



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO - PPGIE

MARIA ISABEL TIMM

**Elaboração de projetos como estratégia pedagógica para o ensino de Engenharia (curso à distância de projeto no modelo *e-learning-by-doing*)**

Porto Alegre, RS, Brasil

2005



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO - PPGIE

MARIA ISABEL TIMM

**Elaboração de projetos como estratégia pedagógica para o ensino de Engenharia (curso à distância de projeto no modelo *e-learning-by-doing*)**

Tese apresentada ao PPGIE para obtenção do título de Doutor na linha de pesquisa “Paradigmas para a pesquisa sobre o ensino científico e tecnológico”.

**Orientador: PROF. FERNANDO SCHNAID**

**Co-orientador: PROF. JORGE CAMPOS DA COSTA**

**Porto Alegre, RS, Brasil**

**2005**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO - PPGIE



**MARIA ISABEL TIMM**

**Elaboração de projetos como estratégia pedagógica para o ensino de Engenharia (curso à distância de projeto no modelo *e-learning-by-doing*)**

Tese apresentada ao PPGIE para obtenção do título de Doutor na linha de pesquisa “Paradigmas para a pesquisa sobre o ensino científico e tecnológico”.

Aprovada em 18 de abril de 2005

Banca Examinadora:

---

**Prof. Dr Jarbas Milititski (ESC.ENGENHARIA/UFRGS)**

---

**Prof. Dr Ricardo Naveiro (COPPE/UFRJ)**

---

**Profa. Dra Margarete Axt (PPGIE/UFRGS)**

---

**Prof. Dr. Adelir Strieder (ESC.ENGENHARIA/UFRGS)**

Às muito amadas Juliana e Amanda,  
meus dois maiores presentes.  
À Isabela, como boas-vindas.

A Fernando Schnaid e Milton Zaro,  
grandes professores,  
que me ensinaram  
flexibilidade,  
tolerância,  
e sensibilidade,  
além de um pouco de Engenharia.

Dois Gigantes,  
que tenho o privilégio  
de ter como parceiros  
e amigos.

“...é preciso ter *cabeça de engenheiro*  
para manter-se atualizado  
com tantas tecnologias novas  
sendo desenvolvidas.”

Carlos Ghosn (executivo da Nissan e da Renault)

Revista Veja / jan. 2001

## **AGRADECIMENTOS**

### **À Escola de Engenharia da UFRGS**

Juntamente com os resultados da pesquisa realizada no PGIE, que constitui esta tese, entrega-se (simbolicamente) à Escola de Engenharia da UFRGS, um conhecimento teórico e técnico que foi construído por uma equipe multidisciplinar no escopo de um projeto de qualificação e ampliação das potencialidades do seu ensino de graduação. Iniciado em 1999, este projeto previa o desenvolvimento de material didático em multimídia para apoio às aulas presenciais e a agregação de tecnologia educacional informatizada nos estágios de planejamento, produção, disponibilização, transmissão e implantação de ensino à distância, com a mesma qualidade do ensino presencial da Escola. Durante quatro anos, foram exercitadas as possibilidades de produção de material didático em múltiplos suportes e identificados cada um dos elementos de infra-estrutura e de pessoal que constituem a base concreta dessa nova forma de ensino à distância. Foram dimensionadas suas possibilidades, limites, custos e interações, com a mesma percepção de funcionalidade e eficiência exigidas a qualquer projeto de Engenharia, flexibilizadas pela criatividade e pelas exigências das naturezas da Comunicação e da Educação. O projeto de ensino à distância, tal como foi pensado desde o início, juntamente com a Direção da Escola de Engenharia, depende agora de decisões de planejamento estratégico e de gestão, para constituir-se como alternativa viável em termos de uso regular, em escala de massa, com os devidos sistemas de acompanhamento e avaliação. Tais decisões competem à atual e futuras administrações, que recebem, entretanto, um agradecimento pela oportunidade de realizar esse trabalho.

Agradeço à Escola de Engenharia pela oportunidade de aprendizado de técnicas de produção e uso de novas tecnologias educacionais, bem como pela possibilidade de ter vislumbrado a consciência do universo tecnológico, acadêmico, comunicacional e educacional que deverá constituir uma das matrizes do processo de ensino-aprendizagem deste novo Século. Considero que este aprendizado foi possível, principalmente, pela decisão visionária e pela flexibilidade da Direção da Escola de Engenharia, em 1999, que apostou na multidisciplinaridade e na pesquisa para produzir soluções compatíveis com a necessidade complexa do ensino tecnológico.

#### **A todos os que construíram o NMEAD**

A concretização desse projeto é o resultado da soma das individualidades de cada um e da infinidade de sonhos, desejos, idiossincrasias, teimosias, paciências, criatividade, intuições e racionalidades de todos os que estão hoje ou passaram pelo NMEAD ao longo desse tempo: professores, técnicos, alunos, bolsistas, parceiros, admiradores, amigos e até mesmo adversários, que fazem parte de um belíssimo aprendizado coletivo.

**Ao PGIE/UFRGS**, pelo acolhimento do projeto de trabalho que deu origem a esta tese.

**À Profa. Suzana Amoretti** que participou da etapa inicial da elaboração do projeto desta tese, contribuindo com a definição de autores e possibilidades.

**A Ana Luiza, Ana Maria Azevedo, Ana Maria Rosa, Paka, Rodrigo, Flávia, Paulinho, Diana, Diego, Marko, Cláudio, Marilda, Senna, alunos do prof. Fernando** que participaram do curso à distância e a todos os que ajudaram de alguma forma a conclusão do trabalho.

À **CAPES**, pelo suporte através do Projeto PAPERD.

**Ao orientador, Prof. Fernando Schnaid, e ao co-orientador, Prof. Jorge Campos,**  
um agradecimento especial pela paciência, disponibilidade, preciosíssimas contribuições,  
amizade e confiança.

## RESUMO

O trabalho contextualiza historicamente, descreve e discute características de um possível perfil cognitivo dos engenheiros, atualizando-o em relação às necessidades da sociedade e da cultura contemporâneas, com base no paradigma multidisciplinar das Ciências Cognitivas, apresentado a partir da obra *Como a mente funciona*, de Steven Pinker, e em pesquisa bibliográfica sobre autores da área de Engenharia. Busca analisar criticamente as necessidades do ensino contemporâneo de Engenharia, identificando estratégia didático-pedagógica compatível com as características descritas no perfil. A elaboração didática de projetos foi a estratégia escolhida, por apresentar a mesma estrutura cognitiva (raciocínios, operações mentais, comportamentos, atitudes e posturas) da atividade profissional, bem como por caracterizar um contexto integrado de conceitos teóricos, atividades práticas, tomadas de decisão e vivências que deverão constituir um apoio à consolidação da memória de longa duração dos alunos, e, por conseguinte, de seu aprendizado, segundo conceitos apresentados por Roger Schank na obra *Dynamic Memory Revisited*. O trabalho se desenvolve com a escolha de um modelo de curso à distância estruturado a partir do mesmo paradigma, para aplicar a estratégia escolhida. Trata-se do modelo *e-learning-by-doing*, apresentado por Roger Schank na obra *Designing world-class e-learning*. São descritas atividades de planejamento, implantação e análise qualitativa de resultados de um curso-piloto à distância (com o referido modelo), de elaboração didática de um projeto de Engenharia Geotécnica, com alunos de mestrado do Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob coordenação do prof. Fernando Schnaid. A experiência teve excelente receptividade e

aproveitamento dos alunos. O *framework* teórico-conceitual multidisciplinar mostrou-se enriquecedor, apontando possibilidades de continuidade da pesquisa sobre ensino de Engenharia, relacionadas ao aprofundamento do perfil dos engenheiros, ao uso didático-pedagógico de projetos e ao modelo *e-learning-by-doing*, todos eles com aplicação na prática docente e na formação de professores. O trabalho constituiu pesquisa para obtenção do título de doutor, no Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na linha de pesquisa Paradigmas para a Pesquisa sobre Ensino Científico e Tecnológico.

**Palavras Chave:** Ensino de Engenharia. Ciências Cognitivas. Perfil do Engenheiro. Projeto de Engenharia. Ensino à Distância. Epistemologia da Engenharia. Filosofia da Engenharia.

## ABSTRACT

This work describes and discusses engineering profile from historical, cultural and cognitive perspectives, in an attempt to fit contemporary needs based on the multidisciplinary paradigm of Cognitive Sciences. Emphasis is given to Steven Pinker's book *How the mind works* and other bibliographic research reported within the Engineering domain. Needs of contemporary Engineering education are analyzed, choosing a pedagogical strategy compatible with the described profile. Didactic project making was the chosen strategy - it comprises the same cognitive structure of the professional activity, including way of thinking, mental operations, behavior, attitude and states of mind. It can also be seen as a theoretical, practical, decision making and living context that supports long term memory consolidation and, as a consequence, supports the activity of learning, following ideas presented by Roger Schank's book *Dynamic Memory Revisited*. The work follows a distance learning course based on the same cognitive paradigm chosen to represent the adopted model and strategy. The strategy is based on e-learning-by-doing model introduced by Roger Schank's book *Designing world-class e-learning*, which is adopted to plan and to implement an experimental distance course for a project on Geotechnical Engineering, to masters students from the Civil Engineering Graduation Program at Federal University of Rio Grande do Sul, coordinated by professor Fernando Schnaid. The experience is reported and results are qualitatively analyzed with excellent responses from students in both participation and performance. Theoretical and conceptual multidisciplinary frameworks proved to be a reach framework to present and future research related to Engineering education, engineering profile, didactic use of projects

adopting the e-learning-by-doing model. This concept can be applied to graduate and undergraduate courses and to teachers' continuous education. The work is part of the requirements designed to obtain a PhD degree at the Informatics applied to Education Graduation Program (PPGIE), from Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Brazil, in the research line of "Paradigms for the Research on Scientific and Technological Education".

**Key-words:** Engineering Education. Cognitive Sciences. Engineering Profile. Engineering Projects. Distance Learning. Professional Profile, Epistemology of Engineering, Philosophy of Engineering.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa conceitual representando as Ciências Cognitivas .....	45
Figura 2 – Mapa conceitual resumindo modelo mental sugerido por Pinker .....	58
Figura 3 – Mapa conceitual resumindo conceitos de Schank sobre memória dinâmica e sobre o modelo didático <i>e-learning-by-doing</i> .....	68
Figura 4 – Imagens da ação da Engenharia, em vários momentos da História .....	69
Figura 5 – Valor agregado pela cultura ao produto da Engenharia .....	73
Figura 6 – Representação da crise do prestígio dos engenheiros contemporâneos .....	75
Figura 7 – Novas soluções exigem novas formulações da própria Engenharia .....	84
Figura 8 – Descrições de Pinker, sobre a espécie humana, são semelhantes à atividade dos engenheiros, de definir objetivos práticos e estratégias para realizá-los, como resolvedores de problemas .....	87
Figura 9 – Relação entre a definição de Pinker e a natureza individual e cultural dos engenheiros .....	90
Figura 10 – Relação entre Pinker e o estereótipo do engenheiro pouco emocional .....	92
Figura 11 – Sugestões de emoções envolvidas no trabalho do engenheiro, segundo Florman (1996) .....	95
Figura 12 – Os engenheiros, segundo Mitchan, não conceituam apenas verbalmente a complexidade, porque a Engenharia impõe uma epistemologia complexa, na prática .....	99
Figura 13 – Raciocínios utilizados na Engenharia são estruturados sobre a metodologia científica .....	107
Figura 14 – Relação entre o modelo mental descrito por Pinker e a necessidade de abstração da atividade do engenheiro .....	121

Figura 15 – Crenças, para Pinker, são informações inscritas na memória. Estas informações, para os engenheiros, para as decisões profissionais, seriam validadas através dos mesmos critérios da ciência .....	163
Figura 16 – Relação entre o modelo mental descrito por Pinker e um possível raciocínio de múltiplas naturezas, dos engenheiros .....	139
Figura 17 – Representação das necessidades de formação do engenheiro deste Século ....	145
Figura 18 – Mapa conceitual descrevendo características culturais, bem como estratégias cognitivas que fazem parte da atividade profissional do engenheiro .....	175
Figura 19 – Mapa conceitual sobre os elementos constituintes da atividade de elaboração de projeto .....	176
Figura 20 – Interface do cenário MICAP, produzido na plataforma MULTIMISE, com oferta de lista de ações necessárias à realização de um projeto de um microcaptador de poluentes a ser produzido para a indústria automobilística .....	179
Figura 21 – Interface da agenda com a indicação das ações realizadas, com datas (relativas) de início e fim, além do acesso aos resultados e indicação do estado em que se encontra a ação .....	180
Figura 22 – Representação da natureza criativa da atividade de projeto .....	183
Figura 23 – Representação da função de identificação dos limites dos projetos .....	186
Figura 24 – Representação da função de apoio à abstração da atividade de projeto .....	189
Figura 25 – Representação da função da estratégia de subdivisão de problemas, dos projetos .....	192
Figura 26 – Representação do conjunto de características que fazem de projeto uma atividade estruturadora da cognição do engenheiro e, portanto, uma estratégia pedagógica, na qual já estão identificadas as etapas de projeto que vão modelar o curso à distância (diagnóstico, equacionamento, síntese) .....	195
Figura 27 – Representação da comparação entre os projetos e as estruturas mentais de alto nível, de Schank, que através de seqüência de ações caracterizam o modelo do curso à distância .....	197
Figura 28 – Interface de entrada no curso, na plataforma Claroline ( <a href="http://www.ead.feeng.ufrgs.br">http://www.ead.feeng.ufrgs.br</a> ), onde foram feitos os registros, agenda, informações gerais, envio de trabalhos e acesso a plug-ins. A partir desta interface, os alunos acessaram ao ambiente de navegação através do roteiro didático .....	222

Figura 29 – Interface do ambiente de navegação através do roteiro didático, a partir das ações desenvolvidas para as três grandes etapas de “Diagnóstico”, “Equacionamento” “Simulação” (síntese) e “Apresentação final do projeto”. Disponível em <a href="http://www.nmead.ufrgs.br/projeto">http://www.nmead.ufrgs.br/projeto</a> .....	225
Figura 30 – Mapa conceitual representando todos os passos relativos aos projetos de Engenharia Geotécnica .....	227
Figura 31 – Interface de acesso à escolha de ações relacionadas à etapa de diagnóstico do problema principal do projeto. Os objetivos e observações foram disponibilizados através de pop-ups, a critério do acionamento do aluno .....	230
Figura 32 – Planilha inicial (de planejamento de atividades, prazos e custos). Imagem parcial da tela .....	267
Figura 33 – Planilha enviada ao final do curso, pelo mesmo aluno. Imagem parcial da tela .....	268
Figura 34 – Interface de acesso à Plataforma de Simulação Didática de Projetos de Engenharia, através da qual os professores poderão desenvolver cursos à distância, simulando todas as etapas e ações de um projeto completo (acessível em <a href="http://ead.feeng.ufrgs.br/plataforma">http://ead.feeng.ufrgs.br/plataforma</a> ) .....	299

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Planejamento da ação de leitura de textos sobre projetos de Engenharia .....	228 – 229
Quadro 2 – Planejamento da primeira ação da etapa de diagnóstico (ação de planejamento) .....	231 – 234
Quadro 3 – Planejamento da segunda ação da etapa de diagnóstico (identificação das condições / formulação de questões) .....	234 – 237
Quadro 4 – Planejamento da terceira ação da etapa de diagnóstico (consulta às fontes) .....	237 – 239
Quadro 5 – Planejamento da quarta ação da etapa de diagnóstico (preparação para discussão) .....	240 – 241
Quadro 6 – Planejamento da primeira ação da etapa de modelamento físico e equacionamento matemático (revisão do diagnóstico) .....	243 – 244
Quadro 7 – Planejamento da segunda ação da etapa de modelamento físico e equacionamento matemático (Cálculo de magnitude e tempo de recalques) .....	245 – 246
Quadro 8 – Planejamento das ações da etapa de síntese (simulações) .....	247 – 249
Quadro 9 – Planejamento das ações da etapa de apresentação final do projeto .....	250 – 252
Quadro 10 – Identificação de aspectos cognitivos e outros elementos de aprendizagem, a partir da observação do chat .....	273 – 284
Quadro 11 – Interpretação relativa à consolidação de memória de longa duração .....	287 – 291

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	21
1.1	APRESENTAÇÃO: UM PERFIL, UMA ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA, UM MODELO DE ENSINO À DISTÂNCIA .....	21
1.2	ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO DO TRABALHO .....	26
1.3	OBJETIVOS DO TRABALHO .....	27
1.4	METODOLOGIA: PESQUISA EMPÍRICA E BIBLIOGRÁFICA, TENDO COMO FIO CONDUTOR AS CIÊNCIAS COGNITIVAS .....	29
1.5	QUESTÕES DE PESQUISA .....	33
1.6	HIPÓTESES .....	35
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	38
2.1	CIÊNCIAS COGNITIVAS: UMA VISÃO INTERDISCIPLINAR .....	39
2.2	PINKER: COMPUTADOR NEURAL QUE IDENTIFICA OBJETIVOS E ESTRATÉGIAS PARA OBTÊ-LOS .....	45
2.2.1	<b>Inteligência: processamento de símbolos de naturezas informacional e causal</b> .....	48
2.2.2	<b>Operações mecânicas e/ou conceituais: valor da informação é construção social ou individual</b> .....	50
2.2.3	<b>Mecanismos inatos para viabilizar processamento modular e estruturação do conhecimento</b> .....	53
2.3	SCHANK: MEMÓRIA COMO FUNDAMENTO DO APRENDIZADO .....	58

2.3.1	<b>Estruturação dinâmica da memória de longo prazo</b> .....	60
2.3.2	<b>Contextualização histórica da idéia de aprendizado pela prática</b> .....	62
2.3.3	<b>Atualização do conceito para ensino à distância: <i>e- learning-by-doing</i></b> .....	65
3	<b>EM BUSCA DO PERFIL DO ENGENHEIRO</b> .....	69
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICO-CULTURAL - ENGENHARIA: INSTINTO INATO DA ESPÉCIE HUMANA .....	69
3.1.1	<b>Crise no prestígio profissional: ecologia, pacifismo, movimentos anti- tecnologia</b> .....	75
3.2	IDENTIDADE DO ENGENHEIRO – CARACTERÍSTICAS INDIVIDUAIS: <i>BRICOLADOR</i> POR NATUREZA .....	87
3.2.1	<b>Resolvedores de problemas</b> .....	90
3.2.2	<b>Emoções: aceitação do desafio, orgulho profissional</b> .....	92
3.2.3	<b>Criatividade dirigida à utilidade</b> .....	96
3.2.4	<b>Ator social que identifica objetivos e estratégias: a filosofia na prática</b> .....	99
3.2.5	<b>Consciência crítica sobre o perfil vocacional</b> .....	104
3.3	IDENTIDADE DO ENGENHEIRO - EXIGÊNCIA PROFISSIONAL: CIENTISTA POR FORMAÇÃO .....	107
3.3.1	<b>Capacidade de formular e resolver problemas multidisciplinares e complexos</b> .....	109
3.3.2	<b>Representações mentais e gráficas da percepção do mundo tri-dimensional</b> .....	114
3.3.3	<b>Abstrações: cálculos, modelos e simulação de operações</b> .....	116
3.3.4	<b>Universo teórico-metodológico-epistemológico: a ciência</b> .....	122
3.3.5	<b>Método científico: raciocínio e estratégias de operação</b> .....	127
3.3.6	<b>Paradigma da incerteza também impõe flexibilidade</b> .....	136

3.3.7	<b>Problemas dentro de problemas (módulos dentro de módulos)</b> .....	139
3.3.8	<b>Como a mente – do engenheiro – funciona</b> .....	142
4	<b>EM BUSCA DE ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA ADEQUADA ÀS NECESSIDADES DO PERFIL IDENTIFICADO</b> .....	145
4.1	NECESSIDADES DO ENSINO CONTEMPORÂNEO DE ENGENHARIA .....	145
4.1.1	<b>Mudanças na matriz tecnológica</b> .....	147
4.1.2	<b>O engenheiro no mundo pós-industrial: velhas e novas exigências na cultura profissional</b> .....	152
4.1.3	<b>Agregação de tecnologia educacional informatizada ao ensino de Engenharia</b> .....	156
4.1.4	<b>Ensino à distância no ensino de Engenharia</b> .....	159
4.1.5	<b>Modelos pedagógicos aplicados à Engenharia</b> .....	162
4.2	PROJETO: ESTRATÉGIA PARA APLICAÇÃO DE MODELO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO FLEXÍVEL, INSERIDA NA CULTURA DE ENGENHARIA .....	169
4.2.1	<b>O software educacional MULTIMISE para simulação de projetos de Engenharia</b> .....	176
4.3	O PROJETO COMO ATIVIDADE ESTRUTURADORA DA COGNIÇÃO DO ENGENHEIRO .....	181
4.3.1	<b>Projetar é ...criar para a utilidade</b> .....	183
4.3.2	<b>... trabalhar em equipe</b> .....	184
4.3.3	<b>... aprender a identificar as limitações e selecionar informações (diagnóstico)</b> .....	186
4.3.4	<b>... exercitar a representação mental e a capacidade de abstração para inter-relacionar modelos físicos e operações matemáticos (equacionamento)</b> .....	189
4.3.5	<b>... exercitar uma cadeia de operações, simulações, escolhas e tomadas de decisões: síntese (problemas e sub-problemas)</b> .....	192

4.3.6	<b>... ensinar a mente a pensar e fazer Engenharia: estratégia didático-pedagógica</b> .....	195
4.3.7	<b>Contexto de apoio à aprendizagem para estruturar memória de longa duração</b> .....	197
5	<b>UM MODELO DE ENSINO À DISTÂNCIA (E-LEARNING-BY-DOING) APLICADO À ESTRATÉGIA ESCOLHIDA: PLANEJAMENTO E IMPLANTAÇÃO DA EXPERIÊNCIA-PILOTO</b> .....	200
5.1	<b>AS ETAPAS DE ELABORAÇÃO DE UM PROJETO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO DE ENGENHARIA: DIAGNÓSTICO, MODELO FÍSICO/EQUACIONAMENTO FÍSICO, SÍNTESE</b> .....	203
5.1.1	<b>Primeira etapa - diagnóstico: definir limites e necessidades, diminuir incertezas</b> .....	207
5.1.2	<b>Segunda etapa: modelo físico e equacionamento matemático</b> .....	212
5.1.3	<b>Terceira etapa: síntese</b> .....	216
5.1.4	<b>Quarta etapa – apresentação e implantação da solução</b> .....	220
5.2	<b>DESENVOLVIMENTO DO CURSO-PILOTO</b> .....	221
5.2.1	<b>Descrição do curso: ações relacionadas à reflexão sobre os projetos e a Engenharia em geral</b> .....	227
5.2.2	<b>Ações relacionadas à etapa de Diagnóstico</b> .....	230
5.2.3	<b>Ações relacionadas à etapa de Modelamento Físico e Equacionamento Matemático/Revisão do Diagnóstico</b> .....	242
5.2.4	<b>Ações relacionadas à etapa de síntese (operação, análise e simulação com parâmetros)</b> .....	247
5.2.5	<b>Ações relacionadas à etapa de apresentação final do projeto</b> .....	249
5.3	<b>IMPLANTAÇÃO DE EXPERIÊNCIA-PILOTO: ANÁLISES, AVALIAÇÕES, RESULTADOS</b> .....	253
5.3.1	<b>Ensino à distância na Engenharia: cultura incipiente, importância de modelos adequados, interatividade e tutoria</b> .....	257

<b>5.3.2</b>	<b>Simulação da atividade real (aprendizado pela prática) no ambiente virtual .....</b>	<b>261</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Aprender pela correção dos próprios erros .....</b>	<b>266</b>
<b>5.3.4</b>	<b>Falta de formação para a observação sistêmica do projeto .....</b>	<b>270</b>
<b>5.3.5</b>	<b>Operações cognitivas, criatividade, identidade profissional .....</b>	<b>272</b>
<b>5.3.6</b>	<b>Consolidação de memória de longa duração .....</b>	<b>285</b>
<b>5.3.7</b>	<b>O aprendizado pela prática (da pesquisadora) com a implantação do curso-piloto .....</b>	<b>293</b>
<b>5.3.8</b>	<b>Continuidade do trabalho .....</b>	<b>298</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>300</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>307</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO: UM PERFIL, UMA ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA, UM MODELO DE ENSINO À DISTÂNCIA

Esta tese sintetiza o trabalho realizado junto à linha de pesquisa Paradigmas para o Ensino Científico e Tecnológico, do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, PGIE, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, aplicada ao Ensino de Engenharia, sob orientação do professor Fernando Schnaid e co-orientação do professor Jorge Campos da Costa.

