelerada, vai cruzando por morros e várzeas, vislumbrando cultivos e cursos d'água. atravessando cidades maiores e menores, onde os homens são meros componentes destas paisagens, ora luminosas, ora chuvosas. Numa tentativa de mostrar o máximo do roteiro escolhido". no breve tempo de "excursão", pouco observam o roteiro e. menos ainda, o grupo. Eventuais paradas - estações no caminho - permitem a descida de alguns desiludidos ou impedidos de continuar. A retomada do roteiro se faz sem olhar para trás. Algum tempo ou muito tempo depois, quando - e se - o trajeto anterior for discutido, descobre o professor/guia que o aluno/passageiro não observou satisfatoriamente o trajeto. Que pena! Você não viu ? Mas quase todos viram! Agora não há como retomar o caminho. Mas deixa o lembrete: Daqui para frente fique mais atento ! Ao término do ano letivo/roteiro um balanço do aproveitamento registrado no boletim escolar indica que alguns não poderão inscrever-se para um novo roteiro. Não têm requisitos para a próxima viagem. Uma lástima ! Terão que refazer o trajeto: o mesmo trajeto, as mesmas paradas ! (SCHAFFER. NO.. 1999. p.1)

A seguir são enumerados alguns questionamentos que surgem após a leitura do trecho acima:

- Será que os professores realmente permitem retomadas nos seus roteiros ?
- Que grau de importância costuma-se atribuir aos conteúdos, procedimentos e técnicas em detrimento das pessoas ?
- O que significa para o professor dizer aos alunos, no final do trajeto, que terão que percorrê-lo novamente, com os mesmos trechos e as mesmas paradas ?
- Que tipo de atenção é dada àqueles que, por um motivo ou outro, são obrigados a desistir do percurso ?
- Até que ponto se permite que se dê uma pausa no roteiro para se apreciar algo que chamou atenção de alguém, para se fazer uma reflexão sobre como tem sido

a viagem, para saber o que os passageiros estão achando ou para ouvir sugestões de possíveis percursos diferentes ?

Não se tem a pretensão de responder integralmente as questões levantadas acima, e muito menos dizer que os professores precisam reformular totalmente seus métodos. Em artigo recente (COSTA et al, 2002) foi relatada uma experiência em que se propõe um trabalho a distância paralelo à sala de aula, que mostra que muito ainda se tem que caminhar para se encontrar respostas mais definitivas sobre essas questões. Nesta experiência tinha-se como objetivo resgatar aqueles conceitos trabalhados no início do semestre, já que o trabalho foi desenvolvido durante o terço final da disciplina. Dos 44 inscritos, apenas dois alunos participaram do trabalho³⁶. Este é um importante indicador de que muito precisa ser feito, principalmente na educação a distância, para que efetivamente tenhamos uma mobilização do aluno. Nitzke (2002, p. 176) apresenta resultados que enriquecem as reflexões propostas acerca do papel do professor e da importância excessiva que o ensino tradicional, em especial na Engenharia, atribui aos procedimentos e às técnicas. Segundo observações de alunos que participaram da sua pesquisa, "a postura participativa e cooperativa em sala de aula depende fundamentalmente do professor." A mudança de paradigma que supere a transmissão de informações na direção de uma abordagem construtivista não acontecerá sem "desestruturações traumáticas." Ao referir-se ao paradigma construtivista, Nitzke afirma que

[...] o foco deixa de concentrar-se na quantidade de informações a serem repassadas aos alunos, para buscar a construção de novos esquemas mentais, que possam dar conta no novo conhecimento que se deseja desenvolver. (NITZKE. 2002. p. 126)

Um dos aspectos que merece destaque na sua pesquisa refere-se aos resultados apresentados quanto à melhoria da capacidade de expressão oral. Para os alunos consultados, o método pedagógico construtivista é muito mais adequado do que o

³⁶ No capítulo 7. PRIMEIRA INVESTIGAÇÃO A PARTIR DO GPAREDE se descreve essa experiência com mais detalhes.

tradicional quando se está adquirindo competências relativas à capacidade de expressão oral. Segundo Nitzke, o resultado já era esperado, uma vez que no ensino tradicional, "o aluno dificilmente tem a chance de se expressar oralmente." (NITZKE, 2002, p. 139)

Hoffmann (2001, p. 125-126) utiliza o conceito de mediação ao tratar da avaliação da aprendizagem, argumentando que os professores precisam ser os "mediadores do desejo do aluno aprender". O educador precisa "propor, sem delimitar; questionar e provocar, sem antecipar respostas possíveis; articular novas perguntas à continuidade observada dos estudantes". Considera-se uma tarefa bastante complexa proporcionar essa mobilização do estudante, e que precisa estar atrelada à abordagem epistemológica proposta. Vasconcellos (2000b), apoiado em uma base epistemológica construtivista, indica algumas alternativas para que se desencadeie melhoras concretas no processo de avaliação. Alterar a metodologia de trabalho em sala de aula, diminuir a ênfase na avaliação classificatória e redimensionar o conteúdo da avaliação são alguns caminhos apontados por ele. Além disso, Vasconcelos sugere que se altere a postura diante dos resultados da avaliação e se trabalhe na conscientização da comunidade educativa, proporcionando assim uma concepção dialética-libertadora do processo de avaliação escolar. A abordagem epistemológica de Vasconcellos apresenta fortes convergências com a proposta desta Tese. A construção do conhecimento se dá, segundo Vasconcellos (2000a), num movimento de síncrese" (uma percepção inicial do problema), análise (relação do problema com outras frentes de atuação) e síntese (espaço de possíveis ações conscientes e voluntárias dos agentes históricos). O método pedagógico proposto por ele gira em torno desses conceitos, e é a partir deles que se propõe alternativas para a avaliação. Serão adotadas neste projeto as propostas de diminuir a ênfase na avaliação classificatória, redimensionar o caráter da avaliação e alterar a postura diante dos resultados da avaliação. Além disso, considera-se fundamental respeitar o ritmo de aprendizagem de cada estudante e considerar o erro como um recurso para

Expressão utilizada pelo autor para se referir à forma como se estabelece o primeiro contato do sujeito com o objeto de aprendizagem, levando-se em consideração os conhecimentos prévios.³⁸ Nos itens 4.1 e 4.2 deste capítulo serão detalhadas a avaliação formativa e a auto-avaliação, que são principais propostas deste projeto para modificar o caráter da avaliação.

promover a aprendizagem, ao invés de utilizá-lo como elemento que cause constrangimento e distância entre professor e aluno.

A ênfase na avaliação classificatória perde seu sentido ao se entender a avaliação da aprendizagem como inerente ao processo ensino-aprendizagem, constituindo assim muito mais do que um simples instrumento para certificar a aprendizagem. Bazzo et al. (2000) apontam para a necessidade de se considerar a avaliação como uma ação integrada ao processo de aprendizagem, eliminando assim o seu viés essencialmente quantificador. Em Costa et al. (2001a), aborda-se a questão do dinamismo, legitimando o contínuo resgate dos resultados de avaliações ao longo do curso, de forma que se redirecione então a aprendizagem. Desta forma, a avaliação passa a exercer um papel muito mais importante na promoção da aprendizagem, deixando de ser simplesmente um instrumento de certificação para se tornar um dos fatores norteadores dos rumos do trabalho educativo.

A partir dessas considerações a respeito da avaliação da aprendizagem e os objetivos deste trabalho, surge a seguinte pergunta:

- De que forma o GPAREDE pode ser um ambiente propício à construção de conceitos de Engenharia Estrutural no âmbito de uma avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem ?

4.1 Avaliação Formativa: contínua e processual

Avaliar continuamente a aprendizagem representa mais do que simplesmente aumentar o número de avaliações. Não basta realizar mais provas para se ter realmente uma mudança de concepção epistemológica. Conforme foi descrito no capítulo 2 (p. 20), a Epistemologia Genética representa mais do que um método pedagógico. É uma teoria que trata da dinâmica de acesso ao conhecimento e, ao se conceber uma proposta de avaliação, é preciso analisar as bases epistemológicas de cada proposta. Avaliar continuamente é consequência direta do caráter simultâneo e provisório da teoria construtivista. Conforme Hoffmann (2001), as próprias respostas dos alunos darão pistas para que o professor continue refletindo sobre atividades futuras a se propor. Assumir a avaliação processual é, antes de mais nada, se identificar com a concepção dialética acerca do conhecimento. É na relação entre o sujeito e o objeto, entre o educando e o mundo, que se estabelece a aprendizagem.

Dar conta dessa dinâmica só é possível a partir de uma avaliação que seja sensível à mudança contínua, onde a única coisa permanente é a mudança. A evolução contínua do conhecimento, consistindo algo em constante transformação, opõe-se ao princípio da avaliação terminal¹⁹. Avaliar continuamente vai de encontro ao que foi referido anteriormente sobre o conhecimento sendo construído a partir de uma espiral ascendente, pois contemplam o processo e a necessidade de que o mesmo seja avaliado e analisado integralmente. Em Costa (2000) reforça-se a importância da realização de diversos instrumentos de avaliação para se trabalhar dentro da perspectiva construtivista. Ramal (2000) refere-se à avaliação na cibercultura enfatizando que os caminhos utilizados para que o aluno chegue na resposta é tão importante quanto a própria resposta, porque *"os percursos dizem muito mais sobre o desenvolvimento de habilidades e competências do que as respostas"*.

Em Costa et al. (2001a), ressalta-se a importância da utilização de recursos tecnológicos para a viabilização da avaliação contínua, possibilitando que se acompanhe a evolução do aluno e que se possa fazer as intervenções adequadas ao longo do processo. Além disso, enfatiza-se a importância de se ter flexibilidade e sensibilidade para transitar até mesmo entre diferentes concepções pedagógicas, pois o dinamismo, conforme afirmam, deve ser uma prática constante, e não apenas a troca conceitual entre diferentes concepções. Moran (2000) aponta momentos específicos onde se pode, por exemplo, realizar uma aula expositiva sem comprometer pressupostos construtivistas. Momentos de flexibilização, estímulo à pesquisa e coordenação de resultados não serão prejudicados por eventuais aulas expositivas.

A partir dessas reflexões a respeito da avaliação formativa, pergunta-se: ■

O GPAREDE possibilita a avaliação formativa ? De que forma ?

Aquela modalidade de avaliação baseada em poucos instrumentos avaliativos que têm peso preponderante em relação às demais produções do aluno. Apenas no final do processo se estabelece a avaliação, inviabilizando a avaliação contínua da aprendizagem.

4.2 Auto-avaliação

Antes de mais nada é necessário esclarecer que, da mesma forma que apenas exames realizados no final do curso não contribuem para a aprendizagem do aluno, o mesmo ocorre com a auto-avaliação do aluno realizada no final do curso. Conforme Hoffmann (2001), tais processos concentram-se em questões atitudinais, desvinculadas do ato de aprender. A auto-avaliação baseada na teoria construtivista precisa estar conectada com a postura do aluno frente o conhecimento, tendo um caráter acima de tudo reflexivo. Segundo Soares & Riberio (2001), as estratégias criadas pelo professor precisam incentivar o aluno a analisar e avaliar seu próprio desempenho, o que remete a relação com o processo de auto-regulação proposto anteriormente, onde o próprio estudante pode promover os desequilíbrios necessários a novas construções. Nesse contexto a auto-avaliação que está sendo proposta insere-se com naturalidade, representando um rico elemento de apoio para a avaliação contínua do aprendizado. Ao se considerar fundamental a participação do aluno, está-se valorizando o comprometimento do mesmo na sua aprendizagem, eliminando-se definitivamente aquela tradicional postura assumida pelo educando como um mero receptor de informações, fundamentada no empirismo que descrito no capítulo 2 (p. 20) Pelo contrário, ele deve ser protagonista deste processo, participando ativamente do seu desenvolvimento, proporcionando a avaliação mediadora (HOFFMANN, 2001), a autonomia e o "aprender a aprender". A simples iniciativa do educando de se avaliar já representa um aspecto positivo, permeado por auto-reflexões e autoquestionamentos, que certamente enriquecem o ambiente de aprendizagem como um todo. Numa proposta de avaliação realizada a distância⁴¹ a auto-avaliação ganha uma importância ainda maior, pois passa a representar um momento do aluno exercer a sua autonomia e saber como está o seu trabalho. A interferência do professor-tutor⁴² neste processo é fundamental, tanto na forma de

⁴⁰ Hoffmann considera questões atitudinais aquelas que tratam da postura do aluno em sala de aula e dos resultados desse aluno em situações de avaliação.

⁴¹ No item 4.5.2 será detalhada a relação entre a auto-avaliação e a educação a distância.

⁴² Terminologia utilizada por alguns autores para designar o professor num trabalho a distância.

retorno às auto-avaliações quanto sugestões de novas tarefas. A citação abaixo reforça a importância da auto-avaliação:

E o professor-tutor quem avalia o aluno e dentre as formas de avaliação utiliza-se comumente questões de auto-avaliação e tarefas finais que são previamente planejadas pelo elaborador, que pode utilizar qualquer forma de auto-avaliação que ele entenda ser eficiente e que realmente funcione para reforçar a aprendizagem (SOUZA, 2001a, p.2).

Ramos (2000) enfatiza ainda a importância da presença da auto-avaliação do aluno e de reflexões dos mesmos sobre sua aprendizagem nos portfólios .

4.3 Aluno elaborando questões

Nas atuais discussões sobre avaliação da aprendizagem, dificilmente encontram-se posições contrárias a uma participação maior do aluno. Bazzo et al. (2000) relatam uma experiência desenvolvida em uma disciplina introdutória de um curso de Engenharia na qual os alunos foram divididos em dois grupos. Cada um elaborava, em conjunto com o professor, questões para o outro grupo, gerando assim um ambiente extremamente participativo e propício à aprendizagem.

[...] o processo avaliativo deve ser democrático, claro, transparente e honesto. É impossível conceber um processo cooperativo de aprendizado funcionando junto com um processo autoritário de avaliação. Isso implica que os aprendizes devem também estar envolvidos na decisão do que deve ser avaliado. (BAZZO et al. , 2000, p. 226).

Conjunto de arquivos ou pastas que contêm coleções de trabalhos do aluno, mostrando o seu desempenho durante o curso. Alava (2002, p. 117), referindo-se ao portfólio, argumenta que "o acesso a um dossiê do estudante, em que se pode obter informações sobre os textos pelos quais passou, as atividades que realizou e as avaliações e resultados obtidos, poderia ajudá-lo a gerir melhor sua conduta de aprendizagem."

Ramos (1999) ainda enfatiza a importância de se trabalhar aos pares, lembrando que os alunos estão mais aptos a identificar as perspectivas de aprendizagem dos seus colegas do que o professor.

4.4 Uma nova postura diante dos resultados da avaliação

Conforme foi dito anteriormente, proposta de avaliação desta Tese contempla uma postura diferente daquela tradicionalmente adotada diante dos resultados da avaliação. Mesmo diante de um conteúdo de avaliação com as características descritas nos itens anteriores, ainda é fundamental que haja sensibilidade do educador na interpretação dos resultados obtidos.

4.4.1 O respeito ao ritmo individual de aprendizagem

As modalidades tradicionais de avaliação não costumam ser sensíveis à evolução individual. Fundamentam-se essencialmente em comparações entre os alunos, não importando o quanto determinado aluno cresceu ao longo do curso. Tal comportamento muitas vezes é injusto, pois ignora construções genuínas em detrimento da atribuição de conceitos estabelecidos de forma comparativa. O envolvimento do educando com os conteúdos desenvolvidos deve ser acompanhado de perto, sendo muitas vezes mais importante saber o quanto um aluno evoluiu do que sua nota absoluta. Piaget aponta para a importância do processo de construção, processo este que não está atrelado a um prazo definido, e que pode variar de pessoa a pessoa (PIAGET, 1978, 1995). Lagowski (1999) salienta a importância de se respeitar as diferenças individuais, fazendo parte de um processo integrado com o ensino e com a aprendizagem, conforme podemos observar na **Figura 36**.

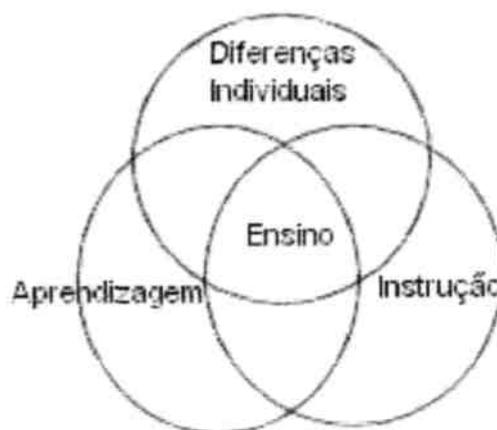


Figura 36 - Avaliação integrada ao ensino e à aprendizagem

Fonte: Lagowski (1999)

É importante destacar que a questão do ritmo individual do estudante e sua relação com o currículo oficial e a necessidade de se "vencer" os conteúdos ali estabelecidos representa um desafio a ser enfrentado. Uma das alternativas pode ser considerar o currículo a partir dos princípios fundamentais dos conceitos trabalhados. No caso do ensino de Estruturas, a análise histórica realizada no capítulo 2 (p. 20) pode fornecer importantes subsídios para se definir as leis que regem os fenômenos estudados, definindo-se assim os porquês fundamentais que definirão os conceitos principais do currículo.

A avaliação contínua consiste então no grande apoio disponível ao educador no sentido de possibilitar o acompanhamento individualizado.

Casas (1999) aborda a questão das diferenças individuais levando em conta idade, características biológicas, experiências de aprendizagem e antecedentes culturais.

A resultado da auto-avaliação pode ser um dos indicadores do ritmo de aprendizagem de cada aluno, pois representa um momento onde o aluno precisa refletir sobre sua aprendizagem. A condução da auto-avaliação deve ser feita de forma que a reflexão do aluno seja sincera e comprometida com a aprendizagem, permitindo assim que o educador possa reconstruir a trajetória do aluno e estabelecer uma relação dialética sensível ao ritmo desenvolvido pelo aluno.

A elaboração de questões por parte dos alunos pode trazer uma construtiva integração entre os mesmos, na medida em que aqueles que estejam em estágios de aprendizagem mais avançados possam propor questões aos seus colegas. Assim, tanto aqueles que elaboraram quanto aqueles que resolvem as questões serão beneficiados, proporcionando um ambiente favorável à aprendizagem. Seal & Przasnyski (2001) ressaltam a importância de alunos receberem explicações de seus próprios colegas, argumentando que o fato de estarem em níveis de compreensão mais próximos pode tornar a explicação dos conceitos mais fácil. A mediação do professor será fundamental neste processo, especialmente no sentido de mobilizar os alunos e esclarecer quais são os objetivos da tarefa, evitando um possível constrangimento naqueles alunos que estejam em estágios iniciais de aprendizagem. É importante salientar o desafio que representa a aplicação deste tipo de atividade, pois os alunos podem não dar crédito às questões propostas pelos colegas. Pode-se pensar num modelo de transição que proponha uma mudança gradual, onde o professor inicialmente revisaria as questões para dar o crédito às mesmas. Todavia, para que a aprendizagem colaborativa realmente se estabeleça, será necessário superar essa limitação. No capítulo 6 (p. 105) é apresentada uma ferramenta do GPAREDE que possibilita que os próprios alunos criem questões. Em função do formato do curso de extensão realizado, não foi possível utilizar essa ferramenta, porém é importante ter-se como horizonte a concretização de uma interação entre pares mais efetiva, mesmo que atualmente possa representar uma utopia. Segundo Salmon (2000), a construção do conhecimento se estabelece na interação mútua entre os alunos sob orientação do professor, que exerce o papel de moderador, cuja principal meta é possibilitar que os alunos "aprendam fazendo", ao invés de simplesmente serem receptores de conteúdo. Essa autora trabalha com educação a distância desde 1990 na Open University, onde formam-se grupos de discussão gerenciados remotamente por um tutor. Trata-se de um modelo de ensino parecido com turmas de muitas universidades nos Estados Unidos que apresentam um grande número de alunos. Um professor disponibiliza o conteúdo enquanto os tutores assumem o papel de facilitadores, ou moderadores, os chamados em EAD de *e-moderators*, que poderiam ser definidos como tutores especializados, pois trabalham de forma virtual com grupos de alunos. Essa

terminologia tem sido aplicada ao ensino virtual especialmente pela mudança que ocorre no papel do professor, que será abordada no item 4.5.2.

4.4.2 A consideração do erro na aprendizagem

É na avaliação formativa que se torna possível avaliar para refletir, ressignificando o papel do erro. Soares & Ribeiro (2001) relatam uma experiência cujos alunos, após uma avaliação escrita, tinham que dissertar sobre as possíveis causas dos acertos e dos erros. A partir de experiências como esta que se começa a integrar a avaliação com o processo de construção de conhecimento. Os mesmos autores ainda argumentam que o erro, como instrumento de intervenção pedagógica, é muito mais significativo que o acerto, na medida em que é na comparação das hipóteses falsas com as suas conseqüências que se estabelece novas aprendizagens. Vasconcellos (2000b) aborda a questão do erro a partir da necessidade do educador aceitar os seus próprios erros. Ele precisa mostrar ao longo de sua prática que pôde redirecionar a sua aprendizagem, mostrando-se, a partir dessa postura, que a importância está na mudança de rumo, e não no reforço negativo do erro.

Na correção de avaliações, sugere-se o seguinte, quanto à postura do professor:

... jamais dirá diretamente ao aluno que ele está errado em algum ponto e qual a resposta 'certa', mas irá procurar elaborar perguntas provocativas que busquem fazer com que o aluno reflita sobre o que fez ou escreveu, e sobre o modo como estruturou sua resposta (BAZZO et al, 2000, p. 91).

Tratar o erro como um momento privilegiado de reflexão e investigação (RAMOS, 1999), considerando os mesmos como acontecimentos significativos e impulsionadores dessa prática (SOUZA, 2001b) consistem estratégias fundamentais para uma proposta de avaliação.

Bazzo et al (2000) ainda reforçam que a discussão sobre os erros e acertos promovem a participação ativa dos alunos, tão importante para a visão epistemológica construtivista, conforme descrito no capítulo 2 (p. 20). Segundo Ramos, mais importante que acertar a resposta é dar ênfase ao processo de elaboração da mesma. Segundo Segundo Castorina (1988 apud SOARES E

RIBEIRO, 2001), Piaget considerava o erro mais fecundo que um acerto imediato, principalmente porque a consideração da hipótese falsa pode fornecer novos conhecimentos quando se analisam as conseqüências dessa hipótese. O erro possibilita ao professor identificar as concepções prévias dos alunos, proporcionando a base para a concepção de novas intervenções pedagógicas.

A auto-avaliação pode ser utilizada para que o aluno elabore suas próprias conclusões a partir da correção do professor. No capítulo 6. GPAREDE - GERADOR PARAMETRIZADO DE AVALIAÇÕES VIA REDE MUNDIAL DE COMPUTADORES (p. 105) será apresentada uma interface desenvolvida no ambiente de avaliação proposto nesta tese que proporciona um espaço para o aluno dissertar sobre a correção do professor e posteriormente elaborar questões para o ambiente a partir de duas reflexões. Desta forma, o erro do aluno passa a representar um importante instrumento do ato educativo, enriquecendo o caráter formativo da avaliação.

4.5 A avaliação da aprendizagem e a educação a distância

Conforme já foi descrito no capítulo 1 (p. 13), está entre os principais objetivos deste trabalho promover a melhoria da avaliação da aprendizagem na educação a distância. Para isto, será necessário relacionar as concepções de avaliações propostas nos itens anteriores com as peculiaridades da prática da educação a distância. Será iniciada uma breve descrição sobre a legislação pertinente à avaliação em EAD, focando principalmente a realidade brasileira e o ensino de graduação. A partir disso pode-se então identificar as possibilidades presentes nesta área e a forma como será possível contemplar os pressupostos teóricos da proposta de avaliação da aprendizagem a distância a ser apresentada.

4.5.1 A legislação em educação a distância

A educação a distância foi normatizada a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei n.º 9394 de 20 de dezembro de 1996)⁴⁴. Mais recentemente, a Portaria N° 2.253, de 18/10/2001, permite e normatiza a inclusão de disciplinas que, em seu todo ou em parte, utilizem o método não presencial, nos cursos de graduação (Art. 1º). Quanto à questão da avaliação, o artigo 7º do Decreto n.º 2494, de 10 de fevereiro de 1998, é bem claro ao afirmar que

a avaliação do rendimento do aluno para fins de promoção, certificação ou diplomação. realizar-se-á no processo por meio de exames presenciais, de responsabilidade da Instituição credenciada para ministrar o curso, segundo procedimentos e critérios definidos no projeto autorizado.

A obrigatoriedade de exames presenciais é novamente citada (Art 1º § 3º da Portaria N° 2.253 de 18/10/2001), de forma que ainda não há respaldo legal para se pensar em uma avaliação que ocorra sem a aplicação de provas presenciais, demandando conseqüentemente a necessidade de se realizar ao menos um encontro presencial com os alunos . Convém destacar que o exame presencial a ser realizado tem a função de certificar o aluno, sendo assim apenas uma das formas de se avaliar. Segundo Cerny (2001), apesar da variedade de formas de se avaliar, as instituições costumam validar apenas as presenciais, seja pela inexistência de outras formas ou pela atribuição de pesos bem maiores às avaliações presenciais. Propõe-se aqui uma avaliação formativa, que seja vinculada à aprendizagem, e que tenha como principal objetivo levar o aluno a refletir sobre sua própria aprendizagem.

Outras normalizações sobre a educação a distancia: Decreto n.º 2494, de 10 de fevereiro de 1998 (D.O.U. DE 11/02/98); Decreto n.º 2561. de 27 de abril de 1998 (D.O.U. de 28/04/98) ; Portaria Ministerial n.º 301. de 07 de abril de 1998 (DOU. de 09/04/98).

⁴⁵ No capítulo 1 foi definida a abrangência que está sendo considerada para a educação a distância. Baseando-se nela. esta proposta contempla alguns encontros presenciais e até mesmo a utilização do ambiente de forma complementar a um curso presencial, podendo substituir muitas atividades tradicionalmente realizadas de forma presencial.

4.5.2 As peculiaridades da educação a distância

Considera-se fundamental analisar as características peculiares da educação a distância, especialmente aquelas que interferem diretamente nas relações pedagógicas⁴⁶. Este fazer pedagógico é concretizado a partir de uma vasta possibilidade de recursos multimídia bem como uma nova forma de conceber a informação, especialmente pela difusão de conhecimentos possibilitada pela *web*. Horton (2000) ilustra as possibilidades da EAD ao conceber um curso sobre poetas americanos. Ao estudar um determinado poeta, nos moldes tradicionais, será necessário providenciar diversas formas de mídia, desde livros com fotos do poeta até recursos de áudio que contenham arquivos do poeta recitando seus poemas. Cada forma de mídia necessitará de um recurso audiovisual diferente, sem falar das limitações de acesso a esse material, que pode não ter em número suficiente para todos os alunos. Horton considera então esse mesmo cenário utilizando a *web*. Os materiais impressos podem ser digitalizados e então disponibilizados juntamente com os arquivos de áudio e vídeo através da *Internet*, sendo possível também a realização de pesquisas que possam levar os alunos ao encontro de outros documentos relacionados com a vida do poeta. Esse simples exemplo evidencia todo o potencial da *web* como recurso didático, fato que não é muito questionado nas pesquisas recentes. Porém, o papel do professor e do aluno precisam ser analisados neste novo contexto. Araújo (2001) indica que "o entusiasmo e o envolvimento; a percepção e o discernimento; e a capacidade de modelar a compreensão do conteúdo" são características para o professor ter sucesso tanto no ensino tradicional quanto na EAD; todavia, considera que a capacidade de escuta do professor deve ser mais apurada, estando assim mais apto a emitir *feedbacks* relativos às demandas dos

As implicações pedagógicas da educação a distância é um tema bastante complexo, e não se tem condições de esgotá-lo neste trabalho. Alava (2002) e Peters (2001) apresentam importantes contribuições sobre este tema. Em função desta limitação, serão focados os recursos multimídia possibilitados pela EAD e a influência dessa modalidade de educação no papel desempenhado pelo educador e pelo educando.

⁴⁷ É importante voltar a insistir que se tem como prioridade a questão pedagógica, reforçando-se os argumentos de MORAN (2000, p. 137) quando afirma que "se ensinar dependesse só de tecnologia, já teríamos achado as melhores soluções há muito tempo."

alunos. Segundo esse autor, tal capacidade torna-se mais necessária "em uma modalidade de educação que se proponha a priorizar a aprendizagem e o aprendiz em lugar do ensino e do professor", características atribuídas por ele à educação a distância. Seal & Przasnyski (2001) ressaltam a importância da capacidade do professor ouvir o aluno descrevendo uma experiência realizada a partir de um formulário disponível na *Internet*. Ao final de cada módulo, o aluno dissertava sobre sua compreensão acerca do módulo recém-concluído e sobre as dificuldades encontradas com relação ao assunto trabalhado, bem como enviava sugestões e comentários. Desta forma era possível ao professor fazer as alterações necessárias no decorrer do curso, além de possibilitar, a longo prazo, o desenvolvimento de uma página da disciplina contendo demandas obtidas a partir dos retornos dos alunos. Por exemplo, um professor que trabalha com a construção de diagramas em modelos estruturais pode constatar, após um semestre de trabalho e de uma constante interação com os alunos, que há uma grande incidência de problemas nos diagramas em função da não compreensão dos princípios físicos envolvidos. Essa e outras conclusões fornecem subsídios para a elaboração de um material didático cada vez mais elaborado.

A necessidade do professor exercer o papel de facilitador ou mediador também aumenta em atividades através da *Internet*. Segundo Moran (2000, p. 138-139), "a aquisição da informação dependerá cada vez menos do professor", tendo como consequência um novo papel para o professor, qual seja "ajudar o aluno a interpretar esses dados [disponíveis através da *Internet*], a relacioná-los, a contextualizá-los." Ou seja, a simples exposição dos conteúdos se torna ainda mais desnecessária, pois a aquisição da informação se torna cada vez mais rápida. O professor "agora é o gerenciador do processo de aprendizagem, é o coordenador de todo o andamento, do ritmo adequado, o gestor das diferenças e das convergências". Moran complementa dizendo que "o professor estará atento aos vários ritmos, às descobertas, servirá de elo entre todos, será o divulgador de achados, o problematizador e principalmente o incentivador". A passagem abaixo merece ser citada na íntegra, pois esclarece a mudança no papel do professor:

Muda a relação de espaço, tempo e comunicação com os alunos. O espaço de trocas aumenta da sala de aula para o virtual O tempo de enviar ou receber informações se amplia para qualquer dia da semana. O processo de comunicação se dá na sala de aula, na internet, no e-mail, no chat. E um papel que combina alguns momentos do professor convencional - às vezes é importante dar uma bela aula expositiva com mais momentos de gerente de pesquisa, de estimulador de busca, de coordenador dos resultados. É um papel de animação e coordenação muita mais flexível e constante, que exige muita atenção, sensibilidade, intuição (radar ligado) e domínio *tecnológico*.(MORAN, 2000, pp. 140,141)

O papel do aluno também precisa ser analisado no ensino mediado por ambientes virtuais, especialmente por ser uma modalidade de ensino que exige um esforço individual maior. Neste sentido torna-se inevitável falar da auto-aprendizagem, que está claramente expressa no Decreto nº 2494⁴⁸, e conseqüentemente da auto-avaliação. Segundo Cerny (2001), a auto-aprendizagem constitui-se uma inovação necessária nos processos de ensino mediados pela tecnologia, exigindo-se programas mais flexíveis e adaptáveis aos alunos, com possibilidade de se construírem como sujeitos autônomos, gerindo o seu processo de aprendizagem. A demanda por tal autonomia aumenta se levarmos em consideração a sociedade atual, que enfrenta constantemente um universo de incertezas, fazendo com que cada um deva "desenvolver capacidades de iniciativas e gerir seu capital de competências autodirigindo sua formação de modo a aproveitar as oportunidades" (Landry, 2002). Para Bostock (s/d, apud LOISELLE, 2002), os ambientes de aprendizagem construtivistas devem oferecer ao aluno um alto grau de controle sobre sua aprendizagem, o que vai de encontro ao referencial teórico apresentado no capítulo 2 (p. 20). Demo (2000, p. 101) reforça esta posição argumentando que "o construtivismo favoreceu a idéia primorosa de que a aprendizagem é função do sujeito capaz de iniciativa própria, abrindo uma avenida ampla em educação que dificilmente será fechada" . Neste contexto, a auto-avaliação impõe-se naturalmente,

colocando os alunos em confronto com seus próprios limites, de modo que os mesmos sejam levados a superá-los (PERRENOUD, apud CERNY, 2001). Convém ressaltar que não se está referindo a auto-aprendizagem no sentido humanista, realizada de forma isolada, e sim de uma construção realizada com a colaboração de colegas e a partir da orientação do moderador.

Ao refletir sobre uma aprendizagem inovadora com tecnologias, Moran (2000, p. 140) utiliza o conceito de aulas-pesquisa, tornando o aluno um "co-pesquisador, responsável pela riqueza, qualidade e tratamento das informações coletadas", elaborando o conhecimento a partir da própria experiência. Segundo Salmon (2000), o aluno aprende quando trabalha em conjunto com seus colegas, com a ajuda do moderador. Essa interação entre alunos os torna aprendizes ativos, especialmente quando os mesmos podem responder e perguntar para os próprios colegas (SEAL & PRZASNYSKI, 2001). Na sua proposição de aprendizagem cooperativa (ou colaborativa⁴⁹) para o ensino de Engenharia, Nitzke (2002) fundamenta-se na abordagem social-construtivista⁵⁰, salientando que a interação entre os sujeitos é positiva para a aprendizagem quando gera atividades extras, tais como explicações, desentendimentos ou regulações mútuas. Nitzke (2002) diferencia a interação com pares de nível intelectual semelhante e com o moderador. Enquanto a primeira é melhor na reestruturação dos conceitos, a segunda é mais adequada para a aquisição de habilidades. Essa questão da aprendizagem colaborativa e da construção social do conhecimento será retomada no capítulo seguinte (p. 93), quando o tema será tratado nas suas relações com diferentes concepções de ambientes virtuais de aprendizagens.

Levando-se em consideração o que foi apresentado neste capítulo, em especial as questões ligadas à EAD, pergunta-se:

- Quais perspectivas são abertas a partir da inserção do GPAREDE numa intervenção didática a distância ?

Segundo o teórico, a terminologia "aprendizagem cooperativa" é semelhante à "aprendizagem colaborativa"

Nesta abordagem, "sujeitos com um mesmo nível de desenvolvimento cognitivo tendem a beneficiar-se de um conflito interativo por apresentarem diferentes representações sobre o mesmo problema" (NITZKE. 2002. p. 53)

5. CONSIDERAÇÕES SOBRE AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

Cada vez é maior a variedade de iniciativas pedagógicas a partir de ambientes informatizados, concebidos a partir de diferentes perspectivas epistemológicas. Pode-se dizer que não há maiores restrições quanto ao desenvolvimento tecnológico desses ambientes, tendo em vista que existem plataformas que permitem ao professor dimensionar a interface segundo as suas necessidades, sem maiores conhecimentos de informática. Neste capítulo serão apresentadas diferentes facetas de um Ambiente Virtual de Aprendizagem - AVA e suas possibilidades, procurando identificar como cada ferramenta pode ser utilizada para atender as perspectivas epistemológicas detalhadas no capítulo 2 (p. 20).

Inicialmente é importante destacar algumas características de um ambiente de aprendizagem, procurando-se particularizar aspectos próprios de um ambiente virtual. Não se tem como objetivo, neste trabalho, distinguir categoricamente ambientes reais de virtuais, porém pretende-se analisar como a mediação pedagógica a partir de recursos da tecnologia da informação pode proporcionar características de um ambiente de aprendizagem construtivista. O objetivo principal deste capítulo é identificar os cenários a partir dos quais um ambiente virtual pode ser revelante para propiciar a aprendizagem, procurando-se identificar de que forma eles podem atender o referencial teórico proposto.

Segundo Dillenbourg (2003), um *website* educacional não é, necessariamente, um AVA. Por exemplo, disponibilizar na *Internet* um livro sobre construção de diagramas em estruturas isostáticas na forma de hipertexto, não apresenta maiores vantagens com relação ao próprio livro, mesmo que cada capítulo apresente exercícios com a resolução podendo ser acessada através de *hiperlinks*. Da mesma forma, a utilização da tecnologia da realidade virtual em 3D também não garante as características pretendidas. Utilizando-se o mesmo exemplo, pode-se ter uma edificação a partir da qual o usuário tem acesso com recursos da realidade virtual. Ao navegar sobre a edificação, pode-se consultar teoria e exercícios sobre a construção de diagramas em estruturas isostáticas, inclusive com diferentes animações que ilustrem os diferentes conceitos envolvidos no estudo. Essas características não são suficientes para caracterizar um AVA.

A seguir serão analisados diferentes aspectos de um AVA para que se possa entender como um livro ou um ambiente em realidade virtual, por exemplo, podem se tornar importantes recursos de um AVA.

5.1 Definição clara de uma base epistemológica

Ao se conceber qualquer atividade pedagógica, é importante que se tenha uma clara definição epistemológica, que irá nortear o desenvolvimento das atividades propostas. Promover atividades que forneçam *feedbacks* imediatos para evitar que os alunos cometam erros, caracterizam uma abordagem empirista, pois funcionam usualmente como uma punição ao aluno (OLIVEIRA et. al, 2001, p. 22). Foi salientado no capítulo 4 (p. 76) a importância do erro na abordagem construtivista, o que evidencia o quanto o erro do aluno pode contribuir na concepção das atividades. Os autores acima apontam como alternativa ao *feedback* imediato "a inclusão de estratégias interativas de ensino que considerem o seu conhecimento prévio, aumentando assim a viabilidade de sua aprendizagem." Pode-se, por exemplo, levar o aluno a tentar entender por que resolveu daquela forma, mostrando que ela pode estar coerente como o seu conhecimento prévio. Sugere-se também a utilização de simulações com o objetivo de antecipar dados, possibilitando a utilização de conceitos inerentes àquele conteúdo em situações diferentes.

5.2 A consideração da Internet como um espaço construído também pelos estudantes

Dillenbourg (2003) salienta uma característica particular de ambientes virtuais, em função das peculiaridades da *Internet*. Segundo ele, os estudantes não estão restritos a consultar as informações da *web*, eles se tornam produtores da informação, participantes do jogo. A utilização de portfólios virtuais para que os alunos registrem as suas produções ao longo do curso consiste numa atividade diferente do que entregar um trabalho apenas para o professor, pois no primeiro caso, as informações estarão disponíveis para qualquer pessoa que tenha possibilidade de acessar a

*Internet*¹. Desta forma, a disponibilização de um livro pelo professor pode consistir apenas no início de uma atividade que inclua os seguintes itens: a) uma pesquisa a respeito da temática abordada; b) a disponibilização, no portfólio virtual do aluno, de uma resenha a respeito do livro; c) a criação de uma lista de discussão que tenha por objetivo construir um texto coletivo a partir da análise das resenhas dos colegas; d) outras atividades que possam tornar o ambiente virtual um espaço onde os estudantes sejam efetivamente protagonistas da informação. Lioselle (2002, p. 116), descreve a participação do aluno no desenvolvimento do produto, onde "o estudante conduz suas próprias operações de coleta de informações e não se coloca como um simples consumidor da informação", assim, "o dispositivo estimula os estudantes a desenvolverem um conteúdo próprio". A partir das produções dos alunos, pode-se então enriquecer o que Lioselle chama de dispositivo de formação multimídia, fazendo dele uma construção coletiva. O desenvolvimento de portfólios virtuais pelos estudantes possibilitam também, segundo esse mesmo autor, um acesso a ferramentas de acompanhamento do estudante, de forma que os mesmos possam "registrar suas observações e reunir as informações necessárias que lhe pareçam essenciais", permitindo ao aprendiz "conservar indicações das leituras e atividades realizadas". Dessa forma, estimula-se que o estudante faça uma seleção das informações presentes na rede a partir de critérios por ele mesmo estabelecidos.

Um exemplo do uso do ambiente a partir de portfólios virtuais desenvolvidos pelos alunos é a experiência apresentada por Rojas (2002). Ele descreve o uso de um tutorial chamado MAESTRO, desenvolvido em linguagem Java⁵² para a disciplina Aplicações Computacionais do curso de pós-graduação em Gerenciamento e Engenharia de Construção do Departamento de Engenharia Civil, Estrutural e Ambiental da Universidade de Buffalo. A interface do tutorial baseia-se na

Convém destacar que no Brasil ainda c uma minoria que tem acesso à *Internet*. Em 2001 o IBGE (<http://www.ibge.gov.br>) verificou que apenas 8.6% dos domicílios tinham microcomputadores com acesso à *Internet*. Esse dado retrata um problema social do Brasil, que relativiza a universalização do conhecimento através da *Internet*.

⁵² Java é uma linguagem de programação orientada a objetos que foi projetada para ser portátil entre diferentes plataformas e sistemas operacionais. Inclui recursos especiais que o tornam ideal para programas na Internet. Permite que sejam colocados gráficos interativos em páginas da Internet.

orientação para a realização de tarefas específicas solicitadas pelo estudante, como por exemplo criar um objeto 3d, alterar sua luminosidade, etc. Em função da carga horária e da quantidade de softwares que devem ser trabalhados, não é foco da disciplina uma análise aprofundada de cada um deles. O tutorial é baseado na *Internet*, permitindo que seja constantemente atualizado pelo instrutor mediante o uso da linguagem html. Portfólios Virtuais são desenvolvidos por cada grupo de trabalho, que armazenam seus arquivos em diretórios do computador do instrutor, o qual pode ser compartilhado a partir de qualquer computador conectado à *Internet*. Propõe-se o seguinte paradigma cognitivo: educação baseada na *Internet*. Esse paradigma torna-se possível pois acredita-se que as tecnologias da *Internet* permitem um aumento na interação entre os estudantes, o que possibilitará a geração do conhecimento a partir da cooperação e do compartilhamento da informação, reforçada pelo desenvolvimento dos portfólios virtuais e pelas avaliações entre colegas⁵¹. Rojas (2002) prevê um melhor aproveitamento do tempo na sala de aula tradicional, pois a disponibilização da informação ocorre pela *web*. O grande diferencial proposto por ele no desenvolvimento do ambiente é a participação ativa do estudante no processo pedagógico criando suas próprias experiências de aprendizagem. A avaliação formativa ocorre a partir da apresentação do portfólio virtual de cada grupo, de forma que os grupos são então classificados pelos demais e por um instrutor de outro departamento, tornando os próprios estudantes participantes ativos da aprendizagem coletiva. A partir do *ranking* obtido o instrutor então atribui um conceito para cada grupo com as respectivas recomendações. A avaliação somativa ocorre no final do semestre quando o instrutor reavalia a qualidade dos trabalhos baseado nas recomendações da avaliação formativa.

Essa integração entre a proposta pedagógica e a avaliação representa um importante exemplo de coerência na condução do ato educativo, constituindo-se num forte indicador para obtenção do sucesso na compreensão dos objetivos de aprendizagem.

⁵³ *Formative Peer Evaluations*

5.3 Possibilidade de promover autonomia ao estudante

Inicialmente cabe situar o conceito de autonomia e suas conseqüências na concepção de um AVA. Segundo Fainholc (1999, p. 25), um dos aspectos que mais diferencia a modalidade a distância da presencial é a ênfase dada na primeira ao trabalho autônomo. A educação a distância, na perspectiva do mesmo autor, quando enfatiza a mediação pedagógica para apoiar a auto-aprendizagem do estudante, converte-se em educação aberta, proporcionando a inclusão de pessoas independentemente dos títulos acadêmicos anteriores. Assim, tem-se um modelo autogerido, estando professores e alunos separados no tempo e no espaço. Convém destacar que nem toda forma de educação a distância constitui uma modalidade de educação aberta, considerando a autonomia como eixo central dessa diferenciação. Peters (2001, p. 156) relativiza com propriedade a autonomia nas experiências em EAD, destacando seu caráter heteronômico, sendo "predeterminado, estruturado, amarrado a fatores preestabelecidos e mais regulamentado do que o estudo com presença", ao mesmo tempo em que o estudante trabalha autonomamente como em nenhuma outra área educacional. Os estudantes precisam assumir a responsabilidade pelo seu próprio estudo, decidindo quanto tempo, em qual intensidade e em que momento realizarão as tarefas. Segundo Peters, essa forma de autonomia "refere-se apenas à forma exterior do estudo e às suas condições diferenciadas". Todavia, a existência de prazos pré-determinados, vinculações aos semestres regulares, regras e regulamentos institucionais e restrição quanto a decisões curriculares, limitam a autonomia do estudante.

A autonomia apresenta uma relação direta com o referencial teórico deste trabalho, quando pensa-se sobre a forma como se estabelece a aprendizagem. Se não há, conforme foi argumentado anteriormente, a transmissão do conhecimento, e sim a sua construção ativa e baseada nas estruturas individuais do saber, a autonomia como um estudo autogerido vai de encontro com a concepção construtivista acerca do conhecimento. Basendo-se em Peters (2001) e Alava (2002), apresenta-se alguns exemplos de facetas presentes na EAD que promovem um "espaço incomensuravelmente grande para formas do estudo autônomo e autogerido" (PETERS, 2001, p.259):

- Desonera a memória dos estudantes em função da grande capacidade de armazenamento de dados abrindo novas dimensões para a aprendizagem.
- Possibilita o acesso a uma grande quantidade de informação.
- O rápido acesso a informações, o que permite a sua seleção e estruturação, facilitando sua transformação em saber. Os *hiperlinks* criados permitem que os alunos, a partir de seus interesses pessoais, ampliem os conhecimentos básicos do curso.
- Possibilidade de demonstração e comunicação dos resultados a partir das singulares possibilidades da multimídia, tendo modos de representação múltiplos.

Facilidade na realização de análises estatísticas a partir de uma grande quantidade de dados.

Presença de atividades de aprendizagem que destaquem o papel ativo dos alunos, a partir de retornos individualizados, indicação de informações suplementares ao tema tratado e análise crítica da informação.

- Os estudantes podem ter acesso a conversações com companheiros individualmente bem como a comunidades de conhecimento, sendo esta uma forma de estudo autônomo em cooperação. Estabelece-se assim uma rede de comunicação.

Finalmente, relaciona-se a autonomia com a EAD na medida em que amplia o espaço decisório dos estudantes (PETERS, 2001), onde a busca, a compreensão e a avaliação de fontes necessárias podem ocorrer sem a presença do docente. A memorização dá lugar à pesquisa e à construção. As interfaces desenvolvidas a partir de recursos multimídia devem priorizar o "controle do aprendiz", "encorajando a exploração e o envolvimento do estudante" (LOISELLE, 2002, p.113).

5.4 A interatividade em AVA's

Dillenbourg (2003) destaca que o problema das interações representa essencialmente um contingente de ordem pedagógica. Estabelecer um ambiente colaborativo de aprendizagem não está limitado por questões técnicas, já que a utilização do correio eletrônico e dos *chats*, por exemplo, não apresenta maiores

limitações. O desafio consiste em tornar essas comunicações em algo construtivo para a aprendizagem. Para que isso ocorra, será necessário considerar uma espécie de contrato de conversação, na maioria das vezes implícito, a ser constituído no ambiente virtual, levar em conta as diferenças entre as interações virtuais e as presenciais e considerar também as comunicações não-verbais, como o caso dos *whiteboards*⁵⁴. Segundo Fainholc (1999), a concepção dos projetos teleducativos, a preparação dos materiais de auto-aprendizagem pedagogicamente válidos e a orientação tutorial são elementos-chave para fortalecer a interatividade. Para que os materiais informático-telemáticos sejam interativos, devem provocar, prever e prover estratégias cognitivas que sejam fatores de desenvolvimento posterior para os sujeitos a partir do trabalho autônomo, favorecendo o diálogo através de atividades capazes de desafiar o aluno. Para ela, a interatividade se alimenta a partir da elaboração de materiais contendo textos processados didaticamente, de ações tutoriais que motivem o estudante a fortalecer a sua auto-aprendizagem com trabalho didático pessoal e colaborativo com outros estudantes, que unidos sincronamente através da tecnologia, ampliam o compromisso pedagógico.

É importante neste contexto refletir sobre variáveis que determinam o nível de abertura de um AVA, o que permitirá ou não um ambiente interativo e promotor da autonomia do estudante. Para Fainholc (1999, p. 105), módulos de ensino constituídos de unidades instrutivas auto-suficientes reduzem as possibilidades da individualização do ensino, impedindo a constituição de um ambiente interativo. Isso não significa que as "Facilidades didáticas para a aprendizagem autônoma" não tenham uma base conceitual. Dependem "do estudante que investiga intenções, revela contradições, aplica e contesta a prática". São estruturas, porém no sentido piagetiano, que incluem uma noção de totalidade, de transformação, de auto-regulação e de autoconstrução constante, dependendo, para sua transformação, das interações com o meio. Essa noção de estrutura, segundo Fainholc (1999), é um sistema de transformação que enquanto sistema, enriquece-se pelo jogo das transformações. Essa autora enumera alguns padrões para a concepção de materiais que promovam a interatividade, a partir de aprendizagens que satisfaçam

Consiste num software a partir do qual dois ou mais usuários podem editar o mesmo documento, podendo ver, modificar e apagar os objetos editados pelos colegas (Dillenbourg, 2003).

necessidades e interesses, orientem a contextualização, apoiem-se em conhecimentos prévios e estimulem a investigação e aplicação. Para o desenvolvimento sócio-emocional, propõe-se a realização de atitudes favoráveis à motivação, ao esforço pessoal, à autodisciplina e à autodedicação, e à busca compartilhada e discussão grupal.

A partir das referências descritas acima, constata-se que a interatividade na educação a distância precisa ser entendida e considerada desde as primeiras idéias a respeito do desenvolvimento de um AVA. As peculiaridades da EAD bem como a magnitude das possibilidades da *Internet*, remetem à constituição de um novo paradigma pedagógico, ainda não delineado por completo. Por mais correntes que estejam as aplicações em AVA's bem como a difusão de ferramentas computacionais, ainda é necessário falar-se em novidade quando se pensa na interatividade, na ótica construtivista, a partir da utilização de ambientes informatizados.

5.5 Possibilidade de promoção da aprendizagem colaborativa

A constituição de comunidades virtuais consiste num tema de relevante interesse para a educação, principalmente no sentido de compreender de que forma se constituirá a aprendizagem colaborativa a partir de um AVA. Capra (1997, p.291), referindo-se ao pensamento coletivo, afirma que, "mais do que qualquer outra espécie social, dedicamo-nos ao pensamento coletivo e, assim procedendo, criamos um mundo de cultura e de valores que é parte integrante do nosso meio ambiente natural". Para Grabinger & Dunlap (1996 apud LOISELLE, 2002, p. 115), "a presença de atividades de aprendizagem colaborativa é uma condição necessária ao estabelecimento de ambientes de aprendizagem ricos." Loisel (2002) considera vantajoso criar redes de aprendizagens para estudantes compartilharem seus pontos de vista, seja por correio eletrônico ou por listas de discussão. Flores & Becerra (2002, p. 85) apresentam estratégias de aprendizagem em colaboração mediadas por tecnologias visando a produção social do conhecimento na Universidade Virtual de

Quilmes (UVQ)⁵⁵. Nesta experiência, buscou-se "propostas inovadoras e rigorosas de produção de materiais didáticos capazes de gerar nos estudantes processos de reflexão, análise crítica e estabelecimento de relações entre o que sabem e o novo conteúdo a aprender." Para que isto ocorra, propõe-se o "diálogo didático mediado" entre docente e aluno. Esses autores assinalam que a aprendizagem, baseada no paradigma construtivista, não é resultado apenas de uma atividade auto-estruturante, mas é também resultado de interações sociais, afirmando-se assim que o sujeito é, antes de ser um aprendiz, um sujeito social. Para tanto, será necessário construir culturalmente uma negociação de significados, que se constituirá a partir da aprendizagem colaborativa.

Particularizando para AVA's, Flores & Becerra (2002,) analisam a aprendizagem colaborativa tecnologicamente mediada, afirmando que, além da aprendizagem COM a tecnologia, onde o aluno melhora seu rendimento intelectual, há a aprendizagem DA tecnologia, a partir da qual resulta um "resíduo cognitivo", obtido no processo de colaboração. Tal resíduo implica novas habilidades e novas estratégias de pensamento, com efeitos para a vida acadêmica e profissional do estudante, conforme é exemplificado a partir de uma experiência realizada em 1999 pelo curso de Licenciatura em Educação da UVQ, na disciplina "Educação e Novas Tecnologias", obrigatória e de caráter introdutório para todos os alunos do curso. No segundo trabalho prático da disciplina, ao se estudar a problemática tecnologia e sociedade, foi proposto um debate entre diferentes grupos, compostos de três a quatro alunos num total de cinquenta, acerca de posturas tecnófilas e tecnófobas⁵⁶. A cada grupo se atribui a defesa de uma das posturas em debate, sendo que três grupos assumem o papel de moderadores e juizes dos debates. No primeiro caso, deve-se

Programa pertencente à Universidade Nacional de Quilmes, localizada na Província de Buenos Aires. Argentina. Constituiu-se a partir de transferências tecnológicas e pedagógicas da Universidade Aberta da Cataluña (UOC). sendo, segundo Flores & Becerra (2002), a primeira experiência educativa em toda América Latina cujos estudantes podem realizar todo curso universitário através de um campus virtual assíncrono.