A abordagem do Ensino de Engenharia levará em conta três grandes temas, recorrentes na bibliografia relacionada à pesquisa da área:

- o perfil do engenheiro e suas possíveis alterações ao longo da história;
- estratégias didático-pedagógicas de base cognitiva para a formação dos engenheiros;
- agregação de tecnologia educacional informatizada ao ensino de Engenharia: busca de um modelo de ensino à distância compatível com as necessidades do perfil e da estratégia.

A pesquisa teve como objetivo final a escolha, implementação e aplicação-piloto de uma estratégia didático-pedagógica integrada à cultura educacional da Engenharia, identificada com o perfil do profissional desta área e fundamentada no apoio ao processo cognitivo dos estudantes, a qual pudesse se mostrar suficientemente flexível para atender

necessidades de formação do engenheiro contemporâneo (ABET, 2002; MILITITSKY, 1998), em atividade de ensino à distância. Teve como fundamento teórico a visão multidisciplinar das Ciências Cognitivas para balizar todas etapas, teóricas e práticas do trabalho, que podem ser sintetizadas nos seguintes itens:

- identificação e descrição de elementos culturais e cognitivos possivelmente presentes no perfil do profissional de Engenharia;
- escolha e fundamentação pedagógica de uma estratégia de ensino adequada às necessidades do perfil descrito, capaz de apoiar o processo cognitivo dos alunos: a elaboração didática de projetos de Engenharia;
- escolha de um modelo de curso-piloto à distância para a realização didática de um projeto de Engenharia: o modelo *e-learning-by-doing* (SCHANK, 2002a).

O ensino à distância é a modalidade educacional escolhida com base nas suposições de que sintetiza experiências de agregação de tecnologia informatizada ao ensino de Engenharia, ao mesmo tempo em que estimula o aprendizado autônomo, independentemente da presença permanente de um professor. Tomou-se como pressuposto que este tipo de ensino à distância, via Internet, autônomo e independente, deverá fazer parte da cultura de formação continuada dos futuros engenheiros, ao longo de toda sua vida profissional (SCHNAID; BARBOSA; TIMM, 2001). Todas essas características – agregação de tecnologia educacional informatizada, estímulo ao aprendizado autônomo e formação continuada dos engenheiros profissionais - atendem a características descritas como desejáveis ao perfil do engenheiro e às necessidades do ensino contemporâneo (ABET, 2002; MILITITSKY, 1998).

O trabalho foi realizado ao longo de três anos de acompanhamento da disciplina Ensaaios Geotécnicos, de graduação e mestrado da Escola de Engenharia da UFRGS, sob coordenação do prof. Schnaid. Durante esse tempo, foram realizadas diferentes experiências

didático-pedagógicas relatadas em Timm, Schnaid e Ferreira Fº. (2003b), e produzido um acervo de mídias áudio-visuais contendo diversos tipos de representação do conteúdo relativo aos temas que compõem essa disciplina: vídeos, lâminas, livros, web-site.

A atividade de elaboração de projetos de Engenharia foi escolhida como estratégia de ensino, como resultado do acompanhamento da atividade docente, por ser compatível com a cultura da Engenharia, suficientemente flexível para permitir aos professores agregar conteúdos teóricos e práticos à experiência didática (CASTRO; NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001), além de outras posturas profissionais e habilidades desejáveis ao exercício profissional da Engenharia, como trabalho em equipe, noção de gestão, consciência ambiental e de cidadania, entre outras. Do ponto de vista de apoio cognitivo, esta estratégia pedagógica foi escolhida por considerar-se que os projetos de Engenharia podem apoiar o estudante a estruturar as formas prioritárias de adquirir, operar e validar conhecimentos necessários ao exercício da profissão (TIMM et al., 2004). Considerou-se que a elaboração de projetos reproduz, para os alunos, um laboratório didático de operações cognitivas da mesma natureza do universo profissional do próprio engenheiro, como por exemplo:

- identificação de objetivos e suas contingências de várias naturezas;
- metodologia científica;
- raciocínios do tipo dedutivo, indutivo e abduutivo;
- representação e operação mental apoiada em modelos físicos e matemáticos;
- estratégias de solução pela decomposição de problemas em problemas menores;
- cadeia de tomadas de decisões inter-relacionadas;
- implicações técnicas, econômicas e de gestão envolvidas nas soluções;

A associação entre a natureza dos processos cognitivos característicos dos projetos e da prática profissional do engenheiro será apresentada com base em pesquisa bibliográfica de autores da área de Engenharia (BAZZO; PEREIRA, 1996; CASTRO; NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001; FERGUSON, 2001; FLORMAN, 1996; MER, 2003; MITCHAM, 2002; VINCK, 2003; WHITE, 2002; WULF; FISHER, 2003). A pesquisa bibliográfica sobre esses autores foi associada a elementos que fazem parte da descrição do funcionamento da mente humana, feita por Pinker (1998), um dos autores da área de Ciências Cognitivas apresentado nesta tese.<sup>1</sup> Pretendeu-se relacionar a reflexão sobre a natureza cultural, cognitiva e filosófica da Engenharia com as descrições da Ciência Cognitiva sobre os processos humanos de aquisição, processamento e validação de conhecimento.

Ainda sobre a natureza cognitiva dos projetos de Engenharia, levanta-se a suposição de que, além de reproduzirem operações da mesma natureza da atividade profissional, caracterizam contextos de aprendizado teórico e prático mediado por vivências de inter-relações pessoais e tecnológicas e podem, por isso, constituir uma forma de aprendizado semelhante ao que foi descrito como *estrutura cognitiva de alto nível, de apoio à consolidação de memória de longa duração*, segundo a Teoria da Memória Dinâmica (SCHANK, 1999). Esta suposição corrobora a função pedagógica dos projetos como estratégia de ensino e dá apoio conceitual ao modelo de ensino à distância escolhido: o modelo *e-learning-by-doing* (SCHANK, 2002a), o qual é baseado na simulação de atividades práticas em ambientes virtuais que apresentam uma seqüência de ações a serem realizadas para atingir o objetivo final do curso. Para realizar essas ações, o aluno tem a seu dispor o acesso aos conteúdos necessários que, neste caso, foram apresentados através de recursos de mídia desenvolvidos para a disciplina.

---

<sup>1</sup> Resumo das obras utilizadas de Steven Pinker (1998) e Roger Schank (1999, 2002a) será apresentado no Capítulo 2 - Fundamentação teórica.

A inter-relação entre os elementos cognitivos da formação dos engenheiros e as proposições feitas pelas Ciências Cognitivas para explicar o funcionamento da mente humana constitui a parte conceitual deste trabalho e pretende contribuir para a identificação de um *framework* teórico-metodológico que poderá apoiar futuros trabalhos multidisciplinares de pesquisa sobre o ensino de Engenharia, através dos quais seja possível realizar novas e mais completas reflexões conceituais sobre o perfil do estudante dessa área, bem como desenvolver instrumentos para validar, invalidar ou complementar as suposições aqui levantadas<sup>2</sup>.

Este trabalho apresentou, como resultado prático, a aplicação do modelo *e-learning-by-doing* (SCHANK, 2002a), para o desenvolvimento e implantação de experiência-piloto de curso à distância cujo conteúdo é a simulação didática da realização de um projeto completo de Engenharia Geotécnica. O relato sobre o planejamento, o desenvolvimento da versão experimental do curso, em outubro de 2004, com alunos de mestrado da disciplina Investigação Geotécnica, constitui a parte final deste trabalho.<sup>3</sup>

Resultados da observação do curso-piloto, pela autora da tese, por dois engenheiros da área e pelos próprios alunos, serão apresentados como ilustração das hipóteses levantadas e como elementos de avaliação qualitativa do trabalho, que aponta, nas suas conclusões, para a continuidade da pesquisa conceitual e prática, através de instrumentos de observação e monitoramento da atividade do aluno, durante a realização dos projetos, bem como da validação dos elementos descritos no perfil cognitivo. Aponta ainda para a continuidade do desenvolvimento e para a inclusão de melhorias no modelo de curso sugerido, através de uma

---

<sup>2</sup> Instrumentos de monitoramento e avaliação dos processos de ensino-aprendizagem, eficiência de softwares e mídias, bem como desenvolvimento de ambientes educacionais virtuais de apoio aos processos cognitivos do aluno vêm sendo pesquisados de forma interdisciplinar, integrando as áreas de Neurociência, Psicologia, Pedagogia, Informática, Engenharia e Inteligência Artificial, pelo grupo nucleado em torno da linha de pesquisa.

<sup>3</sup> Em novembro de 2004, em função de apoio recebido da CAPES, através do projeto PAPED/2004, foi agregado um novo objetivo a esta tese, complementar aos objetivos apresentados à banca de qualificação do projeto: o desenvolvimento de uma plataforma de simulação didática de cursos à distância de projeto de Engenharia, no modelo *e-learning-by-doing*, que será utilizada futuramente por professores de Engenharia.

plataforma de simulação didática de projetos de Engenharia, na forma de cursos à distância, que possam ser desenvolvidos e aplicados futuramente pelos professores de Engenharia, legítimos usuários e avaliadores finais do resultado prático da pesquisa, na atividade docente.

## 1.2 ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O Capítulo 1, de Introdução, apresenta o tema da tese e sua estrutura formal: objetivos, metodologia de trabalho, questões de pesquisa e hipóteses.

O Capítulo 2 apresenta o embasamento teórico do trabalho, introduzindo as Ciências Cognitivas em geral, como metodologia de abordagem multidisciplinar e, em especial, os autores Steven Pinker (para apoiar a reflexão sobre o perfil dos engenheiros) e Roger Schank (para dar suporte à fundamentação pedagógico-cognitiva e apoiar a escolha do modelo de curso à distância: *e-learning-by-doing*).

O Capítulo 3 inicia o desenvolvimento da tese, apresentando a pesquisa pelo perfil do engenheiro, a partir da contextualização histórico-cultural da Engenharia (itens 3.1), das características individuais do engenheiro (itens 3.2) e das exigências da formação profissional (itens 3.3).

O Capítulo 4 apresenta a pesquisa sobre o ensino contemporâneo de Engenharia e contextualiza, do ponto de vista cognitivo e pedagógico, a escolha da estratégia de elaboração de projetos como a mais indicada para atender às necessidades de formação desse profissional, relacionando-a com o perfil descrito no capítulo anterior.

No Capítulo 5 tem início a atividade prática do trabalho, através da descrição das etapas de planejamento, desenvolvimento e implantação da experiência-piloto de curso à distância de elaboração de projeto de Engenharia Geotécnica, no modelo de base cognitiva escolhido (*e-learning-by-doing*).

No Capítulo 6, são apresentadas as conclusões do trabalho, relacionadas aos objetivos e hipóteses propostas.

### 1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

- Identificar as necessidades apontadas pela pesquisa da área de ensino de Engenharia relativas ao perfil desejável do profissional desta área.

- Refletir sobre a identidade cultural e profissional do engenheiro, com base na bibliografia da área.

- Identificar elementos constituintes da forma de pensar dos engenheiros, incluindo tipos de raciocínios e operações mentais, emoções e motivações características da sua cultura de identificação e resolução de problemas, de forma a sugerir um possível perfil cognitivo relacionado ao engenheiro e seu trabalho, com base em formulações das Ciências Cognitivas (PINKER, 1998) sobre o funcionamento da mente humana.

- Identificar e analisar uma estratégia pedagógica para o ensino de Engenharia compatível com o perfil cognitivo e cultural descrito, bem com as necessidades de formação do profissional dessa área, cuja utilização seja fundamentada no apoio ao processo cognitivo dos alunos, com base em formulações das Ciências Cognitivas (SCHANK, 1999) sobre a

natureza do aprendizado humano. A estratégia escolhida é a atividade de elaboração de projetos.

- Identificar e implantar modelo de ensino à distância compatível com a estratégia pedagógica definida, também fundamentado no apoio ao processo cognitivo dos alunos, com base na formulação das Ciências Cognitivas. O modelo escolhido foi *e-learning-by-doing* (SCHANK, 2002a).

- Desenvolver ambiente educacional com recursos de hipermídia interativa para um curso à distância de realização de um projeto de Engenharia Geotécnica, estruturado segundo os conceitos apresentados pelo modelo escolhido de ensino à distância.

- Implantar experiência-piloto de curso à distância para a realização de um projeto de Engenharia Geotécnica, a partir do ambiente desenvolvido segundo o modelo proposto.

- Avaliar qualitativamente a adequação do modelo, a partir de observações de alunos e observadores da experiência-piloto do curso à distância.

- Avaliar a experiência-piloto com base nas suposições sobre o a identidade cultural e profissional, bem como sobre a adequação a um suposto perfil cognitivo da profissão.

- Apontar para a continuidade da pesquisa, no escopo da investigação sobre as especificidades do ensino de Ciência e Tecnologia e do ensino à distância.

- Desenvolver uma plataforma de simulação didática de projetos de Engenharia, que será apresentada a professores da área, para aplicação e validação futura<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Ver nota 3.

#### 1.4 METODOLOGIA: PESQUISA EMPÍRICA E BIBLIOGRÁFICA, TENDO COMO FIO CONDUTOR AS CIÊNCIAS COGNITIVAS

O trabalho da pesquisa foi realizado de forma exploratória, buscando soluções teóricas e práticas que pudessem dar conta das indagações e necessidades surgidas ao longo da pesquisa bibliográfica, da observação empírica da autora sobre o trabalho realizado na Escola de Engenharia da UFRGS e do acompanhamento sistemática de três edições da disciplina *Investigações Geotécnicas* (2002/2, 2003/2, 2004/2), para alunos formandos e mestrandos do curso de Engenharia Civil da mesma Escola. Este acompanhamento incluiu atividades informais de observação das aulas e também entrevistas e eventuais gravações em vídeos dos trabalhos dos alunos e do professor.

Simultaneamente à observação e ao acompanhamento, buscou-se aprofundar a contextualização do problema do ensino de Engenharia a partir de pesquisa bibliográfica relacionada à área, procurando-se identificar os elementos constituintes do problema de sua formação, o que foi feito através de pesquisa bibliográfica de autores e instituições ligados à área de Engenharia, entre os quais Milititsky (1998); Abet (2002); Bazzo e Pereira (1996); Florman (1996); Ferguson (2001); Castro, Naveiro e Oliveira (2001), Mitcham (2002); White (2002); Mer (2003); Vinck (2003); Wulf e Fisher (2003).

Para definir possíveis categorias de natureza cultural, psicológica, epistemológica e cognitiva, característicos do engenheiro enquanto natureza individual e/ou social, descritos na bibliografia, as quais deram origem às questões de trabalho da tese, recorreu-se ao estudo do universo teórico e conceitual das Ciências Cognitivas, como forma de identificar esses elementos, balizar interpretações plausíveis, levantar hipóteses e, inclusive, apontar para futuras possibilidades de aprofundamento da pesquisa sobre esses elementos tão diversos. O

autor escolhido para estruturar esse fio condutor foi Steven Pinker<sup>5</sup> (1998), não por ser a fonte primeira de conceitos e modelos originais de funcionamento da mente humana que descreve, mas por ter reunido, em uma única obra, de forma compreensível a não estudiosos das Ciências Cognitivas, um universo conceitual que serviu como uma espécie de *espelho* para a reflexão sobre um possível perfil cognitivo e cultural dos engenheiros e da Engenharia, bem como para a identificação e descrição de elementos que fazem parte desse perfil na atividade de elaboração de projetos de Engenharia.

Tanto a natureza multidisciplinar do Programa onde foi estruturado, como a diversidade de formações que caracterizam a interação entre a autora (jornalista e professora de Comunicação Social), o orientador (engenheiro civil e professor desta área) e o co-orientador (lingüista e professor da área de Lógica e Ciências Cognitivas) identificam, de imediato, a principal característica da pesquisa realizada: o uso de múltiplas abordagens. Se tal característica atende à natureza do conhecimento preconizado para atender ao universo multifacetado que representa a complexidade da cultura educacional do Século XXI, as múltiplas abordagens acarretam também múltiplas dificuldades, a principal delas sendo a falta de um paradigma preciso, de uma trajetória de pesquisa já trilhada e de critérios de validação consolidados.

Nesse sentido, o trabalho assume o risco da abertura de caminhos que talvez não possam ser, neste momento, exaustiva ou conclusivamente percorridos, porque dependem, como se verá, de que se desenvolvam instrumentos de observação, medição e interpretação adequados, em futuras pesquisas e futuras teses e dissertações, preferencialmente realizadas por aqueles a quem se destina, na prática, esse esforço: os professores das áreas científica e tecnológica, em especial os professores de Engenharia.

---

<sup>5</sup> Ver nota 1.

Ao longo do processo de elaboração conceitual do trabalho, optou-se por não priorizar o desenvolvimento de instrumentos de pesquisa que pudessem contribuir para a validação do perfil do engenheiro desenhado pela pesquisa bibliográfica, tendo em vista que esta decisão constituiria, na prática, um ramo com vida própria no universo da pesquisa pretendida (em termos de tempo de planejamento e implementação). Assim, a primeira das direções apontadas para a continuidade e o aprofundamento da pesquisa sobre as necessidades de formação do engenheiro contemporâneo, consolidadas no âmbito desta tese é exatamente o *aprimoramento da elaboração do perfil cultural e cognitivo dos engenheiros*, como forma de identificar alunos com esse perfil (a exemplo de outras profissões, como música, educação física, teatro ou psicologia, que realizam testes antes do ingresso formal na profissão) e também de desenvolver entre eles todas as características cognitivas e habilidades requeridas, além de outras, que podem complementá-las, por exigência da complexidade da sociedade atual e por exigência de uma educação mais humanizada.

Outros autores das Ciências Cognitivas foram pesquisados e constituem parte dessa sugestão para trabalhos futuros sobre esse perfil e suas implicações de natureza educacional. Em especial Johnson-Laird (1983), cuja abordagem a respeito do processamento cognitivo através de modelos mentais pode representar um significativo avanço na compreensão da complexidade do processamento cognitivo dos conteúdos de Engenharia, visando o desenvolvimento de futuros modelos de softwares e de Inteligência Artificial aplicados a ambientes virtuais de ensino de Engenharia.

Uma vez identificadas as características cognitivas possivelmente presentes na profissão dos engenheiros e sua equivalência na atividade profissional de realização de projetos, buscou-se fundamentar a utilização didática dos projetos como estratégia pedagógica, também no âmbito das

Ciências Cognitivas, tendo-se optado por Schank<sup>6</sup> e sua Teoria da Memória Dinâmica (1999) que identifica a consolidação da memória de longa duração como a atividade básica da aprendizagem. Dentro do escopo dos conceitos propostos por ele, lançou-se a hipótese de que os projetos constituam um contexto complexo cuja vivência, pelo aluno, estimularia a estruturação da memória de longa duração dos conteúdos teóricos e práticos ali apreendidos.

A escolha deste autor e de sua fundamentação conceitual também apontam para a continuidade e aprofundamento desta pesquisa, através do aprimoramento de instrumentos de monitoramento neural e/ou comportamental da memória de longa duração, através da Neurociência e da Psicometria, ambas as áreas em fase de constituição no âmbito da linha de pesquisa onde a tese se insere.

A escolha da fundamentação pedagógica do uso de projetos através da Teoria da Memória Dinâmica (SCHANK, 1999) levou à escolha do modelo de ensino à distância desenvolvido pelo mesmo autor: *e-learning-by-doing*, proposto por Schank (2002a). Este modelo, que estrutura o conteúdo de um ambiente virtual através das ações que o constituem, foi também identificado em experiência semelhante (embora não identificada explicitamente com esta origem conceitual, nem disponível para ensino à distância) no software MULTIMISE, dos professores Philippe Davoine e Bruno Debray, da École de Mines Saint Etienne (EMSE), na França, que viabiliza a criação de roteiros didáticos relacionados à emulação de todo o processo de elaboração de um projeto de Engenharia Mecânica e será usado para efeito de análises e exemplos.

Uma vez que se pesquisou o perfil do aluno e se escolheu uma estratégia pedagógica compatível com este perfil (elaboração didática de projeto), definiu-se o tipo de atividade

---

<sup>6</sup> Ver nota 1.

educacional desejada (EAD) e o modelo para implantar a estratégia (*e-learning-by-doing*), partiu-se para o planejamento e implantação do ambiente virtual integrando todas essas necessidades.

Foram definidas, juntamente com o professor Schnaid, três grandes etapas de projeto, bem como suas respectivas ações constituintes, relacionadas ao projeto de *Dimensionamento da magnitude dos recalques e tempo de adensamento do pátio de estacionamento de aeronaves do Aeroporto Internacional Salgado Filho*, de Porto Alegre, para o qual já existiam uma série de seis vídeos, conjuntos de lâminas e de audiovisuais, dois livros de autoria do próprio professor, disponíveis via Internet e na Biblioteca, além de outras indicações bibliográficas. O conjunto de ações e material didático foi disponibilizado em uma versão-piloto, a qual também integrou a definição de objetivos de cada etapa e de cada atividade. O ambiente foi testado em experiência a distância, em outubro de 2004, com alunos de Mestrado em, Engenharia Civil da UFRGS e participação remota do professor Fernando Schnaid<sup>7</sup> em atividades síncronas e assíncronas.

Os resultados da experiência-piloto, acompanhados de informações tiradas de questionário específico, respondido pelos alunos e pelos observadores do curso, são relatados nesta tese, analisados à luz das formulações conceituais e da observação empírica.

## 1.5 QUESTÕES DE PESQUISA

As questões a seguir foram formuladas ao longo do trabalho de pesquisa, de maneira que a busca pelas respostas constituiu uma parte da metodologia do trabalho, estabelecendo hipóteses e indicando direções.

---

<sup>7</sup> Na época, o professor Schnaid encontrava-se em Londres, tendo sido, portanto, uma experiência real de ausência do professor ao longo de todo o curso.

O primeiro conjunto de questões contém questões de natureza geral, reflexivas em relação à própria Engenharia e ao engenheiro, suas características individuais e sua inserção na sociedade, suas formas prioritárias de raciocínio e estratégias de resolução de problemas.

- O que é Engenharia?
- Quem é o engenheiro e qual seu papel na sociedade?
- Quais são as emoções características do trabalho do engenheiro?
- É possível delinear um perfil cognitivo do engenheiro?
- Qual é o universo conceitual-epistemológico que constitui o conhecimento de Engenharia?
- Como se estrutura o conhecimento de Engenharia?
- Como o engenheiro raciocina?
- Com base em quais crenças o engenheiro adquire e valida novos conhecimentos?
- Qual a principal estratégia de solução de problemas dos engenheiros?

O segundo bloco de questões remete à inserção das reflexões sobre a Engenharia e o engenheiro no contexto das necessidades específicas do ensino de Engenharia, bem como à fundamentação das escolhas feitas durante a pesquisa, para serem aplicadas na formação dos engenheiros.

- Quais são as necessidades do ensino de Engenharia contemporâneo?
- Como as necessidades relacionadas ao ensino de Engenharia remetem à discussão sobre a identidade dos engenheiros?

- Como as Ciências Cognitivas podem contribuir para a compreensão do perfil do engenheiro, visando definir necessidades de sua formação?
- Qual a estratégia pedagógica que contém as características cognitivas do perfil de um engenheiro identificadas na questão anterior? Por quê?
- A estratégia pedagógica identificada é suficientemente flexível para permitir a inserção de novas características cognitivas, competências, habilidades ou atitudes a serem estimuladas ou desenvolvidas na formação do profissional de Engenharia?
- Existe uma fundamentação para o uso didático-pedagógico da estratégia escolhida (realização didática de projetos de Engenharia), do ponto de vista de apoio à cognição?
- Qual modelo cognitivo poderia ser usado em curso à distância, compatível com a demanda do perfil cognitivo e da estratégia pedagógica desejada, de elaboração de um projeto de Engenharia?