⁵⁶ Tecnófilos são aqueles que atribuem exclusivamente ao uso da tecnologia a solução dos problemas. Para alguns tecnófilos, o uso do computador na educação pode prescindir até mesmo da presença do professor. Os tecnófobos, ao contrário, tem uma aversão à tecnologia, possuindo, em alguns casos, uma visão retrógrada e sectária.

produzir uma argumentação da posição atribuída, a partir da bibliografia da disciplina, informações e dados coletados, etc. Já os grupos que moderam e julgam os debates, deve ser realizado um trabalho de sistematização de posturas e argumentos para que se possa então dar um veredito com a postura ganhadora do debate, a partir de critérios explícitos.

A formação dos grupos e a troca de informações entre os diferentes grupos ocorre no Fórum Aberto da Aula, um espaço de comunicação multidirecional (todos-todos) assíncrono. A publicação dos produtos elaborados por cada grupo, as discussões sobre os conteúdos próprios do trabalho e os encontros acadêmicos são realizados nos Debates da Aula, espaço também multidirecional (todos-todos) assíncrono. No Bar da Universidade, havia a possibilidade de discussões multidirecionais (todos-todos) síncronas a respeito de argumentos a serem utilizados bem como sobre definição de tarefas. Como espaço de comunicação bidirecional e assíncrono utilizava-se o correio eletrônico do professor e do aluno, onde se constrói coletivamente os documentos a partir de um processador de textos, enviando-se mensagens com cópias para todos os integrantes do grupo. O correio do professor foi utilizado para consultas sobre conteúdos e estratégias, sendo as respostas enviadas para todos os componentes do grupo.

A avaliação dessa experiência feita pelos seus autores foi positiva, pois foram garantidas a igualdade e a mutualidade, fundamentais para a construção social do conhecimento. Ou seja, deve haver simetria entre os papéis exercidos por cada integrante dos grupos, caracterizando a igualdade, enquanto que a mutualidade confere-se a partir da existência de uma produção única, não sendo possível dividir partes dessa produção para cada integrante do grupo. Isso não significa que não hajam diferentes papéis e diferentes tarefas no interior de cada grupo, porém deve ser garantida a negociação de significados em torno de uma responsabilidade única. Foi considerado que a atividade resultou em conhecimento significativo para cada aluno, uma vez que a produção de argumentos deveria ocorrer sobre posturas determinadas, sendo necessário conhecê-las, e os conhecimentos prévios foram invariavelmente modificados, a partir de reforços conceituais. A tradicional transmissão do conhecimento foi, segundo os autores, eliminada, uma vez que a postura do professor agiu como um facilitador, selecionando conteúdos, estabelecendo seqüências lógicas,

identificando materiais e fontes, moderando os espaços compartilhados, acompanhando os processos de produção, com a respectiva retroalimentação e provendo informações e estratégias para a constituição de verdadeiros grupos de aprendizagem. Quanto às ferramentas disponibilizadas, foram constatadas algumas carências. Por exemplo, a criação de fóruns multidirecionais e assíncronos para cada grupo, otimizando-se a utilização do correio eletrônico; salas de *chat* que possam ser utilizadas por diferentes grupos, podendo ser usadas privadamente por cada grupo a partir de reservas de horários; janela de produção coletiva de textos e outros *softwares*, onde se pode elaborar coletivamente o texto ou se compartilhar o uso de aplicativos sem a utilização do correio eletrônico.

Peters (2001) trata do mesmo tema a partir do ensino em uma comunidade de construção do conhecimento⁵, utilizando-se um computador central e a hipermídia em rede como instrumentos para um estudo autônomo e cooperativo. Cita-se o exemplo, ao qual atribui-se a origem desse tipo de estudo, de uma pesquisa realizada por microbiólogos. Todos trabalhavam individualmente no mesmo tema, e decidiram então informar-se mutuamente de seus progressos a partir de um PC. Daí resultou um arquivo central de cuja montagem todos participavam.

Todos participantes tiram proveito dele [documento único gerado] porque aprendem muito nesse processo, mas em um certo sentido também ensinam ao informar os outros a partir do ponto de vista de sua subdisciplina e ao acrescentar novos dados ao arquivo central (PETERS, 2001, p. 241)

Para que isso ocorra em experiências de aprendizagens, será necessário que os estudantes não considerem apenas o seu progresso na aprendizagem, e sim o progresso do grupo, o que pode demandar um desafio para a implementação desse tipo de construção.

A partir destas considerações a respeito da aprendizagem colaborativa e levando em consideração os objetivos deste trabalho e a concepção do GPAREDE, tem-se a seguinte pergunta norteadora:

- Como a avaliação da aprendizagem em Engenharia Estrutural via GPAREDE pode contribuir para uma melhoria na aprendizagem colaborativa?

No próximo capítulo será apresentado o GPAREDE, bem como suas características e suas peculiaridades, tendo como base as concepções epistemológicas e pedagógicas apresentadas no referencial teórico.

6. GPAREDE - GERADOR PARAMETRIZADO DE AVALIAÇÕES VIA REDE MUNDIAL DE COMPUTADORES - DESCRIÇÃO TÉCNICA

Tendo como foco promover a melhoria do processo de avaliação da aprendizagem, conforme foi destacado no capítulo 1 (p. 13), descreve-se o GPAREDE, um ambiente virtual de avaliação da aprendizagem. Concebido a partir das premissas teóricas apresentadas em capítulos anteriores, o GPAREDE representa a ligação entre a proposta pedagógica deste trabalho e uma proposta de avaliação a distância. Inicia-se com um pequeno histórico do desenvolvimento do ambiente, partindo posteriormente para uma descrição técnica detalhada, incluindo os softwares utilizados e as interfaces desenvolvidas.

6.1 Um breve histórico

Muito se tem pesquisado sobre a educação a distância no meio acadêmico. Ferramentas pedagógicas, AVA's e propostas nas mais diversas áreas de conhecimento estão cada vez mais presentes nas universidades. Burleson et al. (2001), Chandra & Kumar (2001) e Larson (2001) apresentam importantes contribuições sobre educação a distância para o ensino de Engenharia. Em 1999 iniciei no PPGEC (Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil) uma pesquisa relacionada com o tema, focando o processo de avaliação da aprendizagem voltado para a educação a distância. Tinha-se como principal objetivo desenvolver uma ferramenta útil ao professor na elaboração de suas provas a partir de um referencial pedagógico. Na minha dissertação de Mestrado (COSTA, 2000), propus um sistema gerador de avaliações chamado GPA (Gerador Parametrizado de Avaliações), sob a plataforma do Microsoft Access. Neste trabalho foi desenvolvido um banco de dados

⁵⁸ Convém novamente lembrar a conceituação adotada nesta tese para a educação a distância: "uma forma de ensino que possibilita a auto-aprendizagem, com a mediação de recursos didáticos sistematicamente organizados, apresentados em diferentes suportes de informação, utilizados isoladamente ou combinados, e veiculados pelos diversos meios de comunicação".

de questões para o ensino de Mecânica Estrutural Básica e Resistência dos Materiais que, a partir da interface desenvolvida, permite a geração de diferentes provas a partir do banco de questões. As provas podem ser realizadas via formulários ou então imprimidas pelo professor e realizadas presencialmente. O sistema apresentava algumas limitações, principalmente no que concerne à interface do aluno. Ainda era preciso promover uma interação maior e uma interface com a *Internet*. No trabalho de Doutorado amplia-se o sistema de avaliação para uma plataforma que tenha uma efetiva interface com a *web* e que contemple uma investigação epistemológica consistente. Assim, é possível propor um método pedagógico para a avaliação da aprendizagem. Começa efetivamente a construção de um ambiente virtual de avaliação da aprendizagem. O gerenciamento de informação via formulários e transferência de arquivos e o desenvolvimento de webfolios são alguns dos novos recursos empregados para prover um ambiente propício à construção do conhecimento no âmbito de uma avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem. Mantém-se o nome GPA, que na verdade tem sua verdadeira origem na dissertação de Mestrado.

6.2 Descrição Técnica

O ambiente possui uma interface que permite a inserção de questões no banco de dados classificadas a partir de diferentes parâmetros, definidos pelo usuário. Depois de criadas as questões, há uma interface para se gerar as provas selecionando as questões em função dos parâmetros definidos pelo usuário. Obtem-se assim generalidade (pode ser editado um banco de questão para qualquer área de conhecimento), funcionalidade (permite ao professor gerar as suas provas com mais eficiência) e flexibilidade (os parâmetros são definidos pelo usuário).

A segunda parte do software corresponde à disponibilização das provas na Internet. O *site* gerado permite:

- a resolução das provas com o respectivo envio das questões;
- retorno direcionado feito pelo professor para cada aluno, em cada prova e em cada questão;

- um espaço para comunicação para envio de comentários, que podem ser feitos a partir de arquivos de qualquer formato;
- O envio de questões elaboradas pelos próprios alunos;
- A seleção de questões de todo banco de dados para serem realizadas pelos alunos;
- A criação de portfólios virtuais dos alunos, na forma de armazenamento de documentos ou geração de páginas pessoais.

O objetivo do sistema não se restringe à simples aplicação de provas, permitindo também o uso de ferramentas que possibilitem ao aluno mostrar o que ele aprendeu de outras formas. Estas ferramentas usadas pelo GPAREDE são a Avaliação Formativa e o Webfólio.

O arquivo criado no gerenciador do banco de dados chama-se *porticosbala.mdb*, e é este o arquivo que armazena, distribui e gerencia os dados que são disponibilizados na Internet. Na primeira etapa deste projeto não havia a interface com a Internet, de modo que foram desenvolvidas interfaces no próprio arquivo. A partir da disponibilização na Internet, o acesso ao arquivo ficou exclusivo ao professor e à sua equipe. Além disso, procurou-se realizar o máximo de operações possíveis pela Internet, já que o arquivo só poderia ser acessado no servidor, o que limitava a atuação do professor. Esta descrição do programa será dividida em três partes: apresentação do arquivo *porticosbala.mdb*, detalhamento da interface do arquivo com a Internet e descrição da disponibilização dos dados na Internet.

6.2.1 Arquivo porticosbala.mdb

Este arquivo foi criado no gerenciador de banco de dados Microsoft Access, que gerencia o banco de dados a partir dos seguintes objetos: tabelas de dados, formulários de entrada e impressão, consultas obtidas a partir de perguntas feitas ao usuário e relatórios que sintetizam as informações. Baseando-se nesses modelos de

objetos, o Access possibilita que se inter-relacione os dados e se configure a interface de apresentação ao usuário⁵⁹.

6.2.1.1 Tabelas

As tabelas consistem na estrutura básica do Access para armazenar dados, de forma que todos os dados armazenados no arquivo *porticosbala.mdb* estão dispostos na forma de tabelas. A Figura 37 apresenta a lista de tabelas do programa, e na Figura 38 pode-se visualizar a tabela Provas, que armazena o banco de questões criado pelo professor.

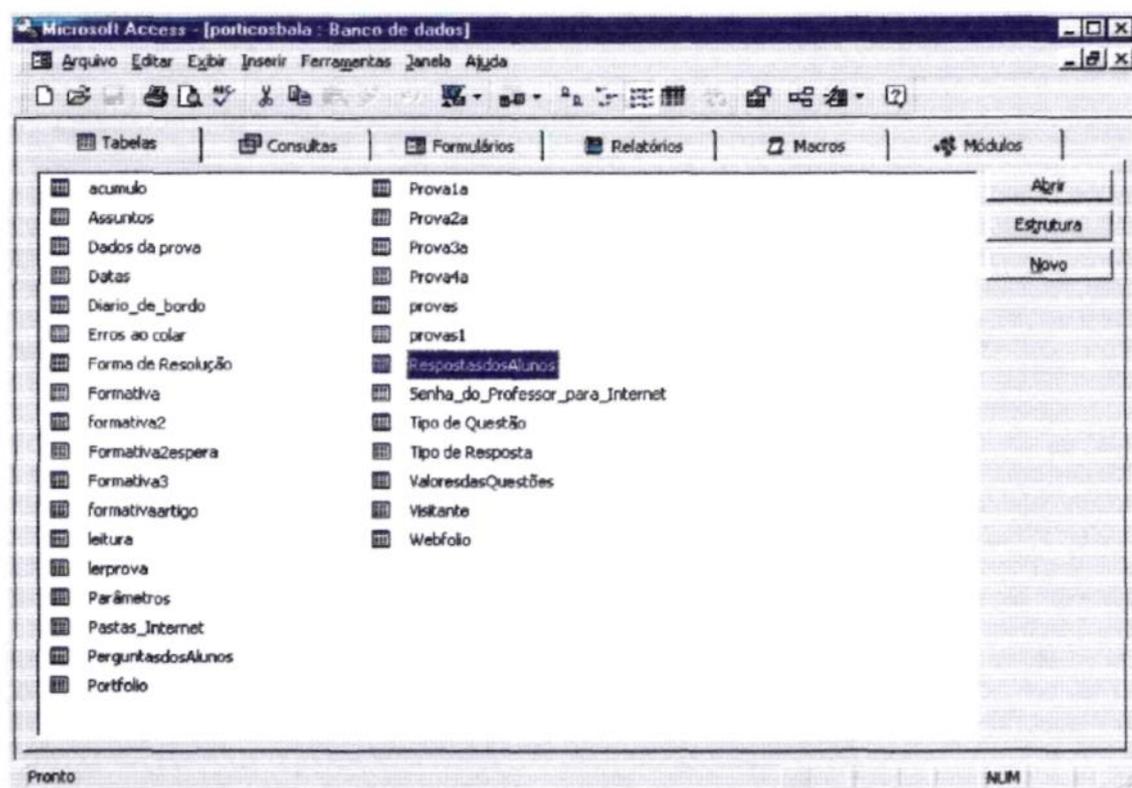


Figura 37 - Tabelas do Gerenciador do Banco de Dados

Convém lembrar que as interfaces do Access são de acesso exclusivo do professor, e que a prioridade de desenvolvimento de interface ao usuário está voltada para a Internet, permitindo que se acesse o banco de dados a partir de qualquer computador conectado à Internet.

Além do banco de questões, o arquivo apresenta na forma de tabelas cadastro de alunos, lista de comentários e contribuições feitos na Avaliação Formativa⁶⁰, parâmetros que classificam as questões entre outros dados.

Número	Cof(1)	Cof(2)	Tipo/Questão	Cof(3)/Resolução	Pergunta	A	B	C
1	2	3	2	2	Qual a reação no apoio D, considerando como positivo o sentido de esquerda p	a) 13,5 kN	b) -23,5 kN	c) 11
2	2	3	2	2	Qual a reação entre a reação vertical no apoio A e a reação vertical no apoio F	a) 1,7	b) 0,80	c) 1,2
3	2	3	2	2	Qual a reação de momento no apoio A?	a) 60,5 kNm	b) -0,4 kNm	c) 32
4	2	3	2	2	Qual a reação no apoio D?	a) 888 kN	b) 885 kN	c) 361
5	2	3	2	2	Qual a reação no apoio D?	a) 286,2 kN	b) 284,1 kN	c) 42
6	2	3	2	2	Qual a reação entre a reação vertical e a reação horizontal em A?	a) 0,17	b) 0,37	c) 0,8
7	2	3	2	2	Qual a equação do momento fletor para a trave BC?	a) $M = -57 - 13x$	b) $M = 12x + 15$	c) $M =$
8	2	3	2	2	Qual a equação do esforço cortante?	a) $Q = -x^2$	b) $Q = x + 18$	c) $Q =$
9	1	0	2	2	Escrever a equação da Energia Cinética			
10	1	0	2	2	Qual a equação do momento fletor?			
11	1	0	2	2	Escrever a equação da energia cinética			
12	1	0	2	2	Escrever a equação do momento fletor			
13	1	0	2	2	Escrever a equação do esforço cortante			
14	1	0	2	2	Qual a equação do momento fletor?			
15	1	0	2	2	Qual a equação do esforço cortante?			
16	1	0	2	2	Qual a equação do momento?			
17	1	0	2	2	Calcular as reações vinculadas.			
18	1	0	2	2	Qual a equação do esforço cortante?			
19	1	0	2	2	Calcular a equação do momento fletor.			
20	1	0	2	2	Calcular as reações vinculadas.			
21	1	0	2	2	Qual a equação do esforço cortante?			
22	1	0	2	2	Qual a equação do momento fletor?			
23	1	0	2	2	Calcular as reações.			
24	1	0	2	2	Qual a equação do esforço cortante?			
25	1	0	2	2	Qual a equação do momento?			
26	1	2	2	2	Desenhar os diagramas da Célula.			
27	1	2	2	2	Desenhar os diagramas da Célula sobre.			
28	1	2	2	2	Esboçar os diagramas de solicitações para a grelha abaixo.			
29	1	2	2	2	Esboçar os diagramas de solicitações para a grelha abaixo.			
30	2	2	2	2	Qual o valor a ser colocado no momento fletor máximo, desconsiderando e se a) 100 kNm, b) 100 kNm, c) 13?			
31	2	5	2	2	Qual a solicitação na barra 2-10?	a) 5 kN	b) 5 kN	c) 0,1
32	2	5	2	2	Qual a taxa entre a solicitação na barra 4-5 e na barra 2-10?	a) 6	b) 1	c) 0
33	2	5	2	2	Qual a solicitação na barra 2-2?	a) 5 kN	b) 10 kN	c) 10
34	2	5	2	2	Qual a solicitação na barra 3-4?	a) 0 kN	b) 30 kN	c) 10
35	1	4	1	2	U que acontece com a barra 1 (as duas) quando submetida à carga de haste?			
36	1	4	1	2	Considere que as barras são rígidas, qual a característica de e			
37	1	4	1	2	Como podemos explicar o fato de que a ruptura não ocorre no centro da viga? (p)			
38	1	4	1	2	Como podemos definir a distribuição de um campo horizontal por tensão pelo ar?			
39	1	4	1	2	Qual será o resultado no centro do cabo considerado?			
40	2	4	1	2	Como se chama e qual o período de compressão de tensão perpendicular à z? a) Tensão Tang b) Tensão Norm c) Ten			
41	1	4	1	2	Como podemos definir a tensão em um ponto?			
42	1	4	1	2	Explicar com as suas palavras a regra que determina os sinais das tensões ten			
43	2	4	1	2	Como a energia térmica se relaciona com a distribuição de tensões na seção de? Não tem esta? Depende de a) E? b) E?			
44	1	1	1	2	Como podemos caracterizar o deslocamento de corpo rígido?			
45	1	1	1	2	Qual característica o deslocamento de corpo rígido?			

Figura 38 - Tabela Provas

6.2.1.2 Formulários

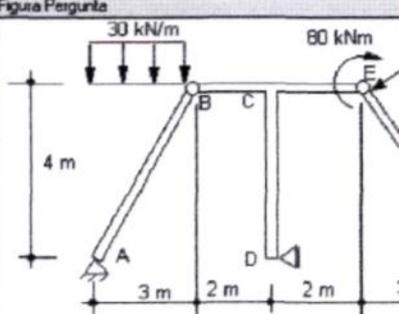
Os formulários são utilizados para tornar possível a visualização do conteúdo de tabelas ou consultas a partir de uma interface desenvolvida pelo usuário. Cada campo do formulário criado relaciona-se com campos da tabela ou da consulta, o que torna a utilização dos dados mais fácil e mais eficiente. Na Figura 39 é apresentado o formulário *Manutenção*, criado para a edição das questões da tabela *Provas*, que permite inserir, excluir e alterar questões.

⁶⁰Espaço onde os alunos e professores visualizam e emitem contribuições pela Internet.

Microsoft Access - [manutenção]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Registros Ferramentas Janela Ajuda

Manutenção das Questões

Número	<input type="text" value="1"/>	Figura Pergunta		Figura Resposta
Tipo de Resposta	<input type="text" value="2"/>			
Assunto	<input type="text" value="3"/>			
Tipo de Questão	<input type="text" value="2"/>			
Forma de Resolução	<input type="text" value="2"/>			
Edição dos Assuntos				
A	<input type="text" value="a) 12,5 kN"/>	Pergunta	Qual a reação no apoio D, considerando como positivo o sentido da esquerda para a direita ?	
B	<input type="text" value="b) -23,5 kN"/>	Link Pergunta	<input type="text"/>	
C	<input type="text" value="c) 11,3 kN"/>			
D	<input type="text" value="d) -24,5 kN"/>			
Resp. Objet.	<input type="text" value="b"/>			Resposta Dissertativa
Exclusivo múltipla escolha				Link Resposta
				Exclusivo dissertativa
Nome do Arquivo da Figura da Pergunta (.gif, .jpg)		<input type="text" value="portico1.gif"/>		Nome do Arquivo da Figura da Resposta
				Exclusivo Internet
<input type="button" value="Inserir nova questão"/>		<input type="button" value="Excluir a questão"/>		<input type="button" value="Sair e Voltar ao Menu Principal"/>
Registro: 14	<input type="text" value="1"/>	de 110		NUM

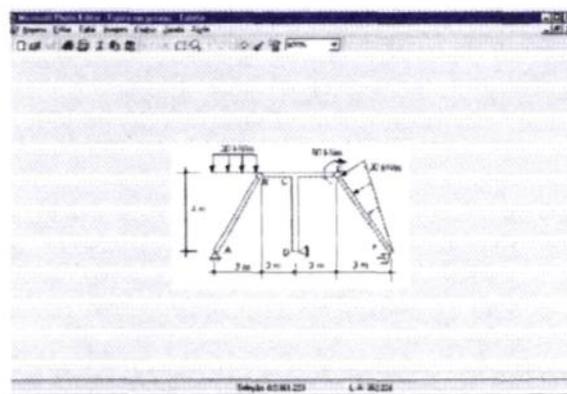
Modo formulário

Figura 39 - Formulário Manutenção

Pode-se verificar que a questão de número 1, que está apresentada na Figura 39, apresenta os mesmos dados da primeira linha da tabela da Figura 38, que contém os dados dispostos ao longo de uma linha da tabela. Imagens não são apresentadas na tabela, onde se faz apenas a referência ao software que abrirá automaticamente ao se clicar sobre a célula que contém a figura, conforme é mostrado na Figura 40.

C	D	Figura	Resposta_Obj	Resposta_Dist	FiguraRespost	OnO
c) 11,3 kN	c) -24,5 kN	Foto Editor 3.0 b				<input type="checkbox"/>
c) 1,2	c) -0,3	Foto Editor 3.0 a				<input type="checkbox"/>
c) 32,3 kN/m	c) -60,3 kN/m	Foto Editor 3.0 d				<input type="checkbox"/>
c) 15 kN	c) 420 kN	Foto Editor 3.0 c				<input type="checkbox"/>
c) 422,3 kN	c) N. R. *	Foto Editor 3.0 b				<input type="checkbox"/>
c) 0,5	c) 1	Foto Editor 3.0 a				<input type="checkbox"/>
c) $M = -x^2 + 1$	c) $M = -x^2 + 12x$	Foto Editor 3.0 c				<input type="checkbox"/>
c) $Q = -x^2 - 18x$	c) $Q = -x^2 + 12$	Foto Editor 3.0 d				<input type="checkbox"/>

(a)



(b)

Figura 40 - Acesso às imagens pela tabela

- (a) Célula (em destaque) que contém a figura e sobre a qual deverá ser dado um *click* no botão esquerdo do *mouse*
- (b) Imagem que aparece após o *click*

É a partir dos formulários que se disponibiliza os campos do banco de dados na Internet, conforme será visto a seguir

6.2.1.3 Consultas

As consultas são utilizadas para que se criem novas tabelas a partir de tabelas primitivas. O arquivo *porlicolosbala.mdb* permite que se criem tabelas a partir de parâmetros previamente definidos e que devem ser escolhidos no processo de seleção dos dados a serem incluídos na nova tabela. É importante destacar que as novas

tabelas criadas ficam armazenadas no arquivo como consultas. Na Figura 41 é apresentada a tela com a lista de consultas presentes no arquivo.

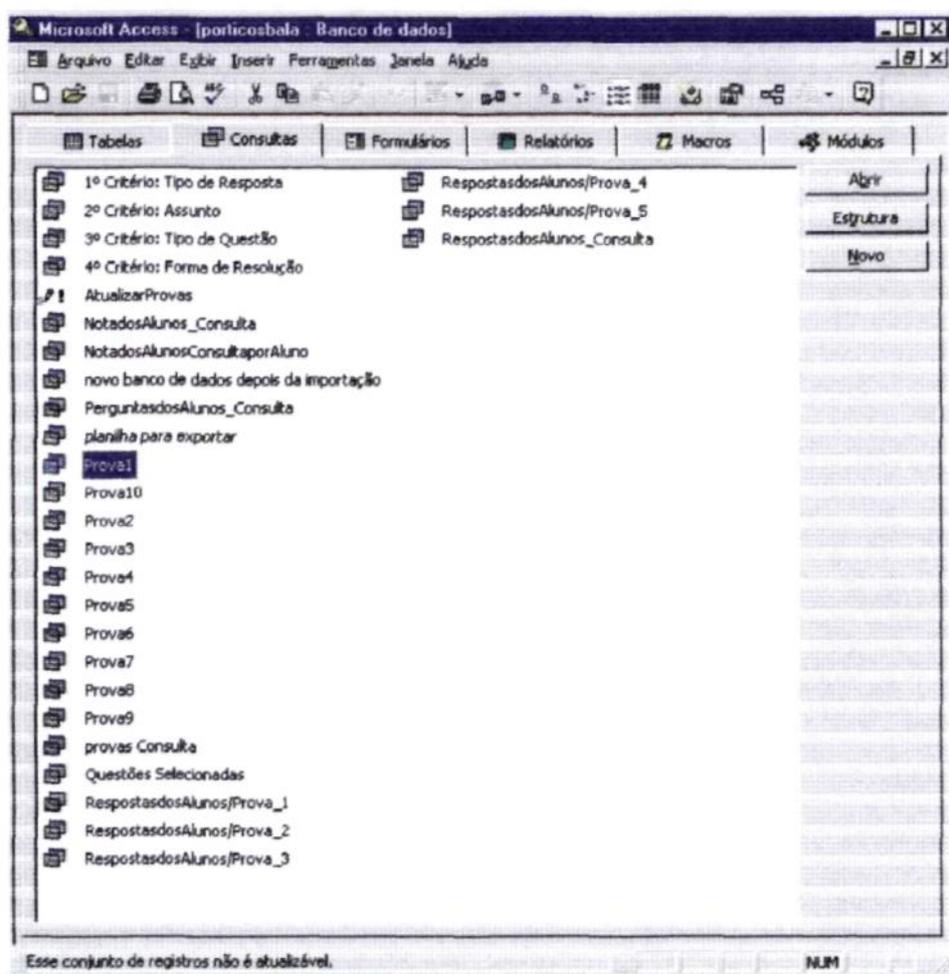


Figura 41 - Lista de consultas

As consultas foram criadas tendo como principal objetivo facilitar a busca no banco de questões. Por exemplo, se escolhermos os parâmetros apresentados na Figura 42, selecionaremos 7 questões do total de 110, conforme mostra a Figura 43.

Figura 42 - Escolha de parâmetros

Numero	CodTR	CodAssunto	Tipo de Questão	CodFormaResolução	Pergunta	A	B	C
1	2	3	2	2	Qual a reação no apoio D, considerando como positivo a sentido na esquerda p	13,5 kN	-29,5 kN	
2	2	3	2	2	Qual a reação entre a reação vertical no apoio A e a reação vertical no apoio F	1,7	0,30	
3	2	3	2	2	Qual o reação do momento no engaste ?	50,5 kN/m	47,4 kN/m	
4	2	3	2	2	Qual a reação no apoio D?	406 kN	606 kN	
5	2	3	2	2	Qual a reação no apoio D ?	366,2 kN	384,1 kN	
6	2	3	2	2	Qual a reação entre a reação vertical e a reação horizontal em A ?	0,17	0,37	
8	2	3	2	2	Qual a direção do eixo x relativa ?	0 = -4	0 = -18	

Figura 43 - Consulta obtida

Para saber o código de cada parâmetro, o usuário terá que consultar a tabela correspondente. Na Figura 44 é apresentada a tabela dos códigos do parâmetro *forma de resolução*.

Codigo	Forma de Resolução
1	Explorando software
2	Consulta ao material teórico
3	Pesquisa

Figura 44 - Códigos do Parâmetro Forma de Resolução

Conforme foi destacado anteriormente, as consultas podem ser visualizadas a partir de formulários, para que se possa então fazer a disponibilização dos campos através da Internet.

6.2.2 Interface com a Internet

Para que se tornasse possível disponibilizar na Internet os dados armazenados no arquivo *porticosbala.mdb*, utilizou-se o software Macromedia Dreamweaver Ultradev, que possibilita o desenvolvimento de páginas na Internet dinâmicas, conectadas a um arquivo de banco de dados. Para criar um aplicativo da web no Ultradev foi utilizado como servidor um PC com processador Athlon Thunderbird 1200, o Microsoft Personal Web Server como servidor de aplicativos, o já descrito arquivo de banco de dados e o driver de banco de dados ODBC (Conectividade aberta de banco de dados), que possibilitam que o aplicativo ASP⁶² (Active Server Pages) se comunique adequadamente com o banco de dados.

6.2.2.1 Conetividade aberta de banco de dados

Para que seja possível a realização da conexão com o banco de dados, é necessário configurar as fontes de dados ODBC a partir do acesso ao painel de controle (Figura 45).

⁶¹ Assim como as páginas estáticas, as páginas dinâmicas são arquivos de texto simples (ASCII) que contém HTML e que estão armazenadas em um servidor, aguardando o seu envio a um navegador da Internet. Ambos os tipos de páginas podem conter *scripts* escritos em linguagens como VBScript ou Java Script. Porém, certos *scripts* de uma página dinâmica podem ser executados em um servidor, enquanto que os correspondentes de uma página estática, não. (MACROMEDIA. 2004). Assim, é possível trabalhar com recursos do servidor, como um banco de dados, por exemplo.

⁶² ASP é um tipo de tecnologia de servidor, ou seja, que confere ao servidor a capacidade de modificar páginas da Web em tempo de execução.



Figura 45 - Configuração ODBC

A Figura 46 mostra o administrador de fonte de dados ODBC do servidor, já configurado para conectar-se com o arquivo *porticosbala.mdb*, do Microsoft Access.

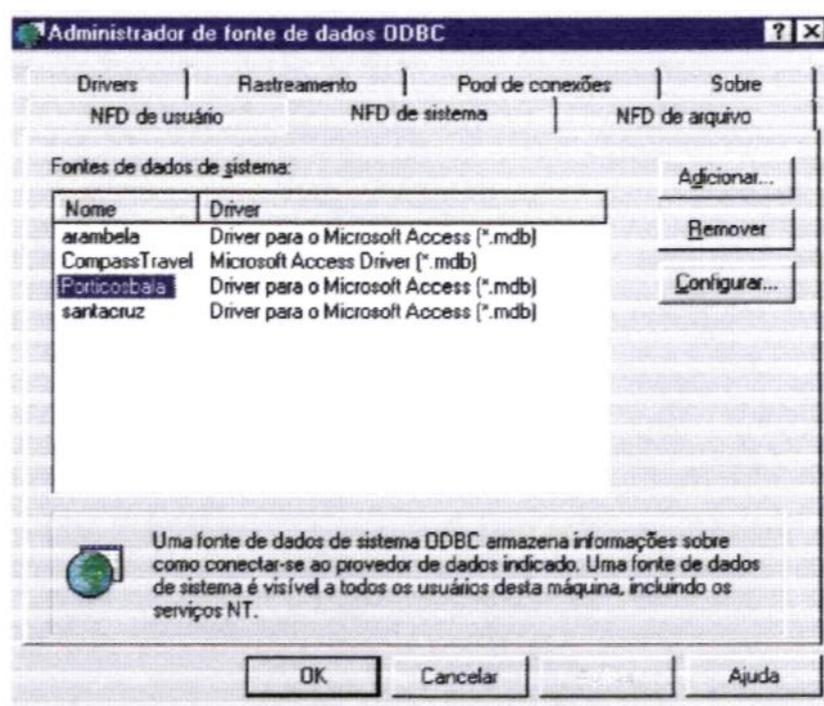


Figura 46 - ODBC já configurado

6.2.2.2 O servidor de aplicativos

O Personal Web Server é um servidor WWW⁶¹ gratuito, da Microsoft, que roda em computadores com sistema operacional Windows 95 e 98. Ele é um servidor leve, feito sob medida para instalações pequenas, e suporta:

- ASP
- PHP
- Server Side Includes (SSI).
- Controles ActiveX .
- Roda scripts "Internet Server API (ISAPI)" e "Common Gateway Interface (CGI)".
- Acesso a banco de dados via ODBC .
- Secure Sockets Layer (SSL).

Ao se instalar o Microsoft Personal Web Server (PWS), as páginas criadas são exibidas a partir do endereço *http: nome da máquina*, ou também pelo endereço IP - *http:/IP da máquina*. O arquivo que contém a página é armazenado na seguinte pasta do servidor: *C: Inetpub wwwroot*. Essas pastas são criadas durante a instalação do PWS, devendo armazenar todas as páginas desenvolvidas. A partir desta pasta, todas as demais subpastas criadas devem ser acrescentadas no endereço da Internet.

⁶³ É um dos serviços mais utilizados na Internet. A partir dele é possível visualizar documentos multimídia criados com linguagem html ou técnicas mais recentes de programação.

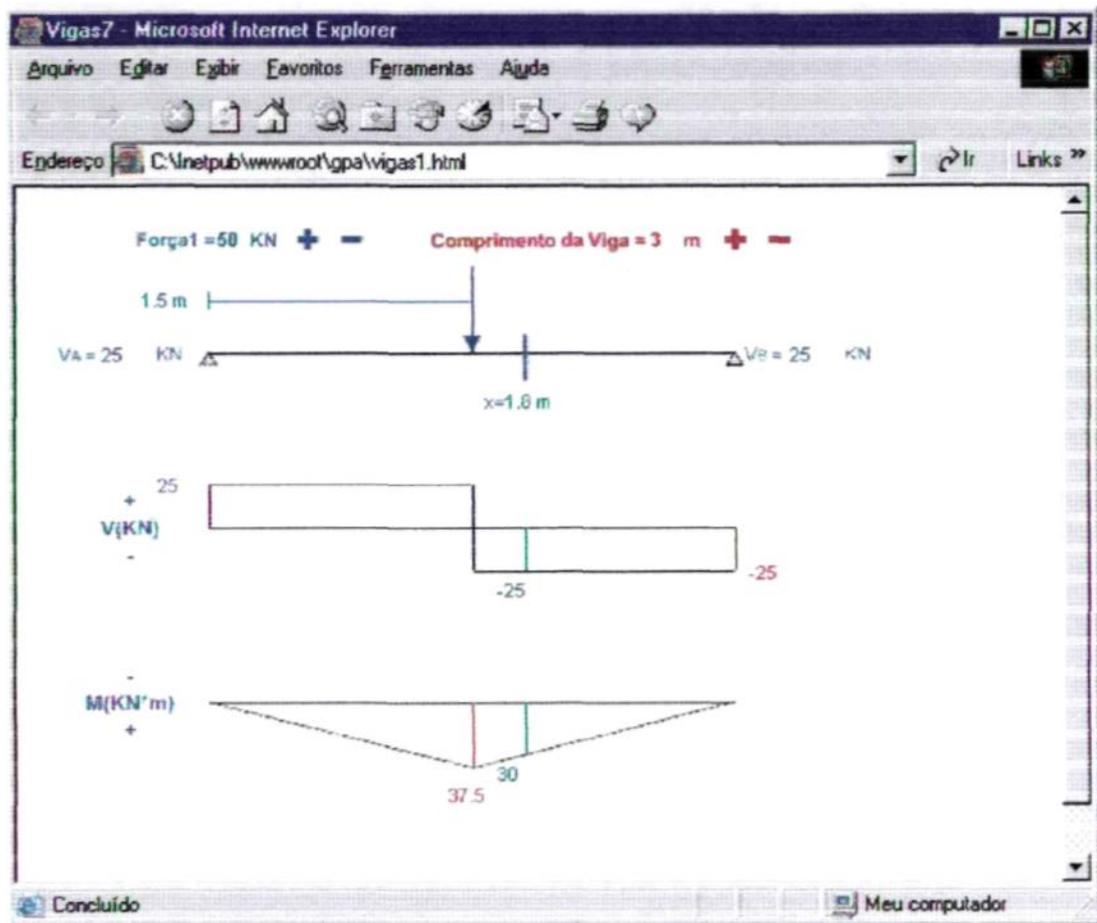


Figura 47 - Exemplo de visualização de página

Por exemplo, o arquivo `vigas1.html`, apresentado na Figura 47, está armazenado no servidor em `C:\inetpub\wwwroot\gpa\vigas1.html`. Na figura, ele foi acessado localmente, podendo ser acessado de qualquer computador a partir do endereço ***http: telemami.cpgec.ufrgs.br gpa/vigas1.html***, ou seja, *http: Nome da máquina gpa/vigas1.html*.

6.2.2.3 Exemplo de disponibilização na Internet de um tabela do arquivo *porticosbala.mdb*

Para que se torne claro o desenvolvimento da interface, será mostrado o exemplo de um página na Internet conectada ao banco de dados.

	<p>Arquivo <i>aluno_main2.htm</i></p> <p>Arquivo Cabeçalho: <i>aluno_sup2.htm</i></p> <p>Arquivo conectado ao banco de dados: <i>testepraval.asp</i></p>
--	--

Figura 48 - Exemplo de formulário na Internet

A página apresentada na Figura 48 é acessada pelo arquivo principal *aluno_main.htm*, que gerencia as duas páginas que são apresentadas. Na parte superior, o arquivo *aluno_sup2.htm*, e no restante da página o arquivo *testepraval.asp*, que apresenta o caráter dinâmico descrito anteriormente. Todas as páginas com a extensão *ASP* são dinâmicas, usualmente ligadas a um arquivo do *Access*. A página *testepraval.asp* foi desenvolvida a partir do Macromedia Dreamweaver, conforme verifica-se na Figura 49.

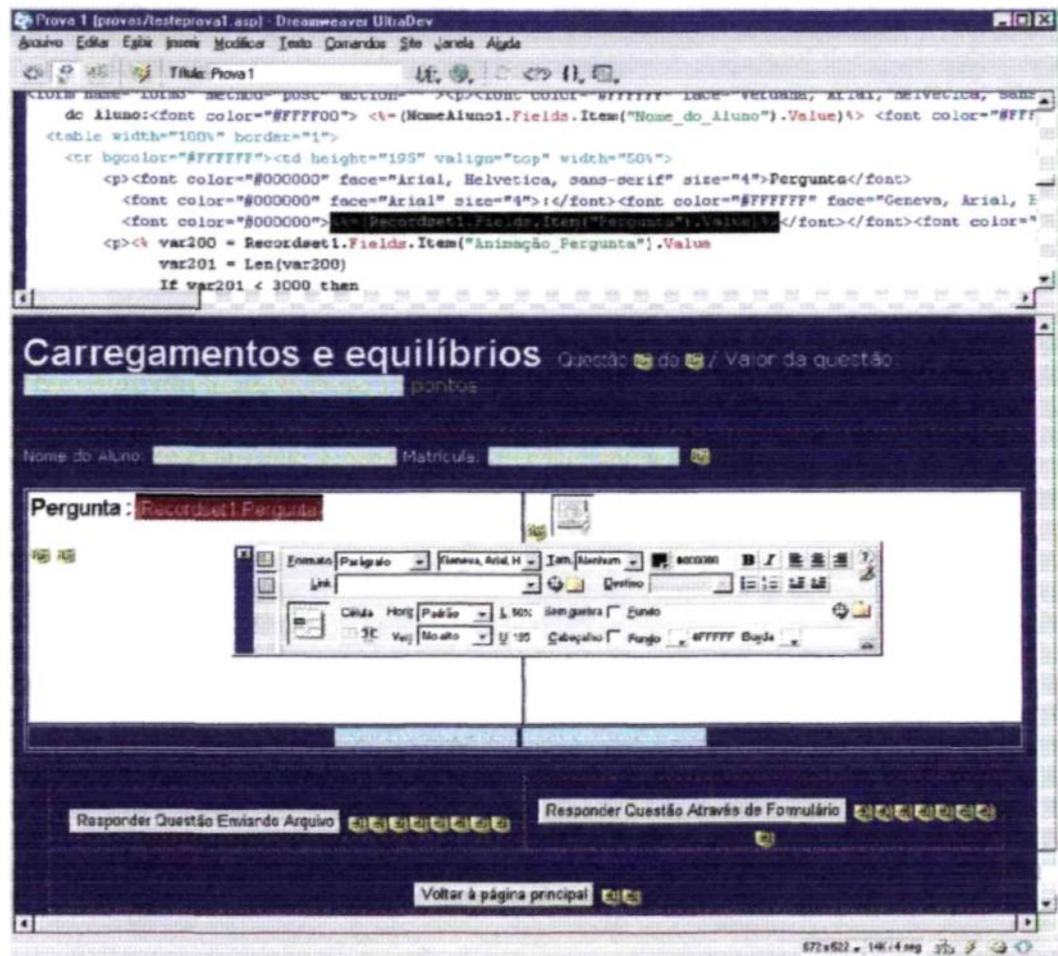


Figura 49 - Arquivo testepraval.asp

Na figura acima observa-se o campo *pergunta* selecionado, cujo *script* que permite o acesso ao banco de dados está selecionado na parte superior do arquivo. *Recordset1* é o objeto criado que permite o acesso à tabela do banco de dados, cujos campos foram escolhidos no início do código fonte do arquivo, conforme mostra a Figura 50. Os campos Número, TipodeQuestão, Pergunta, A, B, C, D, NomedoArquivoFiguraPergunta, ValordaquestãoProval, CodTR e Animação_Pergunta são os selecionados para serem exibidos no arquivo *testepraval.asp*.

```

<% Set connection1 = Server.CreateObject ("ADODB.Connection")
connection1.Open "Porticosbala", "", "" >
<% set Recordset1 = Server.CreateObject ("ADODB.Recordset")
Recordset1.Open "SELECT [coluna1], [coluna2], [coluna3], [coluna4], [coluna5], [coluna6], [coluna7], [coluna8], [coluna9], [coluna10] FROM [tabela]"
If Recordset1.Recordcount = 0 then Response.Redirect "../error1.htm" End If >
<% data1 = Recordset1.Fields.Item("Inicio").Value
data2 = Recordset1.Fields.Item("Fim").Value
data3 = Cdate(data1)
  
```

Figura 50 - Escolha das colunas da tabela do banco de dados

6.2.3 Disponibilização dos dados na Internet

Será mostrada a interface do aluno, do professor e do visitante desenvolvida para o curso de extensão realizado.

6.2.3.1 Interface do aluno

A página principal do GPA- Gerador Parametrizado de Avaliações- pode ser exibida a partir do endereço <http://telemann.cpgec.ufrgs.br>, conforme mostra a Figura 51.

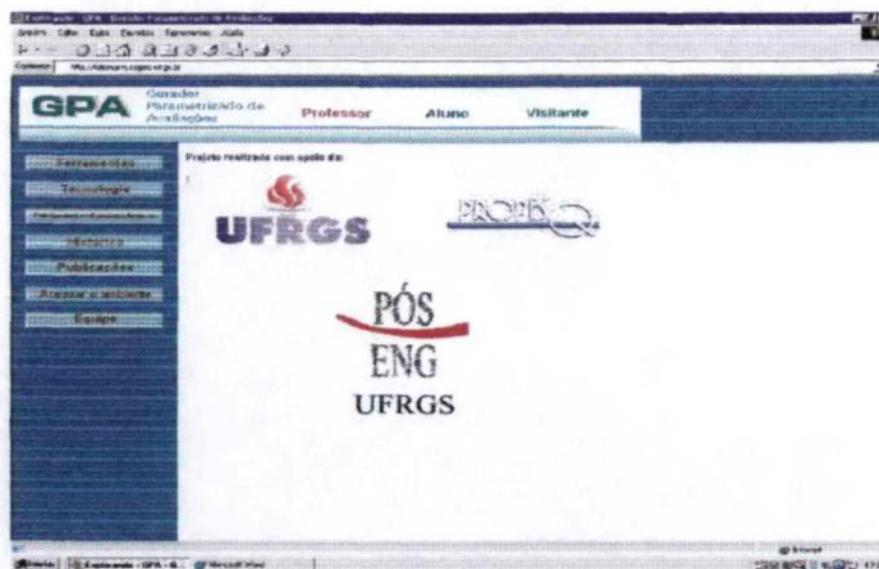


Figura 51 - Página principal do GPA

Nesta tela, para ter acesso às atividades desenvolvidas durante o curso de extensão, o aluno deve clicar no ícone *aluno*, onde encontrará a página mostrada na Figura 52.

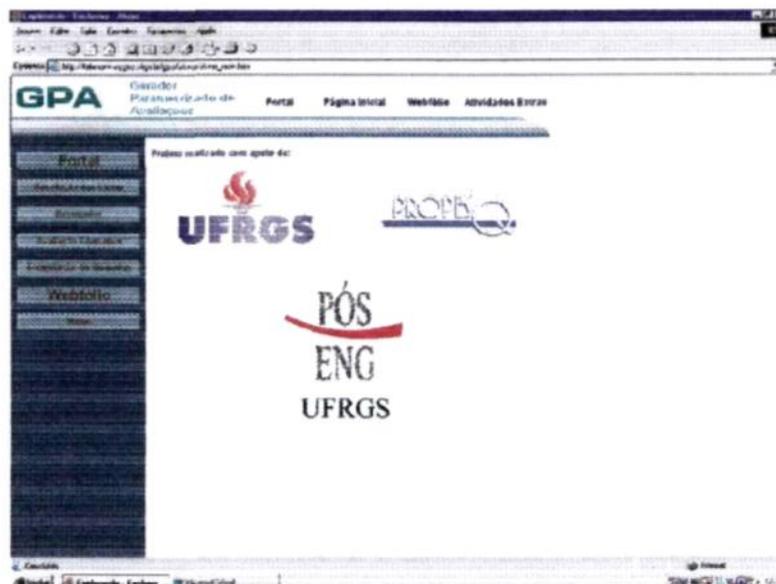


Figura 52 - Página acessada a partir do botão *Aluno*

A seguir, o aluno clica em *Atividades Extras*, acessando a página mostrada na Figura 53, onde aparece um campo para preenchimento dos dados cadastrais do aluno.

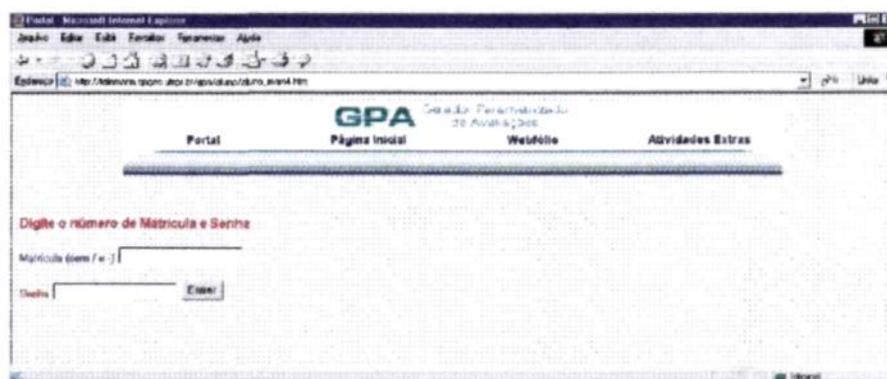


Figura 53 - Dados cadastrais do aluno.

O cadastramento dos alunos é feito anteriormente pelo professor no arquivo *porticosbala*, criado no gerenciador de banco de dados Microsoft Access, que já foi

referido. Neste arquivo, o professor encontrará a seguinte tela, mostrada na Figura 54.

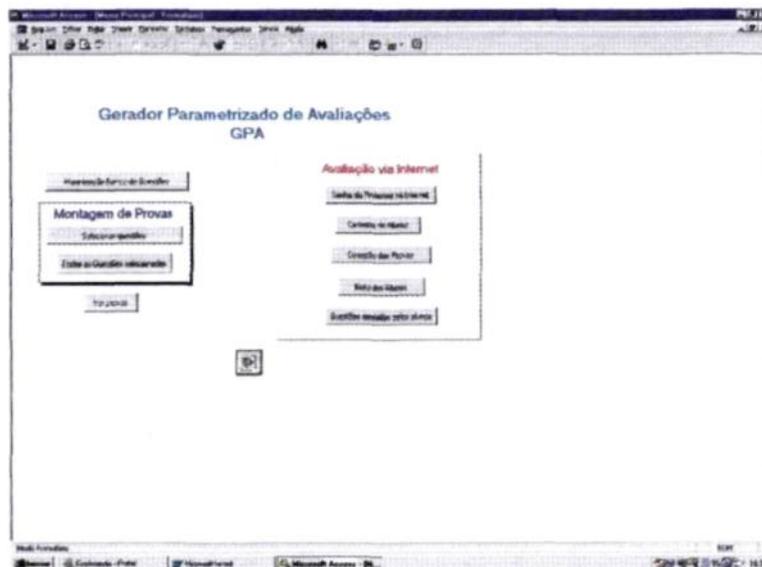


Figura 54 - Utilização do porticosbala.mdb

Neste ponto, o professor escolhe a opção *Cadastro de Alunos*, acessando o banco de dados propriamente dito, conforme podemos observar na Figura 55 - Cadastramento de alunos.

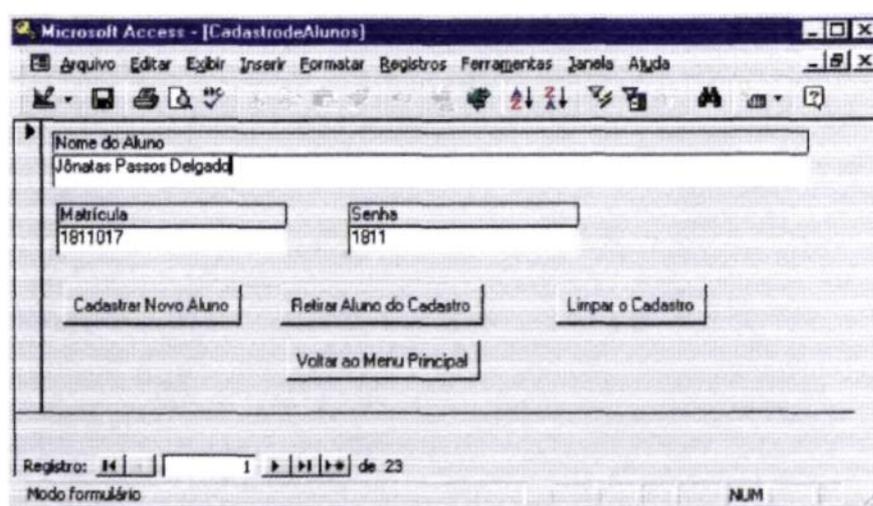


Figura 55 - Cadastramento de alunos

Aqui, o professor cadastra os alunos, dando a cada um uma *matrícula* e uma *senha*. Essa matrícula e essa senha serão necessárias para acessar as *Atividades*

Extras, as quais nos referíamos antes. Ao acessar as Atividades Extras, o aluno encontra a seguinte página, mostrada na Figura 56.

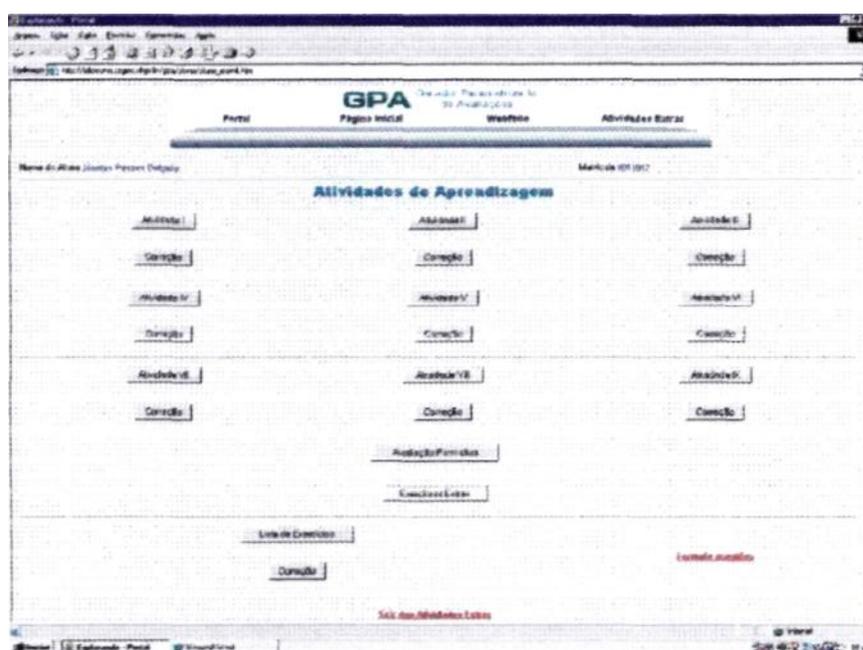


Figura 56 - Visualização das atividades

Ao chegar aqui, o aluno encontra nove atividades, que foram desenvolvidas no curso de extensão. Ao clicar em *Atividade I*, por exemplo, o aluno acessa a primeira atividade, conforme mostra a Figura 57.

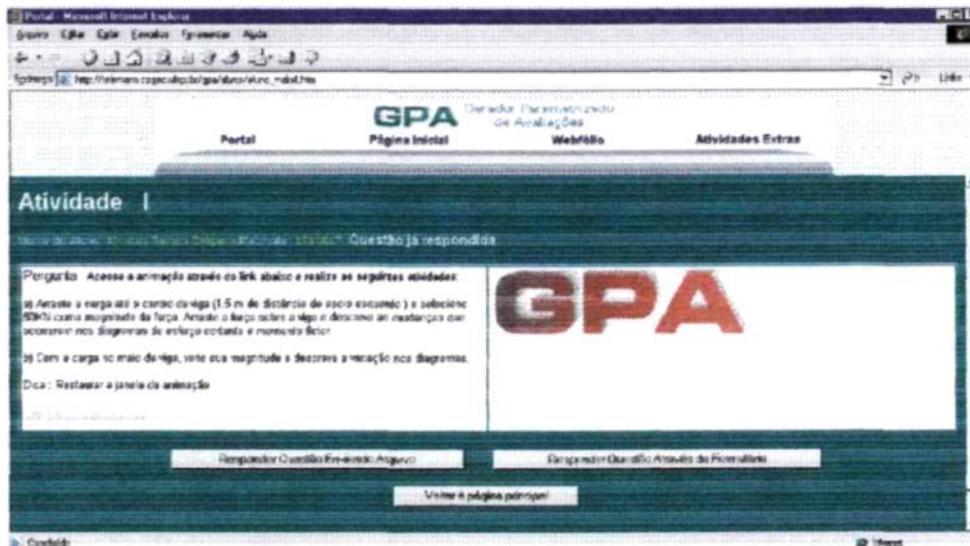


Figura 57 - Atividade I

Agora, o aluno depara-se com uma pergunta e um *Link para arquivo anexo*, que levará a uma animação, como se observou na Figura 58, que tem a finalidade de aumentar a interatividade do aluno com as atividades.

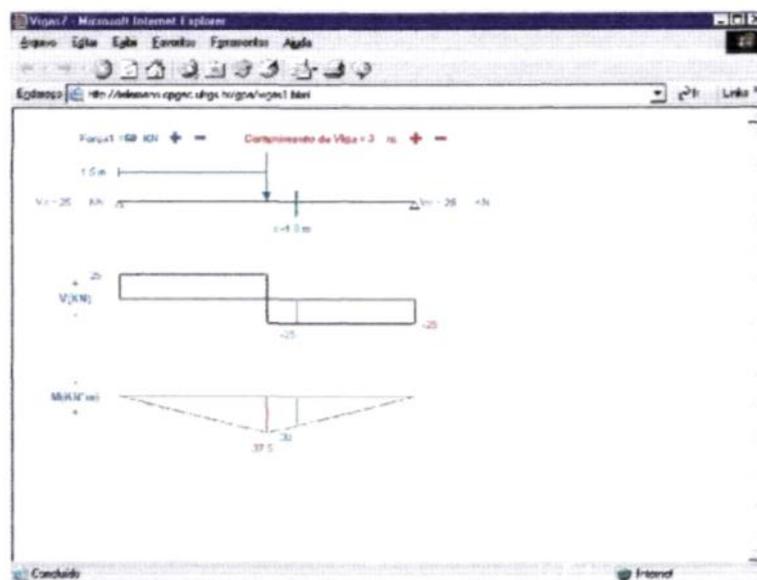


Figura 58 - Animação

Após resolver a questão, o aluno tem duas opções para enviar a resposta. Uma delas é clicando no botão *Responder Questão Enviando Arquivo*, onde abrirá a janela vista na Figura 59. Esta opção é útil, por exemplo, quando o aluno respondeu a questão em um documento do Word, por exemplo, e gostaria de mandar o próprio arquivo para a correção do professor. Nesta janela, o aluno localiza o arquivo em seu

computador com o botão *Procurar* e a seguir clica em *Enviar Arquivo*, para o arquivo ser enviado.

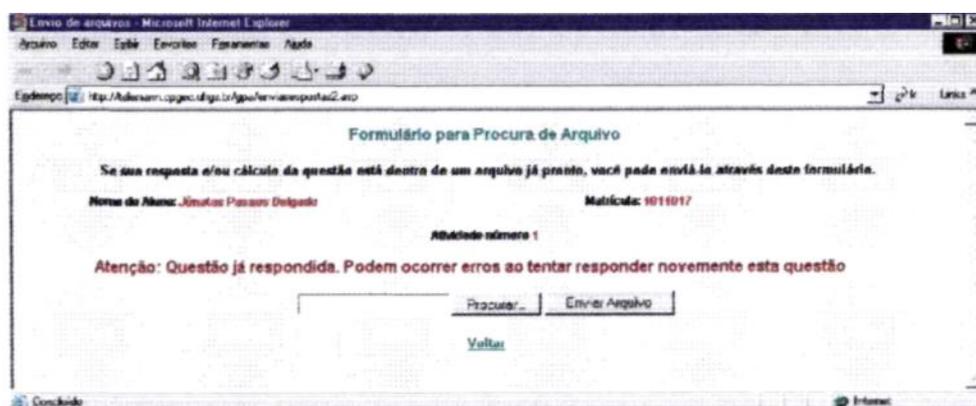


Figura 59 - Envio de arquivos

Uma outra opção para o aluno responder a questão é através do botão *Responder Questão Através de formulário*, que abrirá a janela vista na Figura 60. Desta vez, não será necessário o envio de arquivos, já que a resposta, incluindo possíveis comentários, são escritas diretamente no formulário, nos campos apropriados. Após responder a questão, o aluno envia a resposta clicando no botão *Responder à Questão*.

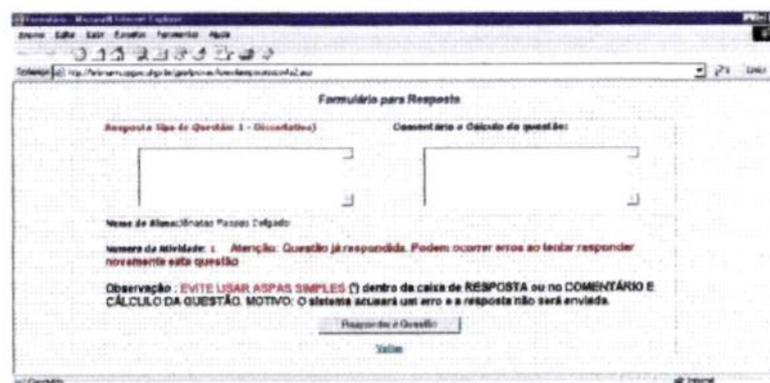


Figura 60 - Envio de formulário de resposta

Todas as questões são resolvidas e respondidas pelo mesmo processo. Na Figura 56 - p. 123 observa-se que, para cada atividade, está associado um botão *Correção*. Clicando neste botão, da *Atividade I*, por exemplo, abre uma janela mostrada na Figura 61, que contém um campo com a resposta enviada pelo aluno ao professor, e outro campo com a resposta enviada pelo professor ao aluno.

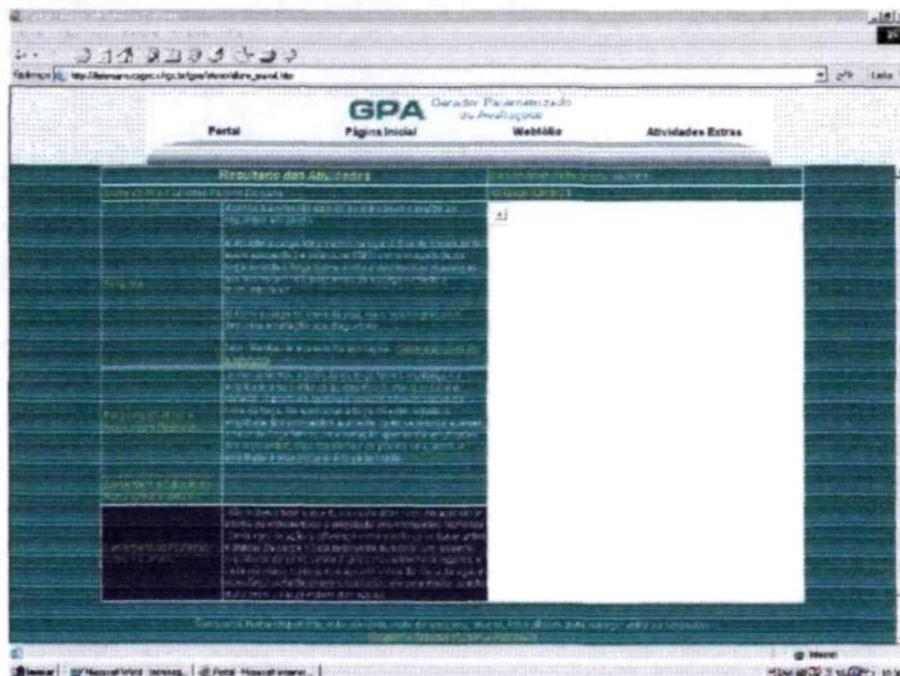


Figura 61 - Correção das atividades usando formulário

Na Figura 61 observa-se que, tanto a resposta do aluno quanto à correção do professor foram enviadas através de formulário, ou seja, aparecem em campo apropriado na própria tela. Uma outra possibilidade é que o aluno e/ou o professor tivessem usado o envio de arquivos. Vemos esta possibilidade na Figura 62, onde aluno e professor usaram envio de arquivos.

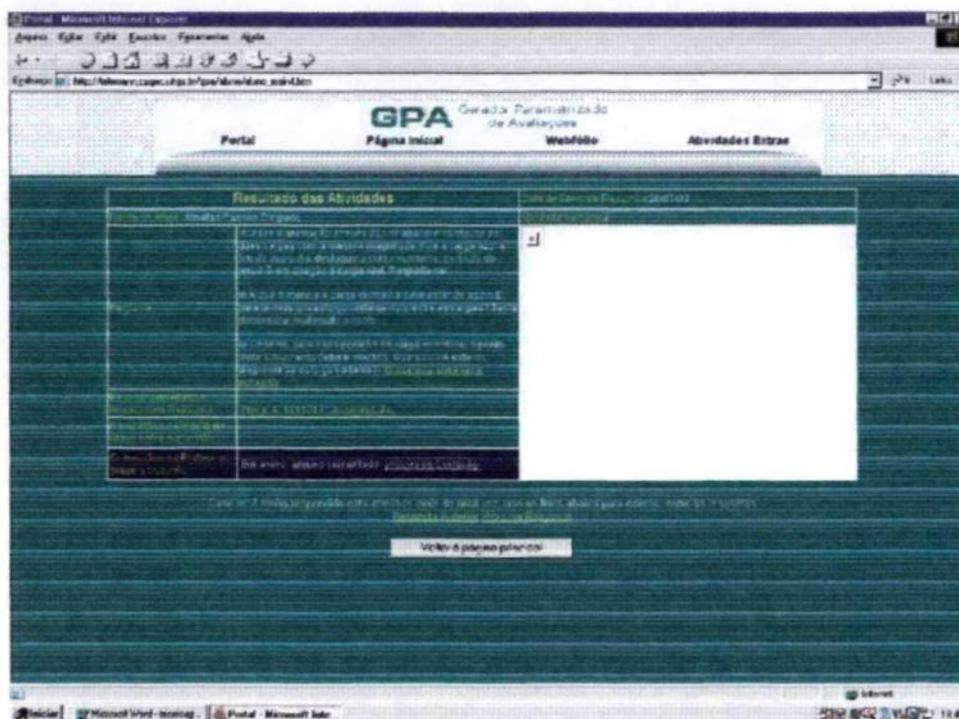


Figura 62 - Correção das atividades através de envio de arquivos

Conforme vemos, a resposta do aluno e a correção do professor são acessadas abrindo arquivos. Neste caso, foram enviados arquivos do Word, como se vê nas figuras *Figura 63* e *Figura 64*.

Figura 64 - Correção do professor

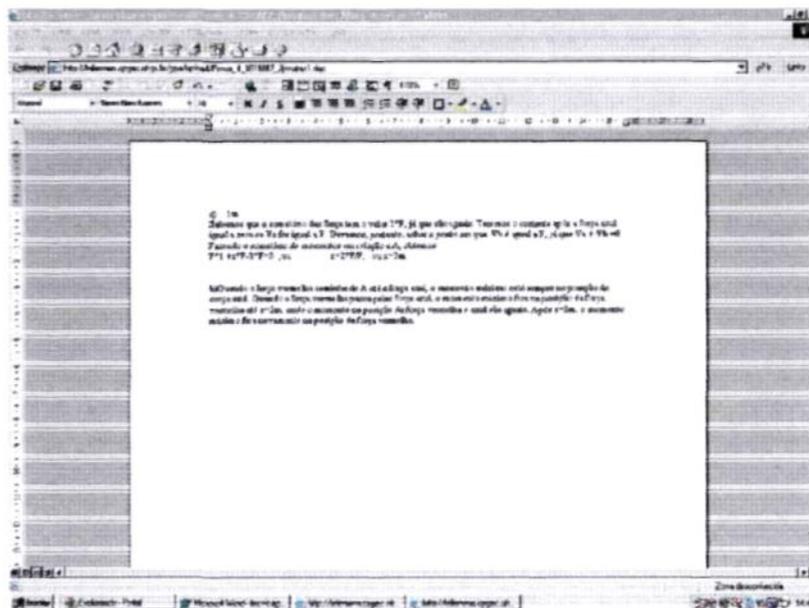
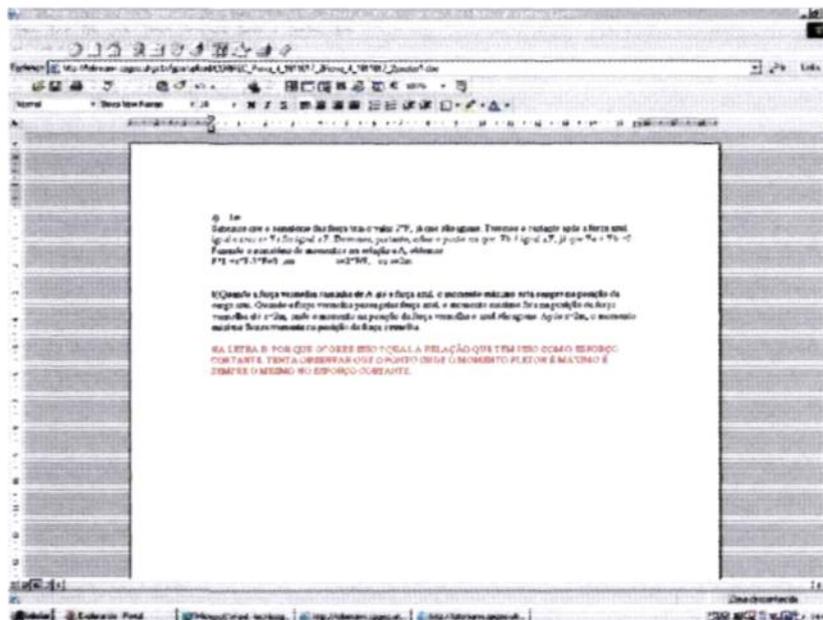


Figura 63 - Resposta do aluno



Há, logicamente, a possibilidade de o professor ainda não haver corrigido a questão quando o aluno acessar à *Correção*. Neste caso, aparecerá a mensagem mostrada na Figura 65.



Figura 65 - Lista não-corrigida

Clicando no botão Webfólio (Figura 52, p. 121) o aluno pode criar o seu portfólio virtual, chamado Webfólio. O principal objetivo desta interface é aumentar a participação do aluno no processo de aprendizagem e permitir a ele usar sistematicamente uma interface digital para que possa fazer atualizações *on-line* sobre seu trabalho. É um espaço dentro do servidor onde o aluno pode mostrar seu trabalho e suas produções, de tal forma que este conteúdo pode ser acessado através da interface do visitante. A tela principal do Webfólio é apresentada na Figura 66.

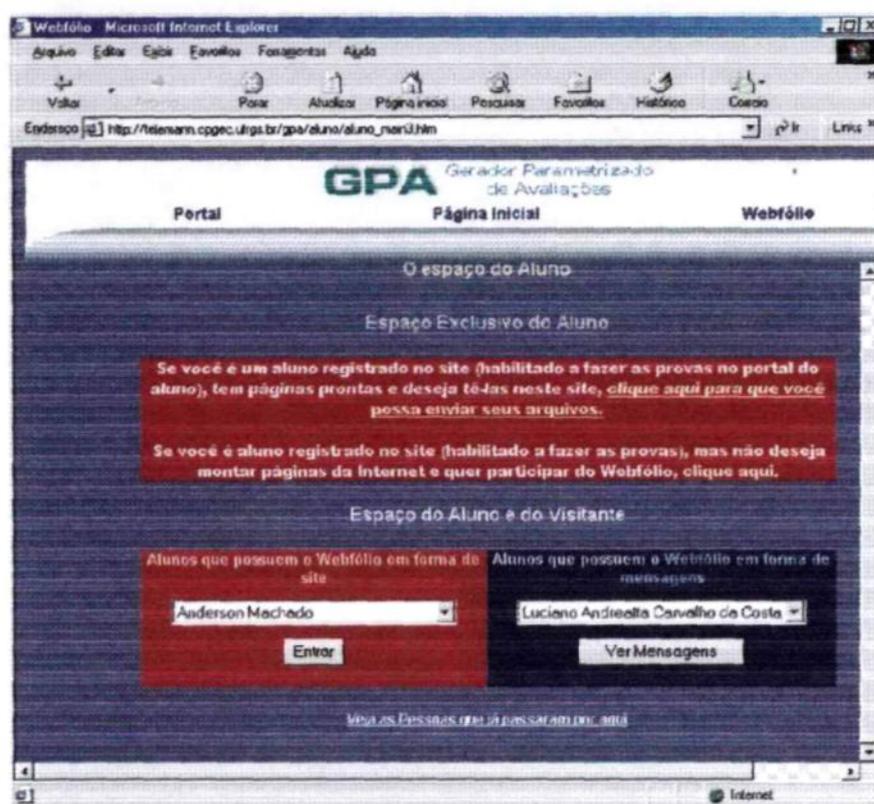


Figura 66 - Webfólio no GPAREDE

Os estudantes possuem duas opções para completar o Webfólio, através de mensagens de texto (que podem conter arquivos em anexo) enviados através da *Internet* ou através de páginas da *web*. Em cada opção, o estudante tem seu próprio espaço dentro do senador. Para se criar o Webfólio em forma de *site*, o aluno deve clicar sobre o *link* "clique aqui para que você possa enviar seus arquivos" (Figura 66). Ele terá acesso então à página de *log-in*, que, depois de autorizar os dados do aluno, direciona-o para uma página onde serão então enviados os arquivos que constituirão a página do aluno na *Internet* (Figura 67).

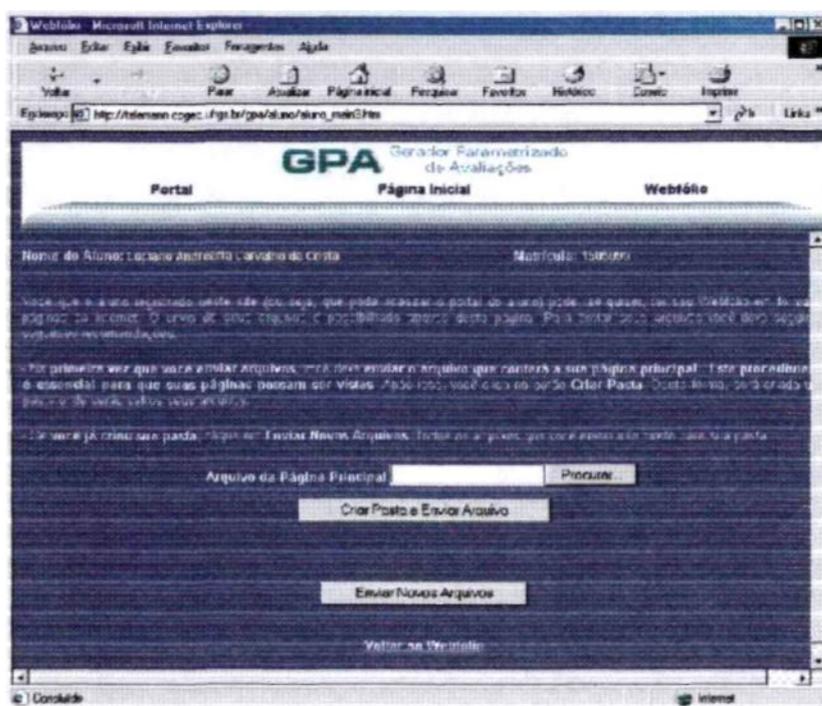


Figura 67 - Webfólio: envio de arquivos

Ao enviar-se o arquivo da página principal (clicando no botão "Criar Pasta e Enviar Arquivo"), cria-se automaticamente no servidor uma pasta com o nome do aluno e armazena-se nesta pasta o arquivo principal, o que facilita o gerenciamento dos documentos no servidor. Os demais arquivos que constituirão a página serão enviados clicando-se no botão "Enviar Novos Arquivos", que direcionará para a página apresentada na Figura 68.

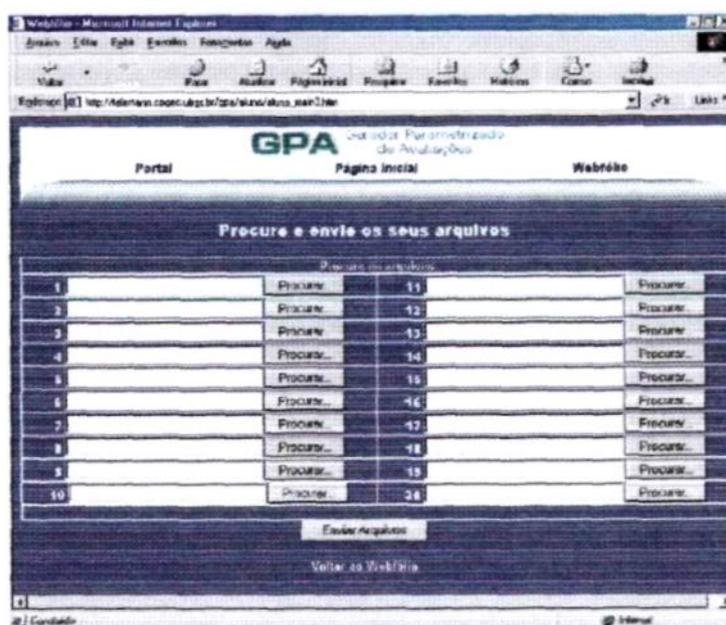


Figura 68 - Webfólio: enviar novos arquivos

Essa página permite o envio de vários arquivos ao mesmo tempo, o que facilita bastante a edição de páginas, tendo em vista que cada imagem de uma página na *Internet* representa um arquivo a ser submetido. Cada arquivo enviado será armazenado na pasta criada com o nome do aluno.

Na Figura 56 - p. 123, encontra-se ainda um botão *Avaliação Formativa*, que, como já foi dito, é um espaço onde os alunos e professores emitem contribuições sobre os assuntos que estão sendo abordados. Clicando nesse botão, abre-se a janela mostrada na Figura 69

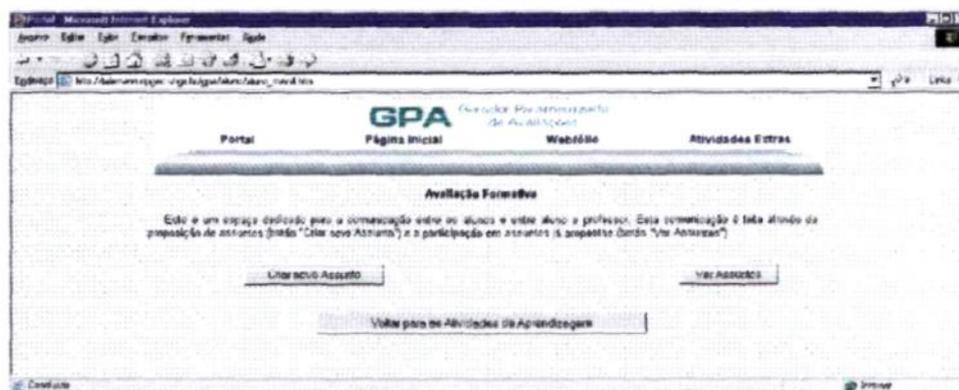


Figura 69 - Avaliação Formativa

Neste ponto, encontra-se dois botões. O primeiro deles - *Criar novo Assunto*, é destinado para que se possa enviar um comentário ou um arquivo sobre o tema discutido, conforme foi visto na Figura 70.

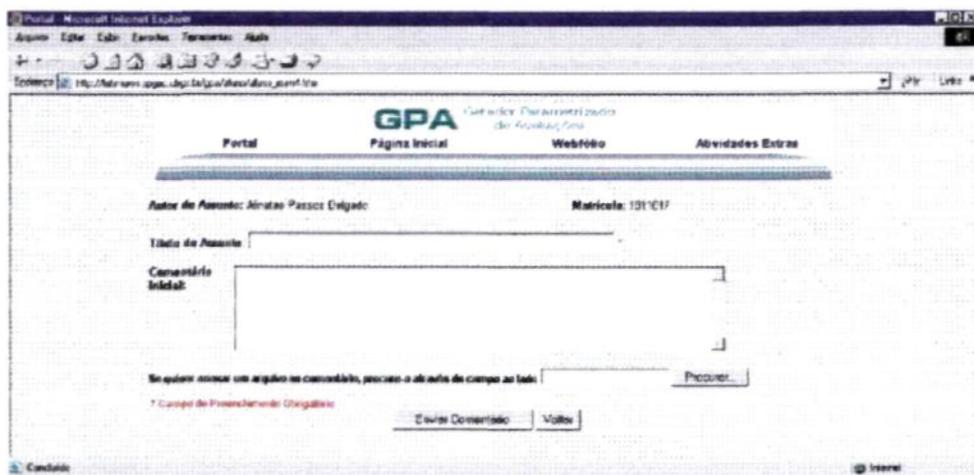


Figura 70 - Criar novo assunto - aluno

O outro botão, *Ver Assuntos*, é destinado para vermos todos os comentários que já foram enviados, como vemos na Figura 71.

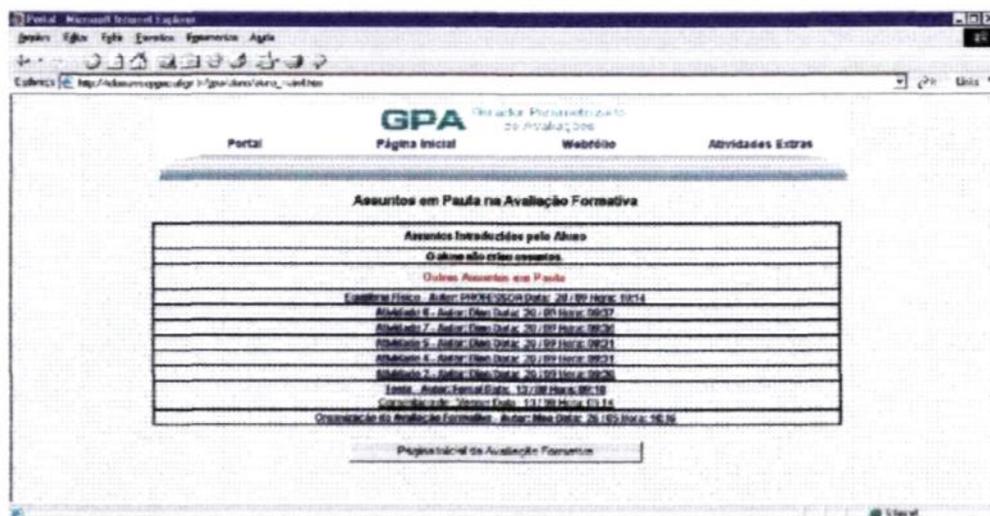


Figura 71 - Ver assuntos - aluno

Cada um dos comentários já enviados recebem o nome de assuntos, e funcionam como links para janelas como a que aparece na Figura 72.

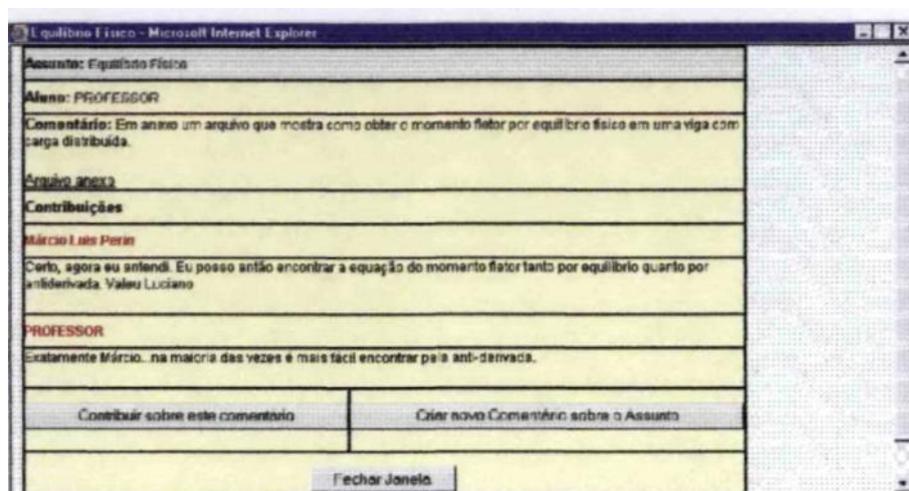


Figura 72 - Exemplo de assunto criado

Como pode ser observado nessa tela, aparecem dois novos botões, onde ambos abrem janelas semelhantes às mostradas na Figura 70. O primeiro deles, *Contribuir sobre este comentário*, contribui-se para um comentário já existente; e *Criar novo comentário sobre o assunto*, envia-se um comentário diferente sobre o tema em discussão. Na Figura 56 (p. 123) visualizamos ainda um botão *Lista de Exercícios*, onde encontramos exercícios complementares aos já desenvolvidos, conforme a Figura 73.

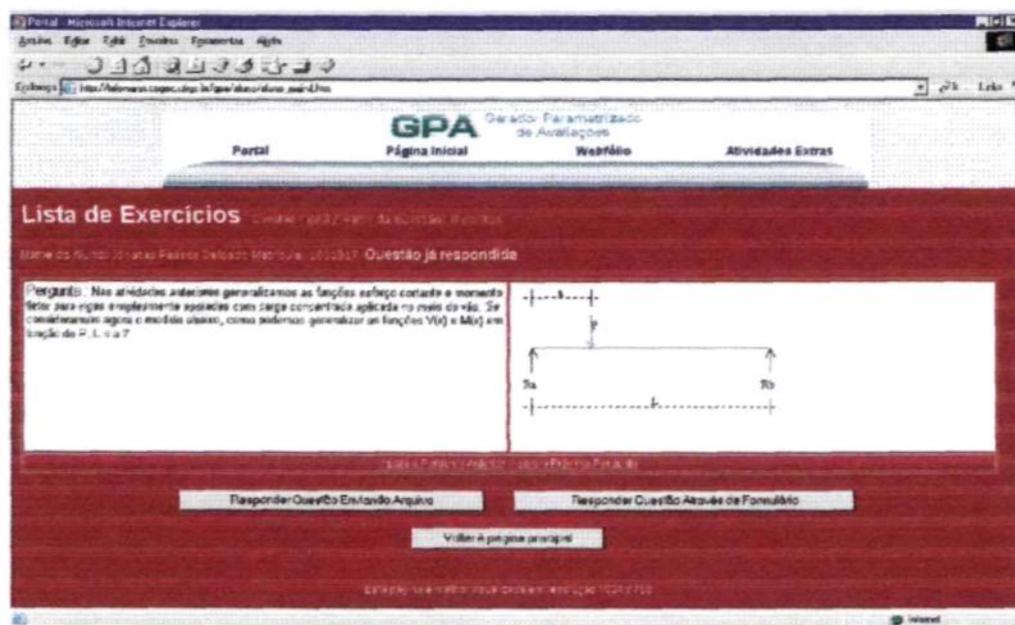


Figura 73 - Lista de exercícios

A resolução destas atividades se desenvolve da mesma forma que as anteriores, inclusive a opção entre enviar a resposta como formulário ou arquivo e a resolução do professor. Outro botão presente ainda na Figura 56 é *Exercícios Extras*, em que o aluno escolhe questões sobre um determinado assunto para resolver, como vemos na Figura 74.



Figura 74 - Exercícios extras

O aluno, após escolher o assunto sobre o qual deseja responder questões, clica no botão *Selecionar Questões*, abrindo uma nova janela como a mostrada na Figura

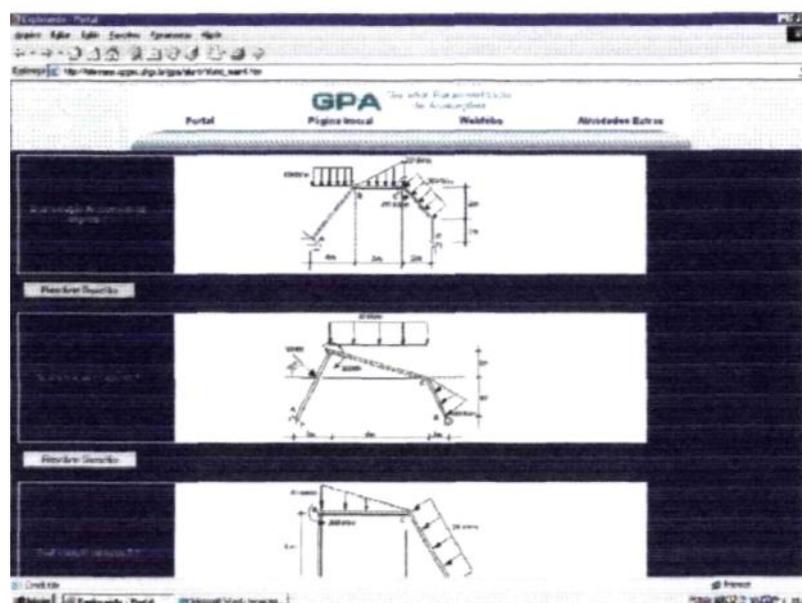


Figura 75 - Questões a serem respondidas

Para cada uma delas, há botão *Resolver Questão*, que abre uma janela como a mostrada na Figura 76, para que o aluno possa responder a questão.

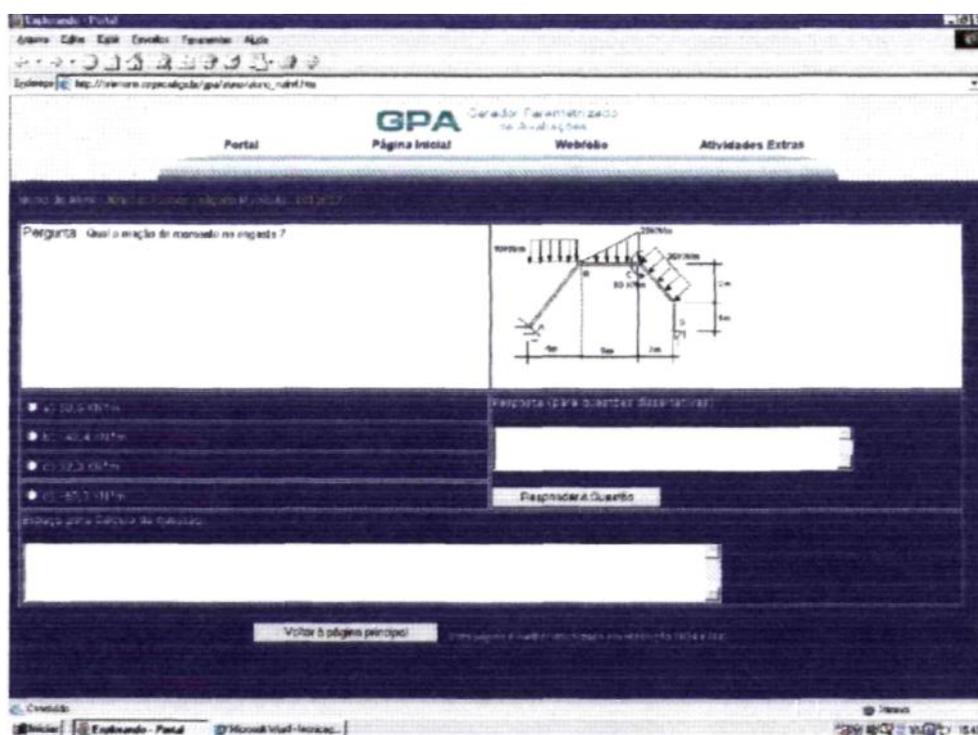


Figura 76 - Resolução dos exercícios extras

Neste ponto, clicando em *Responder à Questão*, o aluno encontra a resposta correta, em uma janela como a da Figura 77.

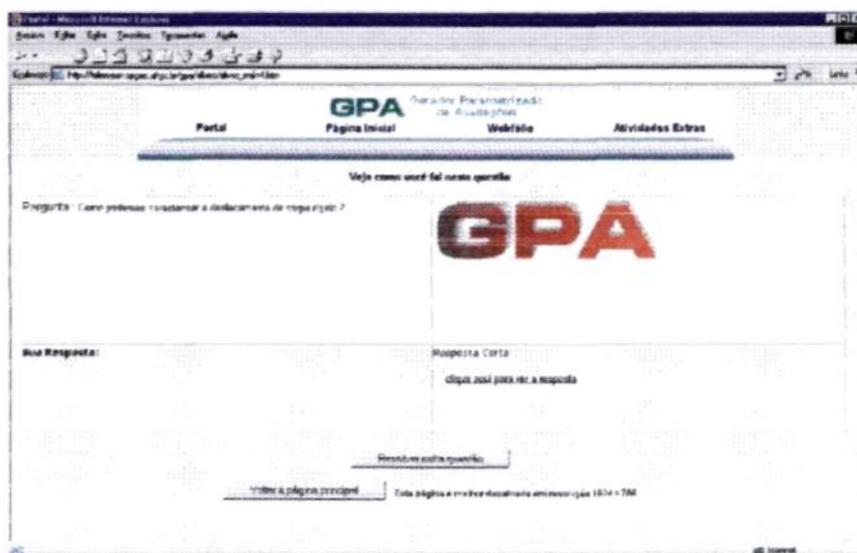


Figura 77 - Resposta do exercício extra

Por fim, na Figura 56, o aluno encontra o botão *Formule Questões*, o qual permite a criação de questões em uma janela como a que aparece na Figura 78.

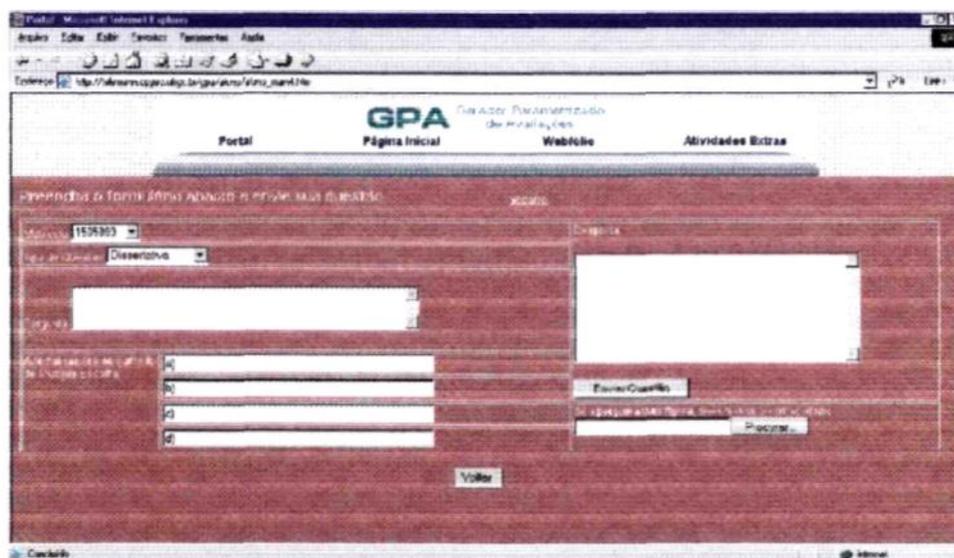


Figura 78 - Criação de questões

6.2.3.2 Interface do professor

Será mostrado agora como o professor controla as atividades que estão sendo desenvolvidas pelos alunos, inclusive mandando a correção das mesmas e respondendo perguntas enviadas na Avaliação Formativa. Voltando à Figura 51 (p.120), observa-se que na página principal do GPA há um link *Professor*. Clicando neste, abre-se a seguinte janela, mostrada na Figura 79.

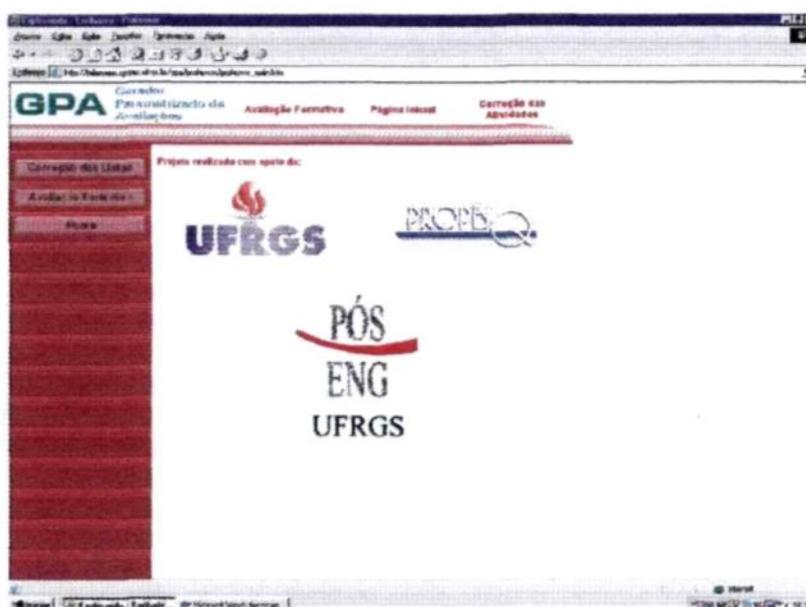


Figura 79 - Página acessada a partir do botão *Professor*

Clicando no botão *Avaliação Formativa*, o professor acessará a página mostrada na Figura 80, onde é pedido uma identificação - usuário e senha.

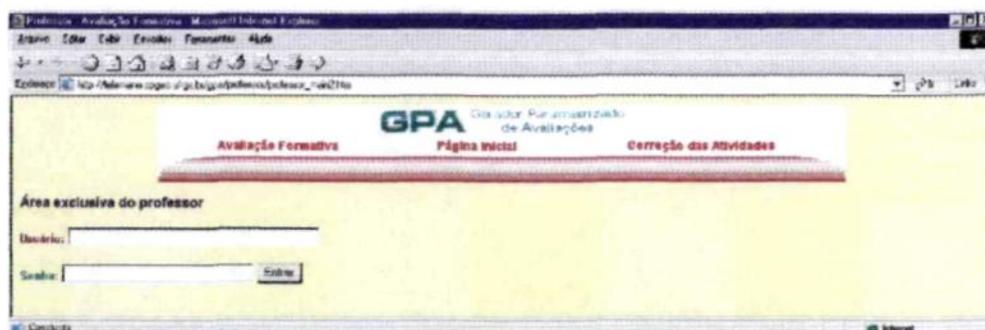
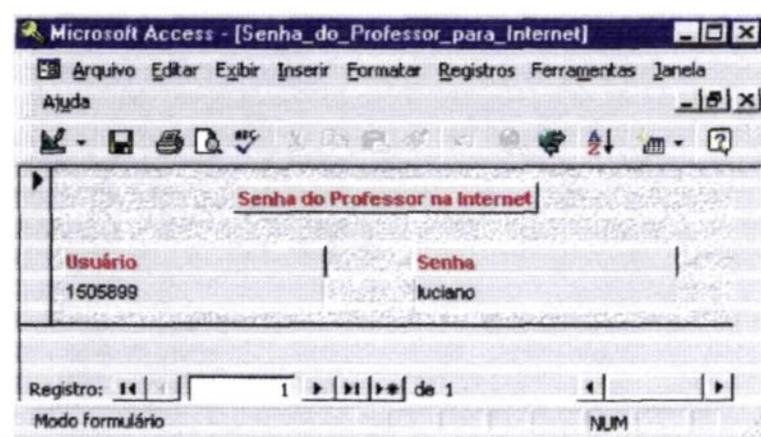


Figura 80 - Identificação do professor

Novamente tem-se a necessidade do cadastro dos professores, da mesma forma como acontecia com os alunos. Na Figura 54 (p. 122) viu-se que no arquivo *porticosbala.mdb* havia um botão para cadastramento dos alunos, *Cadastro de Alunos*. Da mesma forma, há um botão *Senha do Professor na Internet*, que abre uma janela, conforme mostrada na Figura 81.



The image shows a screenshot of a Microsoft Access window titled "Microsoft Access - [Senha do Professor para Internet]". The window contains a form with the following elements:

- Menu bar: Arquivo, Editor, Exibir, Inserir, Formatar, Registros, Ferramentas, Janela, Ajuda.
- Toolbar: Standard toolbar with icons for file operations and editing.
- Form Title: **Senha do Professor na Internet**
- Form Fields:

Usuário	Senha
1505899	luciano
- Record Navigation: Registro: 1 de 1
- Form Mode: Modo formulário
- Field Name: NUM

Figura 81 - Cadastro de professores

Nesta janela, o professor é cadastrado, podendo então acessar a página mostrada na Figura 82.

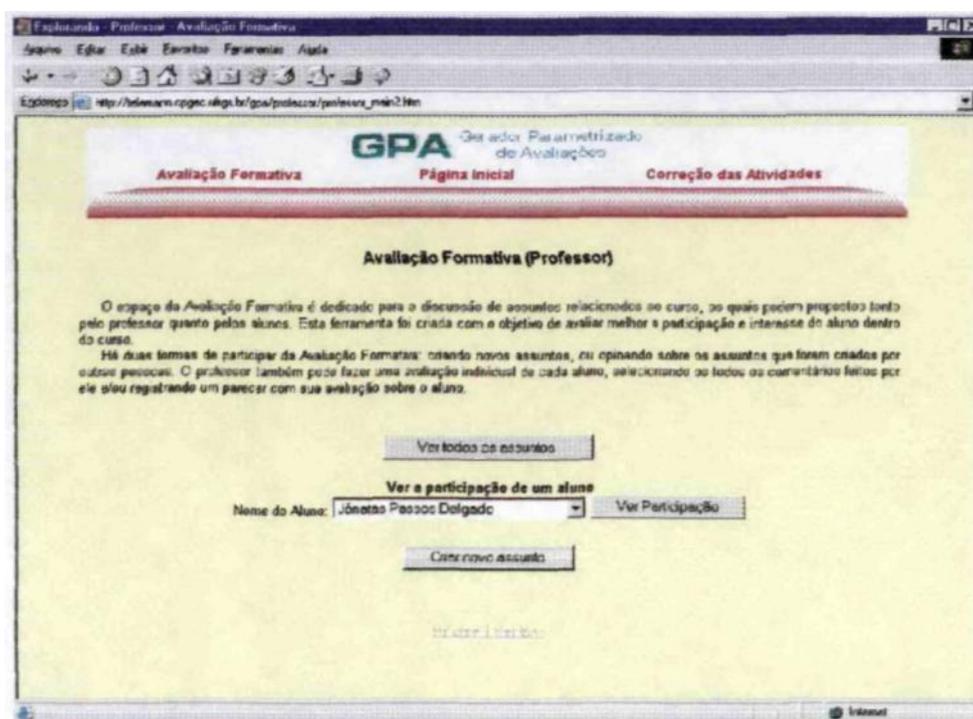


Figura 32 - Área do professor na Avaliação Formativa

Nesta janela, o professor dispõe de três botões. Um deles é *Ver todos os assuntos*, que abre a janela vista na Figura 83, semelhante a que aparece na Figura 71.

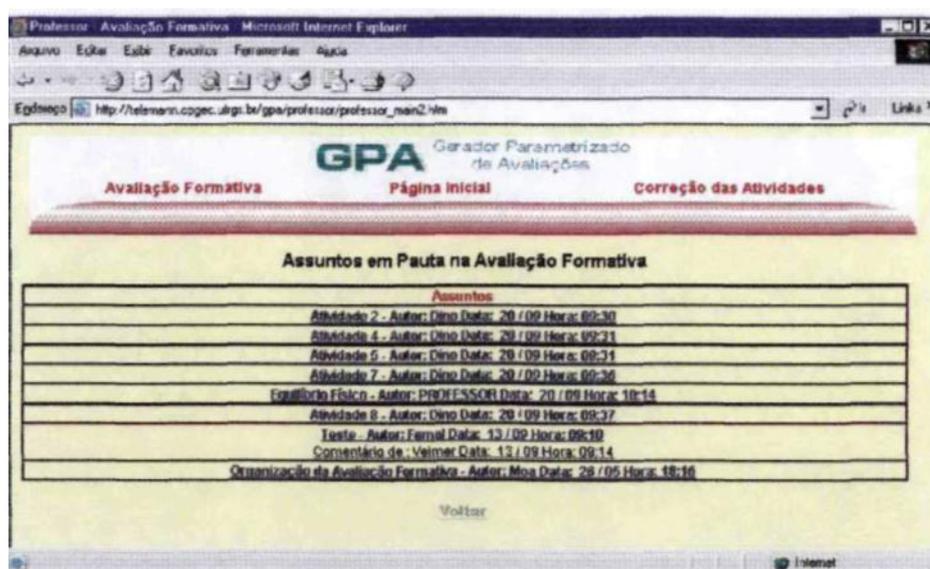


Figura 83 - Ver assuntos - professor

Da mesma forma que na janela da Figura 83, cada um dos comentários do aluno servem de link para janelas como a da Figura 72 (p. 134). *Correção das Atividades* é outro botão presente na interface do professor na Figura 79 . Nesse botão, o professor acessa a janela mostrada na Figura 86, onde também é exigida a identificação.

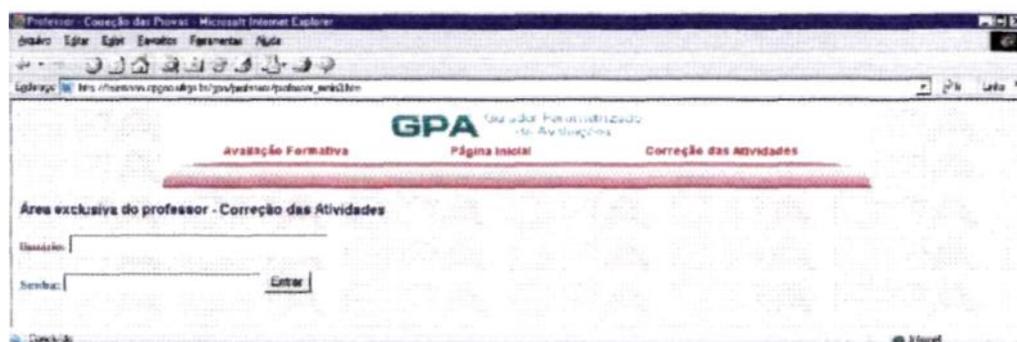


Figura 86 - Identificação do professor

Após a identificação, o professor acessa a janela mostrada na Figura 87, onde ele pode escolher um aluno e a lista que deseja corrigir .

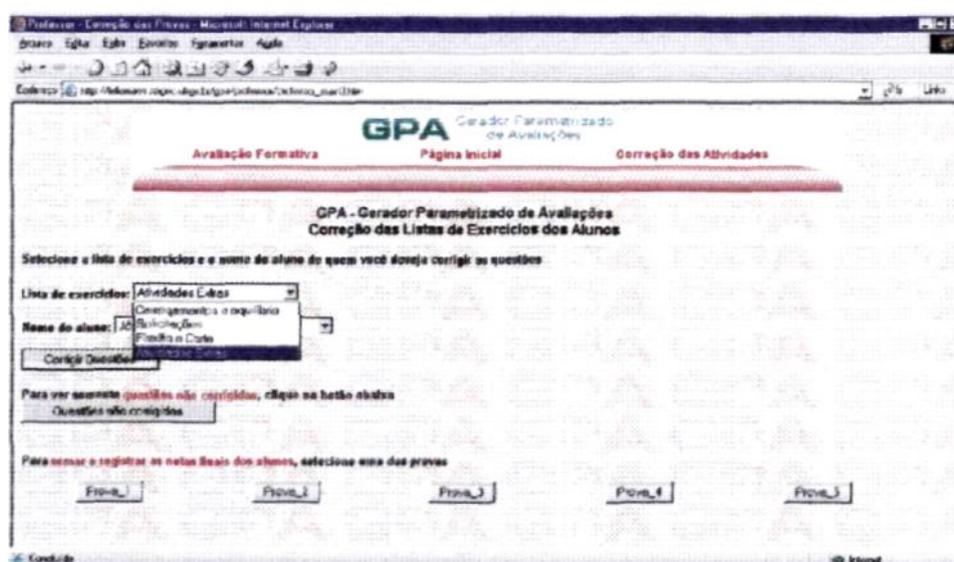


Figura 87 - Correção das atividades

Após a escolha, clicando no botão *Corrigir Questões*, o professor acessa uma janela como a mostrada na Figura 88, que é uma planilha onde ele efetua a correção das questões do determinado aluno, escolhido previamente.