## 1.6 HIPÓTESES

- A descrição de um possível perfil cognitivo relacionado à profissão do engenheiro e à elaboração de projetos de Engenharia é compatível com o modelo de mente-modular-computacional descrito por Pinker (1998).
- A elaboração de projetos de Engenharia constitui uma ferramenta pedagógica capaz de emular didaticamente os processos cognitivos fundamentais ao profissional de Engenharia, constituindo-se em um possível módulo cognitivo da formação do engenheiro, por conter elementos cognitivos relacionados às principais características da profissão, integrando de

forma dinâmica e criativa conhecimentos teóricos e práticos complexos, representando solução desejável para as necessidades de adequação do ensino de Engenharia às transformações contemporâneas.

– Os projetos de Engenharia são estruturas flexíveis para integrar elementos de natureza multidisciplinar e complexa, relacionados à cultura profissional de Engenharia, comportando, enquanto elementos didáticos, a mesma flexibilidade para integrar conteúdos teóricos e práticos de todas as áreas afins à atividade profissional, como por exemplo as questões ambientais, as questões de gestão de negócios e de pessoal, a ética e o trabalho em equipe, de forma compatível com as exigências da sociedade e da economia do Século XXI.

– A elaboração de projetos de Engenharia é uma atividade compatível com o desenvolvimento de modelos pedagógicos que apóiam a estruturação cognitiva dos alunos desta área.

– O desenvolvimento de um curso à distância com base no modelo *e-learning-by-doing* proposto por Schank (1999, 2002a), é uma atividade compatível com a elaboração de projetos de Engenharia, como estrutura cognitiva de apoio à organização e atualização dinâmica da memória de longo prazo.

- É possível modelar didaticamente, de forma interativa, através de um ambiente informatizado, com recursos de hipermídia interativa e estruturado em termos do modelo *e-learning-by-doing*, o conjunto de conhecimentos teóricos e práticos necessários à realização de um projeto de Engenharia, na forma de um curso à distância.

Em síntese, as hipóteses formuladas constituem o norte da pesquisa pela identificação de um perfil multidisciplinar dos possíveis aspirantes à profissão de engenheiro, das exigências da formação profissionais e das necessidades envolvidas no ensino dessa profissão

técnico-científica. Apresentam a escolha de estratégia pedagógica para atender estas necessidades. Encaminham e fundamentam a aplicação de modelo didático-pedagógico, de base cognitiva, para curso à distância via Internet, tendo como tema a estratégia escolhida (elaboração de projetos).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Uma vez identificado o foco da pesquisa, procurou-se definir um universo teórico para guiar as reflexões sobre as características do ensino de Engenharia, buscando compreender melhor quem é o profissional desta área e quais as características de seu trabalho. Da mesma forma, foi necessário escolher um universo conceitual para dar sustentação ao trabalho prático pretendido, que incluía a identificação e implantação de uma estratégia didático-pedagógica compatível com a área de Engenharia, flexível para poder integrar necessidades didáticas de naturezas diversas, que representasse um apoio à estruturação cognitiva dos alunos e, simultaneamente, pudesse ser modelada em um ambiente virtual de ensino à distância.

Este universo teórico foi o das Ciências Cognitivas, escolhidas principalmente pela sua característica multidisciplinar, que de imediato dialogou com a natureza pretendida na pesquisa, de múltiplas abordagens. Além disso, trata-se de um paradigma flexível, que abre possibilidades de identificação e descrição de processos cognitivos em geral, apontando para as detalhes relacionados à influência das operações envolvidas nos processamentos mentais relacionados à aquisição de conhecimento, para as condicionantes cerebrais que os limitam e/ou potencializam e também para as variáveis culturais que os influenciam, (neste caso, a própria prática da Engenharia e o seu ensino).

As Ciências Cognitivas abrem possibilidades de que se possa descrever processos cognitivos, apontando para a observação empírica da identificação e modelamento desses processos, através da descrição, da produção de softwares, da implementação em máquinas inteligentes ou, no caso deste trabalho, dando suporte à estruturação de um conteúdo didático-

pedagógico. Esta característica de identificar, descrever e modelar operações mentais constitui-se na base de programas de pesquisa em Inteligência Artificial, e permite que se aponte para a continuidade da pesquisa, no futuro, através da construção de ambientes virtuais de ensino mais complexos, além da busca de instrumentos de observação e validação, com o auxílio da Psicologia Experimental e das Neurociências.

A seguir, se buscará brevemente contextualizar o paradigma das Ciências Cognitivas e apresentar os autores cujas descrições e idéias balizaram o trabalho, em suas várias etapas. Para a observação de um possível padrão de processamento cognitivo específico para a área de Engenharia foi escolhido o modelo proposto por Steven Pinker (1998), em função de sua apresentação multifacetada, plausível e, sobretudo, clara e compreensível, na obra referenciada. Possíveis aproximações desses conceitos com o tema em pauta, bem como eventuais aprofundamentos de itens considerados relevantes para sua compreensão serão apresentados no desenvolvimento do trabalho. Para a apropriação dos fundamentos cognitivos para a prática educacional, bem como para a escolha do modelo de ensino à distância capaz de apoiar o processo cognitivo dos alunos foi escolhido o modelo proposto por Roger Schank (1999, 2002a).

## 2.1 CIÊNCIAS COGNITIVAS: UMA VISÃO INTERDISCIPLINAR

O fenômeno humano da aprendizagem, através do processamento e incorporação de novas informações e vivências, tem feito parte das preocupações de pedagogos, filósofos e cientistas, desde quando essas duas últimas atividades não se viam no que parecem hoje (equivocadamente) pólos distintos e separados. Prova da antiguidade dessa preocupação

pedagógica são os chamados métodos socráticos de conscientização do próprio conhecimento, descritos por Platão em obras como Menon (PLATÃO, 2001).

Piaget (1983), um minucioso observador dos processos como o ser humano assimila e integra novas informações, inaugurou um método de observação empírico e uma cogitação metodológica sobre o processo humano de aquisição do conhecimento, superando as opiniões baseadas em reflexões puramente teórico-especulativas. Os modelos de Piaget apontaram para uma explicação do complexo fenômeno da aprendizagem, no escopo do próprio sujeito - enquanto equipamento biológico - relacionando-se de forma ativa com o ambiente para construir endogenamente seu próprio conhecimento. Idéias como as de Piaget proliferaram e se diversificaram, através de modelos de processamento e validação contemporâneas, igualmente pautados sobre a compreensão das operações mentais envolvidas na aquisição do conhecimento.

O tema da aquisição do conhecimento ganhou força nas últimas décadas, apoiado no grande desenvolvimento da Neurociência e da sua grande promessa para o Século XXI: desvendar os ainda misteriosos percursos da informação na intrincada teia bio-eleto-química que compõe o cérebro humano. Nesse terreno fértil, desenvolveram-se as chamadas Ciências Cognitivas, principalmente nas duas últimas décadas do Século XX, sob a marca da multidisciplinaridade e da complexidade.

Imbert (1998) descreve a caracterização das Ciências Cognitivas como um verdadeiro programa de pesquisa completo, apoiado nas ciências do cérebro, na Psicologia, na Linguística, na Informática, na Antropologia e na Filosofia, que retira hipóteses de domínios específicos como a lógica ou a teoria dos autômatos. A função desta rede ativa de olhares seria dar conta de uma compreensão dinâmica e complexa do fenômeno da inteligência

humana e isso compreende desde as nuances do funcionamento cerebral até o modelamento dos processos cognitivos até as interferências psicológicas e culturais.

Andler (1998, p. 25) usa uma definição simplificada, encontrada no Blackwell Dictionary o Cognitive Science: “Ciências cognitivas remetem ao estudo interdisciplinar da aquisição e da utilização do conhecimento”. Afirma, entretanto, que este conjunto não pode ser descrito por um só objeto de estudo ou por uma hipótese fundamental, mas por uma *relação entre os fenômenos* que compõem o processo observado e as citadas disciplinas, as quais compõem um leque de análises possíveis através da nova área interdisciplinar.

O objeto de estudos, portanto, das Ciências Cognitivas, seria o processo de aquisição e categorização do conhecimento da forma como isto é realizado pelos seres humanos (e, conseqüentemente, pelas máquinas), suas características neurais, funcionais, operacionais, culturais, computacionais e representacionais, tendo como itens específicos de estudos o cérebro, a arquitetura das funções mentais, a linguagem, os conceitos e teorias, as representações como fundamentos da linguagem mental, as possibilidades de processamento e representação mental, a dimensão social e a própria cultura onde se processa o fenômeno observado, onde serão estruturadas as possibilidades de compreensão semântica dos conteúdos e onde serão atribuídos valores para validar ou não os conceitos reconhecidos.

Norman (1987) caracteriza as Ciências Cognitivas como uma convergência de interesses de múltiplas áreas, na esperança de encontrar formas de compreender melhor a mente humana, o ensino-aprendizagem, as habilidades mentais e o desenvolvimento de artefatos inteligentes que possam potencializar as capacidades humanas. Para isso, aponta para a importância de perceber a cognição humana dentro de seus aspectos individuais (no interior do próprio indivíduo que conhece), bem como de sua sociedade e de sua cultura, as quais determinam as ações humanas, através de conjuntos de crenças, tanto quanto as

estruturas da genética cerebral. A importância dessa nova área multidisciplinar cresceu nas últimas décadas, acompanhando o desenvolvimento da Ciência da Computação em geral e em particular as necessidades geradas pelo desenvolvimento de softwares e de Inteligência Artificial, aplicados a máquinas e, mais recentemente, a ambientes educacionais.

Simon (1987) sinaliza para o que chamou de *batizado* do novo campo de investigação científica em 1987, ano em que se realizou uma conferência organizada pelo Programa de Ciência Cognitiva da Universidade de San Diego, Califórnia, USA, reunindo os principais pesquisadores de uma área em evidente crescimento. A conferência ocorreu muito tempo depois da data que Simon identifica como sendo de *nascimento* das Ciências Cognitivas, em 1956, ano em que foram publicados quatro artigos<sup>8</sup> que se tornaram referência para a constituição do “paradigma do processamento da informação” (SIMON, 1987, p. 24).

A multiplicidade de enfoques e interesses cobertos pela nova área foram sua marca registrada desde o seu surgimento e também podem ser atestados pela publicação resultante da conferência à qual Simon se referiu, e que traz nada menos do que “dez perspectivas que iluminam a disciplina emergente que é a ciência cognitiva” (NORMAN, 1987, p. 11). Entre todas elas, talvez se pudesse dizer, fazendo uma generalização, que a principal preocupação dessa área é a pesquisa sobre os sistemas inteligentes, sejam eles humanos ou artificiais, bem como a natureza da própria inteligência e os processos pelos quais se aprende, questões essas que permeiam as tentativas de compreensão, descrição e reprodutibilidade dos processos inteligentes.

---

<sup>8</sup> Os artigos aos quais se refere são: MILLER, G. A. The magical number seven. **Psychological Review**, Washington, v. 63, n. 2, p. 81-97, Mar. 1956. CHOMSKY, N. Three models of the description of language. *Actas de un Simposio acerca de Teoria de la Informacion*. **IRE Transactions on Information Theory**, New York, v. 2, n. 3, p. 113- 124, Sept. 1956. BRUNER, J. S.; GOODNOW, J. J.; AUSTIN, G. A. **A study of thinking**. Nova Iorque: Wiley, 1956. NEWELL, A. E Simon. The logic theory machine. **IRE Transactions on Information Theory**, New York, v. 2, n. 3, p. 61-79, Sept. 1956.

Como linhas gerais, pode-se dizer que as Ciências Cognitivas se estruturam a partir de duas grandes correntes, uma das quais, o cognitivismo, ou paradigma clássico, se ocupa da relação biológico-informacional entre o cérebro e a mente e seus conseqüentes e necessários estados mentais representacionais (ANDLER, 1998). Dentro dessa perspectiva, assumem importância para a compreensão do fenômeno cognitivo os conceitos de computação e processamento de símbolos abstratos, que constituiriam a parte operativa da cognição humana, também característica dos computadores, embora, evidentemente, em níveis de complexidade diferenciados. “O homem e o computador são, com certeza, seres muito diferentes [...] mas compartilham a capacidade de criar, manipular e processar símbolos abstratos. Isto é o que outorga capacidade intelectual aos seres humanos, aos animais e aos aparelhos artificiais” (NORMAN, 1987, p. 15).

O cognitivismo se caracteriza por uma abordagem computo-representacional e viabiliza (como se verá pela descrição do modelo apresentado por PINKER, 1998), a reflexão sobre aspectos relacionados ao cálculo e à simbolização, considerados importantes na análise do tema relacionado à cognição dos engenheiros. A segunda grande corrente das Ciências Cognitivas seria o chamado conexionismo (ANDLER, 1998), principal vetor de desenvolvimento da Inteligência Artificial, por dar suporte às teorias e modelos baseados em redes neurais e viabilizar modelos computacionais que simulam o processo cognitivo humano. Tem como principal divergência em relação ao cognitivismo a idéia de que os componentes mentais funcionam em paralelo no cérebro, sem um componente central hierárquico.

Pretendeu-se, das Ciências Cognitivas, apropriar a visão multidisciplinar, através da tentativa de contextualização da cultura da Engenharia e da identificação do engenheiro como um ator cultural inserido em todas as sociedades, de qualquer tempo, através de seu trabalho, que implica o aprimoramento de determinadas motivações e formas de pensar, raciocinar e

operar sobre a realidade concreta. Também se procurou identificar a natureza do conhecimento gerado no processo de percepção de problemas, identificação de objetivos e uso de estratégias de solução que constituem a prática da Engenharia e, por extensão, deverão estar presentes na formação dos futuros profissionais. As reflexões que forem feitas nesse sentido terão como base as idéias das Ciências Cognitivas apresentadas por Pinker (1998). Espera-se que futuras pesquisas (algumas das quais já em andamento na linha de pesquisa e em outros grupos do PGIE) possam aprofundar as possibilidades de aplicação do paradigma das Ciências Cognitivas ao ensino de Ciência e Tecnologia, através do modelamento de raciocínios e inferências (característico do modo de pensar do engenheiro, por exemplo), que poderão caracterizar agentes inteligentes especializados, além de modelos de base ontológica dos temas dessa área, ambas as possibilidades relacionadas à agregação de Inteligência Artificial aos ambientes virtuais de ensino.

Apresenta-se, na figura 1, a seguir um mapa conceitual sintetizando as Ciências Cognitivas, segundo Andler (1992).<sup>9</sup> Na seqüência, um resumo das idéias dos referidos autores da área utilizados no trabalho.

---

<sup>9</sup> Por sugestão da banca examinadora da tese, algumas das lâminas utilizadas na apresentação estão integradas ao texto, caso da figura indicada.

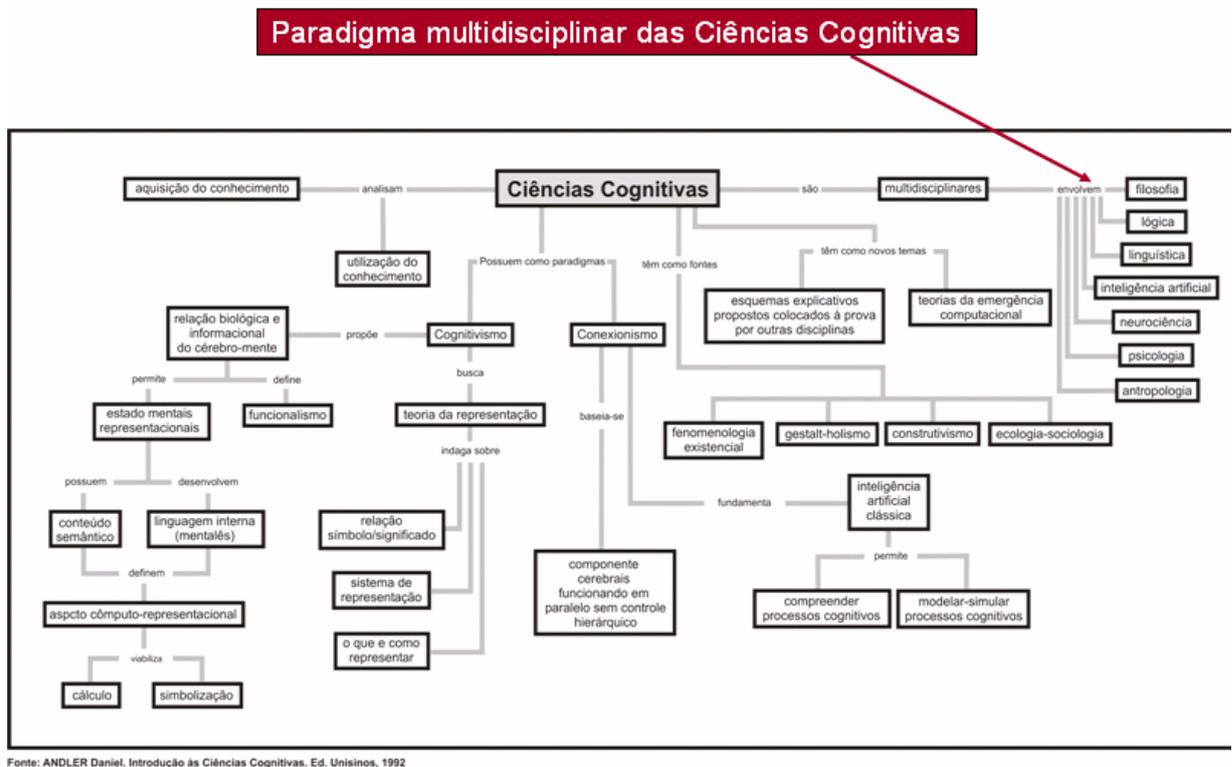


Figura 1 – Mapa conceitual representando as Ciências Cognitivas

## 2.2 PINKER: COMPUTADOR NEURAL QUE IDENTIFICA OBJETIVOS E ESTRATÉGIAS PARA OBTÊ-LOS

Neste projeto, considerou-se que o modelo descrito por Pinker (1998) remete diretamente à primeira das correntes das Ciências Cognitivas citadas (cognitivism), em função de sua ênfase na Teoria Computacional da Mente, embora este autor também considere o papel fundamental das redes neurais e redes auto-associativas na representação do conhecimento e na composição da inteligência humana.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> A localização geral do tema das Ciências Cognitivas e das suas principais correntes cumpre neste trabalho a função de contextualização, uma vez que não se pretende aprofundar nas características e argumentações relativas a cada uma delas.

O trabalho de Pinker (1998) é exaustivo e minucioso. O autor se debruça sobre múltiplos aspectos do processamento mental humano, suas causas e características genéticas, moldadas pela seleção natural, bem como nas conseqüências desse tipo de processamento na formação das relações humanas, da sociedade, das culturas, das religiões, da arte, entre outras. Apesar dessa abordagem exaustiva, o autor não trata especificamente, em nenhum momento, da mente do engenheiro ou de qualquer outra profissão em especial. Todas as suas considerações são gerais para toda a espécie humana. Por isso, seria despropositado afirmar que a mente dos engenheiros, o modo como os engenheiros processam informações e produzem raciocínios ou inferências, *combina* com o modelo proposto por Pinker e pelos autores que o antecederam na formulação das bases de seu pensamento a respeito da mente modular e computacional.

Ter-se-á como sendo óbvio que estes profissionais estejam *instrumentalizados* cognitivamente para as mesmas habilidades da espécie *homo sapiens*. O que se pretende é aproximar dois possíveis universos conceituais, o de Pinker e o da Engenharia, quando for plausível. E que as descrições de Pinker possam apontar elementos para refletir sobre as ferramentas cognitivas com as quais os engenheiros prioritária ou caracteristicamente processam os problemas múltiplos e complexos que constituem seu objeto de trabalho. Também se procurará identificar momentos em que possa ser evidente que a formação específica do engenheiro, ou a sua prática profissional reforçam as características inatas de processamento inteligente de informações, sendo responsável por modos de pensar, de combinar pensamentos e representações mentais de natureza variada, resolver problemas e tomar decisões que resultam em produtos, equipamentos, construções ou outros objetos reais, funcionais e destinados ao uso de terceiros.

A mente humana processa informações, segundo Pinker (1998), seguindo um padrão que tem raízes ancestrais, destinado a viabilizar a sobrevivência dos seres humanos ao longo

da competição darwinista que travou com outros humanos, com animais e plantas existentes no ambiente hostil do planeta Terra. Esse padrão estaria substancialmente gravado em um programa (software mental humano), transmitido geneticamente e adaptado (às vezes mal adaptado, segundo o autor) à complexidade da vida contemporânea. A principal matriz do programa (software) mental humano é a identificação de objetivos relacionados à necessidade de sobrevivência, diz Pinker, e sua operação básica consiste no desenvolvimento de estratégias para realizar os objetivos identificados.

Esse teria sido o impulso primeiro, ainda segundo o autor, que viabilizou o enfrentamento de obstáculos de toda sorte, levando a espécie a desenvolver seu nicho de sobrevivência na capacidade de processar informações de forma inteligente. Nesse processo, aprendeu estratégias de cooperação, baseadas em reciprocidade mútua. Aprendeu também a desenvolver o que seriam algumas habilidades inatas da espécie para operar sobre o mundo (uma certa matemática intuitiva, uma noção intuitiva de objeto, etc.) e acabou chegando ao Século XXI com um repertório estruturado de conhecimentos aplicáveis ao mesmo velho objetivo – sobrevivência. Esse repertório cresceu de forma considerável (constituindo-se de módulos dentro de módulos de conhecimento) e diversificou-se nas formas da Física, da Matemática, da Biologia, Psicologia e da Engenharia contemporâneas, devidamente estruturadas.

Um resumo dos principais pontos do modelo adotado por Pinker é descrito pelo próprio autor:

[...] a mente é um sistema de órgãos de computação, projetados pela seleção natural para resolver os tipos de problemas que nossos ancestrais enfrentavam em sua vida de coletores de alimentos, em especial entender e superar em estratégias os objetos, animais, plantas e outras pessoas. [...] A mente é o que o cérebro faz; especificamente, o cérebro processa informações, e pensar é um tipo de computação. (PINKER, 1998, p. 32).

### 2.2.1 Inteligência: processamento de símbolos de naturezas informacional e causal

A inteligência humana, segundo descreve Steven Pinker (1998) não provém de um campo de energia, de vibrações magnéticas ou de qualquer outra natureza sobre-humana. Provém da capacidade do cérebro humano de funcionar exatamente como um computador neural, processando informação. Essas informações estão na forma de símbolos configurados em bits de matéria (neurônios), cujo conteúdo é transmitidos na forma de padrões de conexão e de padrão de atividade dos neurônios. Por isso a informação não se perde quando muda de suporte físico, como por exemplo uma informação oral, que passa de atividade neural a padrões sonoros, transmitidos pelo ar até a membrana auditiva onde muda novamente de suporte físico e acaba retornando ao processamento do cérebro, através da atividade neuronal.

Os símbolos formados por esse mesmo cérebro-mente não são apenas o resultado de uma inscrição/representação interna, a partir dos sentidos. São símbolos que podem conter, além da informação representacional, propriedades causais, o que significa que contêm informações e simultaneamente fazem parte de uma cadeia de eventos físicos, ou seja, podem gerar informações e/ou ações. Então, os bits de informação processados pelo cérebro-mente humano podem acionar outros bits componentes de símbolo, produzindo *sentido*: validação ou não de informações (verdadeiras ou falsas, que vão formar o conjunto de crenças do indivíduo); ou podem acionar bits conectados com músculos, resultando em *movimento*.

Isso torna a computação mental complexa e viabiliza a combinação de processamentos, e permitindo, por exemplo, que um símbolo processado, sob determinado conjunto de regras, acione um evento mecânico (ou eletrônico, como acontece com um computador real, ou com um autômato programável para executar funções, ou, como pensava

Alan Turing<sup>11</sup>, em 1937, aconteceria com um processador de símbolos capaz de ler símbolos e operar a partir de um conjunto fixo de regras).