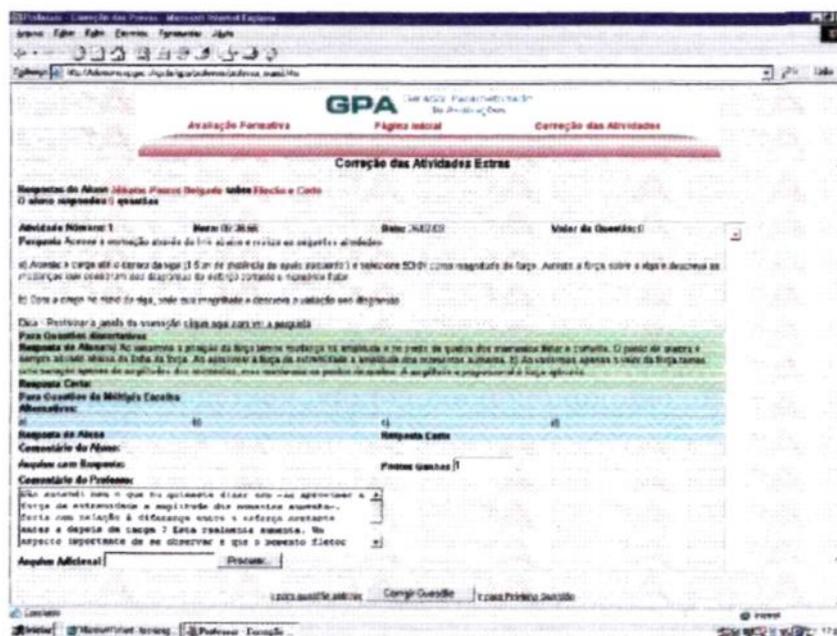


Figura 88 - Planilha de correção

Uma possibilidade que aparece na tela da Figura 87 é o botão *Questões não corrigidas*, onde o professor acessa diretamente as questões que ainda não foram corrigidas de todos os alunos simultaneamente.

6.2.3.3 Interface do visitante

A página principal do GPA, mostrada na Figura 51 (p. 120), apresenta ainda a opção *Visitante*, destinada àquelas pessoas que acessarem a página sem estarem cadastradas no banco de alunos/professores. Clicando no *link* indicado abrirá a janela de interface do visitante, representada na figura a seguir.

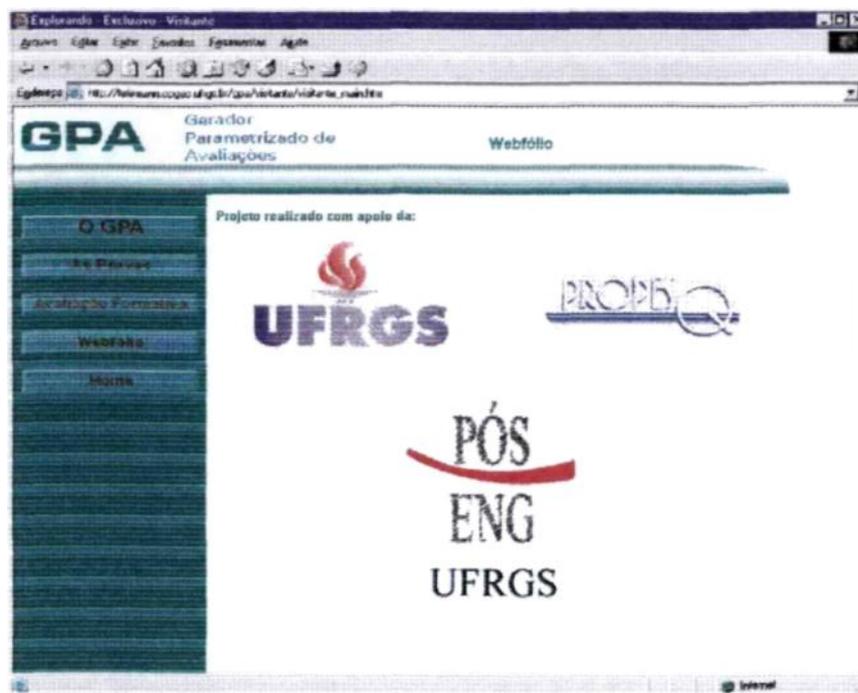


Figura 89 - Interface do Visitante

Os botões localizados à esquerda da figura acima possuem a mesma função dos existentes na interface do aluno e do professor, ou seja, para fins explicativos. Na Figura 90 visualiza-se a explicação obtida a partir do botão "GPA". A exceção é o botão *Home*, que serve para voltar à página da Figura 51.

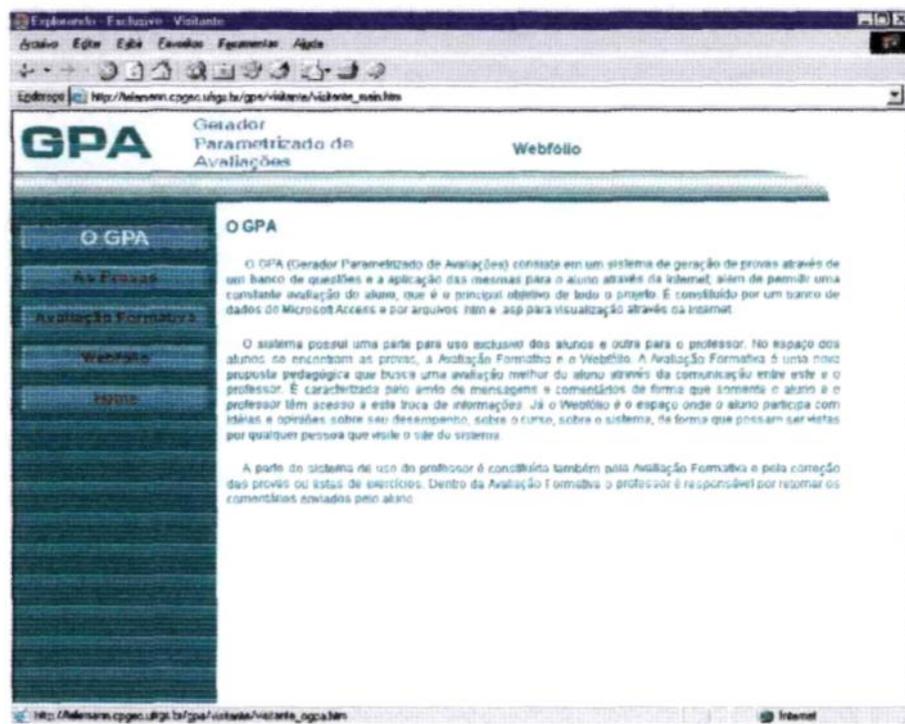


Figura 90 - Explicação

A única ferramenta do GPA disponível ao visitante permite acessar os *Webfolios* criados. Clicando neste botão, é aberta a página representada na figura a seguir.

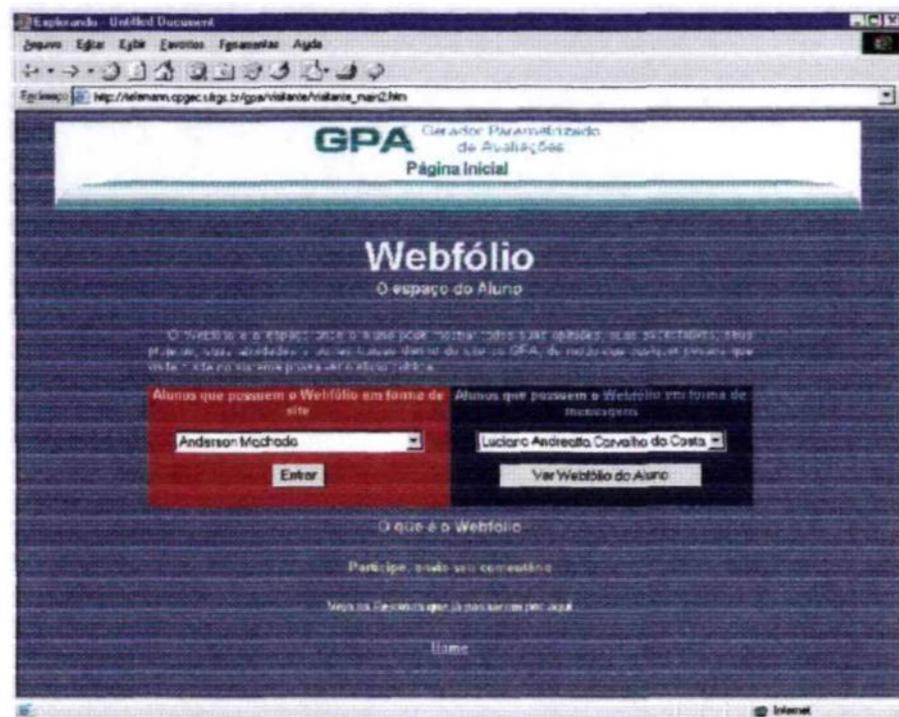


Figura 91 - Acesso aos Webfolios

O visitante pode então acessar os *Webfolios* e as mensagens enviadas, da mesma forma que na interface do aluno. A seguir é mostrado um exemplo de webfolio desenvolvido durante a primeira edição do curso de extensão.

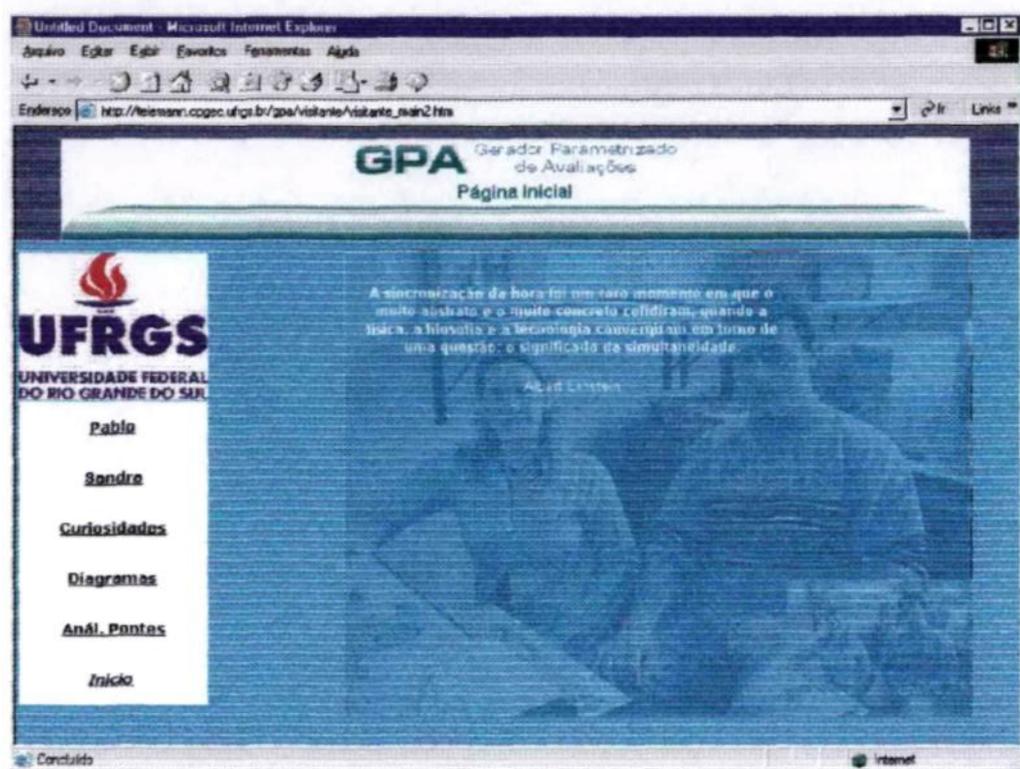


Figura 92 - Exemplo de Webfolio

Uma outra aplicação prática é ver participações dos alunos que possuem *webfolio* na forma de comentários sobre algum assunto específico ou sobre o próprio sistema. A seguir tem-se um exemplo.

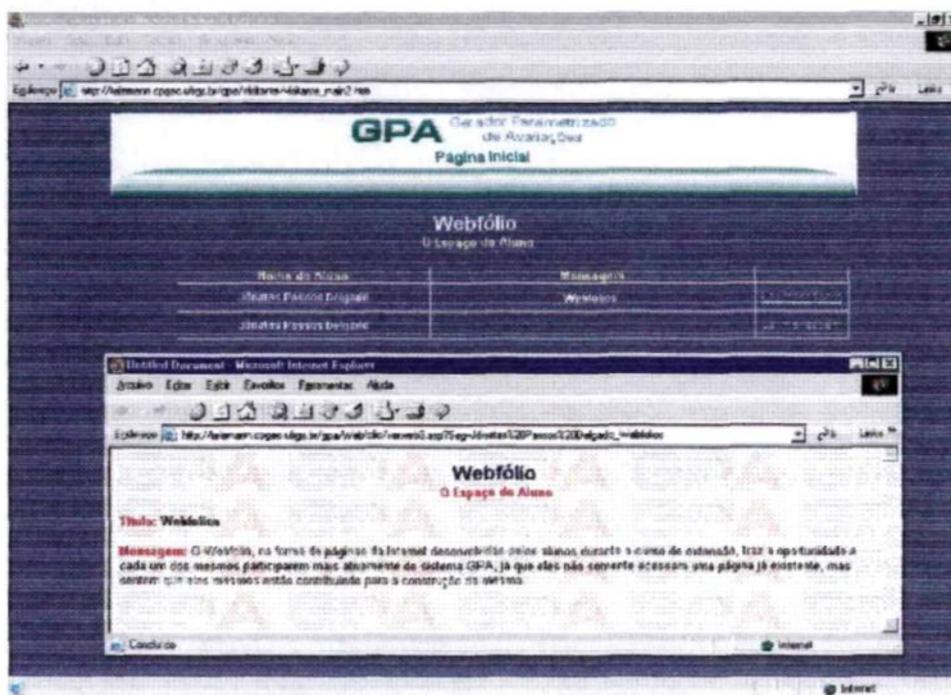


Figura 93 - exemplo de comentário

A novidade nesta interface é a possibilidade do visitante participar, através do *link* "Envie seu comentário", que abrirá a janela mostrada na figura a seguir.

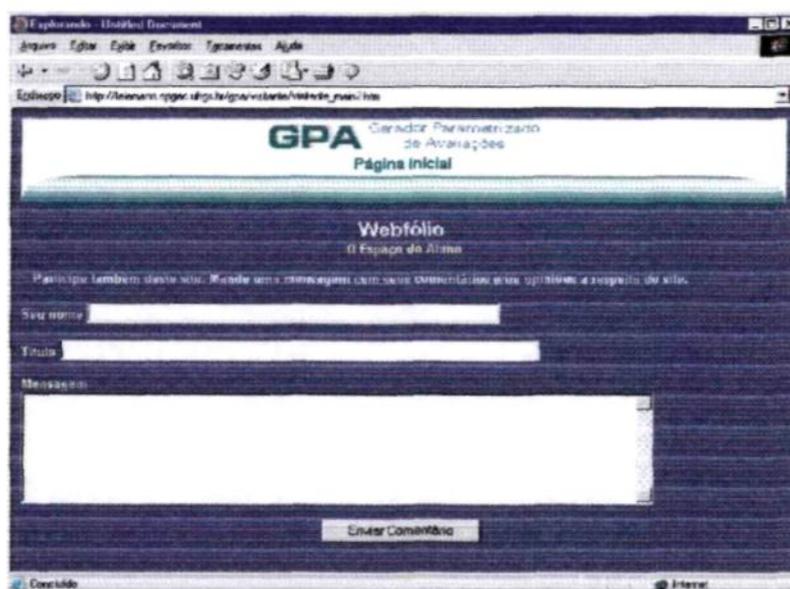


Figura 94 - Comentário do visitante

Visualiza-se ainda nesta página o *link* "O que é o Webfolio", que abre uma janela explicativa, conforme mostra a próxima figura. Finalmente, o *link* "Veja as pessoas que já passaram por aqui", onde se visualiza os comentários deixados pelos visitantes.

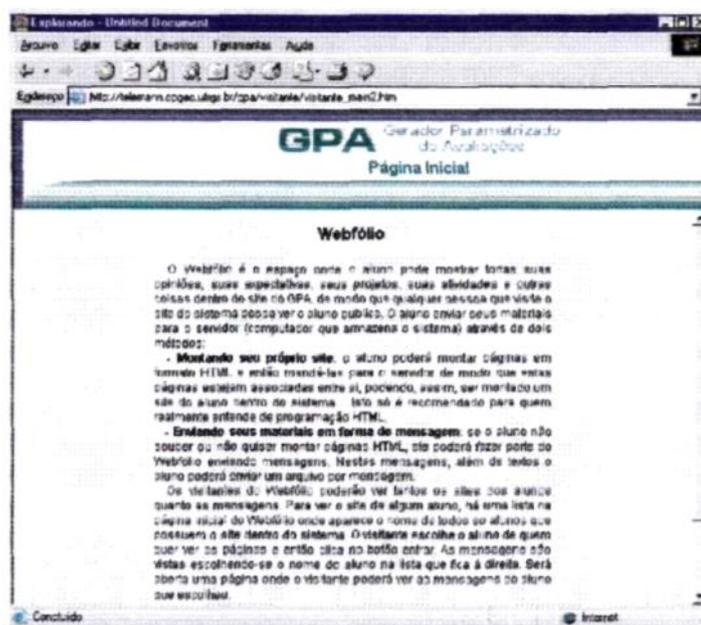


Figura 95 - Janela explicativa do Webfolio

No capítulo seguinte será feita uma descrição da primeira investigação realizada com alunos.

7. PRIMEIRA INVESTIGAÇÃO A PARTIR DO GPAREDE

Concluída a fase inicial de desenvolvimento do ambiente, parte-se para as investigações com alunos. No primeiro semestre de 2002 fez-se uma testagem inicial do ambiente com alunos da disciplina de Mecânica Estrutural I. Após a testagem, parte-se para as reflexões e para a elaboração do texto que constitui o projeto de qualificação, defendido em abril de 2003. Nesta ocasião, surge como uma das possibilidades a realização de um curso de extensão, para que se tenha então um vínculo institucional com os alunos, o que poderia gerar um aumento do comprometimento dos mesmos. Foram realizados então duas edições de um curso de extensão, cuja análise será detalhada no capítulo 9 (p. 162).

A seguir é feita então a descrição desta primeira experiência e uma reflexão a partir dos seus resultados.

7.1 Descrição da primeira experiência

Descreve-se nesta seção as interfaces desenvolvidas para a testagem com alunos do curso de Mecânica Estrutural I. Foi realizado durante o terço final da disciplina a partir da disponibilização de exercícios referentes à primeira e à segunda área. O objetivo principal era possibilitar que aqueles alunos que não obtiveram boas notas nas primeiras áreas, pudessem se preparar para o exame final da disciplina.

Basicamente foi combinado com os alunos que seriam disponibilizadas duas listas de exercícios. Depois de realizadas, seriam corrigidas individualmente, correção essa que poderia ser acessada pelos alunos. Depois disso poderia ainda se esclarecer dúvidas sobre a material na Avaliação Formativa. Estaremos detalhando a seguir cada uma dessas etapas.

Apesar de terem havido 44 inscrições, apenas 2 alunos participaram da proposta. O aluno D enviou as repostas da primeira área dia 12 de abril de 2002 e o aluno A dia 18. Na Avaliação Formativa houveram três participações, exclusivas do aluno D.

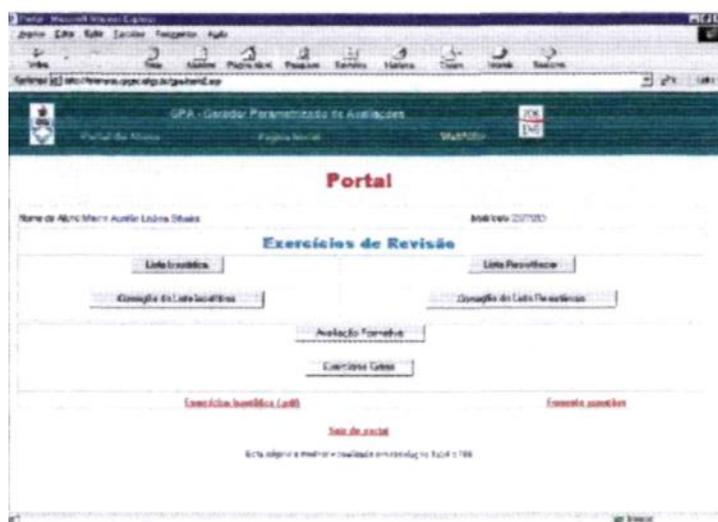


Figura 96- Página do Portal

7.1.1 Aplicação da lista de exercícios

Antes de mais nada, é necessário explicar que somente os alunos cadastrados no banco de dados podem participar desta forma de avaliação, já que é necessário que o aluno se identifique antes de entrar dentro do sistema, via *Internet*. Essa identificação é feita em uma página onde o aluno digita o número de matrícula e sua senha (é uma espécie de *logon*). Depois disso, o aluno entra no seu portal (Figura 96), de onde pode acessar toda a parte do sistema que corresponde a sua avaliação: provas (resolução e correção) e também a parte de comunicação, através de comentários, entre professor e aluno. Cada prova tem seu botão correspondente dentro do portal. Clicando no botão correspondente à prova que o aluno deseja resolver, será aberta uma página que mostra a questão e uma figura relacionada a mesma (se houver). É mostrada apenas uma questão de cada vez, havendo *links* de navegação entre uma e outra questão. Quando foram feitos testes com alunos, estas páginas eram tratadas como listas de exercícios, de forma que os alunos não tinham a mesma responsabilidade de respondê-los como se estivessem fazendo uma prova. Mesmo assim, todas as questões respondidas foram corrigidas com o mesmo rigor e atenção de uma avaliação real.

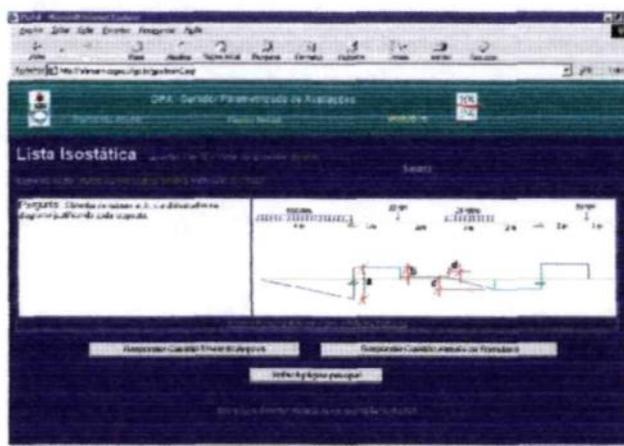


Figura 97 - *Layout* de uma das provas

O aluno pode responder à questão de duas formas: enviando um arquivo contendo a resposta da questão ou respondendo a questão através de um formulário, onde há um campo para a resposta e outro para o cálculo da questão (se o aluno quiser enviar o cálculo). No teste com os alunos, foi visto que os dois alunos enviaram arquivos contendo as questões manuscritas digitalizadas.

7.1.2 Correção das provas pelo Professor

Para fazer a correção das provas o professor entra em uma página dentro do *site* da sua parte do sistema (de acesso restrito ao professor) onde ele seleciona a prova e o nome do aluno para corrigir as questões correspondentes. Depois disso, ele acessa uma página que mostra uma a uma as questões que foram selecionadas. Nesta página são mostrados todos os dados sobre cada questão, e o professor pode completar até três campos: um para algum comentário sobre a questão, um para os pontos ganhos pelo aluno na questão, e outro para o envio de um arquivo para o aluno sobre correção da questão; sendo que o último campo foi o mais importante e mais prático para detalhar a correção das questões para o aluno.

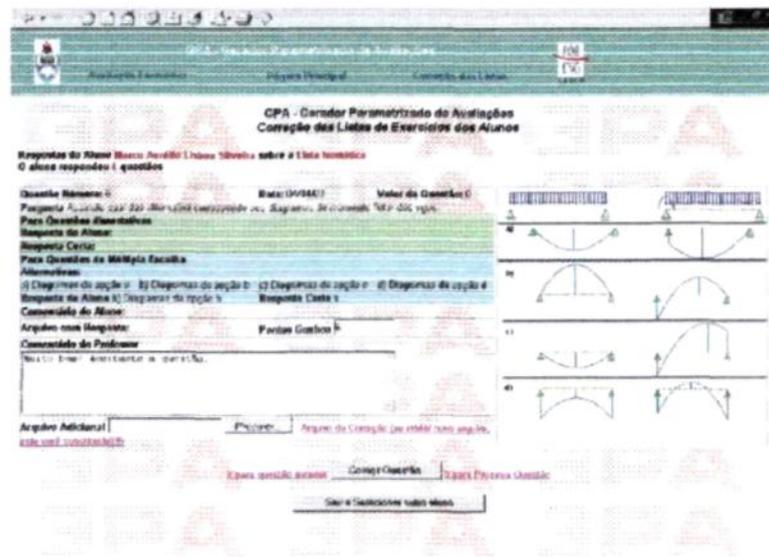
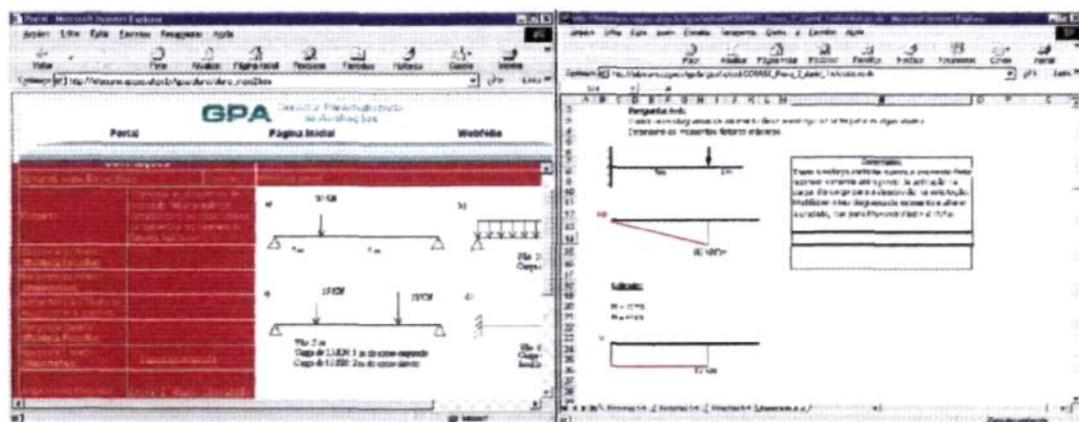


Figura 98- Página de correção das questões

7.1.3 Visualização dos resultados das provas

Abaixo dos botões das provas, dentro do portal, estão os botões que permitem ao aluno ver o resultado de suas provas. Clicando no botão correspondente à prova da qual o aluno quer ver o resultado aparecerá uma página onde serão mostrados todos os dados da questão, sendo dado maior destaque ao conteúdo correspondente à correção feita pelo professor. Assim como nas provas, é mostrado uma questão de cada vez.



(a) Dados da questão

(b) Arquivo enviado pelo professor

Figura 99- Visualização das correções dos exercícios

Na **Figura 99b** observa-se um arquivo em planilha eletrônica enviado por um aluno com o respectivo comentário do professor. Neste caso o professor aproveitou o próprio arquivo do aluno para enviar os seus comentários.

7.1.4 Comunicação entre professor e aluno, a Avaliação Formativa

Esta parte do sistema corresponde à fase seguinte após a correção das questões. O início deste contato entre professor e aluno acontece a partir do momento que o aluno visualiza a correção de suas questões e deseja manter um diálogo com o professor sobre a forma como foi avaliada uma questão, ou sobre o que ele, aluno, pode fazer para melhorar o seu rendimento. Esta comunicação entre aluno e professor é possibilitada por uma parte do sistema onde ambos podem trocar mensagens e comentários, uma espécie de servidor de *webmail* em uma versão simplificada (isso porque os comentários são gravados dentro do banco de dados, e não dentro de uma caixa postal).

O aluno pode acessar esta parte do sistema através do botão que fica na parte de baixo da página do *portal*, cuja identificação é *Avaliação Formativa*. Através deste botão será aberta uma página onde o aluno envia as mensagens e comentários para o professor e também tem controle sobre todos os que já foram enviados. Junto com os comentários ele também pode enviar um arquivo em anexo (figura, texto, animação ou outro tipo de arquivo). Em uma outra página, o aluno tem acesso a todos os comentários que ele já enviou, e clicando-os o aluno poderá ver o retorno do professor sobre um comentário que já tenha enviado antes. E assim se dá seguimento ao constante contato entre professor e aluno: o aluno enviando comentários e o professor retornando-os.

O professor faz o retorno destes comentários através da parte do sistema de acesso exclusivo a ele. Além de dar retorno a todos os comentários enviados pelos alunos, o professor pode fazer pareceres sobre os alunos. Estes pareceres são observações feitas sobre a avaliação do aluno de forma que o último não tenha acesso a eles.

Nome do Aluno	Data de Prova	Título do Comentário	Ler
Diana Marlene de Vasconcelos Costa	12/09/2011 17:08:45	Resposta questão prova	Ler
Marcus Aurélio Ladeira Silveira	23/09/2011 11:15:22	30 em teste	Ler
Marcus Aurélio Ladeira Silveira	12/09/2011 15:00:25	Questão 7	Ler
Marcus Aurélio Ladeira Silveira	12/09/2011 14:01:24	Problemas - 1	Ler
Marcus Aurélio Ladeira Silveira	12/09/2011 14:02:43	Problemas - 2	Ler

Voltar

Figura 100- Página da Avaliação Formativa (Professor)

Conforme foi mencionado anteriormente, apenas um dos alunos acessou a avaliação formativa por três vezes.

7.1.5 Controle sobre o envio de respostas

Também dentro da área de acesso exclusivo do professor existe uma série de páginas que permite ao professor ver quantos alunos responderam as questões, quantas questões foram respondidas por cada aluno e também os pontos dados a cada uma delas, além da nota final da prova de cada aluno⁶⁴. Depois de visualizar os dados desta página o professor pode acessar outra que salva no banco de dados as notas finais das provas. Esta página foi importante durante o teste, já que permitia saber o quão interessados estavam os alunos em participar do projeto.

⁶⁴ Na experiência realizada não foram avaliados os exercícios realizados pelos alunos, pois tinha-se como principal objetivo testar a viabilidade técnica do ambiente. As provas funcionaram como listas de exercícios.

Nome do Aluno	Matrícula	Prova	Número da Questão	Pontos ganhos na Questão
Anderson Cláudio da Silva	0231960	Prova_1	1	1
Anderson Cláudio da Silva	0231960	Prova_1	2	1
Anderson Cláudio da Silva	0231960	Prova_1	3	1
Anderson Cláudio da Silva	0231960	Prova_1	4	1
Anderson Cláudio da Silva	0231960	Prova_1	5	1
Anderson Cláudio da Silva	0231960	Prova_1	6	1
Anderson Cláudio da Silva	0231960	Prova_1	7	1
Anderson Cláudio da Silva	0231960	Prova_1	8	1
Anderson Cláudio da Silva	0231960	Prova_1	9	1
Anderson Cláudio da Silva	0231960	Prova_1	10	1
Anderson Cláudio da Silva	0231960	Prova_1	11	1
Anderson Cláudio da Silva	0231960	Prova_1	12	1
Nota Real do Aluno	12			
Anderson L. Müller	0261936	Prova_1	1	1
Anderson L. Müller	0261936	Prova_1	2	1
Nota Real do Aluno	2			
Curso Métricas de Vascoscelos Geom	0267267	Prova_1	2	0 (não respondeu)
Curso Métricas de Vascoscelos Geom	0267267	Prova_1	4	0 (não respondeu)
Curso Métricas de Vascoscelos Geom	0267267	Prova_1	5	0 (não respondeu)
Curso Métricas de Vascoscelos Geom	0267267	Prova_1	7	0 (não respondeu)
Curso Métricas de Vascoscelos Geom	0267267	Prova_1	10	0 (não respondeu)
Curso Métricas de Vascoscelos Geom	0267267	Prova_1	11	0 (não respondeu)
Curso Métricas de Vascoscelos Geom	0267267	Prova_1	12	0 (não respondeu)
Nota Real do Aluno	0			

Figura 101- Página com as notas finais dos alunos

7.1.6 Seleção de questões para revisão da matéria

Também são oferecidas ao aluno questões armazenadas no banco de dados para a fixação e revisão do conteúdo visto. Através do *portal* o aluno entra em uma página onde escolhe o assunto das questões que deseja resolver. Depois desta seleção, ele acessa uma página com todas as questões encontradas sobre o assunto escolhido. O aluno acessa uma das questões exibidas e então aparece uma página onde pode respondê-las. O próximo passo é conferir qual a resposta correta de acordo com o banco de questões. Esta ferramenta ainda não foi testada com alunos, e representa uma das possibilidades do ambiente para que o aluno possa realizar uma auto-avaliação.



Figura 102- Auto-avaliação do aluno

7.1.7 Envio de questões pelos alunos

O aluno também pode criar e enviar questões prontas para o professor. Isto é feito através de uma página (acessada pelo *portal*) com um formulário onde o aluno preenche os campos da questão que ele irá enviar. O aluno poderá enviar até mesmo um arquivo relacionado com a questão. A partir dessa interface acredita-se estar contribuindo na proposição de um ambiente propício à construção do conhecimento. No item 4.3, relata-se a importância do próprio aluno elaborar questões e a forma como esta abordagem pode proporcionar uma avaliação transparente e democrática. A partir da interface da Figura 102 o aluno pode enviar as suas questões que serão revisadas pelo professor para serem então armazenadas no banco de dados principal.

Figura 103- Alunos enviando questões para o banco de dados

7.2 Aprendizagens a partir dessa primeira experiência

Esta primeira experiência foi fundamental, especialmente no sentido de se verificar a viabilidade técnica das ferramentas computacionais, cujo desempenho foi considerado positivo. Nos congressos científicos em que foram apresentadas as experiências realizadas (COSTA et al, 2002b; SILVEIRA et al, 2002) tem-se recebido significativas contribuições para uma melhor utilização do ambiente. Utilizar a Avaliação Formativa como um espaço de troca entre os alunos, e não

somente entre aluno e professor, obter um retorno daqueles alunos que não utilizaram o ambiente e procurar alternativas para obter uma maior adesão foram algumas das sugestões apresentadas. A baixa participação dos alunos foi confirmada por alguns professores, inclusive em experiências realizadas com colegas. Ou seja, é grande o desafio de se propor a utilização de um ambiente virtual, especialmente pela possibilidade de se iniciar com uma baixa participação. Durante a defesa do projeto de qualificação, muitas sugestões foram apresentadas pela banca, bem como uma rica discussão a respeito de questões relativas ao comprometimento dos sujeitos que participam das investigações. A partir desta primeira experiência, surge a seguinte questão:

- Que necessidades de complementação o GPAREDE tem no que tange a recursos telemáticos ? GPAREDE contempla os pressupostos teóricos deste projeto?

8 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Levando-se em consideração as reflexões acerca dos ambientes virtuais de aprendizagem bem como a base teórica apresentada em capítulos anteriores, pretende-se neste capítulo estabelecer a problemática desta pesquisa. A Epistemologia Genética proposta por Piaget, as avaliações integradas ao processo de ensino-aprendizagem e construídas coletivamente apresentadas por Bazzo, o caráter mediador da avaliação e a abordagem reflexiva do auto-avaliação sugeridas por Hoffmann e a importância do erro no estabelecimento da aprendizagem são fundamentos teóricos que sustentam as hipóteses descritas a seguir.

Considerando que a Engenharia Estrutural pode ser abordada segundo sua evolução histórica a partir dos elementos epistemológicos propostos por Franco e que o impacto da tecnologia precisa ser compreendido a partir de uma reflexão filosófica, **pretende-se** elaborar conclusões reflexivas sobre a utilização de um ambiente virtual para avaliação da aprendizagem considerando a natureza epistemológica dos conceitos trabalhados.

Considerando que a participação ativa do aluno no processo de aprendizagem bem como uma auto-reflexão sobre sua aprendizagem promove a construção do conhecimento e que a compreensão epistemológica do processo de criação de novidades possibilita ao educador uma probabilidade maior de sucesso na busca de pressupostos construtivistas, **pretende-se** permitir ao estudante agir, refletir e construir conhecimento a partir da utilização do ambiente.

Considerando que a avaliação da aprendizagem é inerente ao processo ensino-aprendizagem; que a construção coletiva de instrumentos de avaliação propostas por Bazzo promove uma avaliação transparente; que a concepção dialético-libertadora do processo de avaliação escolar proposta por Vasconcelos promove uma avaliação construtivista e que a mediação da aprendizagem delineada por Hoffmann promove uma melhoria na avaliação da produção do aluno, **pretende-se** promover via utilização da tecnologia da informação instrumentos que possibilitem tais abordagens da avaliação da aprendizagem

De posse das hipóteses apresentadas e a partir das investigações realizadas principalmente nas duas edições do curso de extensão, serão respondidas no próximo capítulo (p. 162) as perguntas norteadoras apresentadas em capítulos anteriores. Tendo como objetivo tornar mais didática a apresentação e a reflexão acerca das perguntas propostas, haverá uma divisão das mesmas em três grupos, quais sejam: questões relacionadas à criação da plataforma, às funcionalidades do produto final e à tecnologia e suas implicações ao se conceber propostas pedagógicas.

8.1 Criação da plataforma

- ? Como a avaliação da aprendizagem em Engenharia Estrutural via GPAREDE pode contribuir para uma melhoria na aprendizagem colaborativa⁹ (p. 104).
- ? De que maneira os princípios construtivistas podem auxiliar na concepção de processos de avaliação que permitam inferir sobre o desenvolvimento da aprendizagem em Engenharia Estrutural ? (p. 75).
- ? De que forma o GPAREDE pode ser um ambiente propício à construção de conceitos de Engenharia Estrutural no âmbito de uma avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem ? (p. 79).

8.2 Funcionalidades do produto final

- ? O GPAREDE possibilita a avaliação formativa ? De que forma ? (p. 80).
- ? Quais perspectivas são abertas a partir da inserção do sistema numa intervenção didática a distância ? (p. 92).
- ? Que necessidades de complementação o GPAREDE tem no que tange recursos telemáticos ? GPAREDE contempla os pressupostos teóricos desse projeto? (p. 158).

8.3 Tecnologia

- ? Como o computador deve ser usado na educação a distância para que efetivamente se tenha uma melhoria na aprendizagem ? (p. 47).
- ? Como fica a questão do contato humano no ensino virtual ? (p.47).
- ? Como se pode gerar uma nova tecnologia educacional a partir recursos computacionais ? (p. 47).

9 CURSO DE EXTENSÃO SOBRE DIAGRAMAS EM MODELOS ESTRUTURAIS - UMA SEGUNDA EXPERIÊNCIA DE INVESTIGAÇÃO

Após as reflexões oriundas da defesa do projeto de qualificação, iniciou-se a concepção de um curso de extensão a ser ministrado sob a plataforma do GPAREDE, com intuito de realizar uma nova investigação e refletir sobre as questões que nortearam o quadro teórico desta tese.

9.1 Equipamentos e estrutura física

Utilizou-se o Laboratório de Informática na graduação - LIG, localizado na sala 409 do prédio da Engenharia Nova da UFRGS (Figura 104), e que tem como foco os alunos de graduação em Engenharia Civil da UFRGS. O laboratório conta com 10 computadores com processadores *pentium* 166 e memória RAM de 64 MHz, e uma conexão com a *Internei* com uma velocidade de 10 megabytes por segundo. Essas condições foram suficientes para a realização do trabalho, surgindo limitações apenas na execução de algumas animações desenvolvidas em *Flash* (MACROMEDIA, 2002), não sendo possível executar aquelas mais carregadas. Isto se deve em parte pelo fato de haver apenas uma conexão no laboratório, compartilhada entre todos os computadores. A íntegra das atividades desenvolvidas estão no ANEXO III..



Figura 104 - Primeira Edição do Curso

9.2 Público-alvo

A questão dos conhecimentos prévios foi detalhada anteriormente, sendo fundamental a consideração e a compreensão desses conhecimentos para uma intervenção docente mais apropriada. Desta forma, a não fixação de um nível específico de conhecimentos prévios foi naturalmente adotada, fazendo com que o desempenho e a forma de resolução de cada aluno pudesse ou não ser relacionada com esses níveis. Foi definido que os alunos poderiam pertencer a qualquer curso de Engenharia ou Arquitetura, em qualquer semestre.

9.3 Divulgação e realização das inscrições

A divulgação foi feita a partir de *folders* distribuídos a professores das disciplinas de Mecânica Estrutural dos cursos de Engenharia da UFRGS e através de uma lista de discussão de alunos e professores do Curso de Arquitetura do Centro Universitário Feevale. Além disso foram fixados cartazes nos prédios que abrigam a Faculdade de Arquitetura e a Escola de Engenharia da UFRGS.

9.4 Realização do curso de extensão

O curso teve uma duração de 20 (vinte) horas e foi realizado em duas edições, tendo como perspectiva um turma de cinco a dez alunos. A primeira edição foi realizadas no dia 26 de julho e no dia 2 de agosto, e segunda edição nos dias 13 e 20 de setembro de 2003. O curso certificou os alunos na "Construção de Diagramas de Solicitações em Modelos Estruturais", e cada edição foi realizada em dois sábados, sendo 8 (oito) horas em cada um dos dois encontros mais 4 (quatro) horas referentes ao trabalho realizado pelos alunos na semana entre os dois sábados, a partir da utilização do GPAREDE pela *Internei*.

A primeira edição contou com 10 (dez) alunos, e a segunda com 7 (sete).

Utilizando-se nomes fictícios, descreve-se abaixo um breve perfil dos alunos em cada uma das edições. Primeira edição:

- Nado, Romins e Josito alunos de Engenharia Civil da UFRGS, já haviam estudado o conteúdo do curso na graduação. O aluno Josito não compareceu ao segundo encontro, desistindo da conclusão do curso.
- Padone - aluno no início do curso de Engenharia Mecânica da UFRGS, ainda não havia estudado os conteúdos do curso. Necessitou de uma revisão inicial do professor.
- Sauer - aluna do Curso de Arquitetura do Centro Universitário Feevale, também precisou de uma revisão inicial por ser a primeira vez que trabalhava com os conceitos abordados no curso.
- Dias e Ucanti - alunos de mestrado em Engenharia Civil , com ênfase em Estruturas, no PPGEC. O primeiro é bacharel em Matemática Aplicada, e o segundo, engenheiro civil.
- Jopas - aluno de Engenharia Elétrica da UFRGS, já havia estudado o conteúdo do curso na graduação.
- Quima e Irene - alunos do Curso de Engenharia em Energia da UFRGS. Para esses também consistiu novidade o conteúdo desenvolvido.

Segunda edição:

- Dino, Hélio, Marinho e Maguin - alunos do Curso de Engenharia em Energia da UERGS, cuja situação com relação aos conteúdos equipara-se a dos alunos Quima e Irene.

Veimer e Femal - alunos na fase final do Curso de Engenharia Civil da UFRGS. Concluíram as atividades propostas, porém não produziram o webfólio, permanecendo a certificação ainda em aberto. Sauer - participou também da primeira edição.

Houve um diálogo inicial, onde cada aluno expôs suas expectativas com relação ao curso, para que se pudesse posteriormente avaliar o cumprimento das mesmas. Os alunos da primeira edição sentiram-se à vontade para falar sobre as suas pretensões, conforme pode-se verificar na expectativa de cada aluno:

- Dias: adquirir base nos conceitos de Engenharia Civil.
- Romins: interesse pela área de Estruturas.
- Quima: conhecer outras áreas.
- Jopas: Adquirir conhecimento.
- Sauer: ter uma noção inicial na área de Diagramas.
- Irene: interesse pela área de Estruturas.
- Ucanti: ter conhecimento numa nova metodologia.

Na segunda edição teve-se a impressão de haver uma certa reserva ou timidez por parte dos alunos, o que limitou um pouco essas apresentações. Foi unânime o desejo de ampliar conhecimentos, sendo que o aluno Maguin manifestou seu interesse em posteriormente cursar Engenharia Civil.

Depois disso foi apresentada aos alunos uma breve descrição do GPAREDE, bem como a proposta do trabalho que consistia na realização de nove atividades (uma delas foi criada como reserva, caso o desenvolvimento das atividades fosse mais rápido que o esperado) e no desenvolvimento de uma página pessoal, a partir da ferramenta "Webfólio", existente no ambiente e que foi descrita no item 6.2.3 (p.120).

Ao longo da realização da primeira edição verificou-se que o desenvolvimento das atividades ocorria num ritmo mais lento que o esperado, decidindo-se então que deveriam ser realizadas 7 (sete) atividades. Propôs-se que, na semana entre os dois encontros, os alunos continuassem o desenvolvimento dos webfólios e das atividades, fizessem uma lista exercícios extras disponibilizados no ambiente e participassem da Avaliação Formativa (descrita no item 7.1.4 Comunicação entre professor e aluno, a Avaliação Formativa - p.154). Apenas quatro alunos fizeram a lista de exercícios extras, sendo que um deles fez apenas 1 (um) dos exercícios. A Avaliação Formativa foi muito pouco utilizada, apenas um aluno acessou em uma única oportunidade. Observou-se que a principal atividade realizada durante a semana foi a continuidade das atividades, sendo que o grupo formado pelo Padone e pela Sauer, além de continuar as atividades, praticamente concluiu o webfólio. No segundo encontro houve uma mudança de planos em função da falta de energia elétrica que haveria no turno da tarde, durante a segunda metade do encontro. Ficou acertado que no período da tarde o curso seria realizado no laboratório do prédio da Engenharia Química da UFRGS, que não seria afetado pela falta de energia, com a restrição de que o servidor que abriga o ambiente estaria desligado, pois está localizado no prédio do LIG. Acertou-se então que os alunos terminariam o webfólio na parte da manhã, reservando-se à tarde para concluir as atividades, que seriam então gravadas em disquetes e entregues ao professor, já que o servidor não estaria ligado para que os alunos pudessem submeter as suas atividades. No final do curso fez-se então a avaliação coletiva com a presença dos alunos, onde realizou-se um debate a respeito do curso considerando-se as expectativas que os alunos haviam referido no início do primeiro encontro.

Na segunda edição, propôs-se então a realização das mesmas 7(sete) atividades e o desenvolvimento dos webfólios. Essa turma teve um perfil bastante diferenciado da primeira, pois 4 (quatro) alunos são colegas na UERGS e 2 (dois) na UFRGS, constituindo-se assim dois grupos que interagiram muito pouco. Cabe ressaltar que os dois alunos da UFRGS não desenvolveram o Webfólio, resolvendo apenas as atividades durante o primeiro encontro. O primeiro grupo, formado por 4 (quatro) alunos, interessou-se bastante pelo trabalho, sendo que 3 (três) deles ainda foram ao LIG em uma terceira oportunidade para concluir o webfólio, contando com

a orientação do professor. Houve participação na Avaliação Formativa através de 1 (um) aluno durante o primeiro encontro, bem como a realização da avaliação coletiva realizada no final do curso.

9.5 Reflexões a partir das perguntas norteadoras

Inicialmente pretende-se retomar as perguntas norteadoras apresentadas na defesa do projeto de qualificação, visando identificar e refletir sob um novo olhar, especialmente depois de se ter realizado uma investigação a partir da realização das duas edições do curso de extensão. As perguntas estão descritas no capítulo 8 (p.159), e foram divididas nos seguintes blocos: criação da plataforma, funcionalidades do produto final e tecnologia.

9.5.1. Primeiro Bloco de Perguntas

A partir das perguntas deste bloco, pretende-se analisar se as idéias iniciais a respeito das ferramentas desenvolvidas confirmaram-se quando da investigação realizada. Durante a criação da plataforma, já se tinham importantes premissas teóricas - os princípios construtivistas, a aprendizagem colaborativa e as peculiaridades da Engenharia Estrutural. A partir dessas premissas, foram concebidas as interfaces do ambiente, que serão então analisadas a seguir a partir das intervenções dos alunos do curso de extensão.

9.5.1.1 *Como a avaliação da aprendizagem em Engenharia Estrutural via GPAREDE pode contribuir para uma melhoria na aprendizagem colaborativa ?*

a) Aprendizagem colaborativa

Conforme foi analisado em capítulo anterior, a aprendizagem colaborativa é compreendida na perspectiva de possibilitar que os alunos se tornem aprendizes ativos, onde a abordagem social-construtivista (NITZKE, 2002) anteriormente

descrita sustenta e fornece subsídios teóricos a estes conceitos. Neste contexto há diferenças entre as interações entre pares e a interação com o moderador bem como a necessidade de se estabelecer regulações mútuas a partir da interação entre os sujeitos. No capítulo 5 (p. 93) foi abordada novamente a aprendizagem colaborativa e suas possibilidades na concepção de AVA's, onde foi referido o pensamento coletivo (CAPRA, 1997) e a importância de se promover "resíduos cognitivos" e de se considerar a igualdade e a mutualidade (FLORES & BECERRA, 2002) ao se conceber uma estratégia para a aprendizagem colaborativa.

Ocorreram situações ao longo do curso que evidenciaram elementos da aprendizagem colaborativa. Durante a elaboração dos webfólios, o aluno Nado, que no primeiro dia desenvolveu sozinho e no segundo com a aluna Irene, obteve informações com o Quima sobre a construção *de fromes* em páginas. Se constata nesta situação uma postura de aprendiz ativo do Nado, que se interessou pela construção *de frontes* e incorporou esta ferramenta à sua página. O trabalho da dupla formada pelo Quima e pelo Romins (ver Figura 105) também apresentou elementos da aprendizagem colaborativa, pois enquanto o primeiro tinha grandes conhecimentos na construção de páginas, o segundo tratou da elaboração do trabalho em si, que tratava da construção de um pequeno pavimento em CAD e os diagramas de esforço cortante e momento fletor das vigas. É importante destacar que a responsabilidade pelo trabalho era dos dois componentes, e a mutualidade proposta por Flores & Becerra (2002) preservou-se na medida em que as habilidades de cada integrante do grupo que foram determinantes na divisão de tarefas referia-se a conceitos que não eram objeto do curso. Além disso a divisão ocorreu em uma situação específica, não se generalizando para todo o trabalho. Convém destacar que este é um cuidado que deve ser tomado nessas situações, pois a simples distribuição de tarefas e o trabalho realizado individualmente por cada integrante pode comprometer a grande valia promovida pela aprendizagem colaborativa. Nesta experiência acredita-se que poderia haver uma integração maior entre os dois alunos, fato que permitiria uma construção coletiva mais consistente.

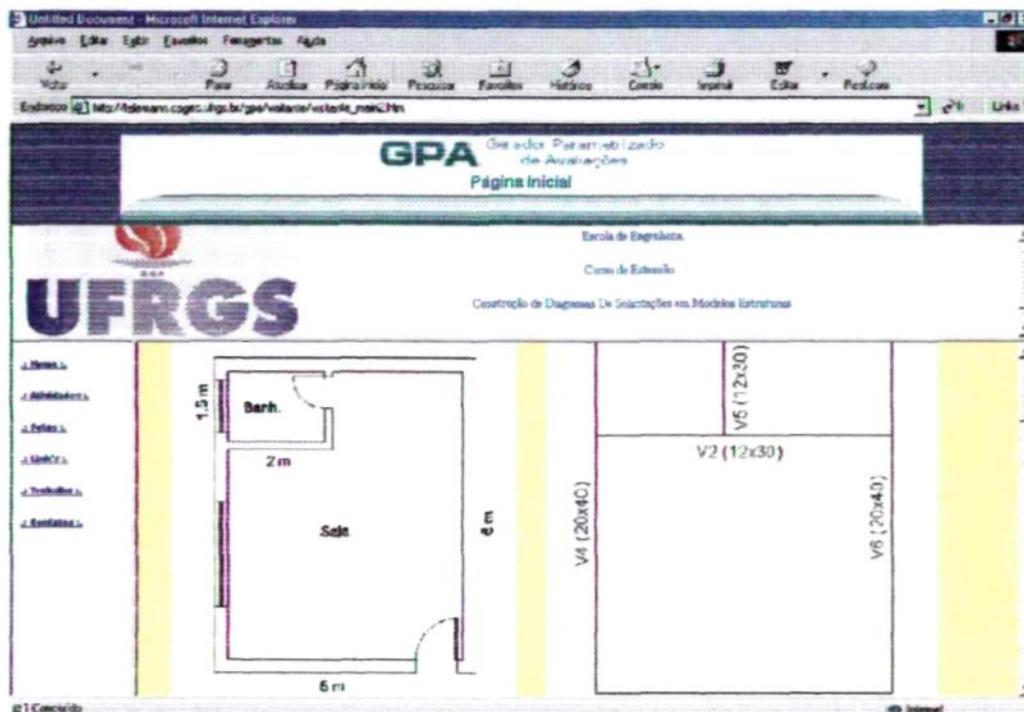


Figura 105 - Aprendizagem colaborativa - surgimento de atividades extras

Evidencia-se também o surgimento de atividades extras⁶⁵, tais como a utilização do software Autocad para o desenvolvimento de uma planta baixa e elaboração de uma página na *Internet* com recursos mais avançados. Se ambos tivessem trabalhado sozinhos, certamente não teriam acrescentado tal valor a partir da co-operação estabelecida. O que ficou evidente é que o webfólio efetivamente permite um grande espaço para cada um mostrar suas potencialidades e utilizar a sua criatividade, principalmente em trabalhos um pouco mais abertos, o que aparece na fala do aluno Padone: *"outra coisa interessante foi o site, para colocar ali curiosidades...dessa forma a gente sempre aprende...é legal interagir, trocar experiência..."*. Ainda sobre o webfólio, a Sauer ressalta a importância de ser um espaço público: *"... um trabalho feito, exposto de forma que todas as pessoas possam entrar no site e ver o que foi feito"*.

⁶⁵ Este é um dos fundamentos da abordagem social -construtivista, que considera a geração de atividades extras como uma das conseqüências positiva da interação entre sujeitos (Nitzke. 2002).

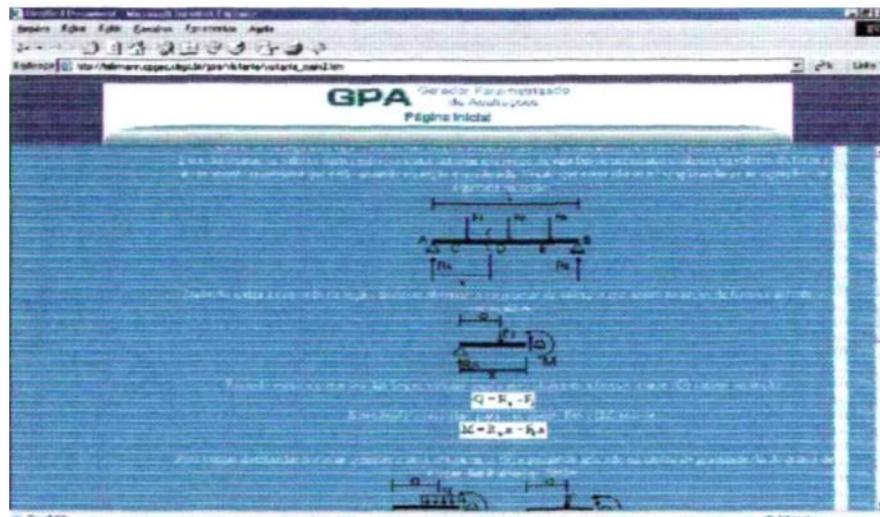


Figura 106 - Webfólio reestruturação de conceitos

O webfólio da dupla Sauer e Padone incluiu uma pequena revisão dos conceitos necessários à realização das atividades (ver Figura 106), o que pode proporcionar aos colegas uma reestruturação dos conceitos, conforme proposto por Nitzke (2002). Ao visitar o *webfólio* desenvolvido pela Sauer e pelo Padone, os colegas poderão retomar conceitos anteriormente trabalhados bem como alcançar patamares cognitivos superiores. Depois de realizar as atividades e de buscar elementos para generalizações dos modelos propostos, essa consulta ou até mesmo interação com os colegas poderá promover novas relações e novas estruturas.

A questão da constituição da turma, como referência e como comprometimento de co-participação também apareceu na fala da Sauer: "...então, às vezes, é aquele compromisso de ir lá, porque tem outras pessoas junto contigo, uma turma, professor". Constitui-se assim um coletivo, que proporciona um ambiente cooperativo, onde a unidade constituída consolida um ambiente propício à aprendizagem. Piaget (1973, p.17) procurou relacionar a Sociologia com a Psicologia e a Epistemologia, afirmando que "o conhecimento humano é essencialmente coletivo e a vida social constitui um dos fatores essenciais da formação e do crescimento dos conhecimentos pré-científicos e científicos". Ele identifica as relações entre os conceitos de ação e operação no sentido individual e no sentido coletivo, quando procura delinear a construção da cooperação, caracterizando-a como "operações efetuadas em comum ou em correspondência recíproca." (PIAGET,

1973, p. 22). Cooperar na ação significa "operar em conjunto", ajustando por meio de "novas operações de correspondência, reciprocidade ou complementaridade, as operações executadas por cada um dos parceiros". (PIAGET, 1973, p. 105). Os mesmos sistemas que permitem ao sujeito passar da ação à operação, permitirão também que se unam as operações de um indivíduo às dos outros. Fainholc (1999) destaca o "compromisso pedagógico" que se estabelece entre estudantes em um trabalho colaborativo consistente. A participação do moderador é fundamental na constituição da turma como referência, conforme se observa na fala do Nado: *"essa interação foi dada por ti mesmo...no método que o professor vai dar o curso...se chega um professor na frente e começa a falar e mostrar algo no quadro...dependendo do tom que ele der e o próprio perfil dele é que o aluno vai se comportar..."*. Para Padone, alguém que *"desperte tua curiosidade"*, tomando-se o cuidado para evitar que o aluno fique sem o *"compromisso de pensar"*, conforme alertou o aluno Jopas.

Na execução das atividades, a aprendizagem colaborativa esteve presente na discussão de estratégias de resolução, conforme pode-se verificar na fala da Sauer: *"muito coisa que eu não sabia ele [Padone] também me auxiliou..."*, o que pode gerar inclusive novas formas de resolução, *"foi até o que aconteceu conosco na hora de resolver o exercício., .a gente teve até uma forma diferente de pensar, mas que também dá o mesmo resultado..."* (Sauer). Muitas vezes a explicação de um colega pode gerar uma compreensão maior que a explicação do moderador (RAMOS, 1999), o que se evidencia nessas duas falas da Sauer. Novamente aqui é necessário ressaltar que as interações e diferenciam e se qualificam a partir de suas peculiaridades. Depois que a Sauer e o Padone adquiriram as habilidades iniciais a partir da intervenção até mesmo expositiva do professor⁶⁶, a realização do trabalho e a interação entre os pares qualifica-se, promovendo novos olhares, novas relações e até mesmo novas aplicações dos conceitos em construção.

9.5.1.2 *De que maneira os princípios construtivistas podem auxiliar na concepção de processos de avaliação que permitam inferir sobre o desenvolvimento da aprendizagem em Engenharia Estrutura!?*

a) Princípios construtivistas

A partir do referencial teórico apresentado anteriormente, é possível destacar alguns princípios que serão agora analisados à luz da investigação realizada. A consideração dos conhecimentos prévios, a abstração reflexionante e a construção histórica dos conceitos são princípios destacados, sendo importante alertar que existem convergências e algumas sobreposições entre esses princípios, porém o destaque justifica-se para fins de facilitar a compreensão da análise realizada. Procurou-se também possibilitar a inferência sobre esses princípios ao se planejar o trabalho. Sobre os conhecimentos prévios será possível inferir na medida em que não houve a preocupação em se delimitar a área e o estágio em que se encontravam os alunos nos seus cursos. Dessa forma torna-se possível encontrar subsídios para analisar a influência das estruturas pré-consolidadas dos sujeitos diante da contigência de novas construções a partir das intervenções ocorridas nos cursos. A Abstração Reflexionante estará presente na análise individual da consolidação de novos conceitos nos sujeitos. Tal consolidação se dará a partir dos conhecimentos prévios, e permitirá assim uma compreensão de um processo genuíno na sua expressão, porém coletivo, social e dialético nos seus condicionantes. A construção histórica dos conceitos pode ser identificada a partir dos elementos apresentados no capítulo 2 (p. 20), principalmente quando se leva em conta a evolução dos conceitos em Engenharia Estrutural. Ao se analisar a Lei de Hooke (Figura 3 - pág.30), por exemplo, identifica-se uma evolução histórica e se relaciona então essa evolução com o processo de abstração reflexionante, fazendo convergir então alguns dos princípios destacados.

Em muitos momentos pode-se identificar a presença de princípios construtivistas, fato que se verificou a partir da conversa coletiva realizada no final do curso. Em primeiro lugar o formato das atividades, que levavam os estudantes a manipular as animações propostas. Esta característica permitiu a promoção de

construções dos alunos a partir de relações e das interações com as animações, não estando pré-determinadas nas próprias atividades, como supunha o empirismo. Teve-se o cuidado também de não centrar exclusivamente no aluno o andamento e a realização das atividades, evitando-se a consideração de que a iniciativa da aprendizagem bem como a sua gestão deva ser uma atribuição apenas do aluno. Carl Rogers defendeu esse foco exclusivo no aluno fundamentando grande parte das idéias aprioristas. Em Rogers (1997, p. 318), afirma-se que o aluno deve deixar-se levar pela experiência, sem preocupar-se com os objetivos, sendo o conhecimento autodescoberto a única verdade "pessoalmente apropriada e assimilada na experiência." Segundo depoimento do aluno Romins, referindo-se a uma aula com características estáticas, "...mesmo fazendo todos os cálculos de novo, vai se analisar sempre uma coisa separada...no décimo exemplo, já esqueceu-se do primeiro e aqui [no curso] não...vai vendo a coisa se modificando". O mesmo aluno confirma a consolidação dos conceitos a partir da ação: "...e ai eu notei que numa posição da viga o valor da carga permanecia o mesmo, embora o valor do momento fletor fosse aumentando..." O processo de adaptação foi favorecido nestas atividades, especialmente pela facilidade de visualização e simulação proporcionada pelas modificações nos parâmetros dos modelos, conforme relataram os alunos Quima e Dias:

"eu não fazia idéia como fazer esse tipo de cálculo...o que eu achei interessante foi essa interface que a gente usou, simulando o deslocamento da carga, o espaço, o vão, a carga em cima, bem interessante pois ficou bem mais fácil de visualizar... fica mais fácil para assimilar também" (Quima)

" a visualização do problema na tela mudando na hora, em cima dos cálculos, não precisa nem raciocinar em cima de uma animação...fica mais fácil de entender..." (Dias)

"... bota uma carga na esquerda, bota um pouco mais para o lado para ver o que acontece, faz o que tem que ser feito, mas dá uma escapada, por curiosidade, deixa o aluno curioso, para trabalhar meio que sozinho..." (Dias)

O desafio do professor consiste justamente na promoção dos desequilíbrios, que proporcionarão então o processo e adaptação, a Abstração Reflexionante e a criação de novidades. É necessário que se estabeleça a mobilização para o conhecimento, que supere uma simples provocação motivacional, mas que leve necessariamente a um desequilíbrio e a uma contraposição de conceitos. Tal contraposição, ao se analisar a evolução histórica, corresponde a crises de paradigmas (KUHN, 2001), que fizeram então nascer novas teorias. Da mesma forma que Galileu desequilibrou sua estrutura conceitual no caso do rompimento de uma viga exatamente no local da inclusão de um apoio (ver capítulo 3 - p. 48), pretende-se qualificar as interações a partir de animações com atividades que levem os alunos a estes desequilíbrios construtivos.

Outra questão que já foi apresentada no referencial teórico relacionada ao processo de adaptação refere-se às estruturas anteriores dos sujeitos, que as acomodam, modificando-as, mediante a modificação dos dados objetivos - assimilação. Ao analisar os registros do aluno Dias, graduado em Matemática Aplicada e mestrando na área de Estruturas em Engenharia, verificou-se o quanto se evidenciou este processo. Neste aluno se observou uma tendência de se construir relações matemáticas num nível de abstração mais apurado que nos demais alunos, bem como a utilização de uma linguagem diferenciada, conforme pode-se verificar nas passagens abaixo:

"cresce linearmente dos extremos ao ponto de aplicação da carga" (ATIV. 1)

"nota-se que o ponto máximo no DMF". (ATIV. 1)

Nesta atividade o alunos ainda fez comentários intitulados "observações matemáticas", com o seguinte texto:

"O momento fletor em um ponto é proporcional ao valor da carga e seu braço de alavanca, ou seja, $M(x) = F \cdot x$ Aplicando a derivada de $M(x)$ em relação a x obtém-se $y(x) = F$, o valor da carga no ponto, isto é, o esforço cortante. Isto justifica a relação entre os diagramas."

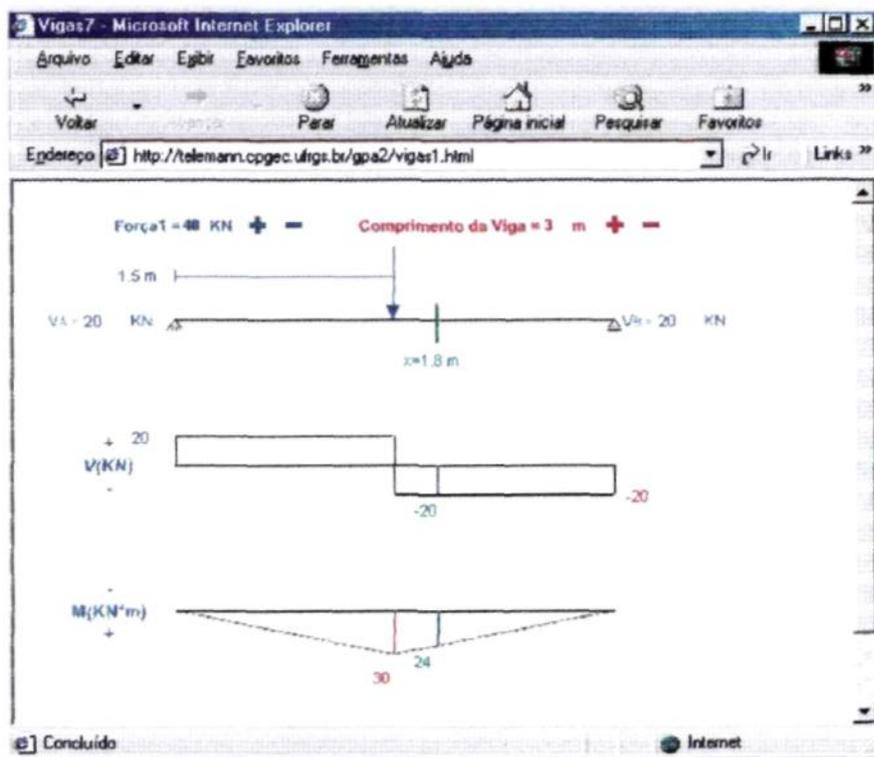
"Sabe-se que o somatório de momentos no apoio B tem-se $3Ra - F \cdot x - 2F = 0 \Rightarrow$

$3Ra = (2+x)F$, p $F=50$ tem-se $Ra = 50(2+x) / 3$ " (ATIV. 2) "Desta forma, devido a simetria do problema, $Ra = Rb = 50$ " (ATIV.2) "No ponto de aplicação da carga o momento fletor é máximo local" (ATIV. 2)

Vê-se aí claramente o uso de uma linguagem própria de uma construção anterior, que fez com que o aluno assimilasse os objetos de uma forma diferente. Ao mesmo tempo ocorre a acomodação, pois princípios físicos são incorporados às construções feitas pelos alunos, como nas expressões "*braço de alavanca*", "*ponto de aplicação da carga*", "*valor da carga*", que são tomadas de consciência necessárias à compreensão das atividades propostas. O mesmo ocorreu nas experiências descritas no capítulo 2 (p. 20) com o professor de administração e a estudante de artes plásticas, que percorreram caminhos distintos na busca do equilíbrio de novos patamares conceituais. A questão da linguagem peculiar a cada área também remete a análise ao referencial teórico desta tese. Tal linguagem expressa-se e consolida-se a partir de uma estrutura pré-estabelecida recorrendo-se a experiências anteriores, que corresponde à história do sujeito⁶⁷. Os desequilíbrios da estruturas cognitivas do aluno Dias se deu a partir da necessidade de se identificar e considerar elementos físicos reais nas suas bases teóricas. A forma como se deu o processo de adaptação para o Dias pode ser identificada ao se analisar a forma como o aluno resolveu as

Piaget, ao analisar o apraprismo e o construtivismo, relacionou-os considerando os esquemas como uma *Gestalt* com história. Ou seja. as formas que se apresentam ao sujeito não são simplesmente resultado de sua percepção definida a *priori*. Outrossim, representam esquemas de representação construídos a partir de experiências anteriores, presentes na história do sujeito.

atividades, conforme pode-se observar na resolução da atividade 4 (**Figura 107**) e da atividade 6. Na **Tabela 2** é apresentado um quadro comparando a solução tradicionalmente aceita com a solução apresentada pelo aluno.



Encontrar as funções esforço cortante e momento fletor para a situação apresentada na figura.

Figura 107 - Atividade 4

Solução Tradicional	Solução do aluno
Antes da carga: $V(x) = 20$ $M(x) = 20 x$	Antes da carga: $V(x) = 20$ $M(x) = 20 \cdot x$
Depois da carga: $V(x) = -20$ $M(x) = -20 x + 60$	Depois da carga: $V(x) = -20$ $M(x) = -20(x-3)$

Tabela 2 - Comparação de soluções atividade 4

Na Tabela 2 apresenta-se as duas soluções, onde a diferença fundamental está no momento fletor. Na solução tradicional⁶⁸, obtêm-se a equação por equilíbrio, conforme Figura 108.

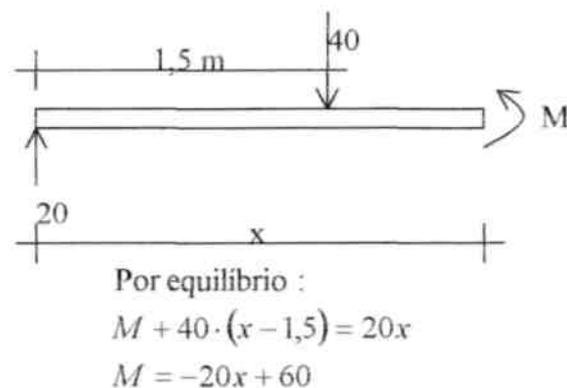


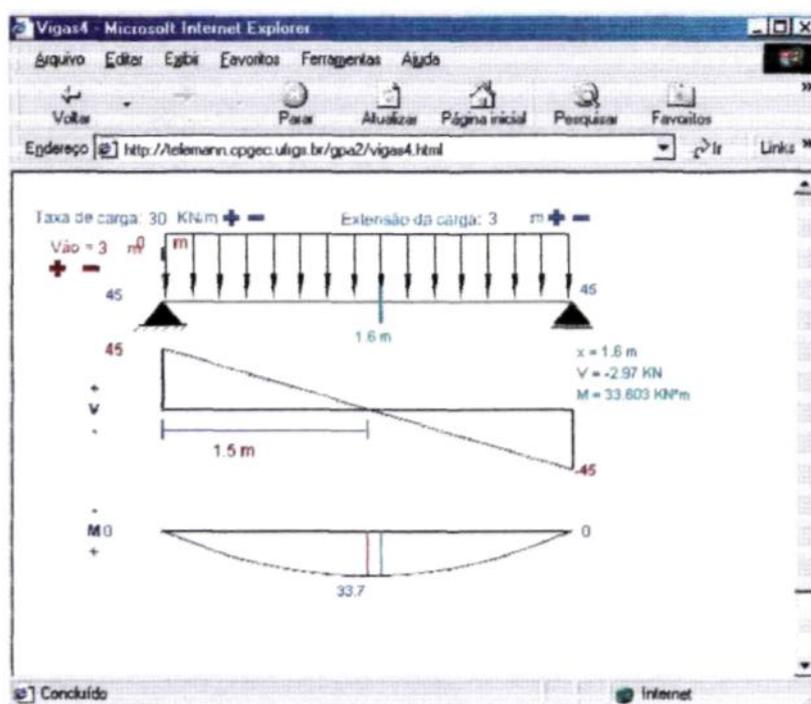
Figura 108 - Momento Fletor por equilíbrio

O aluno resolveu utilizando uma premissa simples, pois considerou que na extremidade direita da viga o momento fletor é nulo, podendo-se assim utilizar a expressão $M(x) = -20(x-3)$, que zera o momento fletor quando $x=3\text{m}$, ou seja, na extremidade direita da viga. O "-20" foi obtido a partir da derivada, pois o aluno relatou que sabia pelos seus conhecimentos prévios que a derivada do momento fletor é o esforço cortante. Essa forma de resolução favoreceu a generalização ocorrida na atividade 6, quando a expressão ficou $M(x) = -25(x-L)$, valendo para uma viga com um vão L qualquer sujeita a uma carga de 50 KN. Observa-se nesta estratégia a questão da criação de novidades, evidenciando a ocorrência da assimilação recíproca, integrando e estrutura mais complexa à menos complexa. Inicialmente o aluno sabia que os momentos fletores deveriam ser nulos nos apoios e que poderia se valer dessa propriedade na elaboração de uma relação matemática. O desequilíbrio surge ao se tentar encontrar uma forma genérica, para um vão e uma carga qualquer. A partir da utilização das animações, com diferentes valores de cargas e vãos, busca-se "aproximações ativamente procuradas" (PIAGET, 1990, p.

Tradicional nesta análise refere-se à forma como um aluno de Engenharia costuma apropriar-se destes conceitos, dando-se ênfase aos princípios físicos de equilíbrio.

102) no sentido de se construir a forma genérica, que representa a estrutura com um grau de complexidade maior, integrada à primeira.

A generalização das funções presentes na atividade 7 também apresentou características interessantes. Foi solicitado aos alunos que obtivessem equações do esforço cortante e do momento fletor para vigas simplesmente apoiadas com carga distribuída, para posterior generalização em função da carga e do vão, a partir de uma animação, apresentada na **Figura 109**.



Encontrar as funções esforço cortante e momento fletor para a situação apresentada na figura .

Figura 109 - Atividade 7

Solução Tradicional	Solução do aluno
$V(x) = -30x + 45$ $M(x) = -15x^2 + 45x$	$V(x) = 30 \cdot (1,5 - x)$ $M(x) = 30 \cdot \left(1,5 \cdot x - \frac{x^2}{2}\right)$

Tabela 3 - Comparação de soluções atividade 7

Na Tabela 3 observa-se que a diferença fundamental provém do esforço cortante, já que o momento fletor foi obtido por integração.

A função $V(x) = 30(1,5 - x)$ foi construída considerando inicialmente o ponto $x=1,5$, onde $V=0$. Surge então o fator " $(1,5-x)$ ", que é antecedido pelo "30" por este ser o valor da carga distribuída. O aluno relatou que já sabia que a inclinação devia ser o valor da carga. É interessante observar que o coeficiente angular desta função é negativo, porém, pela forma como o aluno montou a função, o "30" ficou com o sinal positivo. O aluno foi questionado sobre isto, e respondeu que foi sua opção escolher o fator " $(1,5 - x)$ " ao invés de " $(x - 1,5)$ ", pois é seu costume eliminar os sinais negativos do início das funções. Este mesmo procedimento não foi feito na atividade 4 e 6 para que ficasse evidente nessas atividades a relação entre $V(x)$ e $M(x)$.

Usualmente essas generalizações são feitas da seguinte forma:

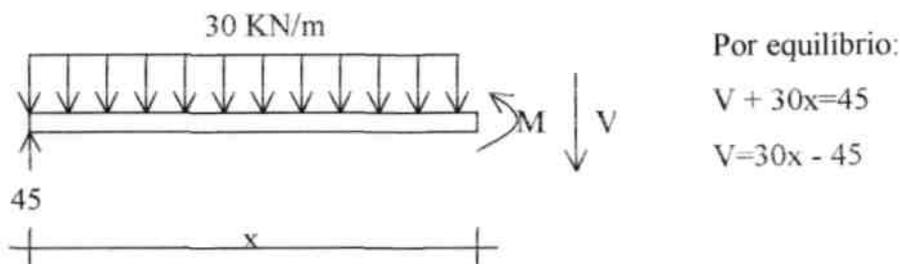


Figura 110 - Esforço cortante obtido na forma tradicional

$$V(x) = -20$$

$$M(x) = -20(x-3)$$

Foi usado $(x-3)$ ao invés de $(3-x)$ para evidenciar a presença do esforço cortante -20 na função do momento fletor.

Esta questão da formação e da peculiaridade de cada área se expressou também no *webfólio* desenvolvido pelo aluno, onde reflete sobre as relações entre a Matemática e a Engenharia.

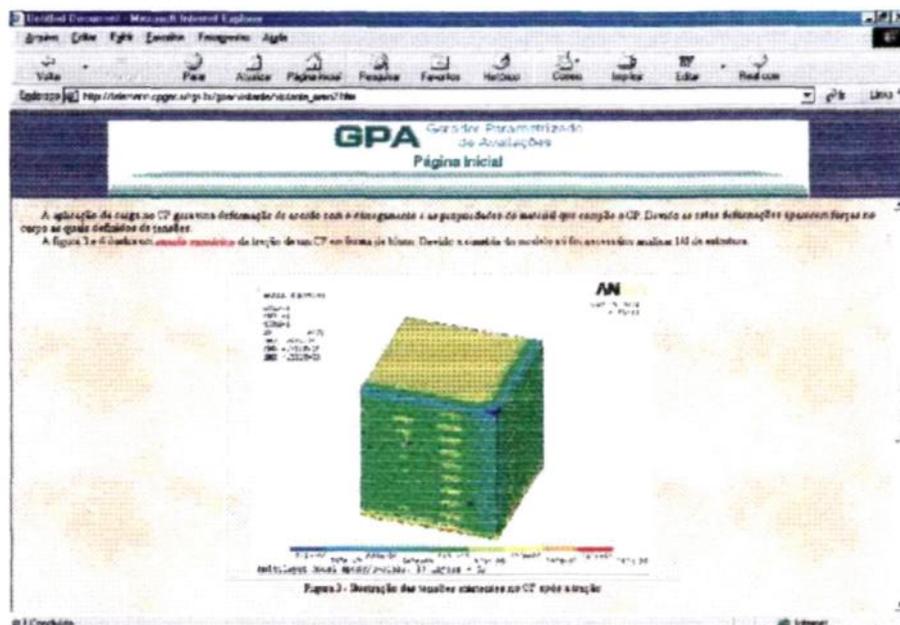


Figura 111 - Relação entre a Matemática e a Engenharia

Na Figura 111 é apresentada a página desenvolvida pelo aluno onde descreve um ensaio numérico realizado com uma peça submetida a um esforço de tração, onde aparecem os conceitos de simetria e modelagem matemática, fundamentais para a compreensão do Método dos Elementos Finitos .

A criação de novidades entra em questão nestas análises, pois novos objetos surgem nessas simulações feitas pelos alunos, que resultam de novas idéias dos alunos a partir de construções anteriores, havendo um grau crescente de complexidade, caracterizando a abstração reflexionante. Na Figura 112 é apresentado um exemplo desse grau crescente de complexidade na construção da Lei de Hooke.

''' No capítulo 2 fala-se da evolução histórica dos conceitos em engenharia estrutural. A partir desta análise, o MEF representa o paradigma atual.

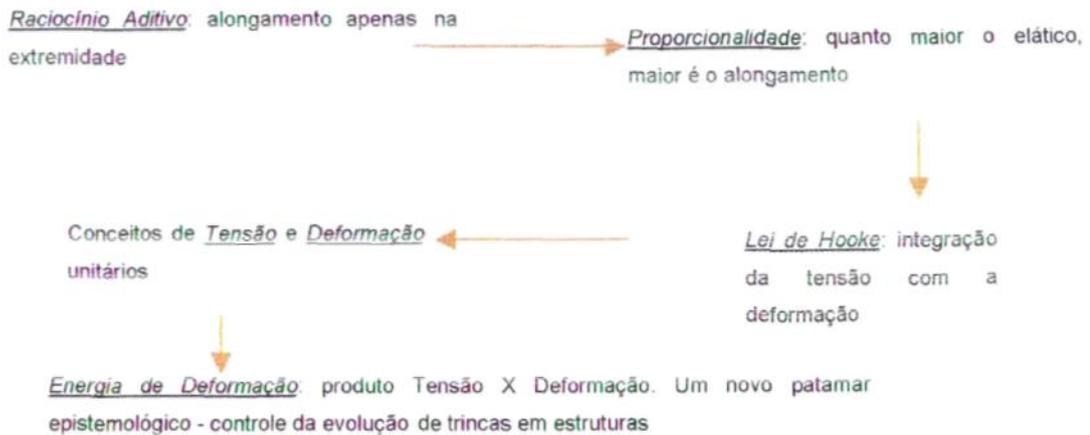


Figura 112 - A Lei de Hooke e a Abstração reflexionante

A epistemologia vista como uma (re)construção de um conceito historicamente construído pela humanidade não pôde ser exaustivamente trabalhada. Algumas animações desenvolvidas com estruturas históricas ficaram muito pesadas para rodar nas máquinas disponíveis. Além disso, a carga horária do curso não permitiu uma análise mais aprofundada deste aspecto. Um dos alunos desenvolveu no seu webfólio aspectos históricos da Engenharia Estrutural, conforme se pode verificar na Figura 113.

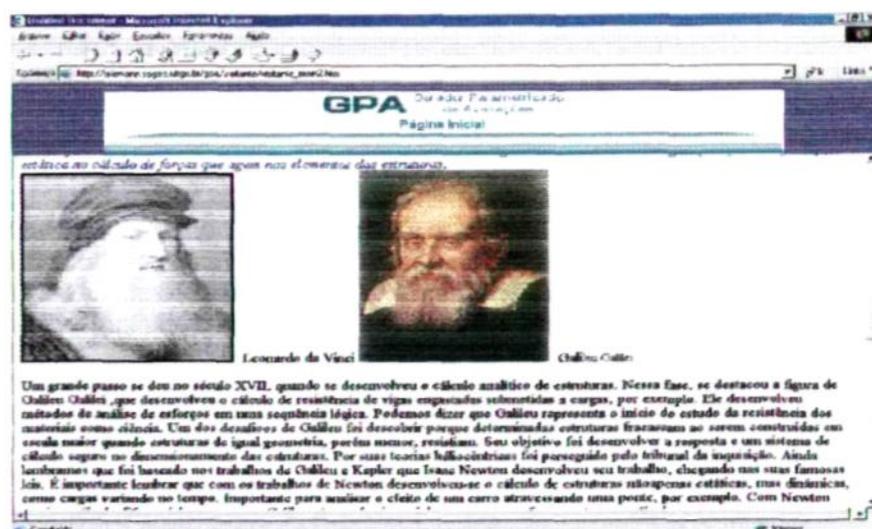


Figura 113 - Webfólio Epistemologia histórico

Uma das sugestões de temas para a construção do webfólio era a questão da história da Resistência dos Materiais, o que gerou o interesse do aluno Jopas. O trabalho focou-se no estudo de cientistas que representaram mudanças efetivas de paradigma, no sentido proposto por Kuhn (2001)⁷¹, o que consolida a ciência como expressão do conhecimento construído sistematicamente pela humanidade (Franco, 1997).

b) Processos de avaliação

A avaliação da aprendizagem é analisada considerando o conceito de ¹¹ mediação proposto por Hoffmann (2001), as estratégias apontadas no capítulo 4 (p. 76) e o tratamento da avaliação de uma forma integrada à aprendizagem.

Alterar a postura diante dos resultados da avaliação promove uma forma diferenciada de se compreender a postura do professor. Não responder diretamente as questões, e sim promover novas interações com as animações, sem adiantar nenhuma resposta foram estratégias adotadas no curso, conforme se verifica nas falas do aluno Padone: *"poucas vezes o Luciano veio com a solução..."*, e *"as próprias dúvidas nossas eram respondidas com outras perguntas que nos levavam a um caminho para nos levar a resposta..."*. Para Sauer, *"ele (o professor) tentou dizer para a gente, explicar de alguma maneira, nos dar uma dica: oh, tenta refletir sobre isso, tenta pensar dessa maneira"* Esta postura procura embasar-se no conceito de mediação, onde o educador procura "articular novas perguntas à continuidade observada pelos estudantes" (HOFFMANN, 2001, p. 126)

O autor analisa a história da ciência a partir de evoluções resultantes de crise de paradigma. Para ele, quando o cientista se depara com a realidade a partir de um novo paradigma, "é como o homem que usa lentes inversoras. Defrontado com a mesma constelação de objetos que antes e tendo consciência disso, ele os encontra, não obstante, totalmente transformado em muito de seus detalhes." (KUHN, 2001, p. 157)

⁷² Diminuir a ênfase na avaliação classificatória. redimensionar o caráter da avaliação e alterar a postura diante dos resultados da avaliação

Para alterar o caráter da avaliação, é necessário incrementar os seus resultados formativos, possibilitando se avaliar contínua e dialeticamente. Neste sentido, o registro das interações dos alunos disponíveis no GPAREDE para posterior avaliação da aprendizagem foram fundamentais. As respostas dos alunos com as respectivas correções do professor podem ser facilmente acessadas por este, que passa a contar com um importante histórico da produção do aluno. Para Sauer, *"pode não ser uma prova com nota, mas um trabalho feito, exposto, que todas as pessoas podem entrar no site e ver o que foi feito, então de certa forma é uma prova que a gente tenha feito e trabalhado"*. E a aluna complementa: *"tem que justificar as questões, e deixar ali também como a gente chegou até tal resposta, então, de que maneira que nós compreendemos...tu tiveste os teus caminhos a seguir para chegar numa resposta, isso está exposto ..."*. Na análise dos registros com os respectivos comentários, será possível redirecionar a prática docente ao longo do curso, fato que não pode ser contemplado integralmente neste projeto, uma vez que o período era curto e não houve tempo para se trabalhar exaustivamente os conceitos. A alteração da postura também pode ser contemplada, uma vez que os erros podem ser problematizados nas justificativas apresentadas pelos alunos. Assim, ocorre uma maior integração entre a avaliação e o processo ensino-aprendizagem, conforme foi proposto anteriormente, o que aparece na fala da Sauer, ao comparar com uma aula tradicional: *" numa aula assim tu acabas pesquisando, tu acabas buscando, tu acabas colocando todas as etapas que tu seguiste para chegar naquele resultado "*, o que acaba por dar importantes subsídios para pensar a avaliação e a aprendizagem de uma forma conjunta.

c) Aprendizagem em Engenharia Estrutural

Ao pensar sobre as aprendizagens estabelecidas ao longo do curso à luz das peculiaridades da Engenharia Estrutural, reporta-se ao capítulo 3 (p. 48), quando foi analisado o ensino de Estruturas. O diálogo entre dois paradigmas ocorre ao se pensar sobre formas de resolução, justificativas feitas pelos alunos e o desenvolvimento de páginas pessoais. Acredita-se que esse espaço para pensar sobre a aprendizagem e para produzir e ser efetivamente um autor, como nos casos do

webfólio, contribui para uma postura mais ativa, procurando apontar caminhos para passividade dos alunos relatada na entrevista com um professor. O diálogo mantém-se quando em algumas situações calcula-se, formula-se e generaliza-se dados, não abandonando aspectos quantitativos. Conforme o Romins, "*a gente quando vê isso na aula não tem noção de como as coisas funcionam*", o que reforça a importância de se compreender as estruturas, ao invés de simplesmente recebermos modelos prontos, conforme relatou um profissional da área de estruturas. Questionando a importância de se construir modelos e de se pensar sobre as estruturas, o aluno ainda complementa: "*na disciplina Mecânica Estrutural a gente não analisa a estrutura, a gente calcula...e dado o problema chega lá no final, momento fletor tal, cortante tal e acabou...*", "*se aquela carga fosse um pouco mais para o apoio ou para o outro lado, ou fica no meio, como é que varia... isso na disciplina a gente não aprende...é a coisa mecânica de calcular o resultado e acabou...não analisa a estrutura..com esse programa tem condições de analisar, de visualizar..*"; o que expressa o diálogo entre questões qualitativas e quantitativas. Torna-se pertinente neste momento insistir na questão do modelos e na sua respectiva construção. O cálculo representa uma etapa fundamental, porém aquela que menos necessita da interferência direta do engenheiro. Construir e adequar o modelo, propor novas condições e interpretar os dados de saída são atribuições exclusivas do engenheiro, do protagonismo essencialmente humano e racional, reforçando a importância dos aspectos qualitativos e a necessidade de se considerar o material, a estrutura, as formas e as dimensões e o processo de execução como variáveis de projeto (Torroja s/d).

9.5.1.3 De que forma o GPAREDE pode ser um ambiente propício à construção de conceitos de Engenharia Estrutural no âmbito de uma avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem ?

Na medida em que o professor acessa e comenta de forma completa as atividades dos alunos, incluindo também as produções dos webfólios. A partir desses registros pode ser possível realimentar a aprendizagem e redirecionar a aprendizagem.

Entende-se por modelo neste estudo as representações teóricas de elementos reais a partir de aproximações e simplificações

a) Construção de conceitos em Engenharia Estrutural

Pensar particularmente na Engenharia Estrutural a partir da investigação realizada e levando em considerações os princípios teóricos deste trabalho, remete à análise novamente ao diálogo entre dois paradigmas descrito no capítulo 3 (p. 48). Pietro & Oliveira (2001) trazem importantes subsídios para esta compreensão, quando associam o velho paradigma à fragmentação e à linearização da organização do conhecimento usualmente encontrada. A não-linearidade e a compreensão holística dos fenômenos naturais são bem delineados na obra de Capra (ver CAPRA, 1997), e a partir dos pressupostos construtivistas necessariamente se considera a construção do conhecimento a partir de uma abordagem não linear, compreendida a partir de um processo dinâmico e integrador. A realização de duas edições do curso com as diferenças no ritmos de aprendizagens, nas propostas de webfólios, na apresentação inicial de cada turma entre outros aspectos, já é o suficiente para se pensar nos prejuízos que pode representar uma abordagem essencialmente linear e fragmentada acerca do conhecimento. Analisando particularmente a apresentação inicial do professor e de cada integrante do curso, pode-se observar uma completa distinção entre as duas edições, a começar pelo perfil de cada grupo. Na primeira edição o momento inicial foi decisivo para a constituição de um ambiente de maior integração, onde cada aluno procurou falar dos seus cursos de origem, e a diversidade do grupo enriqueceu e despertou a curiosidade e o interesse de todos. O mesmo não ocorreu na segunda edição, quando a apresentação inicial constitui-se apenas num comprimento formal, já que não havia tanta diversidade no perfil dos alunos, e não se observou grande interesse na integração entre as diferenças. Enquanto a primeira edição destacou-se pela diversidade, a segunda o fez pelas afinidades entre as áreas.

Outro aspecto importante dos conceitos da Engenharia Estrutural refere-se à criação de novidades, que já foi abordada anteriormente neste trabalho. Entender como se estabeleceram e se concretizaram novas aprendizagens nas experiências realizadas constitui um dos objetivos deste trabalho. Segundo o aluno Quima, que nunca havia trabalhado com os conceitos abordados no curso, ficou fácil de visualizar e de assimilar a partir da forma animada de se trabalhar com os modelos. Já o aluno Nado, que está na fase final do curso de Engenharia e já trabalhou com

esses conceitos, foi possível encontrar *"outra forma de resolver...até com a equação da reta"*. Pergunta-se então: para qual dos dois o curso constituiu-se como uma novidade ? Essa comparação é importante para se refletir sobre a criação de novidades e a complexidade da questão. Um terceiro aluno, formado em Matemática e mestrando em Engenharia de Estruturas, argumentou que foi interessante para ele compreender os princípios físicos, pois ele costuma "enxergar" diferente dos alunos da Engenharia, dando enfoque para o aspecto matemático. A análise desses três exemplos sinaliza que nos três casos se alcançou um patamar superior na aprendizagem, que não estava pré-determinado em cada um deles, nem estava previsto em uma seqüência linear de conceitos. Foi uma construção que cada um concretizou a partir de seus conhecimentos prévios, e que se consolidou a partir das interações de cada um com as atividades propostas. O aluno Jopas fez importantes colocações sobre a forma como se dá a construção de conceitos novos a partir de sua experiência: *"as descobertas foram feitas na base de experiências, ninguém descobriu nada simplesmente colocando número no papel e fazendo uma conta...essa parte de fazer este, tu mesmo ver, se eu deslocar para o lado o que vai acontecer, é uma coisa que leva não somente o que dá numericamente mas tu cria uma linha de raciocínio, tu é induzido a pensar o que vai acontecer nas situações..."*. Fez-se questão de transcrever integralmente essa fala em função da convergência com os argumentos anteriores. b) Avaliação integrada ao processo ensino-aprendizagem

Anteriormente já foi descrito a importância de se considerar a avaliação como um aspecto inerente à aprendizagem. Assim, pensou-se o curso a partir desta visão integrada, onde a avaliação seria realizada coletivamente ao final, sem a existência de instrumentos específicos. Em vários momentos na avaliação coletiva final pode-se identificar observações e análises sobre a avaliação da aprendizagem e possibilidades de novas formas de fazê-la. Foi citada a possibilidade de receber as respostas comentadas, sendo uma forma interessante de se avaliar. A questão do esclarecimento das dúvidas também foi levantada, pois ao se pensar numa atividade exclusivamente a distância, as interações tenderiam a ficar mais limitadas. Discutir a avaliação foi uma possibilidade exaltada pelo Padone, que disse que isso não

constuma ocorrer. A convivência do professor com os alunos também foi apontada pelo Padone como uma possibilidade para se realizar a avaliação. As atividades realizadas e ali registradas com as respectivas justificativas foram citadas pela Sauer e pelo Padone como elementos que permitem a realização da avaliação. Segundo a Sauer, numa aula tradicional fica mais limitada a possibilidade de se justificar as produções em função do caráter usualmente estático das abordagens feitas a partir de giz e quadro negro.

9.5.2 Segundo Bloco de Perguntas

Neste bloco procura-se avaliar as ferramentas desenvolvidas para o GPAREDE, considerando as premissas delineadas nos capítulos iniciais e procurando analisar de que forma tais premissas foram ou não atendidas.

9.5.2.1 O GPAREDE possibilita a avaliação formativa ? De que forma ?

Avaliar a aprendizagem apresenta-se constantemente como um desafio, em qualquer que seja a abordagem epistemológica proposta, não importando também se serão utilizados ambientes informatizados ou não. Perceber a avaliação implica necessariamente perceber a aprendizagem, sendo fundamental integrá-los, constituindo-se assim o caráter formativo da avaliação. Para que o professor se aproprie integralmente das aprendizagens dos alunos é preciso acompanhar os percursos, redirecionar a sua prática ao longo do processo, levar em considerações avanços individuais e respeitar o ritmo de aprendizagem de cada aluno. A flexibilidade e a sensibilidade serão fundamentais, transformando-se o docente em um coordenador de resultados (MORAN, 2000).

Nas avaliações realizadas nos finais dos cursos, de forma coletiva, surgiram muitos comentários relativos à avaliação. A primeira questão se relacionou com o pouco trabalho que houve ao longo da semana em comparação com alto grau de concentração que os alunos apresentaram durante os dias do curso. Nos relatos dos alunos falou-se no fato de ter assumido o compromisso com o professor e com a turma de ir nos sábados, e também pelo fato de se ter *"tirado um tempo para isso"*. Para Sauer, *"se tu estas em casa fazendo, sempre vai surgir alguma coisa, tu vais fazer pipoca ou coisa assim, e tu te distrais e não fica o dia inteiro em função.."*.

Outra questão foi a possibilidade, apontada pelo Padone, de se discutir a

avaliação: " *é um espaço para se poder discutir a avaliação, coisa que em muito poucas disciplinas acontece*", " *então, no próprio site tu já dás a opção de discutir a maneira como foi avaliado... é uma maneira de tu sondares como foi feita a tua avaliação, dá mais enfoque para alguma parte..ah, eu fiz certo até aqui, pensei desta forma..*". O contato professor-aluno também foi considerado importante para subsidiar a avaliação: " *tu conviveste conosco durante o curso, então teve um contato entre o professor e o aluno, o tanto que cada um se interessou...*".

Uma possibilidade do GPAREDE; para subsidiar a avaliação consiste nos comentários enviados pelo professor para cada questão desenvolvida. Tal comentário pode ser feito via arquivos, conforme mostra a Figura 114, onde o próprio arquivo enviado pelo aluno foi comentado e submetido ao ambiente para o professor.

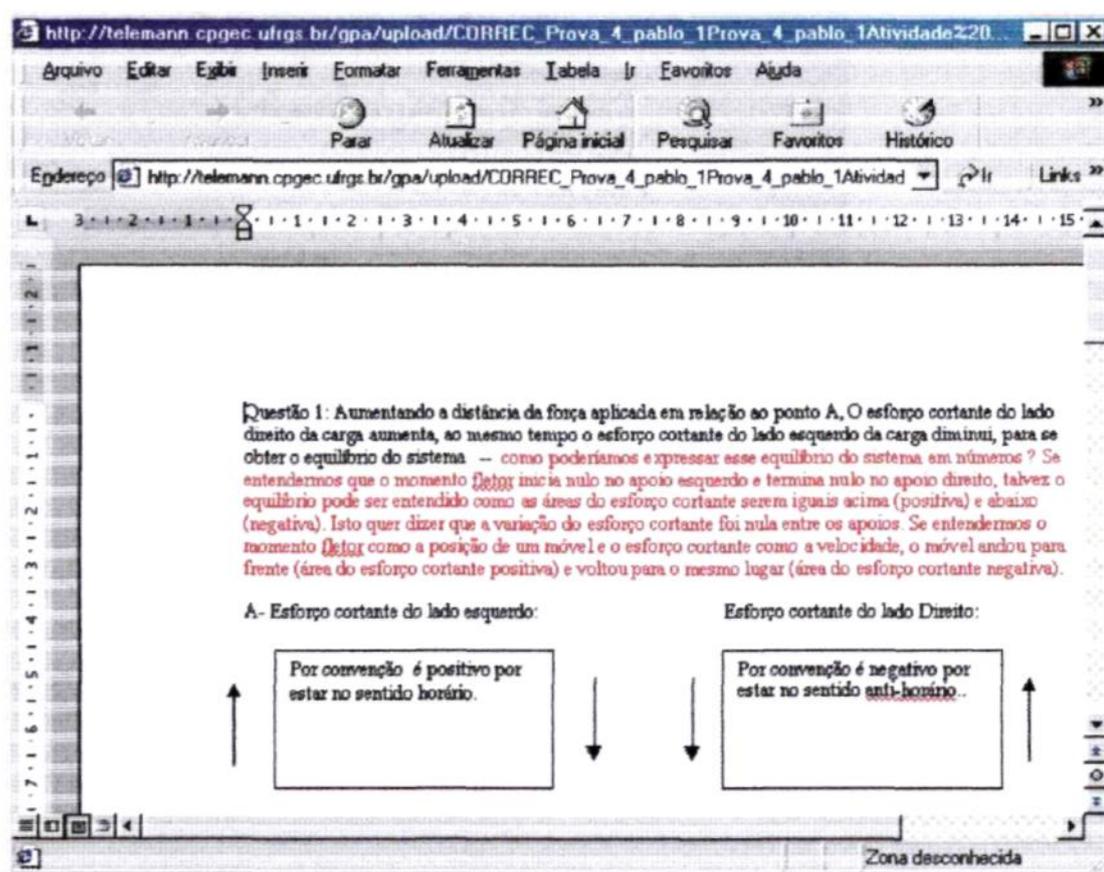


Figura 114 - Correção a partir de arquivo enviado pelo aluno

O método de avaliação segundo o Dino, é " *... muito bom...a gente responde e o sr. comenta e a gente responde de novo, muito bom assim.*". A partir desses registros torna-se mais viável compreender os percursos dos alunos, conforme pode relatar a

aluna Sauer: "e deixar ali também como a gente chegou até tal resposta, então, de que maneira que nós compreendemos...tu tiveste os teus caminhos a seguir para chegar numa resposta. " O GPAREDE apresenta também um espaço voltado especificamente para o envio de comentários paralelamente à realização das atividades, planejado para dar subsídios ao caráter formativo da avaliação. O aluno Dino foi o único que usou com mais intensidade esta ferramenta do ambiente, conforme mostra a Figura 115.

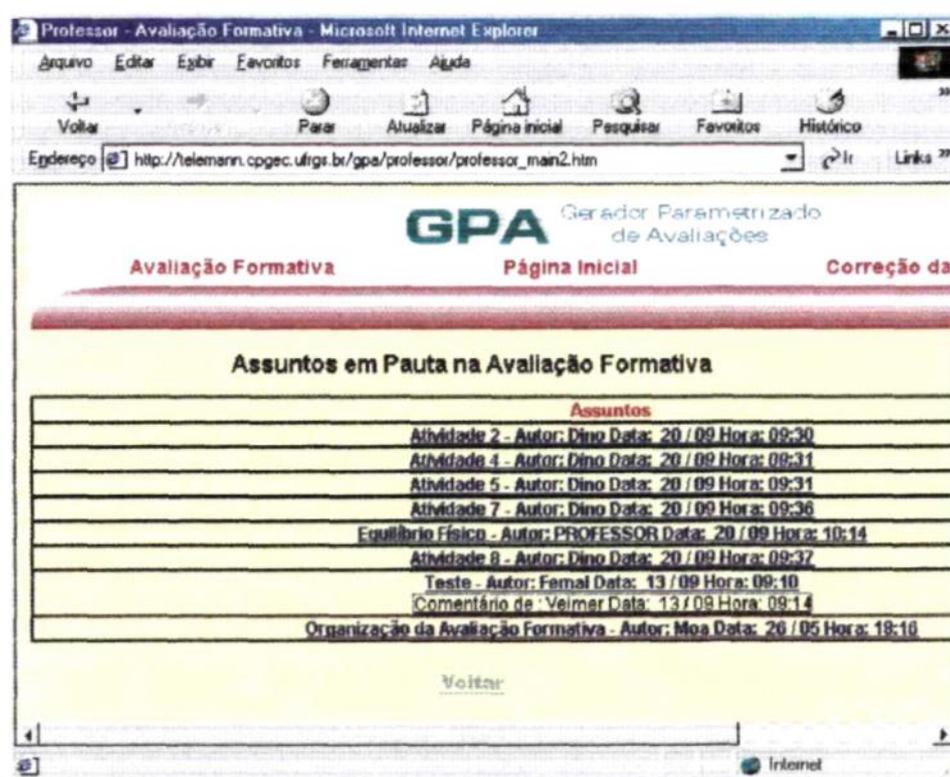


Figura 115 - Utilização da Avaliação Formativa

Este espaço pode dar importantes subsídios para a avaliação formativa, pois o professor passa a contar com um histórico documentado do aluno. Nos cursos realizados a utilização dos espaços ficou abaixo da expectativa, talvez pelo tempo que as atividades ocuparam dos alunos ao longo dos encontros. Outra possibilidade da pouca utilização pode ser que durante a semana, sem a presença do professor e sem uma orientação mais direta no primeiro dia, não houve o interesse em acessar a ferramenta. Talvez uma boa sugestão para uma melhor utilização seja marcar um

turno e/ou um tema específico ao longo da semana para que os alunos possam ser estimulados a utilizar o ambiente paralelamente à realização das atividades.

9.5.2.2 Quais perspectivas são abertas a partir da inserção do sistema numa intervenção didática a distância ?

A educação a distância apresenta peculiaridades que tornam o pensar sobre a prática educativa ainda mais complexo e desafiador. É preciso lançar um novo olhar sobre o papel do professor e do aluno, ressignificando alguns aspectos até então cristalizados e com pouco espaço para reflexões e transformações. O professor precisará se apropriar de elementos que em atividades presenciais pode passar despercebido, principalmente no sentido de promover a relação das observações dos alunos com diferentes contextos por eles já consolidados. O aluno precisa estar preparado para gerir seu processo de aprendizagem, participando do processo avaliativo através de contribuições e pareceres sobre o seu próprio desempenho.

Nas duas edições do curso houve debates a respeito da educação a distância a partir da utilização do ambiente proposto. Quando houve o questionamento a respeito da presença do professor, um dos alunos levantou a possibilidade das dúvidas serem esclarecidas por *e-mail* ou *Icq*. Insistiu-se então que não haveria a presença física e a apresentação inicial com a turma, onde cada um falou um pouco de si. A partir daí a questão da presença física tornou-se o foco do debate. Para o Padone, a presença serve como motivação, e a Sauer novamente falou do compromisso e dá dificuldade quando não há alguém que estimule, que, segundo Padone, "*desperte tua curiosidade*". O Jopas argumentou que muitas vezes a presença do professor não é necessária, pois neste caso, "*a pessoa fica sem o compromisso de pensar*". Para o Romins, que já havia feito um curso de Excel Avançado, o tempo de execução depende do aluno. Segundo ele, "*se é interessante o assunto não tem por que a pessoa não fazer o curso pela Internet... é só uma questão do tempo, as vezes também da motivação da pessoa... a motivação acho que vai influir no tempo do curso... quem está pouco motivado leva quem sabe o dobro do tempo*". Ou seja, surge a questão do papel do aluno no processo e a consideração do processo de auto-aprendizagem, que promova a autonomia nos sujeitos, onde os mesmos passam a gerir sua aprendizagem

(CERNY, 2001, p. 93). A fala do Jopas voltou-se diretamente para esta questão, pois o "*compromisso de pensar**, à luz do referencial teórico aqui proposto precisa tornar-se uma prática, o que necessariamente redimensionará também o papel do professor. Pensar a auto-aprendizagem a partir de um ambiente colaborativo, exige um professor que exerça o papel de moderador, gerando assim a efetiva construção autônoma e mediada. Tais posicionamentos podem contribuir ao se responder e comentar as atividades dos alunos, conforme pode ser verificado na Figura 116, onde uma das atividades de um aluno foi comentada.