Nossa máquina racional deve sua racionalidade a duas propriedades unidas uma à outra na entidade que denominamos símbolo: um símbolo transmite informação e faz com que coisas aconteçam. Quando as próprias coisas causadas transmitem informação, chamamos todo o sistema de processador de informações ou computador. (PINKER, 1998, p. 78.)

O que o autor descreve constitui um paradigma estruturado sobre a chamada Teoria Computacional da Mente (atribuída por Pinker a Alan Turing, Alan Newell, Herbert Simon e Marvin Minsky e pelos filósofos Hilary Putnam e Jerry Fodor), que supõe para o funcionamento da mente humana as naturezas do processo computacional de informações na forma de símbolos. Este processo computacional está associado à capacidade do cérebro humano de representação mental do conhecimento (representação visual, fonológica, gramatical e em uma linguagem mental interna do ser humano), em camadas complexas e inter-relacionadas de redes associativas de significados.<sup>12</sup>

O sistema biológico-informacional peculiar da espécie humana também estaria equipado com sistemas de regras para processamento, infinitamente mais flexíveis do que aquelas regras que compõem qualquer tipo de programação computacional convencional contemporânea. Estas regras viabilizam não apenas categorizações do conhecimento precisas e/ou nebulosas (Fuzzy), mas também lógicas abstratas como, por exemplo, a que permite ao ser humano reconhecer um rosto ou mesmo a noção de individualidade. Esse poderoso

---

<sup>11</sup> A chamada Máquina de Turing, ponto de partida para a idéia de processamento neural de símbolos de Pinker, é uma espécie de computador universal, que parte da idéia de que qualquer cálculo poderia ser realizado por uma máquina que siga instruções (programação, algoritmos).

<sup>12</sup> Do ponto de vista desta tese, o modelo computacional da mente foi apresentado pela sua dimensão funcional, uma vez que permite a decomposição de determinado conteúdo em suas componentes computacionais, de forma a viabilizar a simulação, em máquina, dos raciocínios subjacentes ao respectivo conteúdo, o que de certa forma será realizado, de forma simplificada, com a estruturação do curso à distância sobre projetos de Engenharia (e com a plataforma de simulação de projetos desenvolvida após a aplicação da experiência-piloto). Não são apresentados outros modelos de explicação para o funcionamento da mente humana, em geral, em função de não ser objetivo do trabalho aprofundar esta questão, e sim introduzi-la como idéia geral, de forma a poder dimensionar, mesmo que de forma muito simplificada, e em nível de suposição, os raciocínios, posturas e comportamentos dos engenheiros.

software geneticamente aperfeiçoado também funciona de forma a conservar, na representação mental, as relações preservadoras de verdade exatas ou probabilísticas que formaram a suposta relação verdadeira observada na realidade, da primeira vez que o cérebro operou sobre aquele símbolo.

Esses eventos constituem uma computação, pois o mecanismo foi arquitetado de modo que, se a interpretação dos símbolos que acionam a máquina for uma afirmação verdadeira, a interpretação dos símbolos criados pela máquina também será uma afirmação verdadeira. (PINKER, 1998, p. 88).

### **2.2.2 Operações mecânicas e/ou conceituais: *valor* da informação é construção social ou individual**

A computação mental não implica seqüência de passos distintos, nem que os símbolos estejam completamente presentes ou ausentes, diz Pinker (1998). Também não implica que é garantida uma resposta certa em tempo definido, nem que se possa definir o que está completamente certo ou errado, o que dá uma noção da flexibilidade do sistema. O computador neural, segundo ele, opera com muitos elementos ativados em graus de probabilidades de que a afirmação seja verdadeira ou falsa, permitindo ao ser humano lidar com ambigüidades e complexidades. Agrega inteligência ao sistema operando para alterar os níveis de atividade e para registrar a ocorrência de novas probabilidades, que possam validar, invalidar ou alterar pesos probabilísticos inscritos no sistema.

A matriz de agregação de inteligência a esse sistema também se dá pela manipulação de símbolos. Como já foi descrito, da primeira vez que for manipulado, o símbolo implicará como verdade os padrões posteriores, e esse tipo de informação vai constituir a base do

conjunto de crenças do indivíduo, que ficará inscrito, portanto, no repertório mental (representado através de padrões integrados aos bits/neurônios). Essa operação de abastecimento de repertório vai viabilizar que o cérebro suponha um mundo determinado onde aquele universo computacional é plausível e componha a interpretação sobre o mundo, inclusive completando informações inexistentes na informação processada (deduções, inferências).<sup>13</sup>

Dentro dessa concepção, Pinker (1998, p. 90) sintetiza os elementos do processo e os integra na lógica de objetivo-estratégia: “Crenças são inscrições na memória, desejos são inscrições de objetivos, pensar é computação, percepções são inscrições acionadas por sensores, tentar é executar operações acionadas por um objetivo”.

A síntese acima permite ao autor separar o processo puramente computacional, operacional, do cérebro, sua funcionalidade, das construções culturais e seus valores, produzidos *através* desse processamento, ao longo do tempo, que resultaram em conjuntos complexos de crenças, inscritas na memória de longa duração do ser humano e de sua cultura, os quais se reproduzem como *verdades* ou *falsidades*, dependendo da cultura e dos instrumentos institucionais de validação dessas crenças.

Pinker (1998) não discute a *importância* da cultura, nem o seu papel constituinte no sistema de crenças. Apenas separa o *valor* (suposto) - comumente associado ao conjunto de crenças, através dos sistemas que o institucionalizam, como as ciências sociais, a filosofia, as religiões ou as ideologias - da sua natureza ontológica. As verdades culturais não são verdades

---

<sup>13</sup> Observe-se nesse ponto a comparação possível do modelo descrito pelo autor com a observação científica dos fenômenos, constituindo suposições sobre os fenômenos da realidade e processando-as através da lógica matemática, para validar ou invalidar repertórios que vão se constituir na base de modelos ou teorias sobre a realidade. Em especial, observe-se a semelhança com o processo que será descrito em relação ao raciocínio dos engenheiros, ao definir um universo de validade para os valores que constituem o problema e, posteriormente interpretando e deduzindo os dados que não estavam presentes na formulação do problema.

ontológicas, justificáveis por uma natureza superior ou metafísica do espírito humano. São *informações* inscritas (na forma de padrões de bits) na memória, adquiridas através do processamento inteligente de informações representadas mentalmente no cérebro-mente através de símbolos complexos e combinatórios, segundo uma lógica, ou um sistema de regras de natureza exata (se...então), probabilística, Fuzzy, ou mesmo abstrata, mas identificável, diz ele, e característica do tipo de funcionamento do software mental humano. Esse processo faz parte da agregação de inteligência ao sistema processador formado pelo cérebro-mente neural-computacional humano.

Os objetivos criados pelas necessidades relativas ao meio onde se inserem os indivíduos serão inscritos nos seus sistemas individuais, em uma suposta coluna *desejos*, evidentemente alimentada pelo conjunto de crenças já existentes e mediado pelas emoções, que são, para o autor, o instrumento de informação (a partir dos sensores-sentidos) definidores da prioridade dos objetivos<sup>14</sup> e do impulso para executá-los, tantas vezes quantas forem necessárias ou possíveis (tentativas). Para Pinker (1998, p. 197), “o cérebro é um instrumento de precisão que permite a uma criatura usar informações para resolver os problemas apresentados por seu estilo de vida”, uma compreensão extremamente oportuna para remeter à Engenharia como instrumento de operação sobre as necessidades práticas, de qualquer tempo histórico ou cultural.

A funcionalidade do sistema inteligente de processamento de informações descrito por Pinker depende, resumidamente, de informações representadas na forma de proposições lógicas, operadas de forma lógica, integradas a camadas complexas de redes associativas

---

<sup>14</sup> Pinker define a emoção como o gatilho que estabelece a prioridade, a urgência dos objetivos e a prontidão do corpo para aplicar estratégias de resoluções, sejam elas a fuga ou as infinitas nuances possíveis (para os humanos) de enfrentamento das situações. “As emoções – escreve ele - são mecanismos que ajustam os objetivos de mais alto nível do cérebro. Uma vez desencadeada por um momento propício, uma emoção desencadeia a cascata de sub-objetivos que denominamos pensar e agir” (PINKER, 1998, p. 394).

conceituais que permitem o intercâmbio de propriedades entre conceitos (categorizações, que viabilizam deduções e inferências), da forma como são modelados os sistemas de redes neurais (usados em sistemas de Inteligência Artificial). Além disso, depende também de operadores das relações definidas pelo sistema, que Pinker (1998) descreve como *demons*, ou *agentes* (não necessariamente inteligentes), com funções relacionadas ao abastecimento do sistema (consulta ao banco de memória, comparação de propriedades entre conceitos, informação de inferências ou de ações ao conjunto do sistema, etc.). Define, portanto, etapas conceituais e outras etapas puramente mecânicas, operacionais, no conjunto do processamento.

### **2.2.3 Mecanismos inatos para viabilizar processamento modular e estruturação do conhecimento**

O processo descrito por Pinker (1998) é viável no contexto da chamada mente modular<sup>15</sup>. Os símbolos referem-se às coisas do mundo, porque são gerados pela informação sobre o mundo que chega através dos sentidos. Os bits que codificam os símbolos são processados através de módulos mentais especializados em cada uma das áreas de interação com o mundo (visão, audição, linguagem, etc.), em padrões e conexões que são ditadas pela própria programação genética.

A mente é organizada em módulos ou órgãos mentais, cada qual com um design especializado que faz desse módulo um perito em uma das áreas de interação com o mundo. A lógica básica dos módulos é especificada por nosso programa genético. (PINKER, 1998, p. 289).

---

<sup>15</sup> O conceito de mente modular foi proposto por Jerry Fodor, em 1983, supondo a constituição da mente como um conjunto de módulos especializados em processamentos de diferentes tipos de inputs, com um módulo processador central integrador de todos eles (conforme PINKER, 1998), modelo hoje razoavelmente apoiado pela Neurociência.

Para operar esse computador neural, cuja programação vem descrita pela genética humana e pelo processo evolutivo de seleção natural, em busca de soluções adaptativas, o modelo mental descrito por Pinker (1998) propõe a idéia de *modularidade* no processamento de informações e também na estruturação mental do conhecimento. Assim, a partir de um conjunto finito de elementos, como por exemplo as unidades sonoras discretas, que se articulam em módulos sonoros, que são as palavras, estas vão se combinar, segundo um conjunto de regras estabelecidas no próprio software mental, potencializando infinitamente as possibilidades de representação.

Da mesma forma, conjuntos de módulos do tipo *geon*<sup>16</sup> e suas características de junções se combinariam para viabilizar a representação de um número ilimitado de objetos do mundo. E um estoque finito de notas e conjuntos de regras para sua combinação viabiliza a representação de um número infinito de músicas. A mesma idéia de módulos, portanto, vai compor o modelo descrito por ele para o que seriam as unidades básicas de conhecimento, em todas as áreas: módulos ligados a módulos, partes dentro de partes em infinitas combinações, segundo regras definidas pelo software mental humano, compreendidas no universo da lógica, das operações matemáticas, da categorização objetiva e/ou difusa (Fuzzy) e da operação de probabilidades.

Para chegar a esse processamento modular de informações e de estruturação do conhecimento, o computador neural humano fará uso de um conjunto de possibilidades de processamento (softwares) já instaladas desde o nascimento, ou o que o autor chamou de *mecanismos mentais inatos*, que viabilizariam o uso das capacidades de processamento do mundo em todas as áreas do conhecimento. Entre esses mecanismos inatos estaria a

---

<sup>16</sup> Géons – denominação de unidades geométricas simples (modelos ou módulos básicos para processamento de qualquer informação visual) supostamente usadas pelo cérebro humano no reconhecimento visual de formas (PINKER, 1998).

capacidade de linguagem (que PINKER, 1995, descreve como um instinto), capaz de representar mentalmente os símbolos relativos às informações de todas as naturezas. A idéia foi desenvolvida pelo linguísta Noam Chomsky e define uma espécie de gramática mental (o *mentalês*), muito mais sintética do que as línguas naturais, desprovida de ambigüidades, a qual se desenvolveria nas crianças independentemente de qualquer educação formal, de forma espontânea. Também estruturado com base em módulos combináveis de forma compositiva<sup>17</sup> e recursiva, com base em regras lógicas, esse mentalês seria uma das formas de representação mental conceitual, responsável inclusive pela organização das imagens mentais, as quais seriam indexadas na memória de longo prazo pelo seu conteúdo conceitual (como legendas descritivas, para indexação) e não representacional.

Além da capacidade instintiva de representação mental, a programação genética daria ainda ao ser humano uma teoria inata da mente, ou seja, uma psicologia intuitiva. Através desta intuição, mesmo os bebês teriam expectativas sobre os comportamentos dos que o rodeiam, trabalhando com possíveis antecipações do que os outros vão fazer. O desenvolvimento desse processo, dirá Pinker (1998), vai permitir que os adultos estabeleçam comportamentos em função das expectativas e das previsões que farão sobre o comportamento dos demais, o que será executado com base no seu próprio conjunto de crenças.

Um outro mecanismo inato instrumentador do processamento inteligente do computador neural dos *homo-sapiens* seria uma física intuitiva, ou uma compreensão intuitiva da noção de objeto e *causação*, presente mesmo em criança que conseguem compreender

---

<sup>17</sup> Composicionalidade = capacidade de representação ser construída com partes e ter um significado que provém do significado das partes e do modo como elas são combinadas (ex. línguas humanas, conforme PINKER, 1998). A tradução em português do livro do autor utiliza o termo “compositividade”, possivelmente de forma inadequada.

partes que se movem juntas, trajetórias contínuas, objetos coesos e movimento para contato. É a base do que será depois constituído formalmente como o conhecimento da Física.

Além da física intuitiva, haveria também uma matemática intuitiva, que torna viável a percepção infantil da noção de *quantidades*, que vai evoluir para seriações e fundamentar o conhecimento matemático formal. A natureza da Matemática formal, diz Pinker, diferentemente da matemática intuitiva, é complexa, desenvolvendo-se com lentidão ou mesmo não se desenvolvendo em alguns indivíduos, porque os indivíduos não tiveram o acesso ao conhecimento formal de forma cumulativa. A Matemática formal, a propósito, seria impiedosamente cumulativa, segundo o autor, o que seria a razão principal das dificuldades dos alunos de cálculo avançado (caso prático dos cursos de Engenharia): não teriam processado, ao chegar ao curso de cálculo, toda a acumulação necessária, começando da contagem de 1 a 10...

As pessoas terão, portanto, segundo este modelo, vários modos de conhecer e operar sobre a realidade, estabelecendo teorias intuitivas adaptadas às suas vivências, sejam elas relacionadas a objetos, animais, plantas, artefatos, outras mentes, laços familiares e responsabilidades sociais. Isso será feito através de agrupamento de propriedades relativas a esses conjuntos de elementos e suas co-relações, num processo de *categorização*, que vai permitir a estruturação das redes de significados e as operações de inferências (deduções baseadas na suposição do que não está explícito) referentes ao mundo suposto onde os fenômenos categorizados estão ocorrendo. “Elas manejam instrumentos de inferência como os elementos da lógica, aritmética e probabilidade” (PINKER, 1998, p. 373), produzindo pensamentos que, por sua vez, “são combinatórios (partes simples combinam-se) e recursivos (partes simples podem ser embutidas em partes)” (PINKER, 1998, p. 380). Com esse tipo de processamento, amplificam-se de maneira infinita os instrumentos mentais humanos de aquisição e processamento de conhecimento.

Através desse tipo de estruturação do conhecimento, o aprendizado cultural, ou o que chamou de *compreensão educada* da realidade é formada por (segue texto do próprio autor):

(um) enorme dispositivo de partes dentro de partes. Cada parte é construída com módulos mentais ou modos de conhecer básicos (softwares) que são copiados, têm seus conteúdos originais (coletar, caçar) apagados, são conectados a outros modelos e embalados em partes maiores, as quais podem ser embaladas em partes ainda maiores, sem limites. (PINKER, 1998, p. 380).

Computação mental de informação através de símbolos informacionais e causais, operando sobre regras simples e complexas; modularidade no processamento e na estruturação do conhecimento; e mecanismos inatos de compreensão e representação do mundo serão os elementos fundamentais que caracterizam o pensamento do autor, para efeito dessa pesquisa. Se terá como universo conceitual, portanto, no qual deverá *cabem* o funcionamento da mente do engenheiro e a execução de seu trabalho, a definição de Pinker de que a mente humana é um computador neural programado pela seleção natural para processar de forma inteligente as informações sobre o meio, que opera através de módulos especializados em informações de várias naturezas, combinando símbolos e módulos de símbolos, de natureza informacional e causal, segundo regras lógicas formais, probabilísticas ou abstratas, geneticamente selecionadas, para operar sobre os problemas apresentados pelo meio no qual o ser humano ao qual pertence esta mente específica está inserido.

Um mapa conceitual descrevendo os principais elementos do modelo de mente humana descrito por Pinker é apresentado a seguir, a título de resumo.

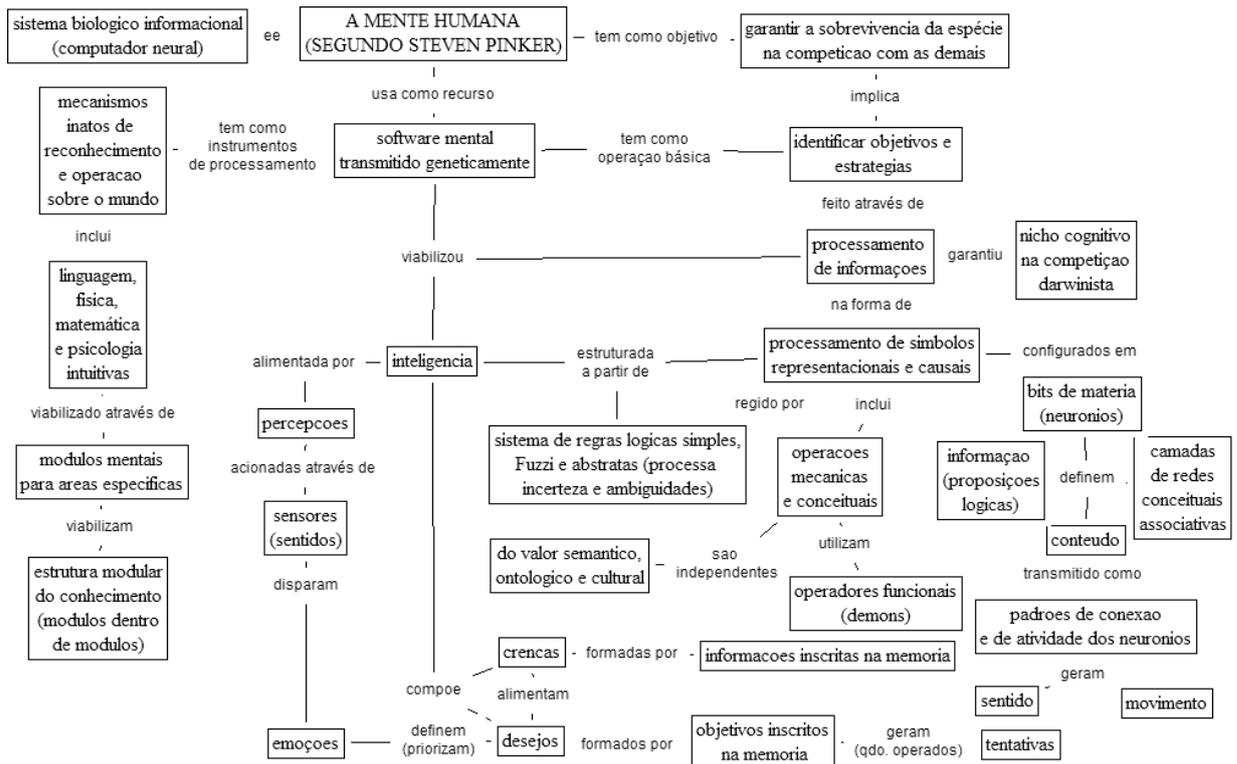


Figura 2 – Mapa conceitual resumindo modelo mental sugerido por Pinker

### 2.3 SCHANK: MEMÓRIA COMO FUNDAMENTO DO APRENDIZADO

Identificada durante muito tempo como um depósito de informações, cuja aquisição teria sido feita através de técnicas associadas à desprestigiada *decoreba*, no ensino convencional, a *memória* vem ganhando destaque, ao longo dos últimos anos, pelos estudos da Neurociência e das Ciências Cognitivas. A memória, segundo esses dois enfoques contemporâneos, seria uma capacidade humana relacionada aos mais altos níveis de processamento mental, por viabilizar a aquisição, a consolidação e a evocação de informações, propiciando a sua transformação em conhecimento útil aos indivíduos. Segundo Del Nero (1997), a memória é um dos elementos essenciais do cérebro, para se entender a

vida mental, tanto quanto a linguagem e a consciência. O autor tem inclusive uma forma muito singela de explicar o significado dessa importante característica humana, que é a da simples mudança de qualquer padrão, a partir de alguma experiência: uma simples pegada no chão pode ser considerada uma memória. É preciso, entretanto, que a informação contida nessa pegada - ou em qualquer outro traço deixado pela mudança do padrão existente -, seja interpretada, decodificada e transformada em uma informação a respeito do que foi registrado.

Assim, também é preciso, no ser humano, que um conjunto de inter-relações sinápticas ocorram entre os neurônios, mediadas por um conjunto dos chamados neurotransmissores, para que uma determinada informação possa ser guardada e usada em um curso espaço de tempo (memória de curta duração) ou, se for considerada relevante, arquivada para acesso futuro (de longa duração). O processo biológico humano de armazenamento de informações também vai passar por uma memória de trabalho, de curtíssimo prazo, onde ficarão acessíveis por pouco tempo. É o caso do uso de um número de telefone, que é esquecido logo após ser discado. “Passado algum tempo” – informa o autor – “pela ação do interesse, importância, reforço, atenção, ocorre um ‘salvamento’, gravando-se a informação de maneira distribuída em vários pontos do cérebro” (DEL NERO, 1997, p. 344). É a partir desse processo de consolidação da memória de longa duração, que o conjunto de informações se integra àquelas que já faziam parte do repertório de memórias, vivências e conhecimento anteriores do indivíduo, atualizando um conjunto cada vez mais complexo.

Roger Schank é um pesquisador norte-americano das áreas de Ciência da Computação, Educação e Psicologia, que desenvolveu a chamada Teoria da Memória Dinâmica (SCHANK, 1999). Trata-se de um modelo que descreve diferentes estruturas mentais de alto nível, integradas através de uma complexa teoria sobre a aquisição, indexação, atualização e

evocação (rememoração) de informações que vão constituir a memória humana de longa duração, como base do processo de aprendizado<sup>18</sup>.

### **2.3.1 Estruturação dinâmica da memória de longo prazo**

O processo de aquisição de conhecimento, para Schank, inicia com o conceito de *script*, um tipo de estrutura mental de alto nível, organizadora das informações que o ser humano recebe através das suas vivências práticas e arquiva na memória de longa duração, de forma encadeada (episódios, vivências, relatos, etc.) segundo vários critérios (indexação), que podem estar relacionados ao objetivo do script, seu tema principal, um enredo contido nele ou outras formas de arquivamento mental. Esses encadeamentos seriam contextos capazes de catalisar o conjunto de informações que compõem a vivência, na sua complexidade. Esse conjunto de estruturas mentais proposto por Schank, de complexidade variável e dinâmica, formará as peças de uma espécie de banco de dados mental, dinâmico e em permanente processo de atualização, pela interação do indivíduo consigo mesmo e com o meio externo a ele. A esse processo complexo e dinâmico de interação, indexação, evocação e atualização Schank dá o nome de *memória dinâmica*, atribuindo-lhe a função de estruturar a aprendizagem humana.