The screenshot shows a web browser window with the following content:

Portal - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Voltar Parar Atualizar Página inicial Pesquisar

Endereço http://telemann.cpgec.ufigs.br/gpa/aluno/aluno_main4.htm Links

GPA Gerador Parametrizado de Avaliações

Portal **Página Inicial** Webfólk

Resposta do Aluno e Arquivo com Resposta	a) Por se tratar de uma viga biapoiada. No diagrama do esforço cortante observa-se uma descontinuidade equivalente ao valor da carga aplicada no ponto. No diagrama de momento fletor observou-se que quando a carga está sendo aplicada nos extremos o MF é nulo. Entretanto, ele cresce linearmente dos extremos ao ponto de aplicação da carga. Nota-se que o ponto máximo no DMF é localizado no mesmo ponto onde existe a descontinuidade no DEC, ponto este onde o esforço cortante é nulo. No DEC o somatório das áreas sobre as curvas deve ser nulo. b) Variando a magnitude da carga observa-se a diferença de amplitude da resposta tanto nas reações, bem como nos diagramas DMF e DEC, sempre obedecendo as propriedades lineares do sistema.
Comentário e Cálculo do Aluno sobre a questão	Observações matemáticas: O momento fletor em um ponto é proporcional ao valor da carga e seu braço de alavanca, ou seja, $M(x) = F \cdot x$. Aplicando a derivada de $M(x)$ em relação a x obtém-se $y(x) = F$, o valor da carga no ponto. Isto é, o esforço cortante. Isto justifica a relação entre os diagramas.
Comentário do Professor sobre a Questão	Letra a - Por que o momento fletor varia linearmente? Se variarmos o ponto de aplicação da carga, observamos que varia a magnitude do momento fletor máximo. O momento fletor máximo será o maior possível quando a carga estiver aplicada no meio do vão. Um interessante exercício é demonstrar isso matematicamente. Por que o somatório das áreas do cortante é nulo?

http://telemann.cpgec.ufigs.br/gpa/aluno/aluno_main3.htm Internet

Figura 116 - Atividade comentada

Observou-se que a questão do papel que deve ser assumido pelo professor e pelo aluno ainda é um tema divergente, o que evidencia que urge a consolidação de uma pedagogia voltada à educação a distância, transformando e readequando alguns conceitos que precisam ser compreendidos diante de uma nova situação concreta. Talvez a grande contribuição dada até aqui pelo GPAREDE seja a evidente desestabilização que ocorre na prática pedagógica tradicional quando se redimensiona o papel dos seus atores principais. Tem-se a perspectiva de que ainda surgirão novas desestabilizações, até que se tenha, depois de muitas inferências e aproximações teóricas, um panorama pedagógico delineado.

A possibilidade de um histórico sistematizado das atividades desenvolvidas pelos alunos, que podem ser acessados a partir de cada aluno, também representa uma perspectiva concreta. Focando particularmente o ensino de Estruturas, o sistema torna fácil a utilização de imagens e animações nas atividades, que são aspectos fundamentais para o ensino de Estruturas. Outra questão refere-se ao atendimento personalizado a distância. Enquanto se observa uma progressiva automatização e impessoalização nos sistemas baseados em ambientes informatizados, o GPAREDE focou o uso de tecnologias voltado para o atendimento personalizado, sem deixar de abranger a aprendizagem colaborativa e o espírito coletivo, que também necessitam de atendimento personalizado, só que agora voltado para o coletivo.

9.5.2.3 Que necessidades de complementação o GPAREDE tem no que tange recursos telemáticos ? O GPAREDE contempla os pressupostos teóricos desse projeto?

Conforme já foi destacado anteriormente, os objetivos deste trabalho são essencialmente pedagógicos, com ênfase nas especificidades presentes no ensino de Estruturas a partir de uma proposta vislumbrando a educação a distância. No capítulo 2 (p. 20) tratou-se pontualmente o foco pedagógico proposto, quando afirmou-se que a ferramenta em desenvolvimento deve levar em consideração o nível de desenvolvimento cognitivo do aluno e criar um ambiente propício à construção do pensamento formal. O caráter interdisciplinar necessariamente considerado, gera algumas limitações de profundidade técnica na ambiente proposto, todavia, essas

limitações precisam ser relativizadas na medida em que algumas ferramentas concebidas não foram utilizadas. A interface que permite aos alunos elaborar questões e enviar ao banco de dados bem como aquela que permite um acesso a todo o banco de questões a partir da escolha do assunto da questão não foram utilizadas. A própria Avaliação Formativa apresentou algumas limitações ao ser usada pelos alunos. Isto mostra que toda concepção de novas ferramentas para o GPAREDE precisa considerar prioritariamente aspectos pedagógicos. Acredita-se que, levando em consideração as investigações realizadas e os pressupostos teóricos deste projeto, alguns melhoramentos podem ser realizados, entre os quais a utilização de uma plataforma em software livre e o aperfeiçoamento do processo de autenticação, permitindo-se que os alunos alterem suas senhas bem como gerenciem melhor os seus *log-ins* no ambiente.

9.5.3 Teceiro Bloco de Perguntas

A questão da Tecnologia foi trabalhada nos capítulo 1 (p. 13) e 2 (p. 20), onde procurou-se delinear o conceito de Tecnologia Educacional. Neste sentido, torna-se importante analisar o que Souza (1999) define como Educação Tecnológica. Este autor propõe que haja uma ação ativa e transformadora no mundo material, o que implica uma profunda discussão a respeito do tema Tecnologia, que não será aprofundado neste trabalho. Serão detalhadas e analisadas as aplicações educativas da Tecnologia para a educação a distância no ensino de Estruturas, que remete a análise a Levy (1993), que propõe um novo modelo de acesso ao conhecimento através das Internet, e à Guerra (2000), que analisa como o computador pode ser bem aproveitado pedagogicamente.

9.5.3.1 Como o computador deve ser usado na educação a distância para que efetivamente se tenha uma melhoria na aprendizagem ?

a) O computador na educação a distância

Os ambientes informatizados e suas potencialidades alteraram a forma de resolução de problemas de Engenharia, o que remete a uma significativa mudança na construção dos conceitos relativos a estes problemas. Da mesma forma, a educação a

distância também sofreu profundas alterações a partir da utilização de ambientes informatizados com um potencial de recursos cada vez maior. Conforme foi descrito no capítulo 2 (p. 20), mais importante que calcular o momento fletor máximo de uma viga será entender como irá variar este valor calculado ao se alterar o vão, as cargas ou as condições de contorno. Os cálculos são facilmente processados pela máquina, porém a aplicabilidade e as conjecturas sobre novas alterações são prerrogativas do discernimento e da razão humana. Conforme o aluno Romins, *"se aquela carga fosse um pouco mais para o apoio ou para o outro lado, ou fica no meio, como é que varia...isso na disciplina a gente não aprende...e a coisa mecânica de calcular o resultado e acabou...não analisa a estrutura..com esse programa tem condições de analisar, de visualizar"*.

Outra questão importante é a forma como os recursos computacionais serão utilizados. Considerando a utilização desses recursos na educação a distância, é preciso que se dê ênfase à colaboração e à cooperação, ao invés de simplesmente recuperar e disseminar dados. Conforme foi destacado no capítulo 1 (p. 13), o desafio é transformar informação em conhecimento. O que se verificou na realização do curso de extensão foi que a busca de informações para o desenvolvimento dos webfólios só se tornou significativa quando tal informação tinha relação com o conhecimento prévio de cada aluno. Além disso, como se tratava de uma produção que permitia escolhas pessoais para cada grupo, a busca de temas com os quais houvesse uma identificação pessoal foi predominante. O aluno Dino desenvolveu seu webfólio fazendo uma descrição da plataforma de Tramandaí, local onde o aluno pratica o *surf*. Já o aluno Jopas trabalhou com a história da Resistência dos Materiais, principalmente por gostar de ler livros e de estudar temas históricos. Esses exemplos evidenciam a importância de se mobilizar os alunos para a construção do conhecimento a partir de temas que facilitem o acesso ao conhecimento prévio, o que indica caminhos para a utilização do computador na educação a distância tendo como prioridade aspectos pedagógicos.

b) Melhoria na aprendizagem

Pode contribuir para a uma melhoria na aprendizagem no contexto da educação a distância, a utilização de ambientes que levem em consideração os princípios construtivistas anteriormente descritos. Um ambiente que proporcione ao aluno, a partir da exploração ativa, novas leituras de relações anteriores por ele construídas. A utilização de relações matemáticas precisa ser provocada nas atividades, possibilitando que se assimile os novos conceitos trabalhados. O aluno Marinho, na realização de suas atividades, identificou a relação matemática existente entre o momento fletor e o esforço cortante, e passou a utilizar essa relação nas suas respostas, conforme pode ser verificado na Figura 117.

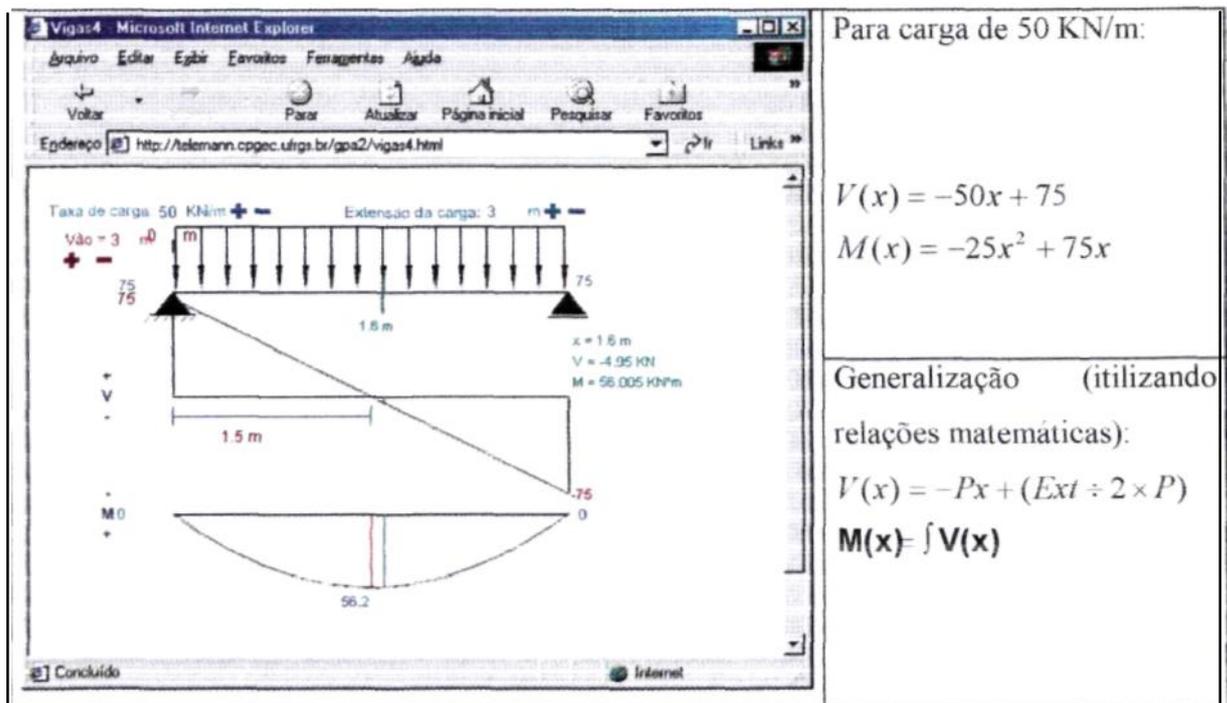


Figura 117 - Utilização de relações matemáticas

As atividades precisam ter um caráter explorativo, e o professor precisa preparar as atividades com bastante critério, tendo em vista que o aluno estará com a atenção voltada para o computador. É preciso evitar que as atividades estejam incompletas, pois o grau de atenção que é dado ao que não está no computador é muito pequeno. Verificou-se ao longo das duas edições do curso que o grau de concentração dos alunos foi alto, especialmente pelo fato das atividades exigirem um alto grau de exploração. Segundo Nado, referindo-se às atividades, "*desperta mais o interesse da pessoa pelo assunto*", e para Padone, "*o que eu faço em aprendo, e o que*

eu vejo nem sempre eu aprendo, e o que eu escuto eu quase nunca aprendo...", argumentando que as atividades possibilitaram esse "fazer", que se confirma na fala do Jopas, quando argumentou que o aluno, quando recebe tudo pronto, não se motiva a pensar por ele próprio. Ao ser perguntado sobre o papel do aluno numa atividade deste tipo, Dino disse que *"a gente ficou muito compenetrado naquilo que estava fazendo, bem melhor que em uma sala de aula..."*, o que sinaliza a promoção de uma atenção maior para com a atividade. Segundo Marinho, o fato de *"ver o que estava acontecendo"* e de *"interagir com o programa"* o deixou mais compenetrado. A demanda por clareza na concepção epistemológica aumenta consideravelmente, pois o professor precisará de mais tempo na preparação. Torna-se necessário um conhecimento mais aprofundado de teorias pedagógicas. Me parece que quando a interação direta ocorre é mais fácil aplicar princípios construtivistas.

9.5.3.2 Como fica a questão do contato humano no ensino virtual ?

Esta questão surgiu nos debates e já foi um pouco trabalhada nas questões anteriores. No debate sobre a presença do professor, o aluno Quima ressaltou a importância do contato humano: *"às vezes se tu não conheces a pessoa que está atrás, fica difícil até de ter uma relação"*.

Considerando os elementos teóricos apresentados neste trabalho bem como as investigações nos cursos de extensão propostos, pode-se dizer que há a necessidade da constituição de um coletivo, seja ele por contato humano ou não. A partir desse coletivo, se constituirá a referência necessária para a criação de um ambiente propício à aprendizagem, a partir da abordagem epistemológica proposta no referencial teórico. Essa idéia apareceu nas avaliações finais, quando a Sauer falou do "compromisso da turma", quando o Romins se surpreendeu positivamente com a presença de alunos de outras engenharias no curso, ou quando o Nado salientou que a interação foi dada pelo professor no início, que não foi simplesmente escrevendo os conteúdos no quadro no início do primeiro encontro. A questão da dificuldade de se expressar via texto, apresentada pelo Padone, também não é garantida numa aula presencial. Pode-se proporcionar através do ambiente, trocas de documentos e arquivos em diferentes formas de mídia. Acredita-se que muito deste contato humano

se estabelecerá por meio das atividades propostas, e especialmente a partir da constituição da unidade da turma.

A figura subjetiva e afetiva do professor e a referência de um coletivo são questões que permanecem em aberto e que precisam ser levadas em consideração. Acredita-se que grande parte das construções e dos avanços obtidos nas aprendizagens ao longo do curso seriam difíceis de ser realizadas sem o vínculo afetivo surgido ao longo do curso. Nesse contexto a questão do desejo na aprendizagem assume um importante papel. Conforme Fernández (1991, p. 73), "o movimento do desejo é subjetivante, tende à individualização, à diferenciação, ao surgimento do original de cada ser humano único em relação ao outro." A apresentação inicial, onde cada aluno se situou frente à turma e se "diferenciou" enquanto sujeito, tornou-os únicos, e certamente contribuiu para a promoção da aprendizagem. Essa autora enfatiza que enquanto a inteligência apropria-se do objeto conhecendo-o e generalizando-o, o desejo o faz representando-o.

Pode-se dizer que ainda é necessária a **referência** humana, porém com um **contato** humano menor. A presença de atividade pelo computador e até mesmo a simples presença do computador, torna mais difícil ao professor atrair a atenção dos alunos diretamente para si. Com isso, pode-se dizer que o contato humano diminuiu. Porém, muito deste contato se estabelecerá por meio das atividades propostas, mesmo que não seja essencialmente humano.

9.5.3.3 Como se pode gerar uma nova tecnologia educacional a partir recursos computacionais ?

a) Uma nova tecnologia educacional

A Tecnologia e suas relações com a Engenharia são evidentes, o que torna necessário levar em consideração e aprofundar teoricamente essas relações quando se propõe o uso de uma nova tecnologia educacional para o ensino de Engenharia. Um

A utilização de ambientes informatizados não representa por si só uma nova tecnologia educacional, pois seu uso já está bastante difundido no meio educacional.

dos motivos pelo qual não se restringiu o acesso ao curso para aqueles alunos que já haviam trabalhados com os conceitos abordados foi justamente a perspectiva de se estar propondo uma nova tecnologia.

Acredita-se que o computador não substitui o professor, e da mesma forma uma tecnologia educacional não é diretamente conhecimento. Para gerar a tecnologia educacional do curso de extensão procurou-se primeiro identificar que tipo de atividade levaria o aluno à aprendizagem. Optou-se assim pela utilização de animações em uma seqüência conceitual, procurando fazer com que aluno sempre buscasse o seu conhecimento prévio. Outra questão importante no momento da concepção era fazer com que o aluno pudesse também ser um protagonista de sua aprendizagem. Assim, o webfólio surge com um espaço para dar conta desta demanda.

A novidade consistirá na concepção de um modelo pedagógico adequado para se trabalhar com esses ambientes, que dependerá necessariamente de uma ação transformadora por parte do sujeito. Um dos desafios deste trabalho consiste em encontrar algumas respostas para essa questão no ensino de Estruturas.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trabalhar a partir de perspectivas originárias de pelo menos três áreas de conhecimento formalmente reconhecidas . Engenharia, Informática e Educação com o intuito de propor uma Tese que represente uma relativa unidade conceitual, representa um desafio e uma tarefa bastante complexa para aqueles que se aventuram em trabalhos interdisciplinares. Sendo o autor um egresso de curso de Engenharia, cuja sustentação epistemológica e cultural está muito bem definida e consolidada, representa particularmente um desafio adicional, ao mesmo tempo em que legitima e autoriza a elaboração de conclusões a respeito da investigação proposta. A experiência docente e a realização do curso de Licenciatura em Matemática foram fundamentais para a decisão de pesquisar temas relativos à Educação.

As conclusões a seguir apresentadas baseiam-se em três eixos principais: a produção dos alunos ao longo das investigações com o ambiente, os relatos obtidos durante os momentos da avaliação coletiva e as perspectivas teóricas construídas ao longo de todo o projeto e delineadas quando da defesa do projeto de qualificação.

A realização do curso de extensão a partir dos fundamentos anteriormente estabelecidos bem como toda a base teórica construída ao longo do projeto, possibilita a consolidação dos seguintes pressupostos:

- A interface concebida para o desenvolvimento de webfólios foi o aspecto que teve mais êxito neste projeto, pois a facilidade na edição de páginas pessoais permitiu a sua realização durante cursos de curta duração.
- A Aprendizagem Colaborativa estabeleceu-se na construção dos webfolios, onde as tarefas em duplas permitiram o surgimento de atividades extras. Além disso, foi possível verificar-se a possibilidade de ocorrer a reestruturação dos conceitos por parte dos alunos a partir do trabalho de um dos grupos, que criou uma página sintetizando os principais conceitos apresentados pelo professor no primeiro encontro.
- O formato das atividades propostas possibilitaram um alto grau de interatividade, permitindo a construção de conceitos a partir das relações estabelecidas na resolução das atividades. Observou-se que a criação de

novidades proposta na teoria piagetiana consolidou-se para sujeitos que apresentavam diferentes níveis de conhecimentos prévios.

- A avaliação da aprendizagem realizada preponderantemente a partir de exames finais não contribuiu para uma melhoria na aprendizagem, que só ocorrerá quando a avaliação significar comprometimento com o processo, participação do estudante, mais qualidade e menos quantidade e, antes de mais nada, um momento de profunda reflexão de todos os sujeitos envolvidos no processo.
- Os registros das interações dos alunos, possibilitados pelo GPAREDE, foram fundamentais para permitir as devidas alterações na prática pedagógica ao longo do processo. Desta forma, foi possível integrar a avaliação com a aprendizagem e visualizar os percursos dos alunos.
- O GPAREDE atendeu as expectativas do projeto, especialmente a partir da flexibilidade possibilitada pela sua interface, evidenciada pela sua aplicação em duas investigações com características pedagógicas bem diferentes.
- Existe espaço para uma mudança possível no ensino de Engenharia, sem abdicar da identidade construída pela Engenharia ao longo da sua evolução, desde que haja uma fundamentação epistemológica na proposta de mudança.
- As análises das diferentes formas de resolução das atividades, das justificativas feitas pelos alunos e dos conteúdos dos webfolios, permitiram que fossem considerados também os aspectos qualitativos presentes na Engenharia Estrutural.
- Uma das principais contribuições do GPAREDE para a educação a distância refere-se ao atendimento personalizado. As correções e os comentários feitos para cada aluno em cada uma das suas atividades evita que se tenha um ambiente impessoal e possibilita uma constante mediação pedagógica. Outro aspecto relevante foi que a utilização do ambiente levou a uma desestabilização da prática pedagógica tradicional, fato que se verifica na avaliação coletiva final, onde em vários momentos comparou-se as estratégias adotadas com aulas tradicionais.

Ainda é necessária e referência humana na educação a distância, mesmo com um contato humano menor. No curso de extensão, tal referência estabeleceu-se a partir do vínculo afetivo entre professor e alunos e a partir da constituição da turma, aumentando o comprometimento dos alunos na realização das tarefas. Na primeira investigação a referência humana não consolidou-se em função da inexistência de um coletivo. A educação a distância mediada por ambientes informatizados está em processo de consolidação, e só será aplicada a partir de uma relativa unidade conceitual e metodológica quando conceitos como interatividade, aprendizagem colaborativa, autonomia e auto-aprendizagem estiverem bem delineados pelos atores do processo pedagógico.

Finalizada esta etapa, acredita-se ter contribuído para uma reflexão acerca da complexidade do processo pedagógico e para a indicação de alguns caminhos que sinalizem resultados positivos. Mesmo havendo ainda muitas perguntas sem respostas concretas e considerando a já mencionada carência de um modelo pedagógico para a educação a distância, acredita-se que a consistência das análises aqui realizadas permite que sejam sustentados os pressupostos acima listados, o que leva a um patamar mais próximo de um modelo pedagógico apropriado.

■)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAVA, S. **Ciberespaço e formações abertas: rumo a novas práticas educacionais ?** Porto Alegre: Artmed, 2002. ARAÚJO, J P O **Que os Aprendizes Esperam dos Professores na Educação a Distância On-line?** Disponível em: <<http://vwww.abed.org.br/texto37.doc>>. Acesso em: 25 ago. 2001. BARDEN, R. S **Do It, Try It, Fix It: How WebCT Can Facilitate the Feedback Needed to Develop Successful Adaptations of Your Course.** WebCT - courses, campus, community, 2001. BAZZO, W. A. **Educação Tecnológica: enfoques para o Ensino de Engenharia /** Walter Antônio Bazzo, Luiz Teixeira, Irlan von Linsingen. - Florianópolis: Ed. da UFSC, 2000. BECKER, F. Aprendizagem e Ensino: contribuições da epistemologia genética. In: **Formação do Engenheiro.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. p. BEHAR, P; BITTENCOURT, J. V; KIST, S. O. **Rooda - Rede Cooperativa de Aprendizagem - um software livre para a educação a distância.** Disponível em: <<http://www.nuted.edu.ufrgs.br/nuted/publi06.html>>. Acesso em: 04 jul. 2002. BOSTOCK, S. J. Constructivism in mass higher education: a case study, *British Journal of Educational Technology*, 29 (3) : 225 - 240 BOTELHO, M. H. C. **Resistência dos materiais para entender e gostar.** São Paulo: StudioNobel, 1998. BROHN, D. M. A new paradigm for structural engineering. **The Structural Engineer**, v. 70, n. 13, p. 239-242, 1992. BURLESON, W., GANZ, A, HARRIS, I. Educational Innovations in Multimedia Systems. **Journal of Engineering Education**, v. 90, n. 1, p. 21-32, 2001. CAMPBELL, J. O., BOURNE, J. R, MOSTERMAN, P. J., BRODERSEN, A. "The effectiveness of learning simulations for eletronic laboratories", **Journal of Engineering Education**, v. 91,0.1, pp. 81-87, 2002. CAPRA, F. **O ponto de mutação.** 20ed. São Paulo: Cultrix, 1997. CAPRA, F. **A teia da vida.** 6ed. São Paulo: Cultrix, 2001.

- CASAS, L. A. A. **Contribuições para a Modelagem de um Ambiente Inteligente de Educação Baseado em Realidade Virtual** 1999. Tese, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/teses99/casas/>>. Acesso em: 12 nov. 2001.
- CASTORINA, J. **Psicologia Genética: aspectos metodológicos e implicações pedagógicas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988.
- CERNY, R.Z. Uma reflexão sobre a avaliação formativa na educação à distância **Texto da 24ª reunião Anual ANPED**. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/24/T1650714518799.doc>>. Acesso em: 13 set. 2001
- CHANDRA, C. & KUMAR, S. A web-based instrucional module for research and learning in design and analysis of enterprise systems. **Journal of Engineering Education**, v. 90, n. 2, p. 179-185, 2001
- COSTA, L. A. C **Proposta de um sistema gerador de avaliações vislumbrando a educação a distância na Engenharia**. Porto Alegre, UFRGS, 2000. Dissertação (mestrado em Engenharia) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000
- COSTA, L. A. C, MASUERO, J. R, CREUS, G. J. Gerador Parametrizado de Avaliações (GPA) In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 28, 2000, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Abenge, 2000.
- COSTA, L. A. C, CREUS, G. J e FRANCO, S. R. K Uma Intervenção Epistemológica e Tecnológica no Ensino de Engenharia enfocando o processo avaliativo. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29, 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Abenge, 2001.
- COSTA, L. A. C, JÚNIOR, K R. B , VASCONCELLOS, R; ROSSETTO, A. T. A utilização da planilha eletrônica na construção de conceitos matemáticos em modelos de Engenharia Estrutural. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13, 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Propesq/UFRGS, 2001.
- COSTA, L A. C , SILVEIRA, M. A L, CREUS, G. J, FRANCO, S, R. K. A **avaliação do processo ensino-aprendizagem: uma proposta para educação a distância na disciplina Mecânica Estrutural Básica** Propesq, 2001
- COSTA, L. A. C, SILVEIRA, M. A. L, CREUS, G J., FRANCO, S. R. K. GPAREDE - An automated evaluation system for web. In: 2002 ASEE ANNUAL

CONFERENCE & EXPOSITION, 2002, Montreal. **Anais eletrônicos...** Montreal: ASEE (American Society for Engineering Education), 2002. Disponível em: <http://www.asee.org/conferences/caps/document2/2002-544_Paper.pdf>. Acesso em: 24 out. 2002. COSTA, L. A. C, SILVEIRA, M. A. L, CREUS, G. J. Avaliação da Aprendizagem no Ensino de Estruturas via Internet: uma Experiência Concreta In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 30, 2002, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Abenge, 2002. COSTA, L. A. C, SILVEIRA, M. A. L, CREUS, G. J., FRANCO, S. R K GPAREDE - Uma proposta de avaliação da aprendizagem pela Internet. **Revista Brasileira de Ensino de Engenharia**, v. 22, n 1, p 49-56, 2003 COSTA, L. A. C, SILVEIRA, M. A. L, CREUS, G. J. FRANCO, S. R K. Relato de uma tese sobre educação a distância no Ensino de Engenharia In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 31, 2004**, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Abenge, 2003. CREUS, G. J. Some Developments in CAT for Structural Analysis. In: COMPUTER AIDED TRAINING IN SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1990, Barcelona. **Anais...** Barcelona: CIMNE-Pineridge Press, 1990. v.1. p.425-427. CROFT, A. C, DANSON, M., DAWSON, B. R, WARD, J. P., Experiences of Using Computer Assisted Assessment in Engineering Mathematics. **Computers & Education**, n. 37 , p. 53 66, 2001 DEMO, P. **Conhecer & Aprender - sabedoria dos limites e desafios**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000. DILLENBOURG, P. Virtual Learning Environment. Disponível em: <<http://tecfa.unige.ch/tecfa/publicat/dil-papers-2/Dil.7.5.18.pdf>>. Acesso em: 25 maio. 2003. DION, S. ML; PACCA, J. L. A. História da Ciência e Ensino de Física. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 26, 1998. **Anais...** ABENGE, 1998 DR. BEAM PRO. Disponível em: <<http://www.stceclia.br/mecanica/page2.html>>. Acesso em: 17mar.2001.

- EIFLER, A. **Recursos didáticos no ensino da Análise Estrutural**. Porto Alegre, UFRGS, 1990. Dissertação (mestrado em Engenharia) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990
- FAINHOLC, B. **La interactividad en la educación a distancia**. Buenos Aires: Paidós, 1999
- FLORES, J. & BECERRA, M. **La educación superior en entornos virtuales - el caso del programa Universidad Virtual de Quilmes** Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2002.
- FRANCO, S. R. K. **O construtivismo e a educação**. Porto Alegre: Mediação, 1997.
- FRANCO, S. R. K. **Lógica operatória e lógica das significações em adultos do meio rural: um estudo piagetiano e seu significado educacional**. 1999. 272 f. : il. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós Graduação em Educação - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.
- FREIRE JÚNIOR, O & CARVALHO NETO, R. A. **O universo dos quanta - uma breve história da Física Moderna**. São Paulo: FTD, 1997.
- GADOTTI, M. **História das Idéias Pedagógicas**. São Paulo: Ática, 1993
- GALILEI, G. **Duas novas ciências incluindo da força de percursão**. 2. ed. São Paulo: Nova Stella, 1988.
- GORDON, J E **Structures, or Why Things Don't Fall** Penguin Books, Harmondsworth, 1978
- GRABINGER, S. & DUNLAP, J.-C. (1996). "Encourage Student Responsibility", in P.A.M. KOMMERS; S. GRABINGER e J.-C.DUNLAP (eds), *Hipermídia Learning Environments*, Mahwah, N.-J., Lawrence Erlbaum.
- GRAVINA, M. A. **Os ambientes de geometria dinâmica e o pensamento hipotético-dedutivo**. 2001. Tese (Doutorado em Informática na Educação) -

Curso de Pós Graduação em Informática na Educação - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. GUERRA, J. H. L **Utilização do computador no processo de ensino-aprendizagem: uma aplicação em planejamento e controle da produção**

2000. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos. GUTIERREZ, F, e PRIETO, D. **A mediação pedagógica, Educação a Distância**

alternativa. São Paulo: Papiros, 1994. HOFFMANN, J. **Avaliar para Promover - as setas do caminho.** Porto Alegre:

Mediação, 2001. HORTON, S. **Web Teaching Guide - a practical approach to creating a Course web sites.** London : Yale University Press, 2000. INEP **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais.** Disponível em:

<<http://www.inep.gov.br/censo/default.htm>>. Acesso em: 05 mai. 2004.

JENNINGS, A. & GILBERT, S. Where now **with** the teaching of structures ? **The Structural Engineer**, v. 66, n. 1, p. 3-7, 1988. KIRKWOOD, A. New media mania: can information and Communication

technologies enhance the quality of open and distance learning ? **Distance**

Education, v. 19, n. 2, p.228-241, 1998. KOYRÉ, A. **Estudos de História do Pensamento Científico.** Tradução e revisão

técnica de Márcio Ramalho. Rio de Janeiro. Editora Forense Universitária, 1991, 2 ed. KUHN, T **A Estrutura das Revoluções Científicas.** São Paulo: Editora

Perspectiva, 2001 LAGOWSKI, J. J. The Role of Distance Learning in Chemical Education. **Pure and**

Applied Chemistry, Oxford, v. 71, n. 5, p. 845-850, maio 1999. LANDRY, P. O Sistema Educativo rejeitará a Internet? ou as condições para uma

boa integração das mídias nos dispositivos. In: **Ciberespaço e Formações**

Abertas - Rumo a Novas Práticas Educacionais, Porto Alegre, Artes Médicas,

2002, p. 119-130. LARSON, T. R Developing a participatory textbook for the

Internet. **Journal of**

Engineering Education, v. 90, n 1, p. 49-54, 2001

LEARNING SPACE. Disponível em: <<http://www.learningspace.org/>>. Acesso em:

07 de jul. 2002. LEVY, P. **As Novas tecnologias da inteligência: o futuro do**

pensamento na era

da informática. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993. LINDENBERG NETO, H.

Ensinando História da Engenharia de Estruturas a alunos

do curso de Engenharia Civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 30, 2002, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Abenge, 2002.

LINSINGEN, I. V. ; PEREIRA, L.T.do V.; BAZZO, W. A. Epistemologia e Ensino de Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 18, n.1, p. 51-57, 1999.

LOISELLE, J. A Exploração da Multimídia e da Rede Internet para Favorecer a Autonomia dos Estudantes Universitários na Aprendizagem . **Ciberespaço e Formações Abertas - Rumo a Novas Práticas Educacionais**, Porto Alegre, Artes Médicas, 2002, p. 107-118.

LONGO. H. I. Aspectos Pedagógicos e ideológicos das novas tecnologias aplicadas

ao ensino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 27., Natal, 1999. **Anais...** Natal, ABENGE, 1999, p. 403-409.

LUZ, J. L. B. **Jean Piaget e o Sujeito do Conhecimento.** Lisboa: Instituto Piaget, 1994.

MACROMEDIA (2001). *Produtos*, (documentação On-line). Disponível em: <<http://www.macromedia.com/software/>>. Acesso em: 22 mar. 2002.

MORAN, J. M. Ensino e Aprendizagem Inovadores com Tecnologias. **Informática na Educação: Teoria & Prática**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 137-144, set. 2000

MORREAU, P. M. Understanding structural behaviour. **The Structural Engineer**, v. 68, n. 15, p. 299-300, 1990.

NAVI **Núcleo de Aprendizagem Virtual** Disponível em:

<<http://navi.adm.ufrgs.br/>>. Acesso em: 03 jul. 2002. NITZKE, J. A. **O**

hipertexto inserido em uma abordagem cooperativo-

construtivista como promotor da aprendizagem de tecnologia de alimentos.

2002. 274 p. : il. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Curso de Pós Graduação em Informática na Educação - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Oliveira C C; Costa, J. W.; Moreira, M. **Ambientes Informatizados de Aprendizagem**. Campinas: Papirus, 2001.

UNESCO **Indicators on Education** Disponível em: <
<http://unstats.un.org/unsd/demographic/social/education.htm>>. Acesso em: 05
 mai. 2004.

UNESCO. **Millenium Indicators** Disponível em: <
http://unstats.un.org/unsd/mi/mi_series_results.asp?ro\vid=656>. Acesso em: 04
 mai. 2004. PAPERT, S. **A máquina das crianças**. Porto Alegre: Artes Médicas,
 1994. PERRENOUD, Philippe. **Avaliação: da excelência à regulação das
 aprendizagens entre duas lógicas**. Tradução de Patrícia Ramos. Porto Alegre:
 Artes Médicas, 1999. PETERS, O. **Didática do ensino a distância** São Leopoldo:
 Unisinos, 2001. PIAGET, J. **Estudos Sociológicos**. Rio de Janeiro: Editora Forense,
 1973. PIAGET, J. **Epistemologia Genética**. São Paulo: Martins Fontes, 1990.
 PIAGET, J. **O Nascimento da Inteligência na Criança** 4.ed. Rio de Janeiro:
 Zahar, 1982. PIAGET, J. **Problemas de Psicologia Genética**. São Paulo: Abril
 Cultural, 1978.

PIAGET, J. **Lógica e conhecimento científico - 1º volume** Porto: Civilização,
 1980. 520 p

PIAGET, J. **Lógica e conhecimento científico - 2º volume**. Porto: Civilização,
 1980.

PIAGET, J. **Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das
 relações espaciais**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. PIETRO, J. E. &
 OLIVEIRA, R. Instrucionismo e Construcionismo no Ensino de Estruturas. In.
 CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29, 2001, Porto
 Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Abenge, 2001. PROINFO - Programa Nacional de
 Informática na Educação. Disponível em:

<<http://www.proinfo.gov.br/>>. Acesso em: 04 jul. 2002. RAMAL, A C. Avaliar na
 Cibercultura **Conecta - Revista on-line de educação a
 distância**. Disponível em:

<http://www.revistaconecta.com/conectados/ramal_avaliar.htm>. Acesso em: 12 mar. 2000. RAMOS, E. M. F. O papel da avaliação educacional nos processos de aprendizados autônomos e cooperativos. In: **Formação do Engenheiro**, Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. p. ROJAS, E. M. Use of Web-based Tools to Enhance Collaborative Learning.

Journal of Engineering Education, v. 91, n.1, 2002, p. 89 -96. ROGERS, C. R. **Tornar-se pessoa**. São Paulo: Martins Fontes, 1997. ROODA. Disponível em: <<http://rooda.edu.ufrgs.br/>>. Acesso em: 8 jul. 2002. ROVAI, A. P. Online and traditional assessments: what is the difference ? **Internet**

and Higher Education , n.3, p. 141-151, 2000 SANCHO, J. M. **Para uma Tecnologia Educacional**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. SALMON, G. **E-Moderating - The key to Teaching and Learning Online**.

Londres: Kogan Page, 2000. SCHÄFFER, N. O. Avaliação de aprendizagem: participação e registro. **Teoria e**

fazeres: caminhos da educação popular. Prefeitura Municipal de Gravataí.

Secretaria Municipal de Educação e Cultura. Gravataí, 1999. SEAL, K. C, PRZASNYSKI, Z. H, Using the World Wide Web for teaching

improvement. **Computers & Education**, n. 36, p. 33-40, 2001. SHEPHERDSON,

E. Teaching structural behavior through an interactive and

complete learning environment 1998 Thesis - Dept of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

SILVEIRA, M. A L , COSTA, L. A. C, CREUS, G. J. Um ambiente virtual para a Avaliação da Aprendizagem no Ensino de Estruturas. In. SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Propesq/UFRGS, 2002. SOARES, E. M. S., RIBERIO, L. B. M. Avaliação

Formativa: um desafio para o

professor. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29, 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Abenge, 2001. SOUZA, J. G.

Considerações sobre a formação didático-pedagógica do professor de

Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 18, n.1, p. 13-17, 1999.

SOUZA, T. R. P. **A avaliação como prática pedagógica** Disponível em:
<<http://www.abed.org.br/>>. Acesso em: 13 ago. 2001. SOUZA, D. S. G.

Avaliação da Aprendizagem Disponível em:

<<http://www.newtonpaiva.br/institucional/assessoriaaped/doc/b22.doc>>. Acesso em:
15 ago 2001. TAROUCO, L. **Plataformas Comerciais para suporte EAD.**

Disponível em:

<<http://penta2.ufrgs.br/edu/eaduniv/plataformas/sld001.htm>>. Acesso em: 08 jul.

2002. TELLES, P. C. S. **História da Engenharia no Brasil: século XX** Rio de Janeiro:

Clavero Editoração, 1993. TIMOSHENKO, S. P. **History of strength of materials : with a brief account of the history of theory of elasticity and theory of structures.**

New York McGraw-Hill, 1953. TORROJA, E. **Razón y ser de los tipos estructurales** Madrid: Artes Gráficas

MAG, s/data. VASCONCELOS, A. C. **Estruturas da Natureza.** São Paulo: Studio Nobel, 2000. VASCONCELOS, A. C. **Engenheiro de Estruturas: uma profissão em extinção.**

Disponível em: <http://atex.com.br/vasconcelos/engenheiro_de_estruturas.htm>.

Acesso em: 19 dez 2002. VASCONCELOS, A. C. **O Concreto no Brasil** São Paulo: Studio Nobel, 2002. VASCONCELLOS, C S **Construção do conhecimento em sala de aula**, 10^a ed.

São Paulo: Libertad, 2000. VASCONCELLOS, C. S. **Avaliação: concepção dialética-liberadora do processo**

de avaliação escolar 1^a ed. São Paulo: Libertad, 2000. WebCT - About us.

Disponível em: <<http://www.webct.com/company>>. Acesso em:

03 mai. 2002.

WebCT na USP. Disponível em:

<http://webct.cisc.sc.usp.br.8900/index_arquivos/menusup.html>. Acesso em: 18

jul 2002. WILKINS, B. & BARRETT, J., The virtual construction site: a web-based

teaching/learning environment in construction technology. **Automation in Construction**, n. 10, p. 169-179, 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	
INSTITUTO DE MATEMÁTICA	
MAT 01339 – Cálculo e Geometria Analítica para Arquitetos	
Nomes: _____	e _____

A CADA NOVA ATIVIDADE, ABRA UM ARQUIVO NOVO!

ATIVIDADE I

1. Clique no botão $\downarrow P$ e arraste-o até o ponto médio da viga em v . (A informação lida ao pé da janela deve ser $x=5$ m e magnitude= $10,0$ KN e surge o símbolo \downarrow).

2. Clique no botão  e arraste horizontalmente a carga $\downarrow P$ (com o botão esquerdo do mouse pressionado). Descreva as transformações gráficas que ocorrem em:

V:.....

M:.....

3. Clique no botão $\downarrow P$ e arraste verticalmente a carga $\downarrow P$ (com o botão esquerdo do mouse pressionado). Descreva as transformações gráficas que ocorrem em:

V:.....

M:.....

ATIVIDADE II

1. Clique no botão $\downarrow P$ e arraste-o até um ponto qualquer da viga em v . Observe os gráficos de V e M.

Clique novamente no botão $\downarrow P$ e arraste-o até outro ponto qualquer da viga, distinto do primeiro. (Duas cargas estarão atuando sobre a viga !) Observe os correspondentes gráficos de V e M. (Para melhor visualização, ajuste as escalas nas barras de rolagem, à direita dos gráficos!). Repita o processo para três, quatro, etc. cargas de **mesma** magnitude.

Expresse verbalmente as relações gráficas observadas.

.....

.....

.....

2. Repita o experimento anterior para duas, três, quatro, etc. cargas de **diferentes** magnitudes.

Expresse verbalmente as relações gráficas observadas.

.....

.....

.....

ATIVIDADE III

1. Clique no botão $\downarrow P$ e arraste-o até o ponto médio da viga. Fixe em **10,0 KN**, a magnitude da carga. Arraste o cursor $\downarrow P$, **sem** pressioná-lo, até as posições **x** selecionadas abaixo e preencha a tabela com os valores correspondentes:

x	V	M
1.2		
2.5		
3.8		
5		
6.2		
7.5		
8.8		

2. Obtenha as equações das retas $V=V(x)$ e $M=M(x)$.

ATIVIDADE IV

1. Repita o experimento da ATIVIDADE III para as cargas de 30.0 KN e 50.0 KN.

Para P=30.0 KN			Para P=50.0 KN		
x	V	M	x	V	M

2. Obtenha as equações das retas $V=V(x)$ e $M=M(x)$, para as cargas de 30.0 KN e 50.0 KN.
3. Generalize as equações das retas $V=V(x)$ e $M=M(x)$, para uma carga magnitude P qualquer.

ATIVIDADE V

1. Clique no botão $\downarrow P$ e arraste-o até o ponto médio da viga. Escolha a magnitude da carga e mantenha-a fixa ao longo da ATIVIDADE. Na barra de menu clique em “edit” e em seguida “preferences”. No opção “length” troque para 5m.
2. Obtenha as equações das retas $V=V(x)$ e $M=M(x)$ da situação.

ATIVIDADE VI

1. Repita o experimento da ATIVIDADE V para length = 2.5 m e 7.5 m.

2. Obtenha as equações das retas $V=V(x)$ e $M=M(x)$ para tais situações.

3. Generalize as equações das retas $V=V(x)$ e $M=M(x)$ para um comprimento (length) L qualquer da viga.

ANEXO II - ENTREVISTAS Professor A**de Mecânica Estrutural I.**

Porto Alegre, 18 de julho de 2002

- 1) Quais os conceitos básicos da Engenharia Estrutural que observas mais dificuldades na compreensão dos alunos ?

*Esforços/Solicitações internas (Esforço cortante, Momento Fletor, etc).
Dificuldade no esboço dos diagramas. Visão espacial das tensões em uma peça.*

- 2) Entre os citados, quais são aqueles que observas uma nítida evolução dos alunos ao longo do curso ?

No esboço dos diagramas "ganha-se no cansaço e na repetição. A disciplina exige um grande número de repetições." Algumas vezes observa-se que o aluno adquire habilidade na construção de diagramas apenas em disciplinas seguintes.

- 3) E aqueles que não observa evolução ?

Na visão espacial das tensões em uma peça observa-se menos evolução. Tal problema não é tão grave pois nas disciplinas seguintes a visão espacial se restringe a "casos fechados e bem definidos".

- 4) Quais os conceitos que consideras fundamental como pré-requisitos para a disciplina ?

Equilíbrio, força e momento.

- 5) Cite um fato surpreendente positivo e outro negativo relativo à postura dos alunos ao longo de sua experiência docente.

Negativo: a passividade dos alunos (geral). Não saem na frente, mesmo diante da programação. Não é exclusivo dessa disciplina. O aluno é re-ativo, e não ativo. Cumprem metas para se livrar. Não importa o conhecimento, e sim o mínimo para passar.

Positivo: faz muito tempo que não se surpreende positivamente. Aluno que gabarita uma prova é raríssimo. Dois ou três gabaritando é praticamente impossível.

Professor B de Mecânica Estrutural I.

Porto Alegre, 18 de julho de 2002

- 1) Quais os conceitos básicos da Engenharia Estrutural que observas mais dificuldades na compreensão dos alunos ?

a) Visualização de solicitações (especialmente em geometrias complexas como grelhas e pórticos)

b) Visualização do estado de tensões com solicitações compostas

c) Planos principais de tensões

- 2) Entre os citados, quais são aqueles que observas uma nítida evolução dos alunos ao longo do curso ?

No item a) nota-se uma evolução a partir da repetição, estudando de novo, "a duras penas". Nota-se uma evolução de uma forma geral. Os itens b) e c) são difíceis de se observar evolução pois são trabalhados no final do curso, mas

pode-se dizer que o item c) "começa a ser digerido" já na terceira área (ele começa a ser trabalhado na 2ª área.)

3) E aqueles que não observa evolução ?

O item c) é o mais crítico. Alguns alunos não conseguem aprender de jeito nenhum, incluindo neste grupo os alunos esforçados.

4) Quais os conceitos que consideras fundamental como pré-requisitos para a disciplina ?

Equações de Equilíbrio..

5) Cite um fato surpreendente positivo e outro negativo relativo à postura dos alunos ao longo de sua experiência docente.

Alguns apresentam grande facilidade e outros, apesar do esforço, apresentam grandes dificuldades. Muitos esforçados não conseguem.

Insiste com fatos relativos á postura diante de conceitos, ou situações em que alunos tenham apresentado outras formas de resolução:

Alguns alunos surpreendem com a resolução do Estado Plano de Tensões por auto-valores e auto-vetores. Algumas vezes aprendo com os alunos, especialmente quando comecei a lecionar a disciplina. Elas viram o que eu não vi, principalmente no início. Aconteceu o exemplo das cargas em barras inclinadas, que eu dizia que as cargas estaticamente equivalente eram obtidas pela área, fato que não acontece com as as barras inclinadas e foi chamado atenção por um aluno. É a área apenas para carregamento perpendicular á barra.

Professor de Mecânica para várias engenharias

Porto Alegre, 19 de julho de 2002

- 1) Quais os conceitos básicos da Engenharia Estrutural que observas mais dificuldades na compreensão dos alunos ?

A disciplina, por ser ministrada para várias engenharias, possui um enfoque mais simplificado. É tratada de uma forma mais empírica. Os alunos tem mais dificuldades em conceitos que exigem formulações matemáticas mais complexas, tendo-se que abstrair da experiência. Flexão composta e distorção fazem parte desses conceitos.

- 2) Entre os citados, quais são aqueles que observas uma nítida evolução dos alunos ao longo do curso ?

Observa-se grande evolução dos alunos na compreensão das solicitações internas, tensões e deformações e conceitos de segurança.

- 3) E aqueles que não observa evolução ?

A grande maioria domina os conteúdos no final do semestre..

- 4) Quais os conceitos que consideras fundamental como pré-requisitos para a disciplina ?

Princípios da mecânica newtoniana e vínculos.

- 5) Cite um fato surpreendente positivo e outro negativo relativo à postura dos alunos ao longo de sua experiência docente.

Positivo: um vídeo apresentado por um grupo de alunos sobre deformação. Houve uma grande conexão entre o lado técnico e o lado lúdico.

Negativo: Relações entre micro e macroestrutura. O grupo de alunos do grupo relativo a ciência dos materiais não conseguiu estabelecer a relação

Profissional de Estruturas

Caxias, 22 de julho de 2002

1. Quais os conceitos de Mecânica Estrutural são fundamentais na sua prática profissional ?

Propriedades físicas do concreto e do aço, tais como módulos de elasticidade, resistência a compressão do concreto, resistência a tração do aço.

Vinculação, graus de liberdade, carregamentos (peso específico dos materiais, espessura dos materiais).

Nos relatórios emitidos pelo programa aparecem resultados de processamentos internos de solicitação X resistência. Se o relatório apresenta algum problema, é necessário que se volte para o modelo para que se identifique a causa do problema.

2. *Quais os conceitos que utiliza na sua prática que não foram trabalhados na faculdade ?*

A parte conceitual foi bastante trabalhada na faculdade.

O que não foi trabalhado foi a parte prática do lançamento, otimização do projeto, concepção de projeto, concreto protendido e tipos diferentes de lajes.

3. *Quais os recursos que utilizas para resgatar os conceitos trabalhados na faculdade ?*

Material pessoal dos tempos de faculdade e alguma bibliografia indicada também na época da faculdade. Conversa com colegas. Suporte técnico do software

4. *Fale sobre a utilização dos recursos computacionais na Engenharia Estrutural.*

É uma facilidade pois é difícil se fazer na mão.

"Todo programa é burro"

Tem que ter os conceitos básicos, inclusive a parte braçal.

Enfoquei a pergunta:

Com os recursos de hoje, o que deveria mudar ?

A visualização e a modelagem poderia mudar. Na faculdade recebemos e aceitamos os modelos prontos, de forma que se torna fundamental construir o modelo físico-matemático a partir da realidade.

ANEXO III -ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO CURSO DE EXTENSÃO

Atividade I

Acesse a animação (Figura 118) e realize as seguintes atividades:

- Arraste a carga até o centro da viga (1.5 m de distância do apoio esquerdo) e selecione 50KN como magnitude da força. Arraste a força sobre a viga e descreva as mudanças que ocorreram nos diagramas de esforço cortante e momento fletor.
- Com a carga no meio da viga, varie sua magnitude e descreva a variação nos diagramas.

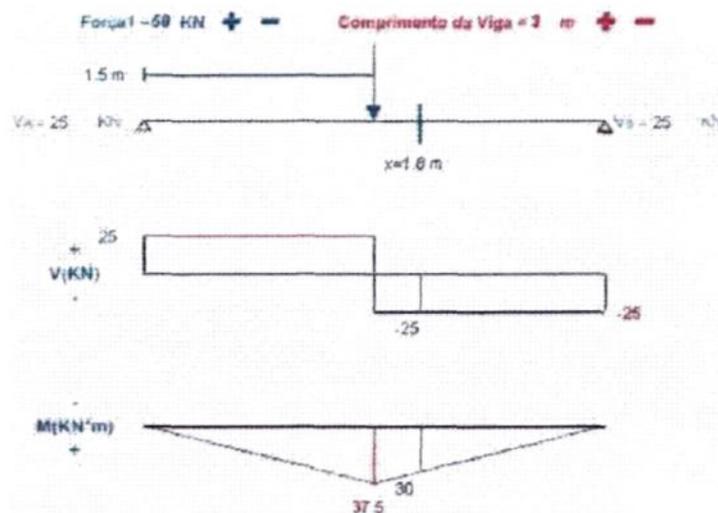


Figura 118 - Animação Atividade I, III, IV, V e VI

Atividade II

Acesse a animação (Figura 119) e configure as duas cargas com a mesma magnitude. Fixe a carga azul a 1 m do apoio A e desloque a carga vermelha, partindo do apoio B em direção à carga azul. Pergunta-se:

- A que distância a carga vermelha deve estar do apoio B para termos um esforço cortante nulo entre as cargas? Tente demonstrar matematicamente.
- Observe, para cada posição da carga vermelha, o ponto onde o momento fletor é máximo. Que ponto é este no diagrama de esforço cortante?

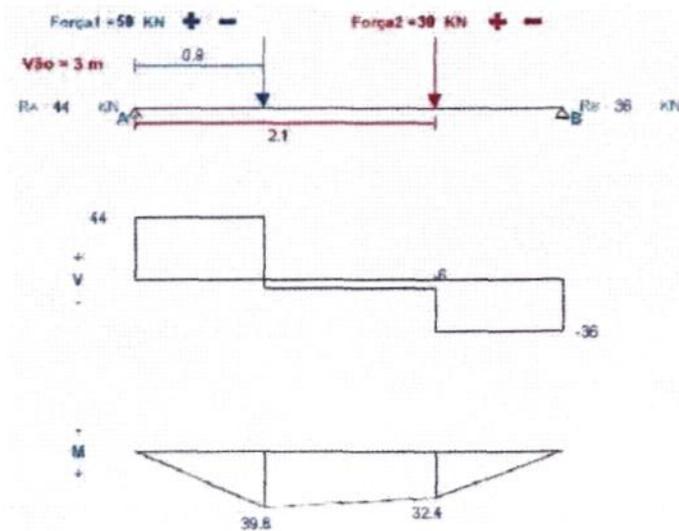


Figura 119 - Animação Atividade II

Obs. A animação referida em cada uma das atividades a seguir (III, IV, V e VI) é a mesma da atividade I.