De forma resumida, o processo proposto por Schank para a aquisição de conhecimento contém os seguintes passos: quando o indivíduo vivencia novas situações, vai compará-las com o repertório de scripts ou outras estruturas cognitivas de alto nível que contém indexadas em seu banco de memória dinâmica e que lhe permitem fazer comparações e previsões. Se as estruturas da nova situação e da antiga forem idênticas, a previsão se confirma, nenhuma

---

<sup>18</sup> Para Schank, a teoria da memória dinâmica é uma teoria da aprendizagem.

alteração precisa ser feita e a estrutura cognitiva será novamente integrada ao conjunto da memória, fortalecida provavelmente naquela versão e mais confiável na sua característica de instrumento de previsão. Se forem diferenciadas, as previsões feitas com base na memória anterior possivelmente vão falhar, obrigando o indivíduo a buscar uma interpretação para o fracasso e processando, dessa forma, um conjunto de novas informações, que vão atualizar o script (ou outra estrutura) prévio, ou construir novos scripts, ou novas cenas, ou novos encadeamentos de ações, para dar conta da nova situação. Desta forma, para Schank, ocorre o processo de aquisição de novos conhecimentos e, portanto, de aprendizagem.

Assim, estas estruturas mentais não serão apenas estruturas de indexação de dados, mas também estruturas de memória de longo prazo, formadas pelo conjunto geral de memórias inter-relacionadas. Um exemplo dessa idéia, fornecido pelo autor, é a sala de espera de um consultório de dentista. Ela pode não existir na mente do indivíduo, na forma daquela específica sala de espera, daquele dentista em especial, mas será constituída da informação acessada em memórias de outras salas de espera.

Segundo Schank, os indivíduos economizam tempo de processamento, utilizando-se destas e outras estruturas mais complexas (histórias, relatos encadeados de episódios e conjuntos integrados por temas comuns, por exemplo), para acessar de forma rápida e eficiente às milhares de informações que recebem ao longo da vida. Estas estruturas facilitam a evocação conjunta, integrada, dos dados memorizados, através de várias *entradas no banco de dados mental dinâmico*, no momento em que eles se fizerem necessários. Uma dessas entradas para a memória será o que o autor chamou de scriptlet, definindo o que seria uma seqüência específica de ações, que constitui a base da organização dos conteúdos e atividades para a produção do modelo pedagógico que chamou *learning-by-doing*.

### 2.3.2 Contextualização histórica da idéia de aprendizado pela prática

A expressão *learning-by-doing* é usada para referir modelos variados de ensino-aprendizagem. Uma busca via Internet, através da ferramenta Google, no dia 2 de setembro de 2004, resultou em 289 mil referências indicadas para esta expressão. Entre as 50 primeiras, a maioria delas é relacionada à oferta de softwares. Também aparece relacionada às áreas de administração e economia, em especial relacionada ao treinamento de recursos humanos e a padrões de produtividade. De um modo geral, esse tipo de aprendizagem contém atividades centradas no aluno, em detrimento do sistema tradicional de assistir às aulas, ou seja, coloca menos ênfase na transmissão de informações e mais no desenvolvimento de atividades práticas; envolve os estudantes em raciocínios práticos, relacionados a tomadas de decisão que envolvam os conteúdos em pauta, aplicados a situações concretas, visando favorecer a exploração de atitudes e valores próprios.

Contemporaneamente, a mesma expressão ganhou um sentido renovado, a partir das idéias e da aplicação do pesquisador norte-americano Roger Schank (1999, 2002a, 2002b), relacionadas à decomposição quase que algorítmica dos temas do aprendizado em suas ações constituintes. A fundamentação do pensamento de Shank é a de que o *conhecimento é na verdade um resultado de experiência prática*, de vivência do próprio processo de aprendizagem. Por isso, propõe que o ensino não acontece quando alguém recebe uma informação, mas quando realiza um processo ativo, construtivo, sobre o tema em pauta, estabelece um *conhecimento não-consciente, integrado através de vivências que são de ordem prática, contextual*, relacionada com outras vivências e práticas, conservadas na memória de longo prazo através de outras estruturas que já fazem parte do repertório do indivíduo. Esse tipo de ensino, segundo o autor, implica a permanente reorganização das

estruturas indexadas na memória, alterando, por exemplo, as generalizações que permitem a integração de assuntos sobre o mesmo tema, como se faz de forma não-consciente, durante toda a vida. O modelo de aprendizado pela prática proposto por Schank (2002a) está apoiado em sua teoria da memória dinâmica (SCHANK, 1999).

Schank (1999) refere-se à questão-chave do *fazer*, como fundamentação ao aprendizado, indicando como sua influência teórica o filósofo norte-americano John Dewey (1859-1952), o qual já observava “que a maior parte do aprendizado ocorre no contexto da prática” (SCHANK, 1999, p. xi). A matriz filosófica desse modelo também pode ser identificada no trabalho do engenheiro e filósofo Ludwig Wittgenstein (1889-1951), que dimensionou a funcionalidade da linguagem humana como instrumento de representação e pensamento, observando ser imprescindível o conhecimento do *contexto* e do *uso dos conceitos*, para a sua compreensão e para o aprendizado efetivo.

Wittgenstein (1984) fez com a linguagem o que os engenheiros fazem com os problemas de Engenharia: decompõem-nos em seus elementos constituintes e passam a operar sobre esses elementos, estabelecendo relações mediadas pela lógica, pela matemática e pelas leis da natureza. Wittgenstein individualizou cada palavra e se perguntou sobre a sua natureza formal, conceitual, cultural, abstrata. Depois fez o mesmo com as combinações entre elas, as frases (módulos de palavras), examinando suas características funcionais, propriedades, limites e flexibilidades.

Não por acaso, em virtude de sua identidade com a área de Engenharia, foi ele quem formalizou, para a linguagem humana, a identificação com um sistema de cálculos que ocorrem segundo regras, sendo estas estruturadas *a partir da prática*, do *uso* dos elementos constituintes desse sistema complexo: os signos, as palavras, as sentenças. “Quem pronuncia uma frase e lhe dá significação ou a compreende, realiza com isso um cálculo segundo regras

determinadas” (WITTGENSTEIN, 1984, p. 45). As regras, então, são produzidas e conhecidas através do seu uso, da prática de sua aplicação. Isso implica que as *representações* da realidade (os conceitos, as descrições dos fenômenos, etc.) são *aplicados e compreendidos também no universo da aplicação prática dessas regras e de seus respectivos contextos*. A linguagem, em si, não é verdadeira ou falsa, mas os acordos sobre essas representações (convenções estabelecidas no âmbito da prática) definem o valor de verdade, os juízos e as validades das definições. Isso significa que o *uso* é a vida do signo, da convenção, da regra ou de qualquer representação. É a compreensão *do uso de um conceito*, por exemplo, *dentro de seu contexto funcional*, que viabiliza a aprendizagem de natureza realmente endógena (no universo mental de cada sujeito da aprendizagem) e não apenas como uma simples cópia da representação percebida desde o exterior.

John Dewey, ao longo do final do século XIX, até meados do Século XX, não apenas desenvolveu idéias muito semelhantes, mas teve oportunidade de testá-las, na prática, através de uma escola experimental, a Laboratory School, fundada por ele em Chicago, em 1896. Entre suas influências, apontava a idéia de Augusto Comte de conceber uma função social para a ciência, como forma de atuar positivamente sobre a organização da sociedade. A essa influência, acrescentou a dialética hegeliana, através da qual instrumentalizou uma crítica às separações - ou divisões - entre a alma e o corpo, a ciência e a filosofia, entre outros supostos antagonismos culturais, que, segundo ele, isolam o indivíduo do mundo. Para Dewey, natureza e experiência eram contíguas, ou contínuas, idéia que consolidou no que chamou de *princípio da continuidade*, para responder às eternas divisões filosóficas entre realistas e idealistas e criticar as problemáticas separações entre o indivíduo e o a sociedade, o espírito e a matéria, a mente e o corpo, a teoria e a prática.

Dewey e outros autores da chamada Escola Pragmatista de Chicago, no final do século XIX desenvolveram críticas tanto ao realismo quanto ao idealismo na metafísica e na

epistemologia. Influenciado por Darwin, Dewey acreditava em uma teoria do conhecimento (ou da investigação) naturalista, em que o conhecimento fosse visto como uma atividade adaptativa da espécie humana. O conhecimento, nesse escopo, não seria um processo subjetivo do pensamento, mas, ao contrário, seria resultado de uma interação entre o ser humano e o ambiente. O conhecimento serviria de guia e controle, ou seja, de instrumento, dessa interação. Para ele, o processo de apropriação do conhecimento, ocorreria ao longo de três fases distintas: o contato com uma situação problemática; o isolamento dos dados ou temas que vão definir os parâmetros da solução do problema; e a geração de hipóteses a partir de elementos cognitivos (idéias, suposições, teorias, etc.). A validação desse processo vai se dar quando *a solução for empregada na prática*. Se for bem sucedida, aquela solução não será mais apenas uma operação cognitiva, uma hipótese, mas será parte do acervo existencial do indivíduo (AMARAL, 1990, p. 63).

### **2.3.3 Atualização do conceito para ensino à distância: *e-learning-by-doing***

A partir dessa origem filosófica e do desenvolvimento de sua própria conceituação, atualizada pela necessidade do mundo contemporâneo e da tecnologia educacional informatizada, o cientista cognitivo norte-americano Roger Schank (2002a) propõe uma metodologia de cursos a distância - *e-learning-by-doing* - cuja organização de conhecimentos será disponibilizada aos alunos, na forma das seqüências ordenadas das ações contidas naquele conjunto de conhecimentos, contextualizadas no âmbito de situações capazes de emular a prática profissional. Esta seria uma estrutura cognitiva – segundo Schank - capaz de favorecer o processo de aprendizagem do aluno de forma consistente com a integração dos novos conhecimentos ao seu acervo virtual e dinâmico de memórias sobre os temas, porque

estariam sendo aprendidos dentro de um contexto próximo ao real, onde aquela seqüência de ações faz um sentido – e, portanto, tem um significado - prático. Para realizar as ações o aluno deve ter a seu dispor as ferramentas necessárias, incluídos aí os recursos informatizados sobre conteúdo (no caso da Engenharia, inclui ainda possíveis ferramentas matemáticas, softwares para simulação, etc.).

Schank (2002a) propõe a estruturação dos cursos à distância a partir da identificação bem objetiva de quais habilidades os alunos devem aprender. O termo *habilidade* não deve ser entendido como uma atividade única, para ser executada, como normalmente se usa para falar em habilidades matemáticas, ou habilidades manuais. Ao contrário, refere-se a um conjunto de ações - um conjunto encadeado de ações – cuja interação compõe o universo dessa atividade. Os conjuntos encadeados de ações práticas relacionadas a cada objetivo do curso seriam então as unidades básicas de montagem do modelo *e-learning-by-doing*, compreendendo os passos indispensáveis para que o aluno cumpra uma série de objetivos parciais, relacionados e dirigidos ao objetivo final.

Todos os conjuntos de ação envolveriam uma natureza cognitiva (o conhecimento formal da ação proposta), uma natureza procedimental (um conhecimento prático, muitas vezes inconsciente ou heurístico, sobre como fazer) e uma natureza conceitual (um conhecimento teórico, feito a partir de observações ao longo da prática, o qual, na realidade cotidiana, também é feito muitas vezes de forma inconsciente ou automatizada). Cada unidade caracteriza, então, um conjunto de ações, o qual pode ser constituída por ações menores, como sub-objetivos indispensáveis para atingir o objetivo maior.

Ambos, objetivo final e objetivos específicos de cada etapa, devem estar claros e explicitados ao aluno. Schank também alerta para o planejamento de situações de erro, uma vez que, segundo ele, o ser humano aprende quando suas previsões falham (quando erra) e pode

retornar sobre seus passos e identificar a razão do erro, ou do fracasso da previsão. A vantagem desse modelo, em relação ao ensino de Engenharia, é o fato de que contém uma proposta definida, testada e documentada de estruturação de conteúdos de cursos. Analisada nas suas características, esta proposta contém as necessidades definidas como importantes nos paradigmas do ensino-aprendizagem contemporâneo, ao promover o envolvimento do aluno, com a mediação do professor não apenas voltada à transmissão. Além disso, agrega no mesmo ambiente conteúdos teóricos e necessidades práticas, relacionadas à realização da atividade, outra característica desejável no ensino de áreas de grande aplicação, como o ensino tecnológico em geral, sendo suficientemente flexível para agregar atividades de várias naturezas, como questões éticas, ambientais ou de gestão do projeto, segundo o interesse do professor.

Outra vantagem do modelo é a de apresentar uma proposta estruturada – a seqüência das práticas necessárias à sua execução, em termos quase algorítmicos – e, portanto, balizadora das condições da implantação e reprodução de experiências didático-pedagógicas, nos moldes propostos e testados por Schank (2002a).<sup>19</sup>

Um mapa conceitual é apresentado a seguir, como resumo e visualização das idéias de Schank que serão usadas na análise e produção dos elementos educacionais dos projetos de Engenharia.

---

<sup>19</sup> Em outro artigo (SCHANK, 2002b), o autor relata a experiência de ensino presencial com SCC (Story Centered Curriculum), baseada no modelo *learning-by-doing* na Universidade Carnegie Melon. A concepção desses currículos prevê que cada curso contenha uma história, ao longo da qual os alunos desempenham um ou mais papéis, executando nesses papéis as atividades que fariam na vida real, ou no trabalho que estivessem desempenhando, na prática profissional .

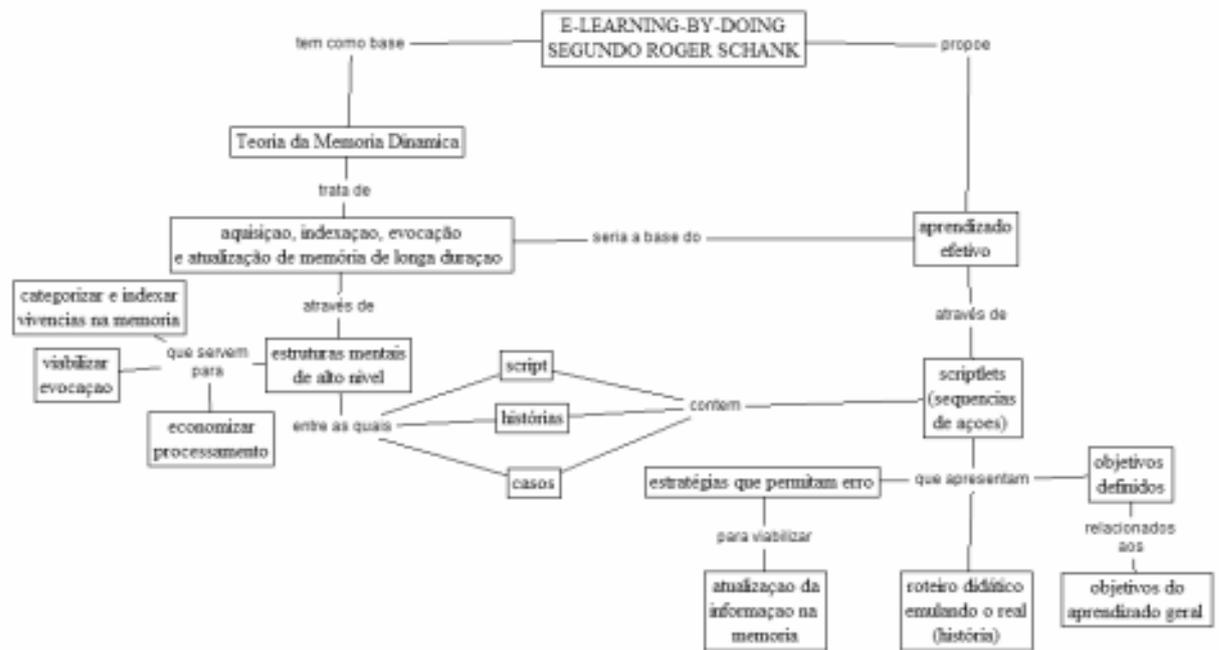


Figura 3 – Mapa conceitual resumindo conceitos de Schank sobre memória dinâmica e sobre o modelo didático *e-learning-by-doing*

### 3 EM BUSCA DO PERFIL DO ENGENHEIRO

#### 3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICO-CULTURAL - ENGENHARIA: INSTINTO INATO DA ESPÉCIE HUMANA



Figura 4 – Imagens da ação da Engenharia, em vários momentos da História

A Engenharia é uma atividade que pode ser identificada, descrita e caracterizada em qualquer cultura, de qualquer tempo histórico e de qualquer geografia, mesmo na pré-História, ou antes do Século XVIII, quando ainda não tinha recebido essa designação. A palavra engenheiro está ligada ao termo latino *ingenium*, e significa engenhosidade (BAZZO;

PEREIRA, 1996), habilidade, uma característica ligada à capacidade humana e produzir utensílios, ferramentas e outros artefatos com os quais os homens operaram sobre o ambiente, construindo habitações, acessos, defesas, etc. Essa característica aparece na espécie humana há cerca de dois milhões de anos, pelas mãos ainda pouco habilidosas do “homo herectus”, que usou pontas de pedras possivelmente conectados a tiras de couro e cascas de ovos ou árvores, para usá-las como martelos e enxadas rudimentares, constituindo a chamada “indústria de Olduvai”, na África (HAAF, 1979).

Schnaid<sup>20</sup> e outros (2001) refletiram sobre um tipo particular de olhar ativo sobre o mundo: o *espírito prático*, bastante compatível com a engenhosidade à que se refere a palavra hoje conhecida como Engenharia. Uma característica que pode ser observada bem antes da constituição formal da profissão.

É possível imaginar que entre os lascadores primitivos havia algum que provavelmente percebia, de forma rudimentar, a diferença entre a dureza das várias pedras que lascava. É possível também que percebesse a necessidade de opor pedras de graus de dureza variados, para obter uma lasca um pouco mais afiada... Talvez fosse aquele que observasse a lasca produzida acidentalmente a partir da pedra quebrada e identificasse nela um lado mais afiado, útil para quebrar ou raspar a casca do fruto, por exemplo.

Essa capacidade de observação, mesmo empírica, baseada na experiência de quem realizava a operação, poderia ser o diferencial na hora de um enfrentamento do grupo com a necessidade de abater um animal, ou de acessar sua carne, por exemplo, ou mesmo no enfrentamento com outro grupo, interessado em dividir com o nosso engenhoso ser pré-histórico o mesmo alimento. Note-se aqui que o termo “engenhoso” não significa a engenharia sistematizada e apoiada em cálculos matemáticos e considerações científicas. Significa uma postura, um olhar curioso e uma ação, uma intervenção nas condições concretas, pela modificação ou uso de materiais que estão à sua disposição. Pode ter sido essa capacidade de observação que guiou empiricamente alguns homens pré-históricos na escolha das pedras mais resistentes – sílex -, o que garantiu a sobrevivência de instrumentos rudimentares, por milhares de anos, permitindo que os estudiosos reconstituam o tipo de vida e o conhecimento existente entre os membros dos grupos humanos da Idade da Pedra. [...] (SCHNAID e outros, 2001)

A espécie humana engenhosa continuou desenvolvendo seus artefatos, a partir das necessidades de cada tempo, de cada sociedade e de suas formas de produzir cultural.

---

<sup>20</sup> A autora é co-autora do texto referenciado.

O aparecimento das cidades e a especialização profissional trouxeram de arrasto o crescimento da metalurgia. As cidades mostraram a necessidade da fabricação de novos artigos, alguns utilitários, outros artísticos. Paralelamente ao uso da cerâmica, a especialização permitiu que a cadeia produtiva necessária à produção de artigos metálicos pudesse ser implantada: prospectadores, mineiros, forjadores, transportadores e finalmente os artesãos. [...] Desde então, a evolução da engenharia tem seguido a evolução da ciência: estradas, pontes, barragens, edificações, engenhos de guerra, canalizações de água e esgoto e muitas outras obras de engenharia foram construídas baseadas nos conhecimentos ainda empíricos disponíveis aos engenheiros das diversas épocas. Algumas destas obras ainda desafiam os pesquisadores pela dificuldade de relacionar seu porte com o ferramental técnico e científico disponível a seus projetistas. Entre estas podemos citar as pirâmides que se desenvolveram em diferentes e longínquas civilizações. [...] A geometria desenvolvida em algumas escolas filosóficas gregas proporcionou grande desenvolvimento à mecânica, trazendo como conseqüência a diminuição da necessidade do trabalho manual. Engenhos mecânicos, como as roldanas e o moinho giratório, facilitaram a realização de tarefas que até então empregavam grande número de animais de tração ou mesmo seres humanos. (SCHNAID, 2000)

Bazzo e Pereira (1996) apontam Veneza, em 1506, como tendo sido o local da primeira escola dedicada à formação de engenheiros e artilheiros, embora salientem que a profissão só foi reconhecida desta forma quando o inglês John Smeaton (1724-1792) autointitulou-se engenheiro-civil. No Século XVIII, também tem início um grande desenvolvimento de áreas como a siderurgia e a metalurgia, atividades que, como a construção civil, até então eram realizadas pelos homens engenhosos, ou seja, práticos, que baseavam seu trabalho na observação empírica, nas estratégias de erros e acertos e, possivelmente, na confiabilidade acumulada e no conhecimento estruturado ao longo de suas próprias experiências pessoais.

Florman (1996) faz uma generalização a respeito da função dos atores sociais engenhosos de todas as culturas e considera que a Engenharia é um instinto básico da espécie humana, cuja expressão é a auto-satisfação através de um trabalho bem feito, um desafios concreto enfrentado e solucionado, semelhante ao que as crianças sentem no jogo e no brinquedo com artefatos.

Eu acredito que há talentos e impulsos profundos que sublinham toda a nossa criação tecnológica – de torres e navegação de navios a transistores e sistemas de análise. A tecnologia primitiva é com certeza o pai do engenheiro moderno. O objetivo principal sempre foi compreender as coisas do universo, considerar problemas baseados nas necessidades (ou desejos) humanos, propor soluções, testar

e escolher a melhor solução, e prosseguir até o produto final. O deleite existencial sempre foi o prêmio de cada uma das etapas desse caminho – para o observador, para o usuário e particularmente para o executor. (FLORMAN, 1996, p. 113)

Para este autor, a identificação de uma clara noção de Engenharia já nos primórdios da civilização é o primeiro passo para a compreensão de uma identidade e mesmo para a formulação de uma filosofia profissional, da Engenharia, enquanto um instinto básico do ser humano, que decorre da necessidade de todos os grupos sociais de produzirem objetos e construírem abrigos e outras facilidades de sobrevivência. Um conjunto de produtos que, uma vez produzidos, tornam-se objeto de disputa e cobiça, além de admiração. Cita exemplos do Velho Testamento e dos poemas homéricos, nos quais os objetos construídos pelos homens são objeto “de maravilha e encantamento” (FLORMAN, 1996, p. 110): entre outros tantos artefatos e utensílios, jarros, pratos, cestas, camas, cadeiras, tentos, cortinas, vestidos, calçados até instrumentos musicais, como harpas e címbalos. Além deles, os textos de Homero e da Bíblia falam de edificações e cidades, importantes para os hebreus e para os gregos, falam de fontes de água e de jardins, construídos em ambiente desértico, bem como de canais de irrigação e de técnicas de manufatura de materiais tão variados como o bronze, o mármore, o tijolo e os múltiplos tipos de madeira. Todos esses itens constituindo produtos da engenharia humana.

Um apetite pela fina capacidade humana de processamento e de produção de beleza é evidente em muitas passagens. O tabernáculo tem pilares cobertos de ouro e ‘dez cortinas de fino linho entrelaçadas, e azuis, e púrpura, e escarlata: com querubins artisticamente trabalhados’. O templo de Salomão e o palácio são feitos de pedras cuidadosamente talhadas, cedro aplainado e gravado, e colunas de bronze ornamentadas que fascinavam a Rainha de Sabá. (FLORMAN, 1996, p. 110).

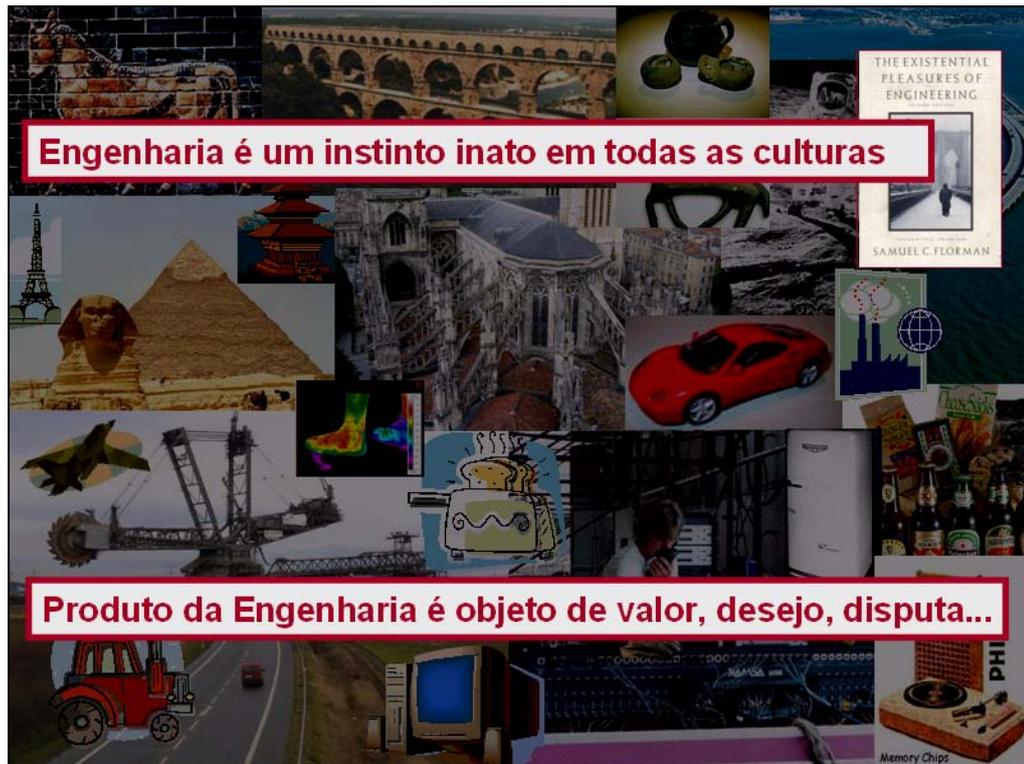


Figura 5 – Valor agregado pela cultura ao produto da Engenharia

Leonardo da Vinci, considerado o primeiro engenheiro da história, lançou-se a vários desafios para ajudar a defender Florença, Veneza e Milão, cidades em que viveu e trabalhou, no tempo do Renascimento (Século XVI). Engenheiro e conselheiro da corte, imaginou estratégias que incluíam comportas para desvio do leito de rios, submarinos e equipamentos de mergulho, com desenhos detalhados que até hoje surpreendem pela capacidade de antecipação, embora a maioria de seus inventos não tenham sido concretizados por ausência de tecnologia capaz de viabilizá-los. Não era apenas um inventor, mas um planejador atento às necessidades reais de seus contemporâneos. Sugeriu o desenvolvimento de um corredor industrial entre Florença e Pisa, com fábricas de seda, papel e cerâmica movidas pela água do rio, com produções escoadas pela navegação do próprio rio, mostrando-se um visionário por tomar a si a responsabilidade de propor estratégias de desenvolvimento social e organização racional da produção local, que o tornam citado até hoje como exemplo da potencialidade da inserção do trabalho do engenheiro na malha da atividade civil, em todas as áreas.

Era intensa a demanda pelo trabalho de Leonardo, por parte dos administradores de todos os níveis, e reconhecido publicamente também seu grande prestígio, cujo exemplo aparece no texto de uma espécie de salvo-conduto que Da Vinci exibia, para ter acesso privilegiado em qualquer local do reino ao qual servia.

A todos os nossos lugares-tenentes, castelãos, capitães, condottieri, oficiais, soldados e súditos que leiam este documento. Nós ordenamos e comandamos [...] que nosso muito querido arquiteto e engenheiro geral Leonardo da Vinci, portador deste passe, encarregado de inspecionar lugares e fortalezas em nossos domínios, de modo que nós os mantenhamos de acordo com suas necessidades e de seu aconselhamento, todos lhe permitirão passagem livre, sem sujeitá-lo a qualquer imposto público seja sobre si próprio seja sobre seus companheiros, e o receberão com amizade, e lhe permitirão medir e examinar qualquer coisa que lhe aprouver. [...] (Permissão concedida por César Borgia, governador da Romanha, Itália, em 1502, a seu engenheiro militar Leonardo da Vinci) (WHITE, 2002, p. 206)

A partir do Século XVIII, a Engenharia passa por uma transformação radical na sua forma de operação, pela constituição de escolas para seu ensino formal e, simultaneamente, pelo desenvolvimento das ciências que agregaram ferramentas mais poderosas à engenhosidade e ao espírito prático. Em 1747, foi criada na França a primeira Escola de Engenharia, em Ponts de Chaussées, voltada para o ensino prático (BAZZO; PEREIRA, 1996). Outros países implantaram escolas técnicas superiores (Praga, 1806; Viena, 1815; Munique, 1827), sendo em Zurique, em 1854, o surgimento daquela considerada pelo autor como a mais importante escola de Engenharia, em relação ao desenvolvimento da concepção moderna da profissão. Nos Estados Unidos, a primeira Escola dessa natureza foi o MIT (Massachusetts Institute of Technology), em 1865. Todos esses fatos históricos contextualizam a consolidação da moderna Engenharia, embasada em princípios científicos, que significou uma estruturação e uma disciplina metodológica (nos moldes do método científico que também foi sendo consolidado ao longo da história da ciência) para o já conhecido espírito prático e para a habilidade dos engenheiros.

Hoje, após a consolidação do paradigma científico na profissão, o valor agregado pelo trabalho do engenheiro nas sociedades contemporâneas não se refere apenas aos objetos,

utensílios que produziu ou e serviços tecnológicos que prestou, mas, principalmente, caracteriza-se como um *valor agregado pela forma de pensar do engenheiro, na ação prática e precisa de transformação da realidade, e na sua habilidade de identificação, formulação e solução de problemas concretos, através da gestão de um intrincado equilíbrio entre necessidades e limites*. Uma forma de pensar que se apóia na *metodologia científica enquanto operação*, mas que a excede porque submete o resultado desse raciocínio a *índices de segurança, controle e confiabilidade, custos e responsabilidades* de toda ordem, das sociais às ambientais.

### 3.1.1 Crise no prestígio profissional: ecologia, pacifismo, movimentos anti-tecnologia

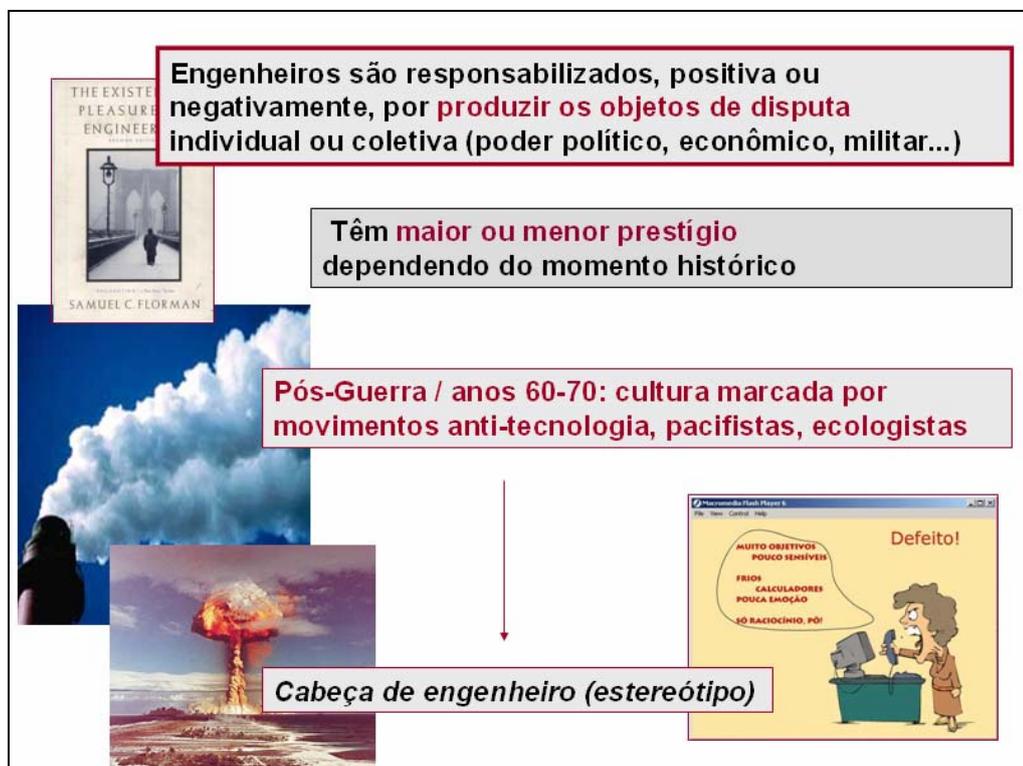


Figura 6 – Representação da crise do prestígio dos engenheiros contemporâneos

Ao longo do tempo, como se percebe, as demandas práticas e a natureza da profissão do engenheiro foram mudando, sempre em relação a mudanças ocorridas na própria sociedade, nas formas de produção e nas conseqüentes estratégias de comercialização, distribuição e gestão da economia dessas sociedades, incluindo a questão da segurança. Por exemplo, lembra Ferguson (2001), *todos os engenheiros da Renascença estavam envolvidos de alguma forma com o planejamento de fortalezas e de máquinas de guerra*. Esta era uma das prioridades da época e a ela se associavam as necessidades de natureza prática, relacionadas à defesa, como as rotas de abastecimento e comércio. No Brasil, essa realidade não foi diferente ao longo da História e, em função disso, também a profissão de engenheiro floresceu no âmbito das necessidades militares, relacionadas à defesa e à ocupação do território. A raiz militar da formação das Escolas de Engenharia, no final do Século XIX, possivelmente seja a principal razão da identificação do ensino dessa área como positivista no País, uma vez que os militares estiveram ligados à disseminação das idéias do positivista Augusto Comte (e aos seus postulados sobre a sociedade positiva, moldada pela concepção de ciência como verdade inquestionável), e também estiveram ligados aos rumos da política no país, nem sempre através das formas políticas mais democráticas.

Tanto a guerra quanto a segurança das nações, como se sabe, são indústrias com profundas implicações de natureza econômica e política, que movimentam uma boa parte da energia administrativa e gerencial, bem como os recursos econômicos, das nações em qualquer tempo. Esta é uma razão que se impõe na reflexão sobre o fato de que, em todos os tempos, em todas as culturas, a Engenharia tem uma matriz fortemente arraigada nas necessidades de natureza militar, assim como na competitividade econômica das nações e, portanto, constitui um produto de alto valor agregado em qualquer cenário político (de disputa entre grupos políticos, pelo predomínio do poder), nacional ou internacional.

Assim como os engenheiros se movem a partir das necessidades geradas pela sociedade – e possivelmente apontadas pelos setores mais dinâmicos ou poderosos das respectivas sociedades, entre os quais o poder político e militar – a sociedade se relaciona com os engenheiros de formas mais receptiva, ou menos receptiva, dependendo da própria auto-crítica de cada cultura com relação à sua própria História, incluindo aí os acertos e desacertos da defesa, da segurança, da economia ou da dinâmica social. Isso significa que, apesar do valor agregado pela Engenharia, o prestígio social dos engenheiros poderá se alterar ao longo da História.

Ferguson (2001) relata a situação dos engenheiros, no ambiente da economia norte-americana, a partir do final do Século XIX:

Engenheiros americanos recebiam uma grande parte da estima do público no século XIX e no início do Século XX, enquanto planejaram e dirigiram a construção de uma rede continental de ferrovias e auto-estradas; de sistemas que supriram as cidades com água e removeram seus esgotos, de indústrias básicas que supriram materiais de construção, como o ferro e o aço, e dos altos edifícios que o aço estrutural tornou viáveis. Herbert Hoover, um engenheiro de minas, foi Secretário de Comércio nos anos 20; ele encorajou organizações de engenharia a trabalhar pelo bem estar e promoveu projetos de engenharia [...]. Como presidente dos Estados Unidos, entretanto, ele viu o status dos engenheiros evanecer enquanto a Grande Depressão se aprofundava e os engenheiros foram fortemente responsabilizados pela mecanização precipitada da indústria que colocou muitos milhares de trabalhadores fora de seus empregos. (FERGUSON, 2001, p. 157)

Florman (1996) também aponta e analisa a situação da Engenharia na sociedade americana, identificando uma diminuição historicamente recente e ainda perceptível, no prestígio dos engenheiros contemporâneos, devido à crítica dos movimentos pacifistas, ecologistas e movimentos anti-tecnologia em geral, surgidos a partir de 1950, nos Estados Unidos, e 60, em vários outros países, como o Brasil. O autor lembra que antes dessa grande onda de críticas vivia-se em quase todo o mundo um período de intensa glamourização da profissão da Engenharia, identificada, no início do século XX, com a personificação das promessas de futuro próspero e solução tecnológicas magicamente resolvidoras dos problemas sociais e econômicos. Nesse período, relata o autor, o engenheiro estava presente

no imaginário popular, na forma de personagens literários fascinantes.<sup>21</sup> Durante essa verdadeira *Idade do Ouro da Engenharia* (expressão do autor), os engenheiros passaram a agregar um novo sentimento à sua auto-definição de resolvidores de problemas: seriam também os responsáveis pelas soluções dos problemas sociais e econômicos, seriam os racionalizadores dos processos produtivos, seriam os aproximadores da grande fraternidade humana, através das soluções práticas das estradas, pontes e canais.

Ser engenheiro em 1902, ou em qualquer momento entre 1850 e 1950 era ser participante em uma grande aventura, um líder em uma grande cruzada. A tecnologia, como todos poderiam ver, estava fazendo avanços miraculosos e, como uma conseqüência natural, as perspectivas para a humanidade tinham se tornado potencialmente brilhantes. (FLORMAN, 1996, p. 4).

Naquele tempo, escreve Florman, todos pareciam acreditar que problemas de toda sorte seriam resolvido com verdades científicas inquestionáveis (ainda não mediadas pelos paradigmas da incerteza e da relatividade) e suas aplicações tecnológicas. Examinado à distância, percebe-se que esse caldo de cultura, do qual fizeram parte os engenheiros e a sociedade daquele momento, em especial nos países europeus e nos Estados Unidos, nutriu a crítica à Revolução Industrial, com todas as suas contradições. Esse cenário desenhou, até hoje, a moldura de um quadro congelado no tempo, de engenheiros tecnicistas, cientificistas, ingênua e excessivamente racionais.

O mesmo autor (FLORMAN, 1996) estimou uma diminuição no número anual de graduados em Engenharia, entre 1986 a 1996, nos Estados Unidos, em torno de 18%, opinando, entretanto, que apenas uma parte dessa perda de interessados, bem como de altas taxas de evasão, poderiam ser atribuídas à falência do modelo acadêmico. A profissão perdeu prestígio, também no Brasil, como pode-se perceber pela procura pelos cursos de Engenharia

---

<sup>21</sup> O autor cita vários exemplos da literatura americana e inglesa, como Rudyard Kipling, com o título *Bridge-Builders*.

no vestibular.<sup>22</sup> Para Florman (1996), o desinteresse dos jovens em buscar esta profissão estaria associado ao movimento anti-tecnologia, o qual teria tido início, nos Estados Unidos, precisamente no dia 31 de janeiro de 1950, quando o então presidente Truman anunciou que estava sendo desenvolvida uma bomba de hidrogênio, lançando o que seria a semente de consciência social sobre o poder latente de destrutividade associado à tecnologia. Desde então, foi sendo cristalizada uma idéia que inocenta cientistas por desenvolver, mas culpabiliza engenheiros por aplicar esse potencial de destruição, conjuntura que ao longo dos anos 60, 70 e 80, foi sendo agravada pelo aparecimento dos movimentos ambientalistas, denunciando o envenenamento da comida, do ar e da água. Passou a existir, ao longo desse tempo, segundo a análise do autor, uma contraposição entre os valores típicos do que seria o existencialismo, um pensamento não necessariamente relacionado aos filósofos existencialistas como o francês Jean Paul Sartre, mas aos indivíduos – e às correntes filosóficas, culturais ou artísticas - que defendem a preponderância das paixões, impulsos e intuições na formulação da existência humana, rejeitando o que chamam dogmas científicos<sup>23</sup> e criticando o aporte pragmático da Engenharia, acusada de antepor-se à humanização.

O problema, identificado no Brasil em outros países, leva a pensar na razão por que nem sempre é bem interpretado culturalmente o papel desse ator social cujo trabalho é tão evidente em qualquer sociedade. Em algumas décadas, os engenheiros deixaram de ser vistos como os grandes geradores de soluções de qualidade de vida, como os carros, a luz elétrica, o telefone, os aviões e as geladeiras, entre outros, e passaram a ser responsabilizados pelas conseqüências de todos os seus usos.

---

<sup>22</sup> Dados fornecidos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul relativos ao Concurso Vestibular de 2005 dão conta da seguinte densidade de alunos disputando cada vaga: Engenharia Civil (5,34); Engenharia de Produção (6,32); Engenharia de Materiais (3,97); Engenharia de Minas (3,51); Engenharia Elétrica (6,92); Engenharia Mecânica (7,91); Engenharia Metalúrgica (7,64); Engenharia Química (6,87); Engenharia de Computação (18,30). Mesmo o último curso, mais procurado, não atinge os números da procura de cursos como Medicina (29,79); Direito (21,84), Psicologia (26,43) ou Publicidade (20,72).

<sup>23</sup> Mais adiante se fará referência à visão contemporânea da ciência, baseada sobre a incerteza e o método, auto-validando-se através de permanente questionamento e aceitação da transitoriedade das verdades absolutas.

De personagens heróis, os engenheiros descritos por seus críticos passaram ao imaginário da cultura do Século XX como aprisionadores da natureza humana em um universo *maquínico*, fadado ao holocausto ambiental, pelo envenenamento do ar, da água e da terra. Este deslocamento de personalidade social não passou despercebido dos engenheiros, mesmo que o debate, em geral, não chegue com esta formulação explícita às escolas de Engenharia. E houve autores que identificaram o que foi interpretado como uma espécie de crise de identidade, necessária, talvez, ao amadurecimento dos engenheiros enquanto atores sociais que, apesar de tudo, nunca perderam o gosto pela atividade, em si:

Tudo sobre o senso de desencantamento com a tecnologia parece estar crescendo. [...] não se pode negar que com o aparecimento da crise ambiental, nossa relação com a sociedade mudou. Não podemos – não deveríamos – fingir que isso não aconteceu [...] O prazer nas conquistas técnicas ainda está lá, com certeza. Mas onde está o deleite que os engenheiros costumavam sentir no seu papel de salvadores da humanidade? Claramente não salvamos ninguém, ou, mais precisamente, aqueles que salvamos agora estão ameaçados de venenos e outros azares que criamos. [...] Ansiedade e alienação são palavras de ordem do dia, como se conforto material fizesse a vida pior, ao invés de melhor. Os sonhos de igualdade, fraternidade e paz que deveriam se seguir ao despertar dos triunfos da Engenharia também provaram ser ilusões vãs. (FLORMAN, 1996, p. 16).

Relatos como esse e as interpretações que se seguiram a essa situação histórica, inclusive na área do ensino, demonstram, entre outras coisas, a intensa permeabilidade dos engenheiros às transformações sociais e culturais. Os engenheiros sempre foram desafiados a resolver os problemas práticos, de onde quer que eles surgissem e, agora, sentem-se desafiados a resolver mesmo aqueles problemas que surgem do próprio exercício da Engenharia, ou mesmo que eles contenham – ou imponham, o que é mais provável – uma mudança de perspectiva do próprio engenheiro em relação ao problema. O resultado mais eficiente desse enfrentamento foi dado pela própria Engenharia, com o desenvolvimento de áreas até então inexistentes, como a Engenharia Ambiental, onde são propostos novos paradigmas de produção industrial não-poluente, ou, como é da natureza da própria Engenharia, de uma produção industrial de reciclagem (transformação) dos subprodutos até então considerados dejetos. Hoje, no bojo das questões ambientais, a indústria da construção

civil desenvolveu novos e/ou reciclados materiais, igualmente inexistente há algumas décadas, e a Engenharia de Produção desenvolveu estratégias sistêmicas para integrar de forma humana, ergonômica e eficiente, os ambientes da atividade humana e mecanizada, alterando os cenários industriais que caracterizaram as imagens do ser humano aprisionado pela linha de montagem. Apesar de serem causados pela Engenharia, soluções desse tipo seriam o resultado do trabalho típico de Engenharia, agindo para modificar e otimizar os sistemas, os modos e as tecnologias de produção.

Por mais críticas ou desprestígio eventualmente identificados com a profissão ou o profissional de Engenharia, não mudou a natureza da profissão enquanto operação sobre os fenômenos e os materiais da natureza para produzir objetos, artefatos, instrumentos, abrigos, fontes de energia, equipamentos, estradas, pontes, prédios, e uma infinidade de outras soluções da engenhosidade humana, para terem aplicação prática. Isso determina de forma inexorável uma profunda imbricação do trabalho do engenheiro com a dinâmica da própria sociedade e suas demandas de natureza prática, concreta, que se traduzem na forma de problemas a serem solucionados, gerando produtos que contêm, em si, a projeção de sentimentos, desejos, cobiça, e as conseqüentes disputas de vários graus de civilidade (entre as quais as guerras) dos usuários desses produtos. No limite, hoje, a Engenharia contemporânea coloca a si própria como obstáculo e objetivo, desenvolvendo estratégias eficientes de atingir resultados mais compatíveis com o que lhe demanda o cidadão do Século XXI, que inclui a reflexão cultural sobre as formas de decisão sobre o uso e a distribuição desses produtos da capacidade de produção do engenheiro, mesmo que esta decisão não esteja no âmbito direto da decisão técnica do engenheiro.

A onipresença da Engenharia em todas as culturas, a imbricação do produto do trabalho do engenheiro diretamente às necessidades e as várias formas de competição entre grupos sociais, tornam compreensível a idéia de que o prestígio social dos profissionais que exercem esta atividade se alterou ao longo de momentos históricos diferenciados. Mesmo a

partir de um resumo muito breve sobre algumas etapas da evolução da Engenharia nas culturas humanas de diferentes épocas e latitudes, considerou-se possível concluir, como Florman (1996), que a atividade de Engenharia constitui, em si, uma espécie de valor agregado à produção de cada sociedade, não apenas porque produz tecnologia, mas porque desenvolve, de forma concreta (não metafórica), objetos, instrumentos e soluções práticas de toda ordem, aos quais são atribuídos valores estéticos, afetivos, de conforto, de status, de segurança, de poder, etc. Estes produtos são relacionados à sobrevivência dos grupos sociais e, infelizmente, também são associados ao acúmulo e ao gosto humano pelo supérfluo, bem como sua inclinação à disputa e à competição, individual ou social.

Embora seja uma afirmação de natureza subjetiva, e, portanto, sujeita a opiniões divergentes, parece possível supor que as disputas individuais e sociais ocorreriam tendo como base qualquer instrumento, tecnológico ou não, sofisticado ou não, ao qual os indivíduos os grupos atribuísem valor, como por exemplo uma presa abatida, não sendo, portanto, a rigor, atribuível a qualquer grupo produtor de determinado instrumento a causa, em si, da disputa. Também parece plausível supor que cabe aos engenheiros, pelo seu conhecimento de causa, dialogar com a sociedade a respeito da tecnologia que produz, na medida em que, como bem lembra Florman, a segurança social e/ou ambiental de qualquer tecnologia é um problema *a mais* para a Engenharia (o que significa mais planejamento, mais equacionamento e mais necessidades de custo), e não uma solução simplificadora de diminuição ou interrupção de produção de tecnologia.