Atividade III

Acesse a animação (Figura 118) e arraste uma carga de 30 kN até o centro da viga. Preencha a tabela abaixo com os valores de V e M para cada valor de x indicado na primeira coluna, utilizando o traço vertical de cor verde que percorre a viga para diferentes valores de x. A seguir, obtenha as equações de $V(x)$ e $M(x)$

Posição	V	M
0		
0,30		
0,75		
1,15		
1,5		
1,85		
2,25		
2,70		
3		

Atividade IV

a) A partir da animação (Figura 118) preencha as tabelas de forma semelhante à atividade anterior, para valores da carga concentrada de 40 kN e depois 50 kN. Após isso, escreva as equações de $V(x)$ e $M(x)$ para cada situação.

Atividade V

Acesse a animação (Figura 118) e posicione a força no meio da viga. Varie o comprimento da viga e descreva as modificações ocorridas nos diagramas de esforço cortante e momento fletor.

Atividade VI

Acesse a animação (Figura 118) e fixe o valor da carga em 50 KN e a posição da carga no centro da viga.

a) Seguindo procedimento semelhante às atividades III e IV (preenchendo tabelas), obtenha as equações de $V(x)$ e $M(x)$ para $L = 2\text{ m}$, $L = 3\text{ m}$ e $L = 4\text{ m}$ b) Generalize as equações de $V(x)$ e $M(x)$ para um L qualquer

Atividade VII

Acesse a animação (Figura 120) e defina uma carga distribuída de 30 KN/m com uma extensão de 3 m, igual ao comprimento da viga.

a) Preencha a tabela abaixo com os valores de V e M para cada valor de x indicado na primeira coluna, utilizando o traço vertical de cor verde que percorre a viga para diferentes valores de x . Faça o mesmo procedimento para uma carga distribuída de 40 KN/m e de 50 KN/m.

A seguir, obtenha as equações de $V(x)$ e $M(x)$

b) Generalize para uma força P qualquer.

c) Fixe o valor da carga distribuída em 50 KN/m e com extensão igual ao comprimento da viga.

Seguindo procedimento semelhante às letras a e b (preenchendo tabelas), obtenha as equações de $V(x)$ e $M(x)$ para $L = 2\text{ m}$, $L = 3\text{ m}$ e $L = 4\text{ m}$. (Ao mudar o comprimento da viga, a extensão da carga varia automaticamente).

d) Generalize as equações de $V(x)$ e $M(x)$ da letra c para um L qualquer

e) Generalize as equações de $V(x)$ e $M(x)$ da letra c para um P e um L qualquer

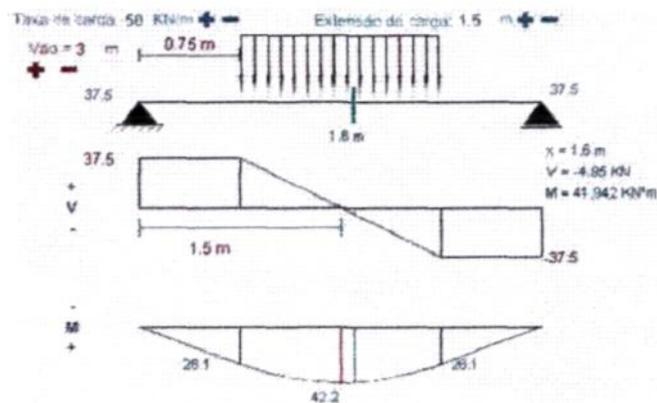


Figura 120 - Animação Atividades VII e VIII

Atividade VIII

Acesse a animação (Figura 120) e fixe a extensão da carga em 1,5 metros e uma carga de 10 kN/m. Posicione a carga distribuída junto ao apoio esquerdo, conforme Figura 121.

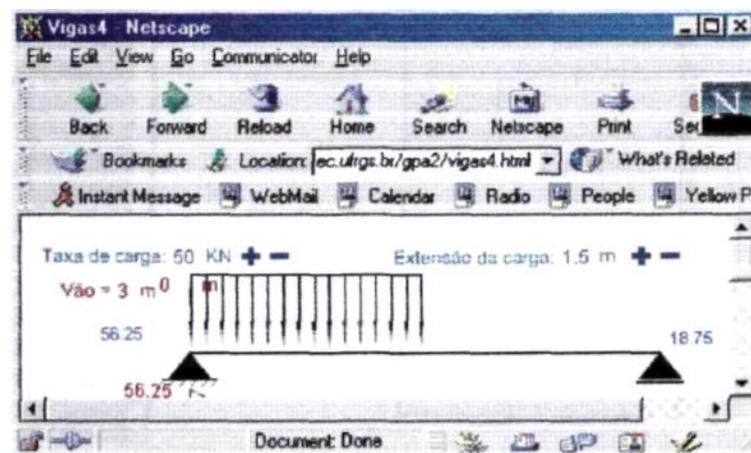


Figura 121 - Primeira ilustração Atividade VIII

Agora desloque a carga para a direita, preenchendo a tabela (observe na Figura 122 quais os parâmetros solicitados na tabela)

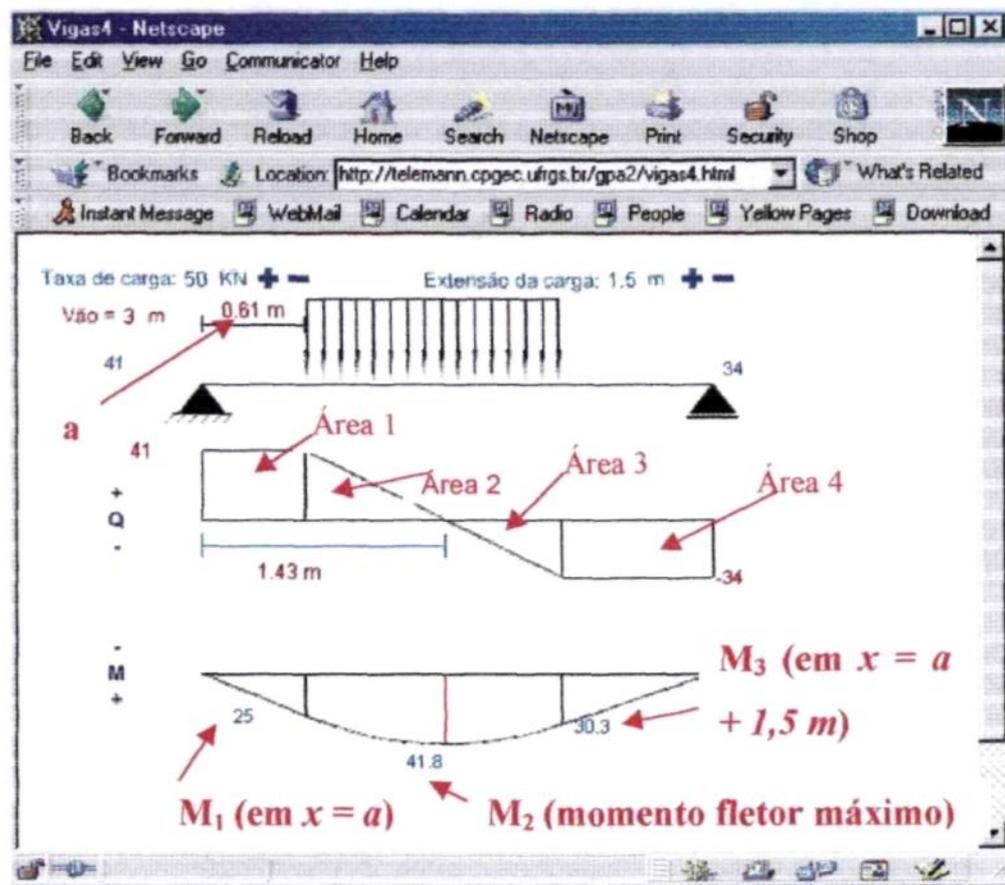


Figura 122 - Segunda ilustração Atividade VIII

Obs: Áreas abaixo do eixo x são negativas

a	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	M_1	M_2	M_3	$M_2 - M_1$
0								
0,3								
0,6								
0,9								
1,2								
1,5								

a) Tente encontrar uma correspondência entre cada momento e as áreas (lembre da analogia com a cinemática: a velocidade multiplicada pelo tempo representa a variação da posição, e o esforço cortante multiplicado pelo tempo é a variação do momento fletor).

b) Como pode ser explicada a localização do momento fletor máximo, se considerarmos o valor do esforço cortante naquele ponto.

Atividade IX

Obtenha os valores a, b, c e d indicados no diagrama justificando cada resposta.

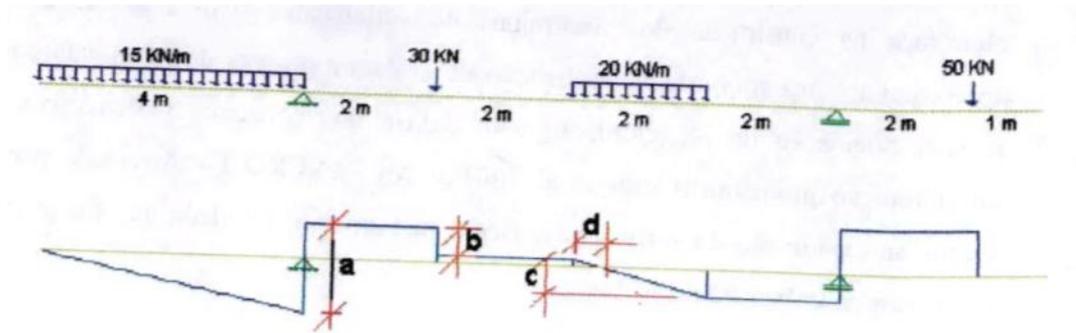


Figura 123 - Atividade IX

1.2.3 Ambientes virtuais na UFRGS

Grande parte das experiências em EAD da UFRGS realizadas até o momento têm sido financiadas junto a órgãos da pesquisa (Behar et al., 2002; Proinfo, 2002; Navi, 2002). O processo de institucionalização deste tema no âmbito da universidade iniciou sua concretização a partir da criação da Secretaria de Educação a Distância. Desde o início de 2001 realizam-se reuniões mensais, consolidadas a partir da implantação do Fórum de Educação a Distância da UFRGS e da criação do CINTED (Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação). Já foi definido que a universidade terá duas alternativas de interfaces para a educação a distância, sendo uma desenvolvida pela própria universidade em linguagem aberta e outra adquirida a partir de uma plataforma comercial. O grande desafio do momento é a criação de um AVA da UFRGS, iniciativa que está se constituindo a partir da formação de grupos de acadêmicos da UFRGS que tenham interesse e disponibilidade em participar deste processo. Apresentaremos a seguir uma descrição do ambiente ROODA - Rede Cooperativa de Aprendizagem e do NAVi - Núcleo de Aprendizagem Virtual, bem como um panorama de ambientes virtuais desenvolvidos por instituições privadas, dando-se ênfase para o processo de avaliação da aprendizagem. É importante salientar que os projetos em EAD da UFRGS não se restringem àqueles que apresentaremos aqui.

1.2.3.1 ROODA - Rede Cooperativa de Aprendizagem

Esse ambiente é desenvolvido pelo Núcleo de Tecnologia Digital aplicada à Educação - NUTED, situado junto a Faculdade de Educação - FACED.

1.2.3.1.1 Recursos Tecnológicos

Desenvolvido na plataforma Linux, o ambiente apresenta ferramentas que evidenciam uma pertinente preocupação pedagógica. O sistema permite a criação de páginas pessoais pelo usuário, fórum de discussão, chat, espaços para o aluno refletir sobre sua aprendizagem e poder receber o auxílio do professor. Além disso, é

possível desenvolver uma interface para comunicação instantânea, um espaço compartilhado para trabalhos em grupo e uma interface voltada ao acompanhamento dado pelo professor aos alunos (Rooda, 2002).

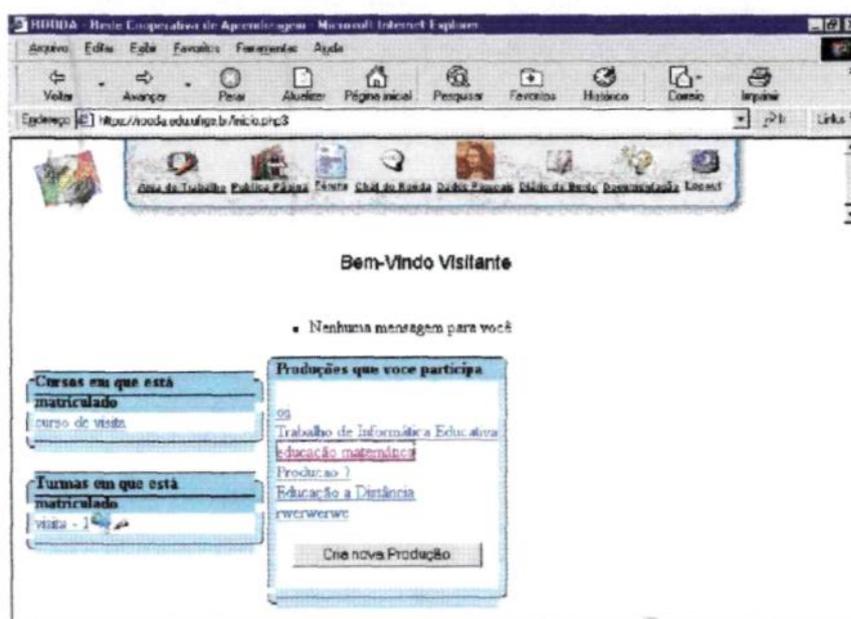


Figura 3 - Ambiente ROODA

A **Figura 3** apresenta a área de trabalho do ambiente ROODA. Na parte superior da tela encontram-se as diferentes possibilidades de interação com o ambiente. É possível se publicar uma página pessoal, criar, gerenciar e participar de fóruns de discussão, participar de chats administrados pelo ambiente, refletir sobre a aprendizagem no Diário de Bordo, comunicar-se instantaneamente com colegas a partir do *finder* e compartilhar documentos da sua produção.

1.2.3.1.2 Estratégias e justificativas pedagógicas

Promover a cooperação e a colaboração entre os aprendizes, pesquisar a efetividade do uso das Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação na aprendizagem, visar o desenvolvimento cognitivo com base em princípios construtivistas e buscar autonomia e flexibilidade são objetivos subjacentes à proposição do ambiente. Pode-se observar que o ambiente apresenta diferentes possibilidades de expressão de trabalhos e uma forte preocupação com o trabalho

colaborativo. Trata-se de um ambiente orientado ao usuário, sendo o professor apenas mais um deles.

1.2.3.1.3 Processo avaliativo

Apesar de não haver uma referência direta à questão da avaliação, "proporcionar liberdade e autonomia na construção do conhecimento" e "promover a cooperação e colaboração entre os aprendizes" (Rooda, 2002) subtende que o ambiente foi concebido para possibilitar uma avaliação protagonizada pelos alunos. O espaço para a auto-reflexão que referimos anteriormente pode ser utilizado na obtenção de uma avaliação que promova a autonomia do aluno. Além disso, as ferramentas de comunicação presentes no ambiente possibilitam a colaboração e a construção de uma avaliação coletiva.

1.2.3.2 NAVi - Núcleo de Aprendizagem Virtual

Tem como principal objetivo consolidar a Educação a Distância na Escola de Administração da UFRGS e enriquecer as atividades de sala de aula a partir da utilização da web (Navi, 2002). As principais experiências de utilização do ambiente são disciplinas dos cursos de graduação e cursos de extensão. Descreveremos o ambiente a partir do curso de extensão Administração Municipal Eficaz com Responsabilidade Fiscal, oferecido a distância na plataforma NAVi. Daremos ênfase para o processo avaliativo, que é o enfoque deste projeto.

1.2.3.2.1 Recursos Tecnológicos

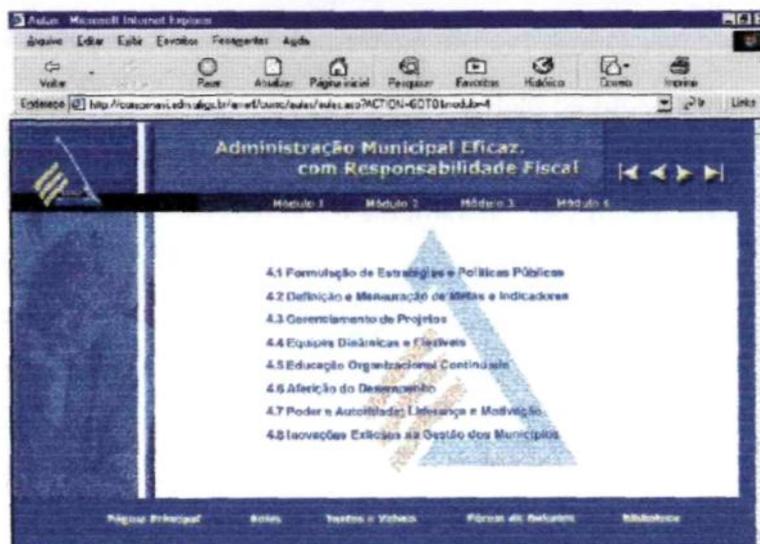


Figura 4 - Ambiente Navi

Na **Figura 4** está apresentada a tela do módulo 4. Acessando-se cada item obtém-se uma apresentação animada com recursos do software macromedia Flash. O curso propõe a construção do conhecimento com base na interatividade a partir de fóruns presentes em cada um dos quatro módulos, reuniões virtuais, relatos de experiência profissional em administração pública de cada participante e enquetes sobre temas tratados no curso. Videoconferências também são realizadas para transmissão de palestras.

1.2.3.2.2 Estratégias e justificativas pedagógicas

O curso escolhido para a nossa análise do ambiente é um curso de extensão, direcionado para gestores públicos em atividade profissional. Trata-se portanto de um grupo com características bastante peculiares. Relatos de experiências profissionais são propostos para possibilitar a "construção do conhecimento com base na interatividade" (Navi, 2002), possibilitada por fóruns, videoconferências e enquetes. A proposição de estudos de caso, onde os alunos tomam decisões e analisam situações concretas propostas e enquetes sobre temas específicos são ferramentas que, quando contextualizadas e trazidas à reflexão do grupo, podem trazer um impacto pedagógico positivo.

1.2.3.2.3 Processo avaliativo

A avaliação é feita a partir de estudos de caso, provas ao final de cada um dos quatro módulos e um trabalho de conclusão de curso. Além disso são oferecidos exercícios on-line com pronta verificação da resposta, "para aferir a assimilação dos conteúdos por parte dos alunos" (Navi, 2002).

1.2.3.3 Panorama dos ambiente virtuais de aprendizagem disponíveis no mercado

Esse item será descrito baseado na documentação elaborada pela prof. Liane Tarouco na reuniões do Fórum em EAD da UFRGS citado anteriormente (Tarouco, 2002).

Foram analisados os ambientes Learning Space (Learning Space, 2002) e WebCT (WebCT, 2002).

1.2.3.3.1 - Learning Space

Apresentaremos a descrição de cada módulo presente no ambiente. Esta análise diferencia-se um pouco das anteriores por não referir-se a um curso específico. O ambiente permite diferentes estratégias pedagógicas, de forma que iremos sinalizar as possibilidades vislumbradas por cada módulo.

Programação: guia o participante através das tarefas do curso. Define objetivos e expectativas para os trabalhos do curso e atribui aos participantes recursos, testes, exames e auto-avaliações. Torna-se possível uma abordagem pedagógica que permita uma participação efetiva do aluno, especialmente a partir da utilização da auto-avaliação. A realização de testes e exames pode contribuir para a efetivação da Avaliação Formativa⁵

Centro de Recursos: Armazena e gerencia uma grande variedade de formatos de mídia, funcionando como um repositório para arquivos, desde textos simples até vídeos animados.

Sala de Aula: permite aos grupos trabalharem colaborativamente, podendo-se escolher diferentes níveis de privacidade, suportando múltiplos níveis de

⁵ Será apresentada com detalhes no capítulo 3.

comunicação dentro dos grupos e com o professor. Possibilita-se aqui a promoção do trabalho colaborativo, que consiste em uma estratégia pedagógica coerente com os fundamentos epistemológicos postulados neste projeto. Perfis: é um banco de dados que ajuda a criar a comunidade on-line a partir das familiaridades dos participantes. Também armazena a pasta atualizada do participante com as notas de avaliações e tarefas. - Gerenciador de avaliações: uso restrito do professor para se criar e revisar testes, pesquisas e auto-avaliações, e gerenciar o processo de pontuação. A partir dos recursos de avaliação é possível fazer-se uma revisão baseada em perguntas, distribuir aleatoriamente as perguntas de modo que cada aluno receba uma avaliação exclusiva, classificar as perguntas por categorias, importar perguntas de banco de testes e armazenar avaliações corrigidas nas pastas dos alunos. Nestes últimos dois módulos enfoca-se o processo avaliativo e as ferramentas para o seu gerenciamento, quais sejam a utilização de um banco de questões e a geração de avaliações⁶.

1.2.3.3.2 WebCT

Esse sistema foi concebido pela empresa WebCT, que desenvolve ferramentas para a educação a distância desde 1999. Atualmente este ambiente é utilizado por mais de 2500 instituições distribuídas em 81 países ao redor do mundo (WebCT, 2002). Permite a geração aleatória de testes a partir de um banco de dados de questões. No caso de questões de múltipla escolha, o estudante obtém a resposta imediata com os respectivos comentários, previamente preparados pelo professor. Barden (2001) relata uma experiência que realizou no MBA da Universidade de Georgia. Uma das maiores vantagens apontadas pelo autor foi a possibilidade de se adequar o curso durante o processo baseado nas avaliações realizadas pelos alunos.

Ferramentas semelhantes a estas foram desenvolvidas no sistema GPAREDE desenvolvido nesta tese que teve início na dissertação de mestrado do autor. O detalhamento do sistema é feito no capítulo 5.

A USP possui licenças para utilização do WebCT (WebCT na USP, 2002), e atualmente está utilizando o ambiente para complementar os cursos presenciais.

1.2.3.3.2.1 Recursos Tecnológicos

Acessamos o curso "Tutorial para Docentes", desenvolvido para orientar professor na criação dos seus cursos em ambiente WebCT desenvolvido na USP.

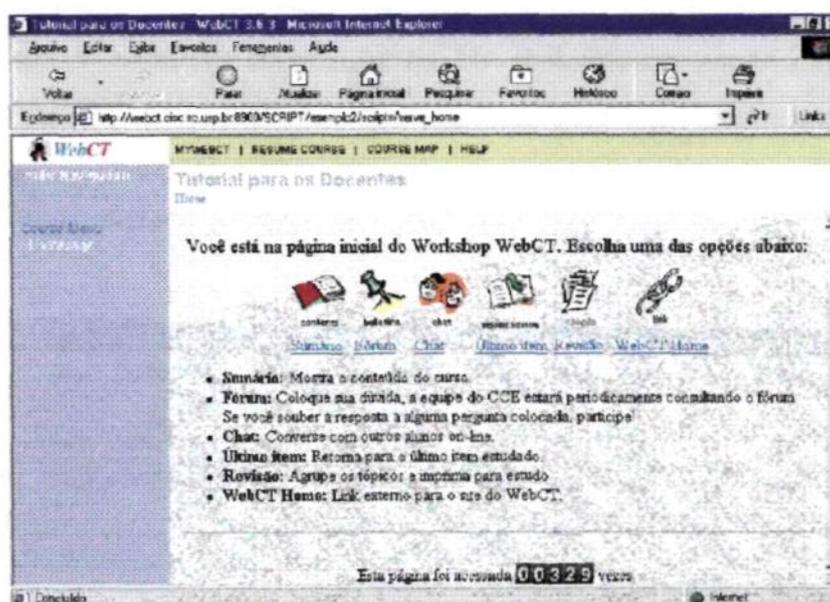


Figura 5- Curso WebCT

O sumário apresenta um tutorial com todas as ferramentas disponíveis bem como a forma como utilizá-las. Criar cursos, administrar as notas dos alunos, criar testes on-line, interagir com os alunos são algumas das facilidades presentes no ambiente. A interação com os alunos ocorre a partir de chats e da agenda do curso. É possível também se disponibilizar as produções dos alunos, os gabaritos das provas e páginas pessoais de alunos e professores e fazer uma estatística das páginas acessadas pelos alunos, conforme mostra a **Figura 6**.

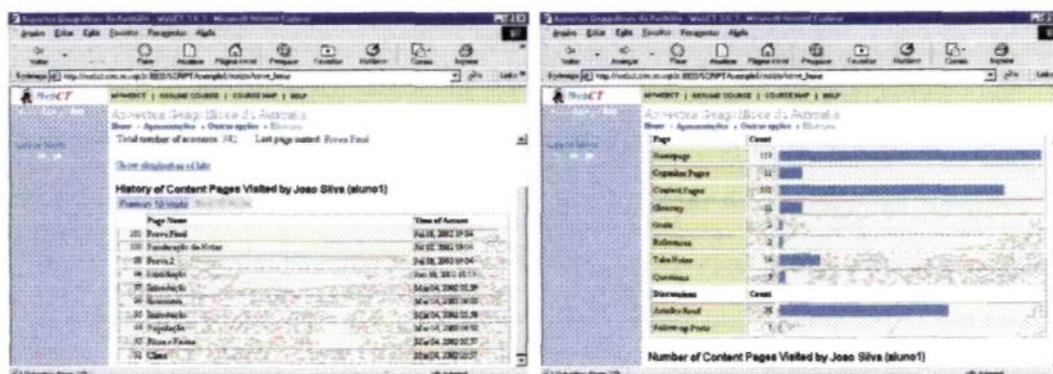


Figura 6 - Histórico das páginas visitadas e perfil do aluno

1.2.3.3.2.1 Estratégias e Justificativas Pedagógicas

Conforme verificamos nos recursos tecnológicos do ambiente, a interação e os recursos para o trabalho colaborativo ocorre basicamente por chats e pela disponibilizações das produções e das páginas pessoais dos estudantes.

1.2.3.3.2.2 Processo Avaliativo

É possível a criação de um banco de questões dos seguintes tipos: múltipla escolha, associação, cálculo, resposta direta e dissertativa. As questões são classificadas por categorias, o que permite uma facilidade maior na busca da questão desejada junto ao banco de dados, simplificando a montagem do teste ou da verificação. Com exceção das questões dissertativas, as questões são corrigidas automaticamente. De posse de um histórico contendo os desempenho dos alunos nas avaliações e das estatísticas apresentadas conforme mencionamos na **Figura 6**, o professor poderá encontrar ricos subsídios para avaliar seus alunos.

1.3 Metodologia

A linha metodologia deste trabalho baseia-se na concepção, no desenvolvimento e na testagem e avaliação de um experimento-piloto realizado na plataforma do GPAREDE, que consiste o ambiente telemático que objeto da nossa investigação. Como produto final estaremos propondo um sistema de avaliação da aprendizagem para ser utilizado numa intervenção didático-pedagógica a distância.

Será fundamental uma coleta de dados junto aos alunos que acessarem o sistema para se obter os dados necessários para elaboração de conclusões. Dividiremos em duas classes as perguntas norteadoras, sendo a primeira relacionada com a criação da plataforma e a segunda com as funcionalidades do produto final.

1.3.1 Criação da plataforma

- ? Como a avaliação da aprendizagem em engenharia estrutural via GPAREDE pode contribuir para uma melhoria na aprendizagem colaborativa?
- ? De que maneira os princípios construtivistas podem auxiliar na concepção de processos de avaliação que permitam inferir sobre o desenvolvimento da aprendizagem em engenharia estrutural ?

1.3.2 Funcionalidades do produto final

- ? O GPAREDE possibilita a avaliação formativa ? De que forma ?
- ? Que perspectivas são abertas a partir da inserção do sistema numa intervenção didática a distância ?

1.4 Escopo do trabalho

Na medida em que estamos tratando de um tema interdisciplinar, torna-se fundamental uma clara definição epistemológica que fundamente as análises específicas de cada área envolvida. O capítulo 2 apresenta um reflexão sobre o ponto de convergência entre os diferentes enfoques desse projeto, qual seja o conhecimento. É na epistemologia que sustentaremos toda nossa referência científica, tendo sempre como horizonte as novas tecnologias da informação e o ensino de estruturas. No capítulo 3 partimos para o ensino de estruturas, procurando indicar caminhos no sentido de proporcionar uma melhoria nas relações de aprendizagem deste tema com ênfase na utilização de novas tecnologias. O capítulo

4 se encarregará de tratar a questão da avaliação da aprendizagem no sentido de propor uma melhoria no processo ensino-aprendizagem e abordando o tema também como instrumento de reconhecimento institucional.

Fundamentados nesse quadro teórico e na perspectiva de um postura de entusiasmo frente as possibilidades vislumbradas por recursos informáticos, partimos para o desenvolvimento do GPAREDE

O sistema avaliativo que propomos será descrito e analisado no capítulo 5. Nesta etapa também apresentaremos procedimentos e técnicas do sistema e a forma como os relacionamos com a nossa perspectiva teórica. A seguir, no capítulo 6, delinearemos a proposta de pesquisa e lançaremos perguntas que pretendemos responder na defesa da tese.

O capítulo 7 descreve as nossas conclusões parciais e apresenta considerações finais com relação ao momento atual da nossa pesquisa.

2 UMA ABORDAGEM EPISTEMOLÓGICA E TECNOLÓGICA DA ENGENHARIA ESTRUTURAL

Etimologicamente, Epistemologia significa discurso (logos) sobre a ciência (episteme)⁷. Piaget (1980) atribui à Epistemologia a fonte mais fecunda da filosofia, argumentando que as renovações epistemológicas ocorrem devido à reflexão sobre as ciências. Numa conceituação simplificada e ao mesmo tempo abrangente, o autor define Epistemologia como o "*estudo da passagem dos estados de menor conhecimento aos estados de conhecimento mais avançado.*" (Pág. 20). Segundo Japiassu (1993) . podemos considerar a epistemologia como "*o estudo metódico e reflexivo do saber, de sua organização, da sua formação, de seu desenvolvimento, de seu funcionamento e de seus produtos intelectuais*", (p. 52) Segundo Lisingen et al (1999), situar o lugar do conhecimento científico, estabelecer os seus limites e definir a natureza da ciência também são atribuições da Epistemologia. Ciência, conhecimento e saber se interrelacionam e se completam no âmbito da conceituação em questão. Não é nosso objetivo esgotar e muito menos sacramentar visões sobre temas tão dinâmicos e tão importantes para o desenvolvimento de uma sociedade. O que precisamos no âmbito desse projeto é definir uma estratégia de avaliação, que implica num método pedagógico⁹, inerente a qualquer ato educativo. Segundo Becker (1999). "é necessário incluir as contribuições da Epistemologia, especialmente da Epistemologia Genética, na compreensão do ato educativo" (p. 179). Indo mais além, o autor enfatiza que o

⁷ Lisingen et al (1999)

⁸ Apud Lisingen et al (1999)

No capítulo 4 justificaremos teoricamente a relação intrínseca entre avaliação e aprendizagem, o que justifica a definição de um método pedagógico ao se conceber uma estratégia de avaliação. Cabe ressaltar desde já que a Epistemologia Genética e o Construtivismo não constituem um método pedagógico. Segundo Franco (1997), o Construtivismo deve "ajudar o professor a entender a realidade do seu aluno, e a partir desse entendimento ele passa a criar modos (métodos e técnicas) de agir em sala de aula.." (p.15)

conhecimento constitui a matéria-prima do fazer do professor. Nesse sentido, é fundamental uma abordagem epistemológica nesse projeto.

2.1 O Construtivismo e a Epistemologia Genética

Uma das principais referências teóricas deste trabalho é a Epistemologia Genética, cujas origens estão em Piaget. Como biólogo e com uma forte abordagem psicológica, o autor foi um marco no quadro teórico sobre questões cognitivas, especialmente por representar um novo paradigma de acesso ao conhecimento. Segundo a análise histórica (Gadotti, 1993), a teoria de Piaget insere-se no pensamento pedagógico da Escola Nova, que surge como um movimento de renovação frente ao paradigma sociológico vigente. Deixando de majorar aspectos sociais nas questões de acesso ao conhecimento, polarizados pelo movimento elitista burguês (positivismo) e pelo movimento popular socialista (marxismo), essa renovação expressava-se como um resgate da pedagogia de Rousseau¹⁰. valorizando a autoformação e a atividade espontânea da criança. Passa a enfocar aspectos epistemológicos e psicológicos. Franco (1999) alerta que esse movimento de aproximação com a psicologia da Escola Nova nem sempre foi fiel ao ideal de Rosseau. Se isso ocorreu nas idéias aprioristas¹¹ que centravam a aprendizagem no

O maior expoente do pensamento pedagógico iluminista, que surge como expressão do apego a racionalidade e da luta pela liberdade individual. Pela primeira vez na história da educação aborda-se o tema da infância. Foi a partir de Rosseau que a criança deixa de ser considerada como um adulto em miniatura. Segundo Gadotti (1993), a criança "vive em um mundo próprio que é preciso compreender; o educador para educar deve fazer-se educando de seu educando; a criança nasce boa. o adulto, com sua falsa concepção de vida, é que perverte a criança." (p.87, 88) ' O apriorismo tem suas origens em Darwin e Galton (Nitzke, 2002), que acreditavam na hereditariedade da inteligência a exemplo de outras características pessoais. O conhecimento já está determinado a priori na bagagem genética do indivíduo. Os famosos testes de QI pertencem a essa concepção epistemológica.

aluno, o mesmo não se pode dizer sobre a teoria comportamentalista de Skinner, um psicólogo que construiu sua teoria baseada no condicionamento e no controle do corpo e da mente. Sua teoria ficou conhecida como a Psicologia Behaviorista, inserida na abordagem epistemológica empirista¹², que apoia-se na visão aristotélica de que o conhecimento provém dos objetos (Nitzke, 2002).

Piaget, que afirmou sua teoria numa constante divergência em relação ao empirismo e ao apriorismo, propôs uma epistemologia que recorre à gênese dos processos cognitivos, procurando entender o adulto estudando a criança. Segundo Piaget (1990), "a vantagem de um estudo do desenvolvimento dos conhecimentos que remonta às suas raízes ... consiste em fornecer uma resposta à questão mal resolvida da direção dos processos cognitivos iniciais"(p.7) Segundo ele, se não houver esse recurso investigativo à gênese, não restará outra alternativa "senão indagar se toda informação cognitiva emana dos objetos, informando de fora o sujeito, conforme supunha o empirismo tradicional, ou se, pelo contrário, o sujeito está desde o início munido de estruturas endógenas que importará aos objetos, segundo as diversas variedades de apriorismo ou de inatismo." (p.7). O alcance pedagógico da teoria piagetiana é significativo justamente devido ao seu conteúdo epistemológico (Gravina, 2001).

Esse recurso à gênese é minuciosamente descrito nos quatro estágios cognitivos propostos por PIAGET, quais sejam o sensório-motor, o pré-operatório, o operatório-concreto e o operatório-formal.

Segundo Becker (1999), o inatismo [apriorismo] usou as aptidões, a prontidão e os coeficientes de inteligência para justificar seu fracasso pedagógico.

O empirismo baseia-se na transmissão do conhecimento. Paulo Freire (1998) classifica esta prática pedagógica como educação bancária, a partir da qual o conhecimento é "depositado" na cabeça dos alunos, a qual funciona como uma espécie de tábula rasa que vai recebendo a informação de forma transmissiva. Becker (1999) alerta para a visão essencialmente comportamentalista dessa concepção, argumentando que Skinner, um dos maiores teóricos do empirismo, acreditava que o homem não é um ser autônomo, podendo ser controlado pelo ambiente a partir de um comportamento passivo.

O estágio **sensório-motor** ocorre antes da aquisição da linguagem. Nesta estágio todo ato de inteligência refere-se a ações isoladas, não coordenadas entre si. Ocorre uma indiferenciação entre sujeito e objeto.

No estágio **pré-operatório** formam-se as funções simbólicas e a criança adquire a linguagem. Torna-se possível reconstruir o passado, planejar o futuro e pensar sobre objetos que não estão presentes. Nesse estágio ocorre a passagem da ação à operação, embora esta ainda não esteja estruturada por completo, faltando ainda as noções de conservação e reversibilidade.

Estruturam-se as operações e compreendem-se os conceitos de reversibilidade, conservação e transitividade. Constrói-se o número a partir da classificação e da seriação. Alcança-se o estágio **operatorio-concreto**.

No estágio **operatório formal** as operações libertam-se do contexto temporal e psicológico das ações isoladas do sujeito, que torna-se capaz de operar não apenas sobre objetos, mas operar sobre operações¹³, baseando-se em hipóteses e proposições. Segundo PIAGET (1990), "o conhecimento supera o próprio real para inserir-se no possível e ligar diretamente o possível ao necessário sem a mediação indispensável do conceito." (p.45). Os conceitos de densidade (peso e volume), tensão (força e área) e trabalho (força e distância percorrida) pertencem a esta estágio, pois são relações de segundo grau.

Conforme Herron¹⁴, mesmo em nível universitário os estudantes podem não ser capazes de realizar o pensamento formal em determinados campos de atuação. Passamos a maior parte do nosso tempo executando atividades utilizando o pensamento operatório-concreto. Dirigir, abrir a caixa de correio eletrônico e assistir TV são exemplos de atividades operatório-concretas. Não há elaboração de hipóteses. nem a necessidade de se construir novas estruturas. O mesmo ocorre com o estudante

¹ Operar sobre operações: Piaget (1990) também define como relações de segundo grau, ou seja, relações de relações. Cita como exemplo as relações entre o peso ou uma força e as grandezas espaciais. Ambas são relações, mas a pressão, por exemplo, que relaciona força com superfície, é uma relação de segundo grau. ¹⁴ Apud Nitzke (2002)

de graduação. A grande tarefa do professor consiste em proporcionar momentos de aprendizagem que permitam o alcance a estágios cognitivos mais apurados.

Para mostrar como um adulto pode recorrer a um estágio anterior vamos utilizar um exemplo de engenharia estrutural. Sabemos que o peso, resultante da ação da gravidade, é um dos conceitos físicos mais importantes desta área de conhecimento. Vamos imaginar agora que não há mais atração gravitacional, o que torna necessário reconstruir conceitos previamente estabelecidos. O Equilíbrio terá que ser compreendido num contexto completamente diferente, fazendo com que construções ocorridas no período sensório-motor percam o sentido. É claro que a forma de acesso do adulto é diferente, a começar porque ele já possui a linguagem, porém a investigação genética e a compreensão gradual da construção do conhecimento são fundamentais para subsidiar a prática docente. Voltando ao exemplo da compreensão da atração gravitacional, o professor precisa conhecer os diferentes estágios de construção desse conceito para poder interferir com mais propriedade no aprendizado do estudante. Precisa entender como os primeiros atos de inteligência ocorreram e quais foram os primeiros esquemas¹⁵ que desencadearam na construção do referido conceito.

Apesar da complexidade da questão, acreditamos ser possível construir uma base teórica que nos permita criar uma ferramenta pedagógica a serviço do processo avaliativo que trate de questões como essas. Que tal ferramenta leve em consideração o nível de desenvolvimento cognitivo e crie um ambiente propício à construção do pensamento formal, indispensável para a ensino estruturas¹⁶

2.2 A criação de novidades: o cerne da Epistemologia Genética

¹⁵ Piaget chama de esquemas a forma como o indivíduo estrutura suas ações e suas representações ao entrar em contato com o meio. A partir dos esquemas é possível, interpretar e dar significado ao meio. A compreensão dos esquemas depende do processo de adaptação, que detalhamos no item 2..2.

¹⁶No capítulo 3 detalharemos o ensino de estruturas e sua interface com o quadro teórico proposto neste capítulo.

O que precisa ser mais detalhado é a questão da construção de um novo conceito. Já que os mesmos não provêm dos objetos nem estão pré-determinados no sujeito, como eles são construídos? Quais as circunstâncias que levam o sujeito a passar de um conhecimento menos estruturado para um mais estruturado? Este é um problema essencialmente epistemológico e está no cerne desta teoria.

Para se compreender a forma como se estabelece uma nova construção, no âmbito da Epistemologia Genética, é necessário inicialmente que compreendamos o processo de adaptação, composto pelos conceitos de assimilação e acomodação. Posteriormente precisaremos abordar a noção da abstração reflexionante e da criação de novidades.¹⁷

O sujeito assimila quando modifica o objeto, transformando-o a partir dos seus esquemas. Por isso Piaget (1982) considera a assimilação como um "ato de julgamento" do sujeito frente ao objeto.

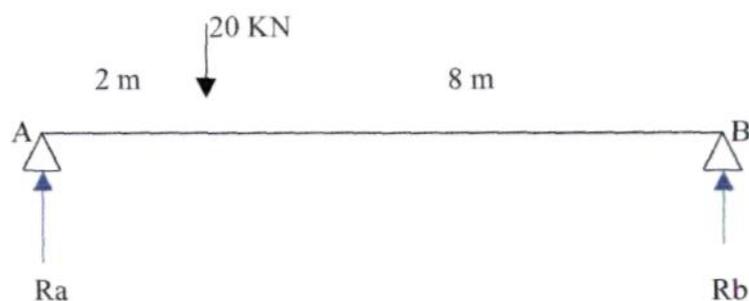


Figura 7- Modelo de uma viga simplesmente apoiada

O que representaria o modelo da **Figura 7** para um sujeito que não seja estudante de engenharia? Quais seriam os esquemas mentais de representação que ele usaria para modificar o objeto? Apresentamos este modelo a pessoas com diferentes formações, conforme descrito a seguir. ■ Uma estudante de Licenciatura em Artes Plásticas

Ao ser indagada sobre o que representa o modelo, a estudante respondeu:

¹⁷ Piaget(1990) aborda o construtivismo e a criação de novidades sob a perspectiva genética, tratando inclusive dos aspectos biológicos envolvidos na construção de conhecimentos novos.

Ra - Uma fórmula matemática (...) a representação de um cálculo ou de um espaço, um segmento de reta.

Perguntei então o que seriam os símbolos ali representados: Ra - 2 metros e 8 metros são as dimensões (...) Se fosse Kg ao invés de K.N seria o peso do segmento de reta. ■ Um professor de Administração de Empresas

Ru - Estou procurando uma lógica (...) uma fórmula matemática, um esquema, um modelo.

O professor considerou que as flechas representam indicações de entrada de dados, que seriam então processados dentro do segmento AB.

Perguntei então se não haveria uma saída de dados, já que, pela forma como ele assimilou, só há flecha de entrada. Ele respondeu que o processamento resolve a relação entre A e B.

A partir desses simples exemplos podemos identificar como os sujeitos assimilaram o objeto de uma forma diferente em função das suas estruturas internas de representação. Para a estudante de artes plásticas, deu-se ênfase para a representação espacial, enquanto que para o professor de administração o mais importante foi a compreensão de um sistema com uma entrada de dados definida e uma região de processamento.

Ao mesmo tempo em que o objeto é assimilado, o sujeito modifica sua organização, **acomodando-se**. A acomodação é ao mesmo tempo causa e consequência da assimilação, e é esse um dos grandes pilares da teoria piagetiana. Enquanto os aprioristas defendiam que o conhecimento inicia no sujeito e os empiristas no objeto, Piaget afirmou que o conhecimento se inicia na ação, no contato com o objeto, não sendo completamente independente deste. Conforme Piaget (1982), o objeto não é um dado, mas o resultado de uma construção.

Voltando ao nosso exemplo, a estudante precisou modificar seus esquemas, especialmente quando indagada sobre o que seriam as letras e números indicadas no modelo. Deixou de considerar como uma fórmula matemática e passou a justificar a hipótese de ser a representação de um espaço. Ocorreu a acomodação dos seus esquemas simultaneamente à assimilação anteriormente descrita. O professor, que desde o início disse que estava procurando uma lógica, acomodou-se diante da

compreensão que descrevemos acima. Este é um exemplo da adaptação, onde o objeto foi efetivamente construído pelo sujeito, representando algo bem diferente do que uma viga simplesmente apoiada, que seria o esperado de um estudante de engenharia.

O processo de adaptação está no cerne da conhecida noção de equilíbrio, que propõe o desenvolvimento cognitivo baseado num processo de auto-regulação. Não é uma sucessão de fatos agrupados de forma linear que vão desencadear na construção do conhecimento, e sim um constante restabelecimento do equilíbrio via processo de adaptação, ocorrendo a reorganização dos organismos num estágio de desenvolvimento ulterior. A equilíbrio constitui-se num processo que se estabelece, e não num estado que se alcança¹⁸

Conforme Franco (1999), a teoria da abstração reflexionante¹⁹ íntegra e supera a equilíbrio, explicando como se dá o processo de desenvolvimento cognitivo. Enquanto a abstração empírica permite que o sujeito aproprie-se dos conhecimentos físicos dos objetos, a abstração reflexionante se dá pela coordenação de ações sobre os objetos. A primeira não gera a construção de novas estruturas e nem proporciona a auto-regulação. É a segunda que leva o sujeito à elaboração do pensamento formal. Piaget (1980v2) exemplifica a partir dos conhecimentos físicos e dos conhecimentos matemáticos. "Os conhecimentos físicos elementares são tirados do objeto por abstrações simples [empírica]", e "as estruturas lógico-matemáticas elementares são pelo contrário tiradas das ações do sujeito sobre o objeto, o que não é de nenhum modo idêntico, e a abstração em causa é reflexionante." (P. 462) A criança descobrirá

¹⁸ LUZ, J. L. B. Jean Piaget e o Sujeito do Conhecimento. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.

¹⁹ Nesta conceituação, inclui-se a abstração empírica, que descrevemos a seguir. Piaget também abordou a abstração pseudo-empírica, como um caso particular da abstração reflexionante, um estágio intermediário entre esta e a abstração empírica. Seria quando propriedades não-observáveis são extraídas do objeto, mas os objetos ainda são necessários. Gravina (2001) situa a abstração pseudo-empírica no estágio operatório-concreto, entre a empírica (estágio pré-operatório) e a reflexionante (operatório formal)

o peso dos objetos ao agir sobre eles, tirando esta noção dos próprios objetos. Conforme Piaget (1980v1), "a ação de pesar não introduz o peso nos objetos mas leva a descobri-lo neles" (p.89). A descoberta da soma de uma coleção (conhecimento lógico-matemático abstração reflexionante) se dá na ação sobre os objetos, introduzindo neles propriedades que não teriam por si mesmos.

Não fugindo a regra do paradigma auto-regulador proposto por Piaget, diferindo por completo da abordagem linear, a abstração reflexionante também precisa ser compreendida como um processo dinâmico e integrador. Franco(1999) refere a teoria de Piaget como simultânea e provisória. É a partir dessas noções que a abstração reflexionante precisa ser entendida. Simultânea por considerar o patamar inferior e superior ao mesmo tempo, e provisória por prever patamares infinitamente superiores, sempre como constituição de relações sobre relações.

Para exemplificar o processo de abstração reflexionante, utilizaremos a compreensão da deformação, da Lei de Hooke²¹ e da Mecânica da Fratura. São conceitos fundamentais para a engenharia estrutural e que podem perfeitamente ser compreendidos segundo a perspectiva epistemológica que estamos propondo. Piaget (1990) aborda o conceito de deformação citando uma pesquisa sobre a distributividade no estiramento de um elástico. O sujeito inicia a raciocinar em termos aditivos, imaginando que o alongamento ocorre apenas na extremidade, sendo independente do tamanho do elástico. A partir da experiência ele constata que quanto maior for o segmento, maior é o alongamento. A fase seguinte inicia com a

Piaget utiliza essa terminologia para diferenciar diferentes estágios do desenvolvimento cognitivo. Convém sempre lembrar que esse crescimento não ocorre via desenvolvimento linear, e sim por uma construtivismo dialético (Franco, 1999)

²¹ Robert Hooke (1635-1703) nasceu em Freshwater, Ilha de Wight, Inglaterra. Trabalhou com ótica, movimento harmônico simples e tensões em cordas tracionadas. Ficou conhecido internacionalmente pelo seu livro Micrografia, que apresenta imagens de objetos vistos por um microscópio desenvolvido por ele. Sua maior contribuição para a Resistência dos Materiais foi a Lei da Deformação Elástica dos Materiais, conhecida como a Lei de Hooke.

compreensão da proporcionalidade, "mas é essencial notar que esta não resulta sem mais nem menos das experiências: ela constitui o instrumento de assimilação necessário para a leitura dessas últimas" (p. 86, 87). Se foi a experiência que provocou a construção²², "foi necessário, para efetuar-la, a atividade do sujeito." (p. 87). Foi na experiência com diferentes elásticos que se constituiu a proporcionalidade, a partir de ações coordenadas, por abstração reflexionante. Na última fase, ocorre a explicação do estiramento "por uma transmissão distributiva e, portanto, homogênea da força"(p. 87). Cada nova fase integra e supera à anterior, e surge como condição necessária ao estabelecimento de um novo equilíbrio.

A Lei de Hooke constitui a fase que integra a força com a deformação. Hooke construiu a lei baseando-se no conceito de deformação e tensão. A primeira como uma razão entre a variação do comprimento de uma barra e o seu comprimento inicial e a segunda como uma razão entre a força aplicada e a área da seção transversal da barra. É pertinente lembrar que somente no século XVII se estabeleceu a relação entre tensão e deformação. Não foram os Egípcios, com suas pirâmides, nem os gregos, a partir de Arquimedes e seus estudos sobre condições de equilíbrio e centro de gravidade dos corpos. Não foram também os romanos, com seus templos, arcos e fortificações. Isto mostra que a compreensão epistemológica da Lei de Hooke precisa ser tratada com bastante atenção nos cursos de engenharia. Conforme verificamos anteriormente, pertence ao estágio operatório formal, pois constrói-se como relações sobre relações.

" Cabe ressaltar que as construções autônomas são provocadas, e não ditadas pela experiência.

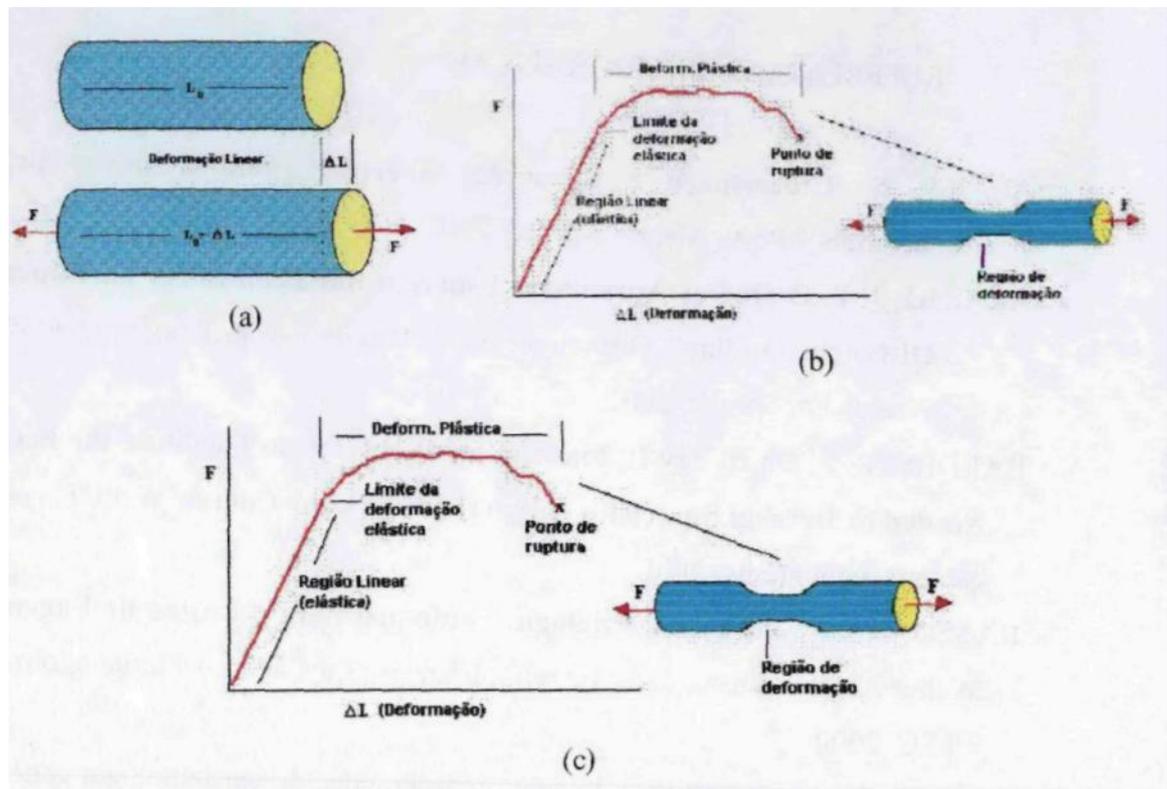


Figura 8- Lei de Hooke Extraído de

<http://www.labplan.ufsc.br/~Guilherme/hooke/deforma.html>

A **Figura 8** apresenta o diagrama tensão-deformação de uma peça sujeita a um ensaio de tração. Hooke desenvolveu seus estudos na região elástica, onde há a proporcionalidade direta entre tensão e deformação referida anteriormente.