Compreender a natureza do valor agregado que constitui a Engenharia, em geral, não faz parte da formação do engenheiro contemporâneo, possivelmente porque demandaria uma reflexão sobre sua própria identidade, numa espécie de filosofia a respeito da profissão, que não é comum entre os engenheiros, pelo menos neste tempo presente e nesta cultura. Ao longo do tempo, entretanto - em particular ao longo das últimas décadas - esse suposto valor agregado relacionado à produção de tecnologia e a uma forma de pensar e agir característica dos engenheiros ganhou

vida própria, constituindo-se em estereótipo, como se viu, sobre um suposto comportamento – existencial e profissional - pouco humano, pouco ético e pouco criativo<sup>24</sup>. A expressão *cabeça de engenheiro* tem sido usada informalmente para designar não só os profissionais, mas até mesmo um tipo de raciocínio e de ação desprovidos de qualquer emoção, humanidade ou criatividade, adjetivos que de certa forma acabaram aderindo à identidade profissional e, talvez, justificando a fuga dessa profissão de muitos jovens criativos e competitivos. A mesma expressão também tem sido usada, paradoxalmente, por empresários e pesquisadores que desejam expor as necessidades de um mundo profissional complexo e exigente. Carlos Ghosn, principal executivo da empresa automobilística Nissan deu um conselho aos jovens que pretendiam sair-se bem no mercado de trabalho:

Podem começar a vida tirando Engenharia, diz ele, e terão uma boa base para administrar negócios de qualquer natureza.[...] Em entrevista publicada na Revista Veja de janeiro de 2001, ele dizia que ‘é preciso ter cabeça de engenheiro para manter-se atualizado com tantas tecnologias novas sendo desenvolvidas’. (SCHNAID; MILITITSKY; NACCI, 2001)

É possível que as mudanças desejadas no perfil do engenheiro formado nesse tempo-espaço (que serão apresentadas ao longo desta tese) já estejam viabilizando uma consciência dos futuros engenheiros para a possibilidade de que deveriam, ou poderiam optar por serem menos reativos à necessidade externa e mais pró-ativos na definição de rumos dessas necessidades de natureza social, econômica e inclusive ambiental. É possível mesmo que, num futuro breve, uma formação mais integradora e flexível (através da elaboração de projetos, por exemplo) seja capaz de conscientizar os futuros profissionais para sua responsabilidade, não apenas como executores, mas como planejadores de atividades que

---

<sup>24</sup> Estereótipos, por definição, relacionam-se a padrões ou moldes. Do ponto de vista lingüístico, refere-se a um modelo esquemático definido em termos de valores gerais básicos, que não definem, entretanto, todas as possíveis extensões, ou possíveis sentidos, da palavra. Do ponto de vista de comportamento, o conceito tem sido usado para identificar padrões repetitivos característicos de grupos de indivíduos, segundo profissão, idade ou sexo, entre outros itens. Os estereótipos são formados a partir da disseminação de informações que, apesar de não serem exatas, contém algumas características observáveis no grupo em questão (como por exemplo “os gaúchos são bairristas”), não caracterizando, muitas vezes, uma inverdade, mas geralmente uma verdade incompleta, imprecisa, ou referente a episódios isolados, ou a indivíduos específicos de um grupo, por exemplo.

integram análises de problemas concretos de soluções em todas essas áreas, como no exemplo de Leonardo, que também planejou o desenvolvimento das regiões em conflito.

Florman (1996) entretanto, aconselha cuidado na formulação desse tipo de consideração, para evitar uma indesejável politização da função do engenheiro. Propõe o autor que, com exceção de poucos casos, a respeito dos quais haveria uma unanimidade moral evidente (recusar-se a projetar fornos crematórios para campos de concentração, por exemplo), seria muito difícil estabelecer um código único a todos os engenheiros, capaz de definir o que aceitar ou não como responsabilidade ética, ambiental e social, o qual fosse válido para todos os tempos e para todas as culturas. Todas as questões de natureza ética são complexas, para as quais, mesmo em termos de tratamento científico - e como nos problemas científicos e práticos -, há múltiplas respostas, dependendo da metodologia usada, da influência do planejador e de seu ambiente.

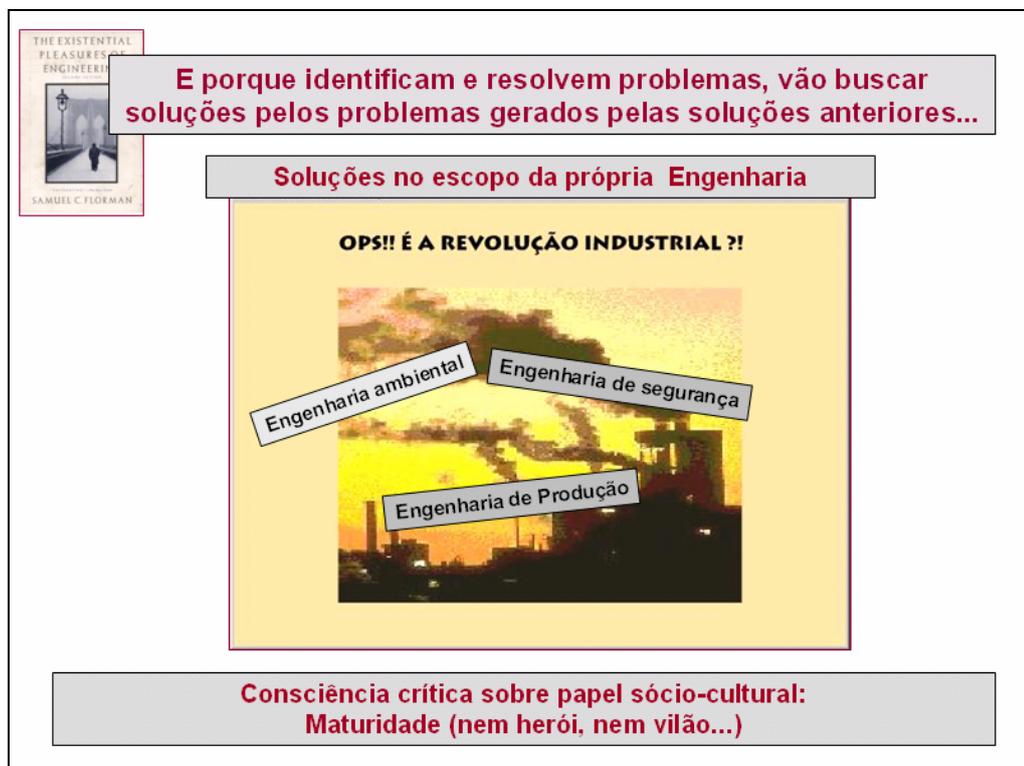


Figura 7 – Novas soluções exigem novas formulações da própria Engenharia

Para Florman (1996), não é apenas um conjunto de idéias corretas, mas são a Engenharia de Segurança ou a Engenharia Ambiental – e outras soluções técnico-científicas

desenvolvidas para resolver os problemas gerados pelo desenvolvimento tecnológico em si - as ferramentas lógicas para que engenheiros especializados tratem de regulamentar as questões relacionadas ao meio ambiente e à segurança, criando parâmetros e normas para serem usados pelos projetistas das outras áreas. É evidente - e o autor deixa isso bem claro - que há um elo indispensável nessa cadeia de raciocínio que envolve o desenvolvimento tecnológico e as soluções técnicas para suas conseqüências, que é a necessidade de persuasão das autoridades com poder político de decisão sobre as formas de implantar, financiar e gerenciar a implantação desse desenvolvimento e suas soluções necessárias. Este, lembra Florman, é um problema de natureza *política* e, portanto, estará equacionado no escopo das formas específicas que cada cultura define para regulamentar o respectivo exercício do poder.

A ciência, a tecnologia e seus atores - entre os quais os engenheiros - gera conhecimento e produtos, como fruto de seu trabalho e de sua inserção cultural. Este produto é uma decorrência direta da situação do ser humano na sua relação com a sobrevivência no planeta e com as alterações da forma como esta sobrevivência se estrutura, ao longo de cada momento histórico. *O produto* da ciência e da tecnologia *não é, em si, se supôs, uma causa, uma conseqüência ou uma solução para problemas sociais, ou para disputas individuais e coletivas entre grupos sociais, as quais, por também constituírem problemas complexos e multidisciplinares, não podem ser equacionadas através de representações e operações simplificadas ou reducionistas. Menos ciência e menos tecnologia não produz, em princípio, nenhum resultado previsível relacionado a mais segurança ou melhor distribuição do produto dessas duas ferramentas da engenhosa mente humana. Menos Engenharia significa apenas menos valor agregado àquela cultura que escolheu este encaminhamento. Menos Engenharia não é uma formulação equivalente a tecnologia mais segura, mais humana, menos poluente. Ao contrário, pode significar, a*

longo prazo, exatamente o contrário, uma vez que a Engenharia é a ferramenta cultural para operar sobre esses problemas de natureza real, prática.

O *uso* da ciência e da tecnologia, por sua vez, os critérios relacionados à sua segurança, bem como as instituições que viabilizam as formas de acesso ao produto de ambas pelos cidadãos de qualquer grupo, entretanto, são conjuntos de questões teóricas e práticas mediadas por um vasto contingente de outros atores sociais, além dos engenheiros, como por exemplo advogados, médicos, autoridades religiosas, autoridades políticas, imprensa, cidadãos comuns, professores, artesãos, agricultores, industriais, militares, partidos, associações de classe e de categoria, jovens, estudantes, etc. Atores, aliás, que também se fizeram presentes em cada tempo histórico, como se fazem atualmente, com suas respectivas peculiaridades, com prestígio igualmente permeável ao maior ou menor poder político, ideológico, militar ou religioso.

Estas considerações podem ser fortalecidas pela reflexão de Richard Feynman, um dos grandes físicos do Século XXI, ganhador do Prêmio Nobel de 1965, integrante da equipe de cientistas responsáveis pelo Projeto Manhattan, durante a Segunda Guerra Mundial, no qual foi desenvolvida a bomba nuclear dos Estados Unidos. Feynman se referiu às cobranças – que considerava muitas vezes ingênuas e simplificadoras - feitas aos cientistas a respeito de sua responsabilidade com os problemas sociais.

De tempos em tempos as pessoas me sugerem que os cientistas deveriam dar mais consideração aos problemas sociais – especialmente que eles deveriam ser mais responsáveis, considerando o impacto da ciência na sociedade. Parece ser uma crença generalizada que se os cientistas apenas olhassem àqueles problemas sociais muito difíceis e não despendessem tanto tempo brincando com coisas científicas menos vitais, um grande sucesso surgiria daí. Me parece que nós pensamos sim sobre esses problemas [...] mas não colocamos todo o esforço neles – porque nós não temos nenhuma fórmula mágica para resolver problemas sociais, que problemas sociais são muito mais difíceis do que os científicos [...].

Com certeza se fizermos coisas boas, não será somente um crédito da ciência; também será um crédito da escolha moral que nos levou ao trabalho certo. [...] A cada homem é dada uma chave para os portões do céu; a mesma chave abre os portões do inferno. [...] (FEYNMAN, 1988, p. 240).

A seguir, prosseguindo com a contextualização do universo da Engenharia contemporânea, se procurará analisar de forma mais aprofundada quem é o engenheiro, suas possíveis características enquanto indivíduo e enquanto profissional. Também se procurará identificar suas formas de raciocinar e operar sobre o meio ambiente, bem como as estratégias que usa para equacionar e resolver problemas.

### 3.2 IDENTIDADE DO ENGENHEIRO – CARACTERÍSTICAS INDIVIDUAIS:

#### *BRICOLADOR POR NATUREZA*

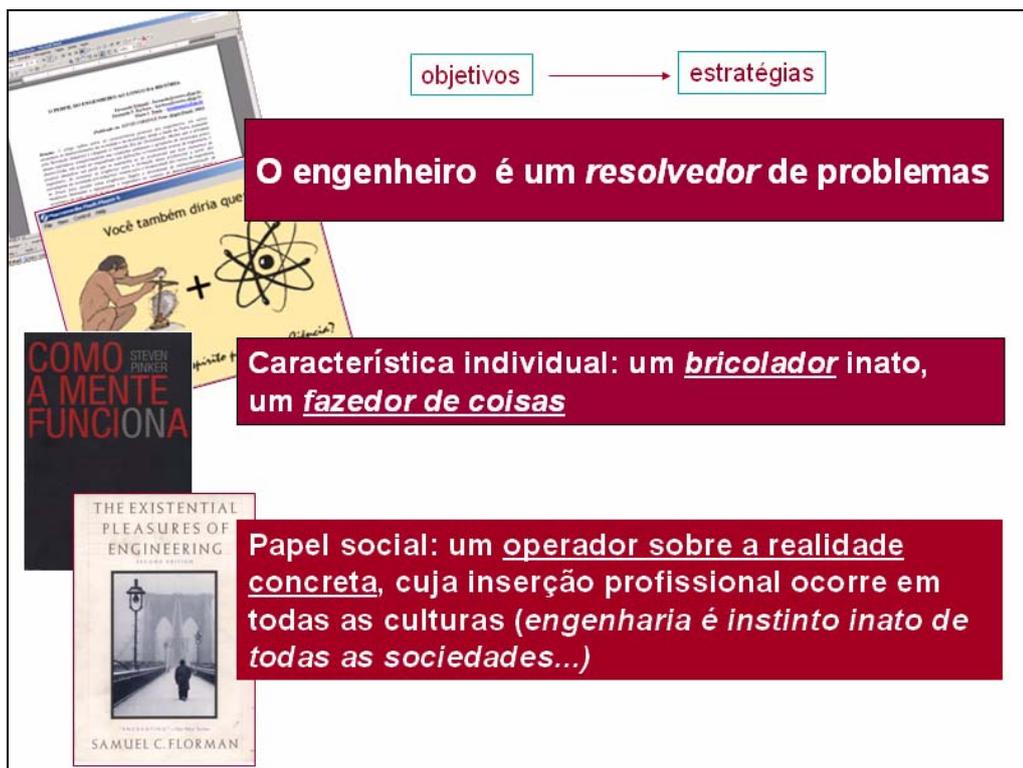


Figura 8 – Descrições de Pinker, sobre a espécie humana, são semelhantes à atividade dos engenheiros, de definir objetivos práticos e estratégias para realizá-los, como resolvedores de problemas

Nesse capítulo, procuraremos refletir sobre quem é o engenheiro<sup>25</sup>, qual seu papel na sociedade e como ele exerce esse papel, com suas características individuais e profissionais. Esta análise será feita a partir de observações retiradas de bibliografia da área de Engenharia, relacionando as reflexões dos autores, quando possível, com conceitos apresentados por Pinker (1998) sobre o *funcionamento da mente humana*. Em concordância com as idéias de Pinker, considerou-se que o conjunto de características gerais e operações mentais que serão identificadas constituem um produto da *combinação de uma predisposição natural*, inata, dos indivíduos que escolhem a Engenharia como profissão, *com as conseqüência de sua relação com o mundo, em particular das exigências da formação e do exercício profissional*.

Ao fazer a afirmação de que existem indivíduos com determinadas características psicológicas, comportamentais e cognitivas, que escolhem a profissão de Engenharia, não se pretende valorizar ou desvalorizar essas características (até porque já foi bem enfatizado que se considera que este valor é diferente, em cada cultura). Também não se pretendeu aprofundar a discussão filosófica a respeito da existência ou não de aptidões inatas, entendendo que não existem, ainda, argumentos isentos que possam contribuir para esta discussão de maneira inequívoca. Ainda se trata, portanto, de uma questão de opção conceitual e de escolha de modelos teóricos de representação da realidade. Aceitou-se como pressuposto que os indivíduos nascem com características individuais, de natureza psicológica e cognitiva, têm formas preferenciais de raciocínio e expressão, bem como inclinações pessoais que os levam a escolha de uma ou outra área de atuação, além de fatores culturais, econômicos ou familiares.

---

<sup>25</sup> Todas as vezes que engenheiros são citados, neste trabalho, o conceito se estenderá a indivíduos do sexo masculino e do sexo feminino. Embora esta profissão ainda seja predominantemente masculina – em especial nas áreas de Engenharia Elétrica, Mecânica e Metalúrgica – já se observa um grande número de mulheres nos cursos, em particular na Engenharia de Produção, Química e, em menor quantidade, na Civil. Essas observações foram feitas informalmente na Escola de Engenharia da UFRGS.

Evitou-se usar o termo “existencial”, utilizado por Florman (1996), por considerar-se que o conceito, em português, está associado a uma idéia ambígua, pouco precisa. O autor se refere à natureza existencial da profissão do engenheiro, identificando o que traz prazer, emoção, orgulho ou satisfação a estes, em termos profissionais. Optou-se por propor uma natureza “individual”, integrada por aspectos de natureza psicológica, cognitiva e, possivelmente em função de ambas, comportamental, esclarecendo-se, entretanto, que as reflexões que se farão dizem respeito a um indivíduo idealizado, construído a partir de bibliografia, observação e reflexão sobre os estereótipos informalmente presentes na cultura contemporânea, alguns identificados pelos autores, outros não.<sup>26</sup> Não se pretende generalizar para todos os engenheiros as características descritas, mas esboçar um conjunto de aptidões, habilidades ou emoções, por exemplo, cuja natureza está ligada às características da profissão, que podem estar ou não presentes, em maior ou menor grau, entre esses profissionais, podendo ser objeto de reflexão em situações pedagógicas.

Para efeitos de organização, os itens listados na primeira parte se referem prioritariamente a características psicológicas e/ou comportamentais, que indicariam um possível interesse de um jovem pela profissão (evidentemente sem levar-se em conta variáveis econômicas, sociais ou mesmo familiares, relacionadas a esta escolha). Apresenta-se ainda o que seria a inserção cultural característica dos indivíduos com este tipo de perfil, em qualquer sociedade. Na continuidade do trabalho, serão apresentadas possíveis características de processamento cognitivo dos engenheiros, relacionadas à *exigência da formação e da prática profissional* (não sendo, portanto, opcionais, no processo de formação). Outras exigências, de natureza multidisciplinares e multiculturais, relacionadas à Engenharia contemporânea com

---

<sup>26</sup> Não se desenvolveu nenhum instrumento de pesquisa para observar evidências ou buscar uma medida precisa da ocorrência dessas características, como já foi dito, por uma opção necessária de direcionamento da pesquisa, que, no caso, foi para o desenvolvimento de um instrumento didático-pedagógico de base cognitiva, apoiado no uso de tecnologia educacional informatizada (curso à distância).

suas exigências, serão aprofundadas no item relativo às necessidades atuais do ensino de Engenharia.

### 3.2.1 Resolvedores de problemas

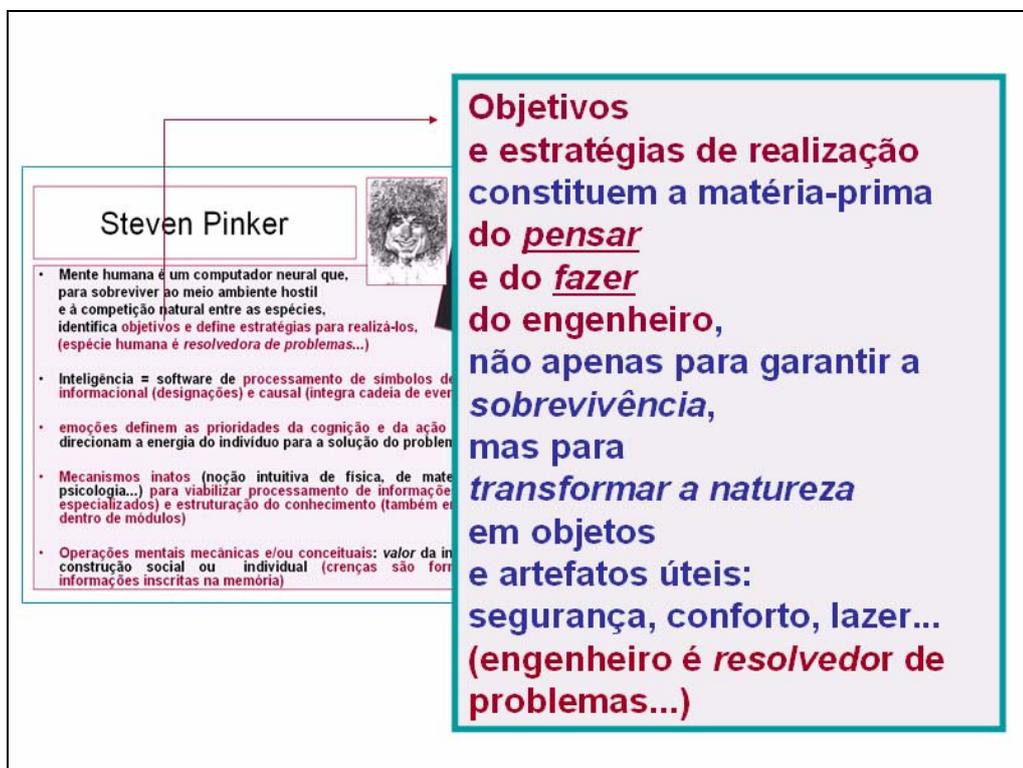


Figura 9 – Relação entre a definição de Pinker e a natureza individual e cultural dos engenheiros

Costumam dizer os professores de Engenharia que o engenheiro é, antes de tudo, um *resolvedor de problemas*, a mesma expressão usada por Pinker (1998, p. 393) para se referir à espécie *homo sapiens*, às voltas com o que definiu como sua principal *estratégia inteligente de enfrentamento aos desafios de sobrevivência no meio-ambiente*, desde a pré-história: *definir objetivos e estratégias para realizá-los*. Se a cultura informal dos professores de Engenharia e o cientista cognitivo estiverem certos, é plausível supor que a Engenharia - assim como a Física, a Medicina e as outras ciências - *nasceu espontaneamente, junto com a*

*curiosidade inata e operativa do ser humano, acionada, por sua vez, pela necessidade, possivelmente a mais básica das necessidades: a da sobrevivência.*

Segundo Florman (1996), assim como existe uma atividade instintiva como a Engenharia em todas as culturas, existe também uma natureza inata do engenheiro, um certo *espírito prático e bricoleador*<sup>27</sup> que o impulsionaria a operar sobre os fenômenos do mundo prático, criar artefatos e transformá-los para resolver problemas de natureza prática. Esse impulso seria identificável na natureza do engenheiro, diz o autor, mesmo antes que a profissão se estruturasse com base na ciência formal, e seria a matriz do orgulho profissional dos engenheiros, localizado na sua *habilidade em oferecer soluções eficientes e confiáveis*, onde quer que elas se façam necessárias.

Seguindo esse raciocínio, pode-se supor que, mesmo quando ainda não se chamavam engenheiros, os seres humanos resolvedores de problema - que hoje se situam no universo formal da Engenharia (e nas outras ciências e outras profissões tecnológicas) - devem ter-se posicionado de olhos abertos para *observar*; cogitação ativa para *dimensionar e aferir*; e instinto de manipulação acionado para *operar*, buscando desvendar e *transformar* seu meio ambiente e tudo o que o compõe. Mais do que compreender, estes *bricoleadores* inatos procuravam formas de manipular os elementos do mundo ao redor, identificar possibilidades e prever comportamentos, transformando os elementos disponíveis na natureza em objetos úteis: artefatos cujo uso poderia ajudar na disputa por recursos alimentares, com o ambiente e com os outros grupos humanos; abrigar seu grupo das intempéries, domando a terra e a água (FLORMAN, 1996), para transformá-las em construções seguras, por exemplo, ou em armadilhas de caça, utensílios de uso cotidiano, etc.

Este tipo peculiar de *raciocínio curioso e operativo* possivelmente sobreviveu, ao longo do tempo, modificado pelas condições históricas, sociais, econômicas, científicas e tecnológicas, na *cultura de resolução de problemas práticos*, que ainda hoje constitui possivelmente uma

---

<sup>27</sup> O termo se refere a bricolagem: conjunto de trabalhos manuais e atividades informais de reparos e construções.

característica encontrada em jovens que se interessam por seguir a profissão de engenheiro. Certamente isso não significa que o raciocínio curioso e operativo, voltado para a solução de problemas práticos, tanto quanto o equacionamento científico (que se verá adiante) não possam ser ensinados e aprendidos, para indivíduos de qualquer faixa etária e de qualquer temperamento ou natureza individual. Entretanto, considerado o fator de motivação e de atendimento a interesses individuais do aluno, o que se quer salientar é que este será o ecossistema da formação e da profissão do engenheiro, sendo desejável, portanto, que os futuros profissionais possam identificar e desejar aprofundar em si a característica individual de bricoleiros e resolvedores de problemas práticos, que será fortemente aproveitada na sua prática profissional.