Gordon (1978) apresenta uma importante descrição histórica do estudo da Resistência dos Materiais que converge com a seqüência proposta. Segundo o autor, a teoria de Hooke começa a ser generalizada por Euler e Young²³ e posteriormente por Augustin Cauchy (1789-1857) que, num trabalho dirigido à Academia Francesa de Ciências em 1822, descreve os conceitos de tensão e deformação unitária. Novamente

Leonhard Euler (1707-1783) e Thomas Young (1773-1829): passaram a considerar a relação entre forças e deslocamentos em qualquer ponto da estrutura.

se alcança um patamar epistemológico superior . Diferente de se considerar tensão e deformação como uma relação dissociada entre duas grandezas, agora precisa-se considerá-las como uma grandeza vetorial. Cada elemento infinitesimal de uma peça estrutural está então sujeito a um determinado estado de tensões, um conceito que agora se constitui de forma independente das relações anteriormente estabelecidas. Tanto as tensões como as deformações em diferentes direções podem ser mapeadas ao longo de uma peça.

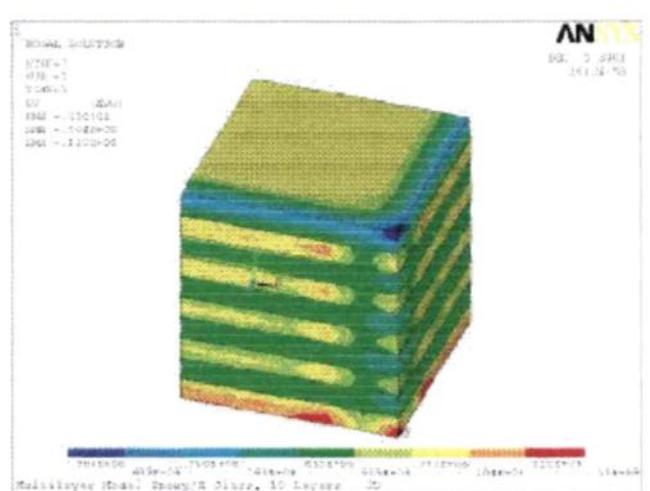


Figura 9- Distribuição de tensões na direção vertical

A Figura 9 apresenta o caso da distribuição de tensões na direção vertical. Enquanto Hooke trabalhava com barras submetidas a ensaio de tração, pode-se agora generalizar essa grandeza para qualquer ponto no interior da peça em qualquer direção.

Gordon segue descrevendo o contexto histórico do início da utilização da energia de deformação e da Mecânica da Fratura no cálculo de estruturas. Surge um novo conceito: a Energia de Deformação". O produto entre tensão e deformação

~ Convém reforçar que o patamar alcançado não anula o anterior. As relações anteriormente descritas são verdadeiras. O que se tem agora é o que chamaremos de uma superação integrada.

O autor utiliza o exemplo dos amortecedores dos carros para exemplificar a importância da Energia de Deformação. São eles que permitem a transmissão suave

constitui a energia, que será um critério para se obter os limites de utilização de peças segundo a Mecânica da Fratura. Conseguir-se agora monitorar a propagação de trincas a partir de um novo patamar epistemológico.

A criação de novidades foi a abordagem feita por Piaget nas suas últimas obras, onde apresenta importantes reflexões sobre a questão de um conhecimento novo. Ele cita o caso do primeiro lançamento de um satélite artificial. Seria a criatividade das ações humanas, em especial a técnica, uma novidade? Até que ponto as técnicas não estariam pré-determinadas? Ele diferencia "uma combinação que se realiza fatalmente entre múltiplos fatores pertencentes a um número considerável de séries heterogêneas (desde os dados astronômicos até a natureza do combustível)" (Piaget, 1990, p.101) do caso em que se tem a idéia de procurar essa combinação. Segundo o autor, é justamente a idéia que constitui o fator de novidade. Mesmo sendo o resultado da "culminação de uma série de projetos anteriores" (p. 102), "a combinação realizada resulta de escolhas e de relacionamentos não contidos naqueles" (p. 102). Surgem novos objetos a partir de "aproximações ativamente procuradas" (p. 102).

A compreensão dessas novidades passa pela constante superação de patamares inferiores em nível de complexidade, gerando um novo patamar, como consequência do primeiro e resultado de um desequilíbrio causado por uma atividade do sujeito. Nunca é demais insistir que estamos situados numa abordagem epistemológica que não considera que o conhecimento estabelecido em cada etapa estava pré-determinado nos objetos físicos. Também não estão estes conhecimentos pré-formados no sujeito, como se os seres matemáticos⁶, por exemplo, existissem independente da sua construção. O que ocorre é o que o autor denomina assimilação recíproca, onde a estrutura superior deriva da inferior através de transformações, sendo que a primeira enriquece a última, integrando-se a ela. No item seguinte

de energia potencial em cinética através do armazenamento em energia de deformação durante o funcionamento de um veículo

Piaget utilizou esse exemplo ao escrever sobre a interpretação platônica, segundo a qual, citando Russel, seria a partir da percepção que teríamos acesso às idéias eternas, que existem independentes de nós.

apresentamos evoluções conceituais em engenharia estrutural procurando mostrar como a assimilação recíproca ocorre em cada mudança de paradigma conceitual.

2.3 Epistemologia: uma abordagem histórica

O processo de criação de novidades que citamos anteriormente é contemplado por uma abordagem epistemológica que analisa a progressão histórica do conhecimento científico. Franco (1997) propõe que se parta da gnosiologia (conhecimento do conhecimento) na direção das "construções sistemáticas deste conhecimento feitas pelo homem: as ciências" (p. 17). A definição de Epistemologia citada anteriormente²⁸ faz referência tanto a questões sobre conhecimento quanto a sua sistematização histórica expressa pela ciência. Acreditando ser a ciência a maior expressão do conhecimento construído sistematicamente pela humanidade em sua evolução (Franco, 1997), será pertinente a proposição de uma análise histórica da evolução dos conceitos em engenharia estrutural para que se possa entender como o estudante realiza essa construção. Não é nossa pretensão entender a evolução de todo o conhecimento relativo ao ensino de estruturas, por isso faremos um recorte dessa teoria analisando apenas os conceitos utilizados para se vencer grande vãos.

Como mencionamos anteriormente, a epistemologia pode ser vista a partir de dois prismas: como um processo de construção histórica do conhecimento e como uma (re)construção daquele conceito por parte do sujeito. Não é coincidência ocorrerem descobertas científicas semelhantes em locais distintos, cujos protagonistas das descobertas simplesmente não se conheciam. Kuhn (2001) refere-se à ciência normal²⁸ afirmando que "uma novidade científica significativa emerge

"Em última análise seremos levados a definir a epistemologia, em segunda aproximação, como o estudo da passagem dos estados de menor conhecimento aos estados de conhecimento mais avançado." (Piaget, 1980, p.20)

' O autor analisa a estrutura das revoluções científicas e classifica como ciência normal toda atividade científica fundamentada no paradigma vigente. Em estruturas,

simultaneamente em vários laboratórios"(p. 92), sendo uma consequência da atividade tradicional da ciência. O autor cita o exemplo da descoberta do oxigênio, ocorrida por volta de 1770, sugerindo que pelo menos três sábios tem o direito de reivindicá-la. Afirma também que muitos cientistas deste período podem ter produzido o oxigênio nos seus experimentos sem o saberem. O que ocorreu foi uma nova construção a partir de estruturas anteriormente construídas pela comunidade científica. Ambos partiram da mesma base e dos mesmos conceitos, fato que foi determinante na semelhança da descoberta. Este é o construtivismo e a criação de novidades que detalhamos em 2.2, cuja noção fundamental é que a epistemologia jamais pode esquecer que o universo jamais está concluído. O que ocorre é uma permanente criação de novidades que recorre constantemente às origens dos processos cognitivos, justificando a denominação Epistemologia Genética (E. G.). Faremos então um breve estudo genético da engenharia estrutural enfocando os conceitos envolvidos na construção de pontes. Serão considerados os seguintes momentos históricos:

- ? Pré-história européia
- ? Etrúria e Roma
- ? Revolução Industrial
- ? Primeiras pontes de concreto
- ? O estado da arte

Apesar de muito se argumentar de forma muitas vezes simplista que a evolução desses conceitos se deu a partir de tentativa e erro, convém explicitar alguns argumentos nesse sentido. Em primeiro lugar poderíamos nos perguntar o que nos leva a escolher determinada tentativa. Piaget (1982) analisa minuciosamente essa questão separando as tentativas em dois casos: dirigido e não sistemático. No primeiro caso temos uma estrutura anterior que irá nortear a definição da estratégia, enquanto que no segundo parte-se para uma situação totalmente aleatória. Na verdade

por exemplo, grande parte da pesquisa acadêmica realizada atualmente fundamenta-se no paradigma epistemológico do Método dos Elementos Finitos.

pode-se dizer que, no contexto da necessidade de um novo paradigma, têm-se muitas vezes uma composição dessas duas situações. Certamente quando se sentiu a necessidade de se vencer vãos maiores, pode-se perceber que os materiais teriam que resistir esforços de tração, algo que pode ser observado na natureza. Ou seja, o fato de ter se optado por materiais dessa natureza não foi algo essencialmente aleatório, e sim uma novidade sobre o quadro lógico-matemático e físico presente no paradigma anterior.

2.3.1 Pré-história européia

Apesar das limitações tecnológicas presentes nesse período histórico, obras de engenharia de grande porte já se realizavam. Trabalharemos com o exemplo da ponte "Tarr Steps"²⁹, na Inglaterra.

²⁹ Extraído de <http://wv'w.lmc.cp.usp.br/people/otavio/cstruturas/pph.htm>, em 12 de abril de 2002

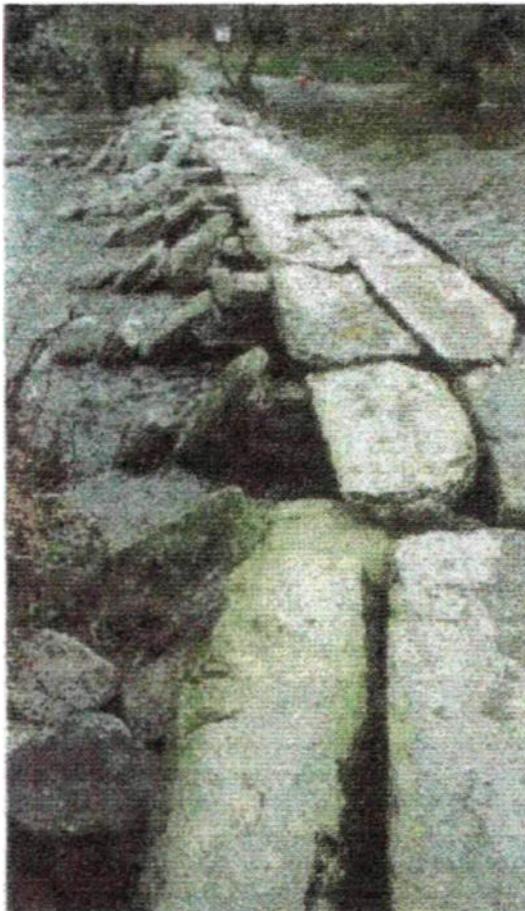


Figura 10- Ponte "Tarr Steps", na Inglaterra⁸.

No exemplo da Figura 10 observamos como modelo .vigas simplesmente apoiadas. O obstáculo epistemológico (Dion & Pacca, 1998), caracterizado como resistências conceituais dos diferentes momentos históricos, consistia na compreensão de que os materiais resistiam apenas à compressão. Tal paradigma permaneceu ainda no período seguinte.

Estrutura lógico-matemática e física

Não se tem um registro histórico do período de construção que permita inferir sobre as hipóteses e os cálculos utilizados na construção dessa ponte, mas pode-se supor que já representa uma superação de simplesmente colocar troncos de árvores

sobre riachos. Supõe-se também que conceitos já verificáveis desde o estágio sensório-motor são aplicados com sucesso na constituição desse modelo.



Figura 11- Noções iniciais de equilíbrio

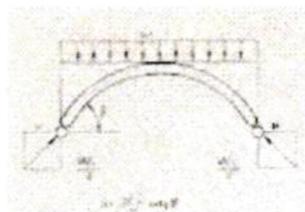
Na foto da ponte podemos observar que foram construídos vários modelos destes (Figura 11) colocados lado a lado. Estima-se então que foram utilizados esquemas construídos basicamente na ação direta sobre objetos.

2.3.2 Etrúria e Roma

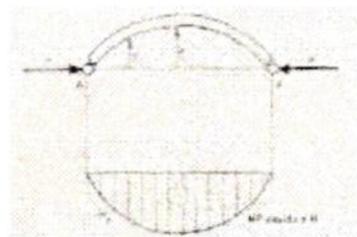
A utilização de arcos foi empregada pelos etruscos com bastante propriedade. A grande novidade foi que os arcos permitem a utilização de elementos que resistem a compressão, fazendo-se necessária a compreensão do modelo presente. Tal sistema estrutural apresenta conceitos físicos facilmente observáveis, sendo que a compreensão lógico-matemática possibilita uma generalização para diferentes modelos reais.

- Estrutura lógico-matemática e física Vejamos

primeiro a compreensão do modelo físico:



(a)



(b)

Figura 12- Modelo teórico dos arcos

Se o arco é parabólico e a carga é distribuída, conforme Figura 12, demonstra-se que o momento fletor será nulo, pois o momento gerado pelas reações horizontais será exatamente o mesmo gerado pela carga distribuída, porém como sinal contrário. Desta forma não se tem também esforço cortante. Isso ocorre sempre que a geometria do estrutura for a mesma que a geometria do diagrama de momento fletor. Segundo Timoshenko (1953), os romanos utilizavam usualmente arco semi-circulares, o que mostra que ainda não dominavam a construção matemática descrita acima. Tal construção se obtém, conforme descrevemos anteriormente, por abstração reflexionante. Os romanos e os etrúrios provavelmente construíam seus arcos baseando-se em observações retiradas diretamente dos objetos, por abstração empírica.

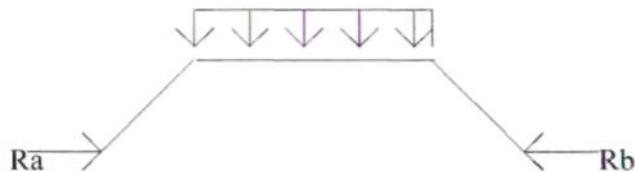


Figura 13 - Modelo Matemático de um Arco

A noção de que as reações horizontais R_a e R_b (**Figura 13**) contribuem para resistir a carga vertical aplicada sobre o modelo pode ser obtida agindo diretamente sobre os modelos, sem que seja necessária uma modelagem matemática. De qualquer forma já se observa um evolução considerável com relação ao período pré-histórico. Na Figura 14 está a ponte Du Gard, construída no século 18 a. C. Nessa época Arquimedes já havia feita suas rigorosas provas sobre as condições de equilíbrio e o método de determinação do centro de gravidade dos corpos, o que mostra que já se tem um claro domínio sobre os conhecimentos físicos dos modelos estruturais no que diz respeito a sua condição estática.

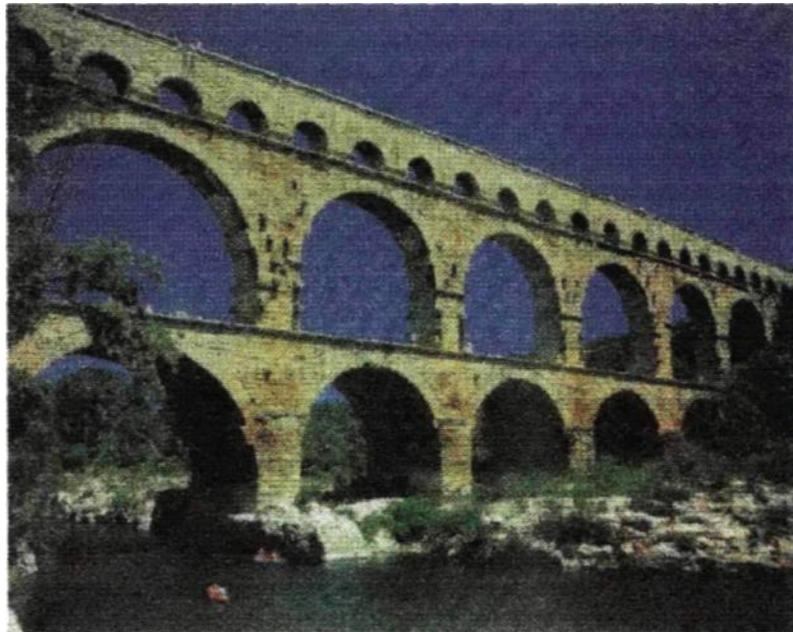


Figura 14- Pont Du Gard - França - 18 a. C. Extraído de <http://www.lmc.ep.usp.br/people/otavio/estruturas/gard.htm>

2.3.3 Revolução Industrial

A partir desse momento histórico se tornou possível a utilização do ferro na construção de pontes. Em 1779 foi construída a Ponte de Coalbrookdale, sobre o Rio Severa, na Inglaterra. Foi a primeira ponte de ferro construída em todos os tempos (<http://www.lmc.ep.usp.br/people/otavio/estruturas/coal.htm>), vencendo um vão de mais de 30 metros

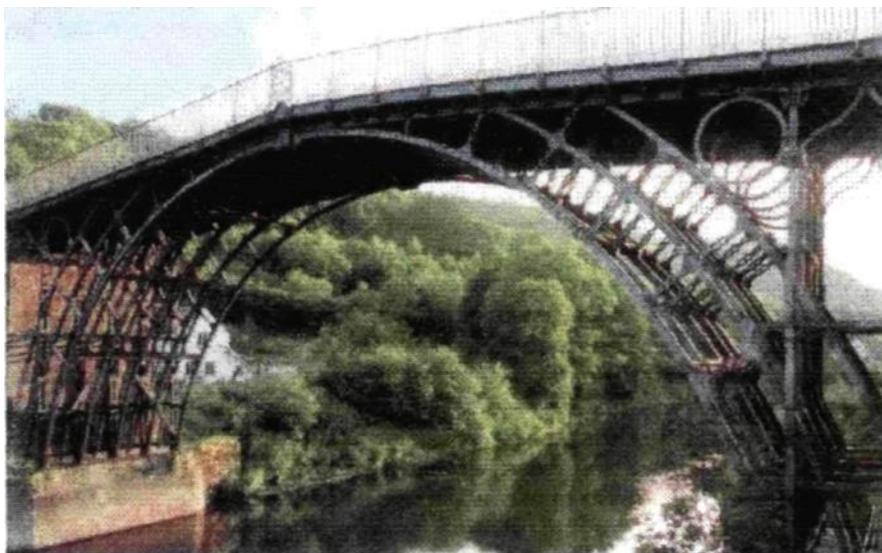


Figura 15 - Ponte de Coalbrookdale

Não se tem neste momento maiores alteração no quadro lógico-matemático. Na verdade parte-se para a obtenção de novas estruturas ainda baseadas em sistemas de arcos, porém com a flexibilidade que o ferro fundido possibilita. A grande questão desse período consistiu em inovações nos sistemas construtivos, que não é objeto da nossa análise. Além disso envolveu uma mudança de paradigma cultural muito forte, o que se torna evidente quando se identifica essa construção com a Revolução Industrial. Nesta época a Resistência dos Materiais começava a se desprender dos problemas práticos e iniciava a utilização da matemática, especialmente do Cálculo Infinitesimal. Em 1729 Belidor (1697 - 1761) publicou o livro *La Science des Ingénieurs*, que passa a propor uma abordagem mais racional nos cálculos de vigas. Levava em considerações sistemas estruturais mais complicados do que vigas propostas por Galileu Galilei. O autor considerava que era preciso se considerar a complexidade das estruturas reais (Timoshenko, 1954).

Em 1798 Girard publicou o livro *Traité Analytique de la Résistance des Solides*, que analisa com mais propriedade a distribuição de tensões no interior de uma viga e a simultaneidade entre tração e compressão na mesma seção. A grande evolução epistemológica do período refere-se às formulações matemáticas. É o período em que a abstração reflexionante começa a se constituir historicamente no ensino de estruturas.

2.3.4 As primeiras pontes de concreto - o concreto protendido

Neste novo período se obtém uma efetiva contribuição nos modelos matemáticos. Agora estará presente uma nova estrutura cognitiva, sendo necessário compreender efeitos combinados de compressão e tração a partir da solicitação de flexão. A compreensão da proporcionalidade precisará estar presente, pois um estudo mais aprofundado da resistência dos materiais se faz necessário.

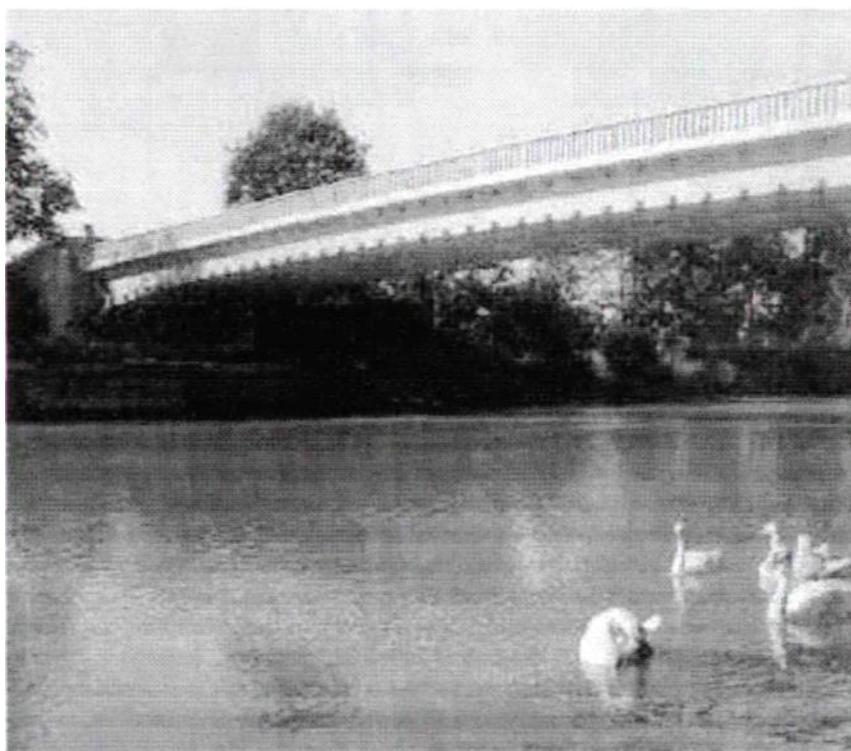


Figura 16- Ponte de Concreto Protendido de Freyssinet

Estrutura lógico-matemática e física: a flexão precisa ser compreendida a partir de uma modelagem lógico-matemática. Não basta mais compreender deslocamentos, e sim deformações, que precisam estar relacionadas com o estudo das tensões, gerando o famoso diagrama tensão-deformação, que só é compreendido quando a proporcionalidade estiver efetivamente construída. A compreensão da deformação ocorre segundo a análise anterior que fizemos sobre a deformação de um elástico. A

generalização do comportamento para elásticos de diferentes tamanhos e diferentes materiais está no cerne da Resistência dos Materiais, e só é possível a partir de uma generalização do princípio multiplicativo: a proporcionalidade.

2.3.5 O estado da arte

Hoje já estamos numa nova abordagem epistemológica. Depois do surgimento do Método dos Elementos Finitos (MEF), novas questões e novas estruturas surgem. Estamos na direção de análises cada vez mais microscópicas, sendo mais importante deixar de considerar a estrutura como um único material. O MEF trata das leis matemáticas que discretizam as estruturas em elementos finitos e passa a analisar cada elemento dessa estrutura. Além disso pode-se focar comportamento de trincas, efeito do vento e outros efeitos de alta complexidade. Não costuma ser objeto de estudo de estudantes de graduação em engenharia tal método, porém convém tratar com os alunos os alcances dessa teoria para situá-los no nível que uma análise estrutural pode comportar.

2.4 Tecnologia

Quando nos referimos a transformações tecnológicas da era industrial, raramente deixamos de exaltar o papel que o engenheiro exerceu naquele contexto. Processos fabris e grandes empreendimentos de engenharia realizaram-se neste período. Todavia, vivemos agora numa nova era, onde a velocidade da informação passa a ser o grande diferencial. Podemos chamar a era da informação. Como fica agora o papel do engenheiro ? Quais as consequências deste redimensionamento de tecnologias na formação do engenheiro ? Quais os novos paradigmas da ciência ?

"A educação tecnológica têm sido associada, na literatura, várias finalidades que, na sua essência, convergem para o desenvolvimento do indivíduo para uma atuação ativa e transformadora no mundo material. " (Souza, 1999, p. 14)

Sim, torna-se necessária uma ação transformadora. Os recursos energéticos já se tornam escassos, o consumo de água parece começar a preocupar, as relações de trabalho se modificam, os postos de trabalhos diminuem, mas o sonho da realização de empreendimentos permanece na cabeça dos jovens engenheiros. Consideramos que o engenheiro será o protagonista quando efetivamente estiver inserido nas discussões abrangentes sobre a tecnologia, incluindo suas causas, seus custos, seus benefícios, seus prejuízos e suas conseqüências. Não é raro que se encontrem posições antagônicas diante da tecnologia. Sancho (1998) contrapõe com muita propriedade estas duas visões, a partir do confronto entre os tecnófobos e os tecnófilos. Historicamente se tem observado este comportamento. O autor lembra o filósofo grego Sócrates, que resistiu à tecnologia da escrita argumentando que prejudicaria o desenvolvimento da inteligência, caracterizando uma postura tecnófoba. No início dos anos 70 constatou-se postura contrária no surgimento dos retroprojetores. Os mais idealistas acreditavam na possível substituição do professor por tal tecnologia. Ora, os recursos computacionais presentes no mundo contemporâneo podem perfeitamente ser contextualizados historicamente, fazendo com que tenhamos de refletir filosoficamente sobre a tecnologia. É importante que não se perca o entusiasmo pelos avanços tecnológicos, pois somente acreditando e sendo protagonistas desses avanços é que conseguiremos estabelecer uma viabilidade prática de um projeto tecnológico. Todavia, é fundamental que não nos deixemos iludir com o senso comum que muitas vezes atribui a tecnologia a possível solução dos problemas de um país. Importar tecnologia sem levar em consideração a realidade local pode trazer sérios danos a uma nação e satisfazer apenas interesses comerciais em detrimento de interesses acadêmicos. Levy (1993) traz importantes contribuições sobre esta questão, referindo-se à tecnologia digital, apoiada num novo modelo de hierarquização de informações presente na RMC.

Guerra (2000) reflete sobre várias questões presentes ao se propor o uso *da* computador na educação, entre elas as seguintes: o cuidado com a possível amplificação de problemas existentes no ensino tradicional; a necessidade de se conhecer as limitações e as exigências de cada nova tecnologia proposta; a importância de se propor mudanças pedagógicas profundas na educação; nunca confiar cegamente na máquina; aproveitar o potencial da RMC para comunicação.

colaboração e cooperação, ao invés de ser apenas um instrumento para recuperar informação; e procurar integrar aspectos tecnológicos com humanos, dentro de uma perspectiva pedagógica inovadora. Burlison et al (2001) posicionam-se na direção de uma integração dos recursos multimídia com o currículo da engenharia, especialmente por tais recursos estarem presentes no cotidiano das pessoas. Na perspectiva de uma proposta pedagógica adequada, torna-se fundamental uma interface via RMC bem projetada. No seu projeto, Chandra & Kumar (2001) consideraram três premissas: interface amigável, modularidade (distinção clara entre assimilação e disseminação das informações) e viabilidade técnica. Os recursos computacionais também podem viabilizar um trabalho colaborativo a partir do compartilhamento de informações e ferramentas. Larson (2001) apresenta resultados de um projeto onde foram compartilhadas ferramentas para a construção de conceitos matemáticos. O autor descreve que não esperava que a simples iniciativa de produzir um texto interativo em multimídia fosse se transformar num ambiente colaborativo integrado, possibilitando um dinamismo com conseqüências pedagógicas positivas.

O trabalho de tese aqui apresentado propõe novas tecnologia para a educação a distância. Porém, salientamos que este não é o principal objetivo do nosso projeto. Na conclusão deste trabalho pretendemos responder, pelo menos em parte, às seguintes perguntas:

- Utilizar videoconferência para uma aula expositiva nos moldes tradicionais, apenas para ser transmitida para um número maior de pessoas consiste, uma nova Tecnologia ?
- Como o computador deve ser usado na educação a distância para que efetivamente tenhamos uma melhoria na aprendizagem ?
- Como fica a questão do contato humano no ensino virtual ?
- Como podemos gerar uma nova tecnologia educacional a partir recursos computacionais ?

3 O ENSINO DE ESTRUTURAS

Quando trabalhamos com conceitos de estruturas nas faculdades de engenharia parece claro que nos referimos a projetos realizados a partir da intervenção do engenheiro, que, a partir de determinada finalidade, projeta os elementos estruturais de um empreendimento. Não identificamos grandes divergências entre os alunos quanto ao objetivo de se estudar tal assunto, consistindo num tema de relevância incontestável para o desenvolvimento da engenharia. O que motiva efetivamente a realização deste trabalho é como se compreendem estes conceitos, muitas vezes com grandes possibilidades de se estabelecer relações intuitivas, todavia com formulações físicas e matemáticas por vezes complexas. Na literatura técnica podemos encontrar muitas obras que enfatizam o cálculo de estruturas, concentrando grande parte do trabalho na resolução de problemas propostos sem que se tenha interferência nas variáveis que antecedem o cálculo.

Partindo dos pressupostos teóricos descritos no capítulo 2, passamos agora a indicar caminhos mais concretos para o ensino de estruturas. Daremos ênfase para os conceitos pertinentes à construção de diagramas em modelos estruturais e aos princípios básicos da Resistência dos Materiais³⁰.

3.1 O ensino de engenharia estrutural: um diálogo entre dois paradigmas

Segundo Brohn (1992), grande parte da análise e do processamento dos cálculos se faz hoje a partir de recursos computacionais, e isso gerou um novo paradigma para a engenharia estrutural. O autor diferencia e analisa o velho e o novo

Não temos a pretensão de propor uma nova abordagem para o ensino de estruturas como um todo. O nosso principal objetivo é indicar caminhos em conceitos iniciais para que se desenvolvam trabalhos futuros envolvendo os demais conceitos de engenharia estrutural.

paradigma da engenharia estrutural. Enquanto o primeiro enfatiza questões quantitativas, numéricas e apoiadas em formulações complexas, o segundo apoia-se em ferramentas qualitativas, sendo mais importante a compreensão dos princípios e do comportamento dos modelos estruturais. Esta diferenciação entre dois paradigmas apresenta convergências com a abordagem epistemológica apresentada no capítulo 2. Pietro & Oliveira (2001) caracterizam este paradigma como a paradigma da produção massiva, caracterizado industrialmente por trabalhadores não habilitados, altas quantidades e produtos padronizados, identificando-se com a visão empirista. Os autores comparam o sistema educacional do velho paradigma com uma linha de montagem, onde "o aluno é o produto que está sendo educado ou 'montado' e os professores são os 'montadores do conhecimento do aluno'" (p. 2). O conhecimento é fragmentado e colocado em ordem crescente de complexidade, cabendo ao aluno "assimilar esse conteúdo molecular, cada vez mais fracionado" (p.3). O resultado desse modelo é um aluno passivo e sem capacidade crítica. No ensino de estruturas esta postura se reflete numa abordagem meramente quantitativa, analisando-se essencialmente através da física e da matemática sob a forma de equações. Em uma das entrevistas realizadas com professores de estruturas¹, foi colocado que *os alunos têm mais dificuldades em conceitos que exigem formulações matemáticas mais complexas, tendo-se que abstrair da experiência*. A excessiva passividade dos alunos também foi mencionada, onde o professor caracteriza os alunos como "re-ativos", *cumprindo metas apenas para se livrar*. Capra (1982) faz referência a esse paradigma descrevendo-o como o pensamento racional e analítico, gerando inclusive atitudes profundamente anti-ecológicas.

O novo paradigma, referido por Brohn com convergências em Capra e Pietro & Oliveira enfatiza questões qualitativas. É importante destacar que não se abandona características quantitativas. O que Pietro & Oliveira propõem é uma abordagem inicial qualitativa, ocorrendo posteriormente o estudo quantitativo. Esta posição foi reforçada pela entrevista que fizemos com um profissional de estruturas, onde o mesmo disse que *na faculdade recebemos e aceitamos os modelos prontos, deforma*

Entrevistamos professores da disciplina Mecânica Estrutural I da UFRGS e profissionais da área de estruturas. A íntegra das mesmas está no Anexo XX.

que torna-se fundamental construir o modelo físico-matemático a partir da realidade. O que talvez tenha faltado é a abordagem qualitativa inicial. Calcular os diagramas de momento fletor e esforço cortante de um modelo estrutural dado (vide Figura 17) não deixa de ser importante, porém o que estamos propondo, baseados nas referências teóricas descritas acima, é que se inicie com uma compreensão intuitiva do comportamento de uma estrutura.

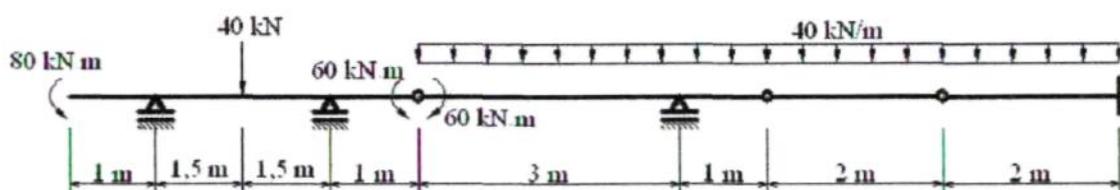


Figura 17- Modelo de uma viga

Morreau (1990) enumera algumas habilidades que indicam a compreensão do comportamento de uma estrutura: distinguir estrutura de mecanismo e estabilidade de equilíbrio, identificar o caminho das cargas e quais estados de tensão elas geram e prever a forma deformada da estrutura, diagramas de esforço cortante e momento fletor. Esta compreensão pode se apoiar em estruturas do dia-a-dia, como o conjunto arco e flecha, um trampolim, um conjunto de caixas de fósforo empilhadas entre outras (Botelho, 1998). A distinção entre estruturas iso e hiperestáticas, exemplo apresentado em Jennings & Gilbert (1988), representa um conceito que pode ser perfeitamente construído na perspectiva da compreensão do comportamento da estrutura.

³² Sabemos da complexidade do conceito de intuição. No contexto deste trabalho a intuição é compreendida a partir da teoria construtivista descrita no capítulo 2. Significa considerar o conhecimento prévio dos alunos e os seus modos de representação para se compreender qualitativamente o comportamento estrutural numa abordagem inicial.

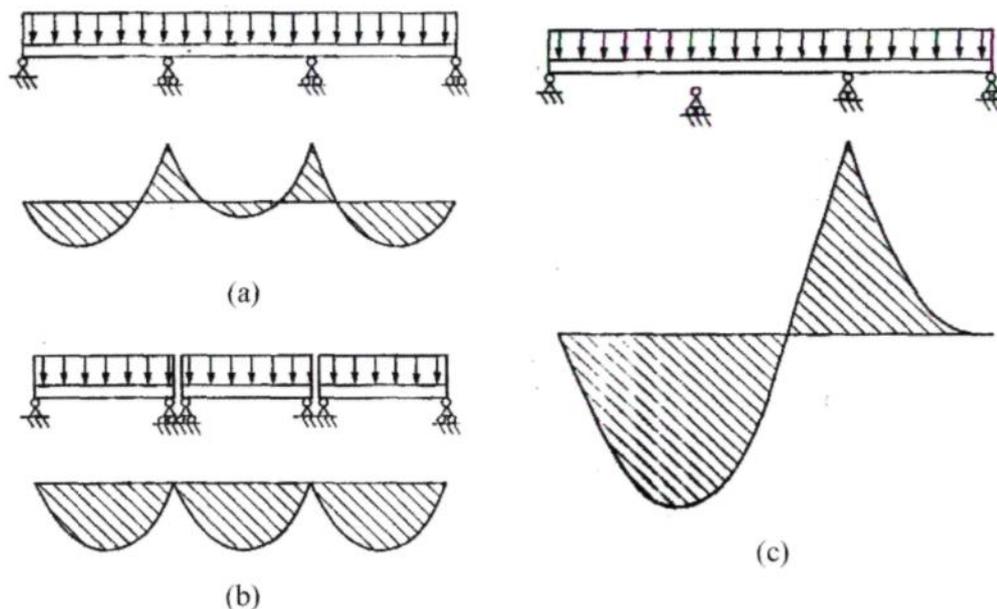


Figura 18 - Diagramas de Momento fletor

(a) Viga contínua hiperestática (b) 3 vigas simplesmente apoiadas exercendo a mesma função (c)

Viga contínua após o rompimento de um apoio Fonte:
Jennings & Gilbert (1988)

Segundo os autores, os alunos diferenciam estruturas isostáticas de hiperestáticas a partir de seus diferentes métodos de resolução. Como as estruturas hiperestáticas apresentam mais apoios que o necessário, não podem ser resolvidas pelas tradicionais equações de equilíbrio³³. Se esta diferença fosse a mais importante, não haveria motivo para o estudo das estruturas hiperestáticas, pois os métodos computacionais usualmente utilizados não fazem esta distinção de método de resolução. A diferença mais importante entre tais estruturas refere-se ao comportamento estrutural de cada uma. As forças internas de uma estrutura

Devem ser resolvidas utilizando-se o Método das Forças, o Método dos Deslocamentos ou o Processo de Cross, pois o número de incógnitas supera o número de equações de equilíbrio, gerando um sistema de equações indeterminado.

hiperestática dependem de variações térmicas, da rigidez relativa de cada elemento e da não-linearidade no comportamento do material. Comparar os modelos (a) e (b) da **Figura 18** pode contribuir na compreensão do comportamento estrutural de cada caso, observando-se que o modelo isostático (b) apresenta um momento fletor máximo maior. Botelho (1998) utiliza esta situação para mostrar que aproximar uma estrutura hiperestática para uma isostática usualmente leva a uma segurança maior nos cálculos, pois superestima-se os momentos fletores máximos, apesar de gerar momentos negativos junto aos apoios. A análise do modelo da letra (c) mostra a consequência do rompimento de um dos apoios da viga: um aumento considerável no momento fletor máximo da estrutura. Galileu Galilei (1888), um dos precursores no estudo da Resistência dos Materiais apresenta um importante exemplo que reforça a necessidade de se compreender o grau de elasticidade de uma estrutura a partir de seu comportamento estrutural a partir da seguinte passagem:

"...., devo contar um caso digno de ser conhecido, como são todos os acidentes que acontecem de forma imprevista, principalmente quando a precaução tomada para evitar um inconveniente acaba sendo a causa principal da desordem. Uma coluna muito grande de mármore estava deitada e apoiada próximo de suas extremidades sobre dois pedaços de viga. Depois de algum tempo, um mecânico pensou que seria oportuno acrescentar um terceiro apoio no meio [tornando a estrutura hiperestática], para evitar que se quebrasse nesse lugar, devido ao seu próprio peso. Parecia a todos muito oportuna a idéia; o resultado, porém, demonstrou ser o contrário, visto que, passados alguns meses, a coluna foi encontrada rachada e quebrada exatamente sobre o novo apoio do meio" (p. 12)

O autor descreve a causa da ruptura a partir da falha de um dos apoios, que cedeu com o decorrer do tempo, deixando a coluna apoiada sobre a extremidade que não cedeu e sobre o apoio acrescentado no meio, ou seja, novamente uma estrutura isostática.

(a) (b)

Figura 19- Modificação no diagrama ³⁴

(a) Primeira situação: coluna de mármore apoiada sobre apoios próximos de suas extremidades (b) Segunda situação: coluna de mármore ³⁵ apoiada sobre um apoio central e sobre outro em um das extremidades

Como podemos observar na **Figura 19**, ocorre uma mudança de sinal nos momentos fletores, não havendo mudança nos valores absolutos dos mesmos³⁶. Sendo a obra original de Galileu Galilei pertencente ao século XVII, é de se esperar que não haja uma explicação detalhada e clara da causa da ruptura. Todavia, acreditamos a mudança de comportamento estrutural ocorrida está entre as causas principais.

Torroja (S/D) apresenta exemplos elucidativos deste novo paradigma. Além disso, reflete sobre diversos fatores de ordem qualitativa que interferem no processo de intervenção da engenharia estrutural, sistematizando matematicamente da seguinte forma:

³⁴ "V" significa Esforço Cortante e "M" Momento Fletor

³⁵ O software Dr Beam (Dr Beam, 2001), que gerou as figuras, apresenta o diagrama de momento fletor (positivo para cima) com convenção diferente daquela usualmente apresentada na bibliografia (positivo para baixo). Assim, (a) apresenta momentos fletores positivos e (b) momentos fletores negativos.

³⁶ No item 3.3 voltaremos a este exemplo, demonstrado a igualdade entre os valores absolutos dos momentos fletores máximos de cada caso bem como detalhando o modelo matemático de cada situação.

EQUAÇÕES	INCÓGNITAS
Finalidade do projeto	Material
Função Estática	Tipo estrutural
Qualidades estéticas	Forma e dimensões resistentes
Condições econômicas	Processo de execução

Tabela 1- Variedade de condições da engenharia estrutural

Tal sistema apresenta uma mútua influência entre as incógnitas e as equações, sendo impossível satisfazer (resolver) todas relações (equações) envolvidas. Uma variação no material (trocar concreto armado por aço, por exemplo) altera o tipo estrutural, as formas e as dimensões e o processo de execução, assim como o elevado custo de determinados processos de execução podem inviabilizar a utilização de um determinado tipo estrutural. Segundo o autor, a partir de recursos de cálculo pode-se otimizar a forma e as dimensões da estrutura, porém o restante das incógnitas não podem ser obtidas por métodos dedutivos. Obter a solução mais econômica também é possível, todavia a opção escolhida sempre se dará de forma subjetiva. Neste sentido o autor enfatiza que projetar estruturas necessita muito mais de arte do que de ciência e técnica.

Segundo Vasconcelos (2002a), o computador não alerta para a concepção da estrutura, citando um exemplo do desabamento de uma estrutura, causado pela economia na plotagem das plantas. Foi assumida a simetria da estrutura (possibilitando a mesma planta para elementos simétricos) e vigas com diferentes carregamentos foram desenhadas iguais a do primeiro andar. O operador do "plotter" desenhou as plantas pelo pilar menos carregado. Um único pilar, que possuía o carregamento igual ao dobro do seu simétrico, causou o desabamento da estrutura. A idéia do autor era mostrar a importância de não se pensar exclusivamente no custo ao se contratar um projeto, mostrando que existem outras incógnitas que precisam ser consideradas no projeto, reforçando a complexidade e a inter-relação descrita por Torroja.

3.2 Recursos computacionais e sua influência no ensino de estruturas

Voltamos a insistir na necessidade de se rever os paradigmas apoiados na existência de ferramentas computacionais concebidas para o cálculo estrutural. Shepherdson (1998) alerta que a interatividade com o programa deve ir além da simples análise, dependendo da habilidade do usuário ir além da análise e entender o comportamento estrutural e suas implicações. Além disso, reforça que o conhecimento humano na engenharia é insubstituível, direcionando a questão para o ensino de engenharia na graduação. Esta obra, que consiste uma tese de doutorado do departamento de engenharia civil e ambiental do MIT³⁷, ainda apresenta alguns aplicativos destinados ao ensino de estruturas.

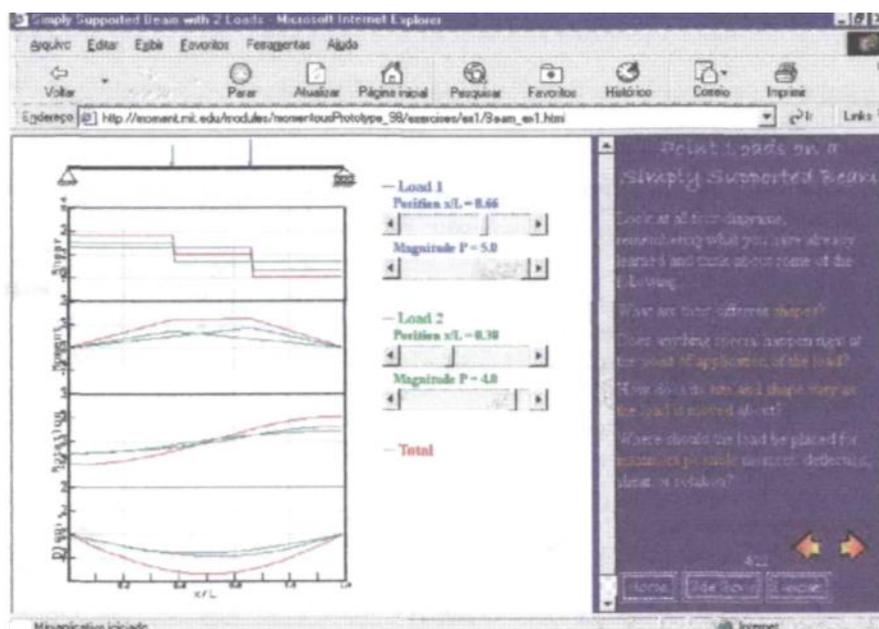


Figura 20- Aplicativo para uma viga bi-apoiada com duas cargas concentradas

FONTE: Shepherdson (1998)

Massachusetts Institute of Technology, localizado na cidade de Cambridge, estado de Massachusetts. A tese citada pertence ao grupo de pesquisa coordenado pelo Prof. Jerome J. Connor, que tem entre seus interesses de pesquisa métodos inovadores para o ensino virtual de engenharia estrutural.

A **Figura 20** apresenta o caso onde o usuário pode definir a magnitude e a posição das cargas para então analisar as conseqüências nos diagramas de esforço cortante, momento fletor, deformação transversal e rotação. Do lado direito da tela se encontram perguntas e reflexões com características do novo paradigma anteriormente citado. Analisemos algumas delas relacionadas com a influência da magnitude e do ponto de aplicação da carga.

Varie a magnitude e a posição da carga azul. Podes observar alguma tendência ?

Observe os quatro diagramas lembrando o que já aprendemos sobre o assunto e responda:

Como são suas diferentes formas ? Acontece algo especial no ponto de aplicação da carga ? Como é a variação da grandeza e da forma quando a carga é deslocada? Qual a posição da carga para se obter valores máximos de momento fletor, esforço cortante, deformação transversal e rotação ?

Aqui estão algumas coisas que observei...

O esforço cortante é constante até o ponto de aplicação da carga, mudando bruscamente de positivo para negativo ou vice-versa dependendo da direção da carga concentrada. Observaste que a descontinuidade tem a mesma magnitude que a carga ?

Os valores do esforço cortante em cada lado da descontinuidade são iguais às reações nos apoios. Isto nos leva a concluir que o local onde a carga deve estar aplicada para gerar um esforço cortante máximo é

Figura 21- Perguntas relacionadas à magnitude e às dimensões da carga

FONTE: Shepherdson (1998)

Num simples caso descrito acima já se pode abordar os conceitos de forma mais experimental, exploratória e reflexiva. A ênfase se transfere do cálculo dos momentos máximos para uma análise dos fatores que influem no local e na magnitude do momento máximo. O valor é facilmente obtido por simples aplicativos computacionais, mas a possibilidade de fazer conjecturas para possíveis modificações nos modelos influenciando então o valor máximo consiste efetivamente a intervenção humana que a pouco referimos. O diferencial do engenheiro perpassa

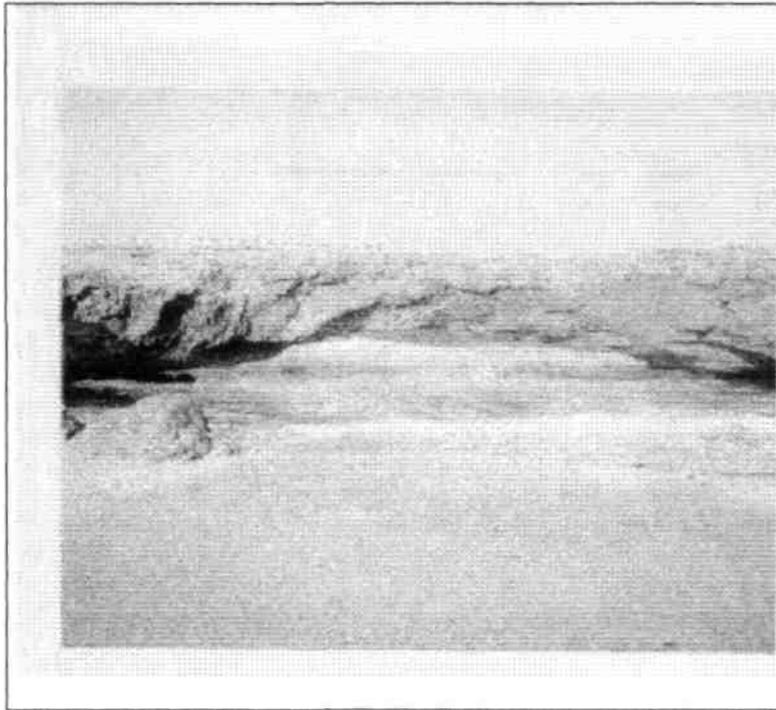
necessariamente por análises qualitativas, que só se realizam com eficácia quando os conceitos envolvidos no problema estão bem consolidados. Consideramos mais relevante saber a interferência do ponto de aplicação da carga no cálculo da solicitação do que calculá-la. Em artigos anteriores propomos a utilização da planilha eletrônica na construção dos diagramas de solicitações (Costa et al 2001b), apresentando uma proposta de utilização de software através de perguntas com a mesma orientação de Shepherdson, com ênfase nos conceitos matemáticos que interferem no problema (Costa et al 2001a). No ANEXO I - Atividade para os alunos na exploração do software Dr Beam incluímos a atividade que foi proposta aos alunos na utilização do software.

3.3 Elaborando questões

A avaliação da aprendizagem consiste um dos principais focos deste projeto. Neste sentido, apresentaremos algumas questões que elaboramos a partir do referencial teórico proposto. Elas serão analisadas sobre diferentes enfoques epistemológicos, quais sejam a consideração do conhecimento prévio, da abstração empírica/reflexionante e da construção histórica dos conceitos de engenharia estrutural.

3.3.1 O conhecimento prévio

Conforme destacamos no capítulo 2, o conhecimento prévio consiste na base para toda construção de um novo conceito. Se estamos iniciando o estudo da engenharia estrutural é importante que se trabalhe com estruturas conhecidas e de preferência que possam ser manipuladas pelos estudantes. É o momento de se considerar estruturas na natureza e no dia-a-dia. Segundo Pietro & Oliveira (2001) é necessário "um tratamento inicial, de forma intuitiva e qualitativa, através da observação e da análise da natureza, da beleza das formas estruturais que apresenta e ainda, como o auxílio de modelos que possibilitem a visualização de fenômenos que ocorrem nos modelos estruturais..." (p. 4). Os autores também reforçam a importância dos recursos computacionais neste contexto, permitindo que se visualize graficamente deformações e carregamentos em estruturas.



1) Estimando-se um vão de 47 metros, determinar o modelo matemático, considerando uma carga distribuída de 74 tf/m (toneladas força por metro)

2) Considerando uma largura de 5 metros, uma altura de 4,7 metros no meio do vão e 8,5 metros nas extremidades, determinar as tensões máximas utilizando a flexão simples de vigas.

3) Comparar essas tensões com a tensão de ruptura de um concreto simples (100 Kgf/cm^2) e avaliar a durabilidade da ponte, considerando a continuidade da

Figura 22-Ponte natural situada na costa nordeste da ilha de Aruba

FONTE: Vasconcelos (2000, p. 19)

A questão apresentada na **Figura 22** refere-se à construção de modelo matemático e resolução de uma ponte moldada pela própria natureza. A nossa proposta é utilizar uma estrutura real e que seja facilmente identificada pelos alunos. Dessa forma é possível, além de fazer a verificação estrutural, fazer com que o aluno imagine diferentes estruturas presentes na natureza e a forma como o efeito da flexão precisa ser considerado. A influência das alturas das seções transversais também pode ser um bom tratamento intuitivo a essa questão. Por exemplo, se as alturas fossem invertidas, a ponte resistiria a uma altura de 8,5 metros no centro do vão? Se a altura da seção transversal fosse 4,5 metros em toda a extensão da ponte, haveria modificações nas tensões obtidas? Conforme Vasconcelos (2000), tudo que o homem pensa ter inventado já foi inventado antes pela natureza. Assim, seria natural resgatar o conhecimento prévio do aluno justamente a partir de estruturas presentes na natureza, conhecida dos mesmos desde a formação de suas primeiras construções e aprendizagens.