### 3.2.2 Emoções: aceitação do desafio, orgulho profissional

Emoções ... Na Engenharia???

**Steven Pinker**

- **Mente humana é um computador neural que, para sobreviver ao meio ambiente hostil e à competição natural entre as espécies, identifica objetivos e define estratégias para realizá-los. (espécie humana é *resolvedora de problemas...*)**
- **Inteligência = software de processamento de símbolos informacional (designações) e causal (integra cadeia de...)**
- **emoções definem as prioridades da cognição e da ação humanas e direcionam a energia do indivíduo para a solução do problema**
- **Me...**
- **Op...**
- **inf...**

**Defeito!**

MUITO OBJETIVOS  
POUCO SENSÍVEIS

FRIOS  
CALCULADORES  
POUCA EMOÇÃO  
SÓ RACIOCÍNIO, PÓ!

**Cabeça de engenheiro (estereótipo)**

Figura 10 – Relação entre Pinker e o estereótipo do engenheiro pouco emocional

Por muito tempo, possivelmente desde o tempo em que o francês René Descartes contribuiu para a reflexão sobre a importância da função racional, na espécie humana, no Século XVIII, a cultura ocidental foi permeada pela idéia de que *a razão é o instrumento cognitivo que dá credibilidade e seriedade ao conhecimento*. Esse ponto de partida conceitual levou a uma compreensão de razão e emoção como dois pólos antagônicos, em disputa na mente humana e, por extensão, localizáveis em formas supostamente puras, em profissões que, por natureza, deveriam dar vazão a uma ou outra. Por exemplo, todas as formas de Arte seriam o território dos profissionais da emoção (e só dela) enquanto a Engenharia seria a casa da razão, onde morariam os indivíduos desprovidos de qualquer bom uso de sua sensibilidade, intuição, etc.

As pesquisas contemporâneas da área de Neurociência, como as de Damásio (1996), terminaram de vez com a suposta separação entre razão e emoção. Sentimentos e emoções fazem parte da cognição humana, que é corporal e mental, incluindo todas as sensações (informadas ao corpo pelos neurotransmissores) e seus respectivos sentimentos (a conscientização e representação mental da sensação) presentes no momento da experiência cognitiva, produzindo e atualizando permanentemente o registro sobre a nova relação com o mundo que estiver sendo estabelecida naquele momento. *Sentimentos e emoções são componentes indissociáveis da razão*, diz o autor. Isso não significa que a razão seja menos importante ou deva ser menos cultivada do que a natureza sensível - e isso é particularmente verdade quando o objetivo final é a formação do engenheiro – mas que *razão e emoção constituem os dois lados obrigatórios e inter-relacionados de uma mesma moeda*.

As Ciências Cognitivas codificaram uma nova forma de expressar e interpretar a inter-relação entre razão e emoção. Pinker (1998), como se viu, descreve um modelo computacional da mente, no qual as emoções são fundamentais, onipresentes em todas as culturas, todas as profissões e todos os indivíduos, codificadas e manifestadas segundo os

conjuntos de crenças e valores de cada indivíduo ou grupo e funcionando como mola propulsora do sistema cognitivo. As *necessidades* existentes no meio geram *objetivos*, que serão *registrados nos sistemas de processamento de informações* de cada indivíduo, no que seria uma coluna relativa a *desejos*, os quais, por sua vez, mobilizam emoções de várias naturezas (internamente, via neurotransmissores). Esta suposta coluna de *desejos* é alimentada pelo conjunto de crenças do indivíduo e de sua cultura (igualmente mediadas por emoções/desejos/necessidades).

Se, através da Biologia da cognição humana, já se obtém uma convicção razoável de que não há razão sem emoção, e se as Ciências Cognitivas descrevem um modelo de funcionamento mental, igualmente plausível, em que as emoções têm papel obrigatório como gatilho de ações e estratégias para atingir objetivos, tem-se por lógico que os engenheiros fazem, sim, uso de emoção na sua prática profissional, obrigatoriamente, e que, através dela, tomam decisões de natureza teórica e prática. Mas, uma vez que as formas culturalmente estabelecidas de expressão de emoção e sensibilidade, as formas artísticas, não são compatíveis com - ou pelo menos não são eficientes para - a representação e operação do funcionamento preciso dos fenômenos do mundo real, como se expressariam e quais seriam essas emoções usadas pelos engenheiros na sua prática profissional<sup>28</sup>?

Sugestões: as emoções da *curiosidade*, direcionada para descobrir como as coisas, a natureza e os fenômenos funcionam; a emoção da *aceitação dos desafios* relacionados às soluções para os problemas percebidos pela curiosidade; a emoção da *criatividade instrumentalizada* – ou, segundo a terminologia sugerida por Florman, *uma criatividade tecnológica* - para a obtenção de soluções úteis, confiáveis, controláveis e previsíveis. A todas

---

<sup>28</sup> Bem entendido que não se refere aqui a nenhum aspecto da expressão da subjetividade dos indivíduos que exercitam a Engenharia, entre os quais, é bom lembrar, há vários músicos, identificáveis no número de bandas existentes nas escolas de Engenharia, pintores (como Da Vinci) e inclusive escritores, como o próprio Samuel Florman, citado neste trabalho.

essas soma-se a *auto-estima profissional*, descrita por Florman (1996) como dependente da valorização social da profissão pela cultura, mas sempre evidente no nível pessoal, através do orgulho pelas boas soluções e do encaminhamento dos desafios.

## Emoções características da profissão

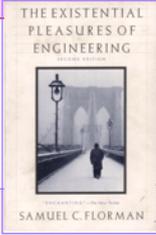




- **Curiosidade**, direcionada para descobrir como as coisas, a natureza e os fenômenos funcionam
- **Aceitação dos desafios** relacionados às soluções para os problemas percebidos pela curiosidade
- **Criatividade instrumentalizada**, ou, segundo a terminologia sugerida por Florman, **criatividade tecnológica** - para a obtenção de soluções úteis, confiáveis, controláveis e previsíveis

## Emoções características da profissão





- **Auto-estima profissional**, descrita por Florman como dependente da valorização social da profissão pela cultura, mas sempre evidente no nível pessoal, através do...
- **Orgulho pelas boas soluções** e pelo encaminhamento dos desafios (o valor está no domínio do processo de produção)

Figura 11 – Sugestões de emoções envolvidas no trabalho do engenheiro, segundo Florman (1996)

### 3.2.3 Criatividade dirigida à utilidade

“Criatividade. 1.Qualidade do criativo. 2.Capacidade criadora; engenho; inventividade”.<sup>29</sup> Não há, na definição do verbete *criatividade*, no dicionário, nenhuma interpretação relacionada à expressão de arte ou de composição estética, embora o termo, na cultura contemporânea ocidental, como na questão da representação de emoções, também esteja vinculado às formas de expressão artística (teatro, artes plásticas, música, publicidade, etc.), bem como a uma liberdade em relação a normas e padrões, na busca de novidades estéticas e/ou comportamentais, tudo isso, como se percebe, sendo muito distante de tudo o que se possa descrever em termos do mundo do trabalho da Engenharia. Como confirma o verbete, a criatividade é um engenho, uma inventividade, uma qualidade do criativo que, diz o mesmo dicionário, é aquele que cria, ou que dá existência a algo, ou ainda, que tira algo do nada, ou gera, dá origem a algo novo, inventa, produz ou imagina algo (do mesmo dicionário). Possivelmente a idéia de que os engenheiros não são criativos esteja relacionada com a interpretação (e o valor) de criatividade como algo puramente artístico e subjetivo, o que, diria Florman (1996), passa pela discussão sobre os valores existencialistas da cultura contemporânea, que valoriza formas expressão de subjetividade, paixões e impulsos. Ou, diria Pinker (1998), é parte do sistema de crenças desta cultura.

A idéia de Florman sobre um instinto inato à Engenharia é muito semelhante à de mecanismos inatos previstos pelo software da espécie humana para lutar pela sobrevivência (PINKER, 1998). Florman não se refere ao funcionamento da mente humana, nem tampouco contextualiza sua opinião no âmbito da ciência cognitiva, mas chama atenção para o fato de

---

<sup>29</sup> FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. p. 498.

que a Engenharia é uma atividade comum a todas as culturas e atribui à seleção natural essa espécie de mecanismo inato, um *instinto básico do ser humano para a Engenharia*. Essa característica estaria presente em alguns indivíduos com gosto e aptidão para criar, moldar, talhar e usar o que chamou de “criatividade tecnológica” (FLORMAN, 1996, P.115), instrumentalizando o que seriam os instintos básicos de sobrevivência da espécie.

Florman (1996) diz que os engenheiros são uma espécie de *sonhadores, artistas* e também de tecnologistas, cuja *criatividade foi direcionada*, na profissão de Engenharia, tanto para elaborar projetos quanto para fabricar artefatos ou realizar construções. Não importa o que veio antes ou o que é mais importante na cultura humana, o fazer ou o pensar, diz o autor, o que importa é que “o impulso da engenharia emerge naturalmente das culturas ancestrais, e mesmo da constituição genética” (FLORMAN, 1996, p. 115). Essa tendência genética evolutiva, para o autor, é tão clara que pode mesmo ser observada em macacos, que demonstram uma instintiva curiosidade para a manipulação de objetos.

Vinck (2003) também formulou reflexões a respeito da criatividade específica dos engenheiros, instrumentalizada, segundo ele, para operar a partir de elementos teóricos e práticos de alta complexidade. Segundo Vinck, este potencial criativo se localiza *exatamente no ato de projetar*. O autor realizou um estudo etnográfico da produção dos projetos de Engenharia, documentando as redes sócio-técnicas que se criam em torno deles, em empresas, e a partir desse estudo levantou considerações sobre como os instrumentos – projetados e produzidos pelos engenheiros – atravessam dimensões afetivas, políticas, científicas e organizacionais, no mundo profissional e cultural de todas as sociedades. Para projetar sobre todas essas dimensões, os engenheiros estão obrigatoriamente integrados em uma rede que implica, além do conhecimento técnico, negociações pessoais, sensibilidades, regras e convenções tácitas e códigos implícitos em cada rede profissional.

Todos os elementos objetivos e subjetivos - que em um primeiro momento estiveram presente apenas na *imaginação instrumentalizada* do engenheiro -, compõem, segundo Vinck (2003), para o projetista, a história de *valores e significados do produto final*, que possivelmente serão diferentes do *valor material* que lhe empresta o usuário, ao desconhecer esse processo (o usuário só lembra de quem produziu o objeto quando este apresenta algum defeito, e é preciso reclamar que foi mal-feito...). Esta é uma idéia que transpõe o ato criativo - com toda a dose de sensibilidade e intuição que o compõe - para além dos conhecimentos teóricos e práticos, localizando-o no *ato de projetar*. Assim, pode-se dizer que, como um *pintor constrói* um quadro, onde antes havia apenas a tela e uma oferta discreta de cores de tintas; o *escritor planeja e constrói a trama* da sua ficção, onde apenas existiam suas observações e memórias sobre o comportamento humano; e o *engenheiro cria o prédio* onde havia apenas rocha ou lama, ou *cria o avião* onde havia apenas o desejo de voar como pássaros.

Em termos individuais, portanto, a identidade de um engenheiro talvez comece pela sua natureza curiosa e operativa, buscando saber como as coisas ao seu redor funcionam, como poderiam funcionar melhor e outras indagações que supostamente vão levá-lo, na prática, mesmo antes de ingressar na Faculdade, a montar, desmontar, consertar, inventar e, em função de tudo isso, conhecer com mais detalhes os equipamentos, a propriedade dos materiais e as características espaciais ou geométricas de espaços ou artefatos, por exemplo. Não é improvável que esse jovem *bricolador, curioso e tecnologicamente criativo*, além de desmontar os equipamentos de sua casa, tenha mais inclinação, na escola primária e secundária, pelas disciplinas que vão servir para alimentar e instrumentalizar essa curiosidade, em direção à utilidade: a Física, para ele, não vai ser apenas aquele conjunto de fórmulas com que o professor assusta o restante da turma, mas vai ser o instrumento para descrever o universo onde as coisas ocorrem; e a Matemática não será apenas um conjunto de problemas e

teoremas, oferecendo ao possível futuro engenheiro um instrumento para operar com os elementos do universo de ocorrência do que descreveu. Será, possivelmente, (novamente ressaltadas as questões pessoais, sociais, econômicas e culturais), um bom candidato a engenheiro, devendo ocupar, na sociedade, como veremos a seguir, o papel daquele que *identifica os objetivos relacionados à sobrevivência concreta e desenvolve estratégias para realizá-los.*

### 3.2.4 Ator social que identifica objetivos e estratégias: a filosofia na prática

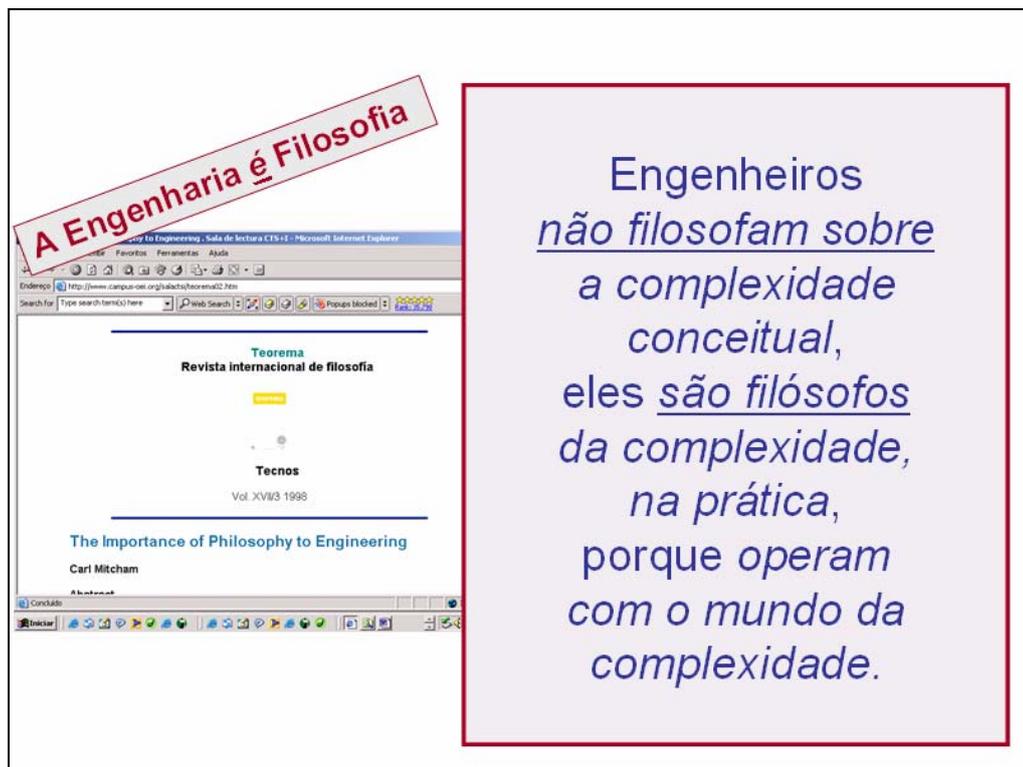


Figura 12 – Os engenheiros, segundo Mitcham, não conceituam apenas verbalmente a complexidade, porque a Engenharia impõe uma epistemologia complexa, na prática

Do ponto de vista cultural, o engenheiro não é apenas um *resolvedor* de problemas isolados, mas, como um ator social habilitado, é também um *analisador* de problemas e

situações relacionadas à qualidade de vida, um *definidor* de soluções relacionadas tecnicamente às causas do problema concreto e suas contingências, bem como um *implantador* de soluções dessa natureza. Essas serão as *práticas* profissionais as quais irá se dedicar, possivelmente *por vocação e por habilidades inatas*.

Os engenheiros<sup>30</sup> são atores sociais encarregados de operar, portanto, sobre o meio para desenvolver soluções aos problemas de abrigo, conforto, transportes, acessos, construções, comunicações, energia e outras tantas necessidades que, na prática, vão se constituir em objeto que recebe valor, de cada indivíduo e cada cultura. Isto significa que, em termos da vida em sociedade, a casa ou a máquina não têm um valor *em si*, como se viu, mas ganham o valor que lhe atribuem aqueles que as desejam, que as usam e que, com elas, constituem um instrumento de sua relação particular com o grupo. Para o engenheiro, a casa, a máquina ou outro produto tecnológico *são* o seu trabalho, seu objeto de interesse, que tem valor *em si* - ao qual agregam seu próprio valor profissional, o seu conhecimento.

Ao longo da cadeia de relações dos problemas de Engenharia e sua - ou suas - soluções, como também já se viu, há uma teia de valores, afetos, desejos, disputas, etc., que constituem um conjunto de questões não-técnicas, que também precisam ser equacionadas pelo profissional dessa área. Desse conjunto, as questões que envolvem a mediação social e política, ligadas à forma e às condições de qualquer produto, bem como à definição de prioridades (em relação a outros problemas e outras prioridades definidas pelo grupo social), são as questões que contribuíram para a controvérsia contemporânea sobre o papel dos engenheiros e da Engenharia. Nos Estados Unidos, em 1960, os engenheiros em geral foram acusados de trair os padrões éticos da profissão e os cidadãos americanos, por participarem da

---

<sup>30</sup> Com certeza existem outros atores sociais com a mesma responsabilidade de operação sobre o meio ambiente, como os arquitetos, os artesãos, os técnicos de várias áreas, entre outros, os quais, nesta tese, não serão mais profundamente identificados, bem como suas atribuições específicas.

implantação das estratégias de obsolescência planejada dos bens de consumo (FLORMAN, 1996). Dois anos mais tarde, a acusação se referia ao envenenamento da cadeia alimentar pela química, e o ar pela poluição gerada com os automóveis. Em 1965, Ralph Nader<sup>31</sup> acusou publicamente os engenheiros do setor automotivo de *ignorar a segurança do público e servir apenas aos interesses comerciais de seus empregadores*. Fatos como esses relacionam-se diretamente com a consolidação do estereótipo cultural dos engenheiros como tecnicistas, pouco humanitários, insensíveis e, inclusive, nesse caso, mercenários a serviço de causas pouco nobres. Remetem à discussão sobre a mediação política e social dos engenheiros, relacionada com a teia de valores de várias naturezas que cercam o produto de seu trabalho e à definição das prioridades e das condições<sup>32</sup> do direcionamento de sua capacidade de desenvolver produtos e serviços de alto valor agregado.

Enquanto atores sociais, cujo trabalho está imbricado diretamente em todas as etapas e áreas da vida dos cidadãos, como qualidade de vida, conforto e desenvolvimento econômico da sociedade, os engenheiros se defrontam, na prática profissional, com problemas que não são *de* Engenharia, mas de exercício de cidadania, política, filosofia, administração ou sociologia, entre outros. Para equacionar esse tipo de problema – como profissionais, como cidadãos, como gestores públicos e privados ou como políticos - terão que participar, tanto quanto qualquer outro profissional, da mediação relacionadas às circunstâncias da produção, da *definição* do valor do produto tecnológico daquele grupo cultural, das formas pelas quais o grupo decide sobre *o que* deve ter valor e de *como* isso será distribuído. Nesse caso, precisarão descobrir em si, ou desenvolver, pelo aprendizado, outras características pessoais, que não fazem parte necessariamente parte do seu perfil individual – como por exemplo a

---

<sup>31</sup> Trata-se de um conhecido personagem da mídia americana, que concorreu à presidência da República em 2004 como candidato independente.

<sup>32</sup> Na formulação da análise sobre os resultados de um determinado projeto tecnológico, lembra Florman (1996), sempre é preciso levar em conta que alguém deverá pagar (definir valor em relação ao benefício) pela implantação e pelo custo de sua própria segurança, a qual é parte do projeto tecnológico.

disposição para o aprofundamento das questões conceituais, os embates verbais, e a disputa de poder político. Se não encontrá-las em si, vai precisar desenvolvê-las, através da formação, na própria Escola de Engenharia ou fora dela, na prática da mediação social ou profissional, nas empresas ou nas instituições públicas. Ao longo desse tipo de inserção, entretanto, o engenheiro pode se valer da sua capacidade de análise metódica de questões complexas, da lucidez necessária à classificação dos múltiplos assuntos envolvidos no problema em pauta, segundo seus limites e condicionantes, sua possibilidade real de equacionamento objetivo e analítico, nas condições em que ocorre, seus riscos e conseqüências mensuráveis ou incertas. Estaria, desta forma, agregando o valor do pensar e do fazer característicos da velha Engenharia, de todas as épocas da cultura e oferecendo ao seu tempo não uma solução tecnológica, mas um bom seguro contra análises superficiais e generalizações improcedentes (do tipo *isso tudo que está aí* está certo ou errado), ou decisões puramente ideológicas.

Isso posto, uma vez resolvida a teia de mediações sociais e políticas, debates, decisões sobre condições, custos, prioridades e características, o engenheiro terá em mãos, novamente, um problema de Engenharia, composto de múltiplas necessidades, limitações e especificações de natureza técnica. E deverá equacioná-lo com ferramentas tecnológicas e cognitivas que constituem o escopo da Engenharia contemporânea, entre as quais, como se verá, a metodologia científica. Daí a importância do desenvolvimento de áreas como a Engenharia Ambiental e a Engenharia de Segurança, como já se levantou neste trabalho, nas quais os problemas decorrentes da ação dos engenheiros, ao exercerem seu papel social e cultural, serão enfrentados pelos engenheiros (e seus parceiros em todas as áreas), com a forma de pensar e fazer da Engenharia. Eles não precisam deixar de ter *cabeça de engenheiros* para estarem integrados no processo de decisão e implementação das soluções do mundo social. Têm um papel ativo na participação da mediação entre outros atores sociais, seja cultural, política ou filosófica, mas também esse papel terá características

específicas, relacionadas à sua forma de ser, enquanto indivíduos, tanto quanto à sua formação e inserção profissional.

Mitcham (2002) refletiu sobre a identidade dos engenheiros, examinando a relação entre estes e os pesquisadores de áreas humanas. Propõe que os engenheiros necessitam familiarizar-se com as discussões filosóficas, tanto para defender-se das críticas que têm sido feitas, como para refletir sobre sua própria identidade, porque estariam assistindo calados, à formação de um estereótipo a seu respeito. Em algumas décadas, acabaram caracterizados como pouco afeitos às questões humanas e a própria Engenharia passou a ser considerada uma atividade não criativa, puramente operacional. Mitcham discute conceitualmente essa idéia e conclui que, ao contrário do que tem sido dito pelos filósofos, os engenheiros são muito mais conceituais e criativos do que parecem: a engenharia *é* filosofia, diz ele.

Segundo essa concepção, os engenheiros não *filosofam sobre a complexidade conceitual*, eles *são filósofos da complexidade, na prática*. O conhecimento da complexidade, para os engenheiros, não é aprendido pela formulação do que *os autores escrevem sobre a complexidade*. É aprendido no escopo dos instrumentos que usam, sejam eles softwares, máquinas ou abstrações numéricas, para *operar sobre a complexidade*, o que extrapola a descrição, a opinião e a metáfora a seu respeito. Não fosse isso, sugere o autor, os engenheiros não seriam capazes de lidar pragmaticamente (e o resto da sociedade não teria acesso aos seus frutos) com o universo da tecnologia contemporânea, que vai da nave espacial ao universo microscópico da nanotecnologia, genética, biologia molecular e aos níveis atômicos e sub-atômicos, que são a base do que chamou a “nova ecologia dos artefatos” (MITCHAM, 2002). Conscientizar essa confiança, entender como ela se forma, ao longo da prática profissional, e zelar por ela, enquanto grupo social que responde pela seriedade e confiabilidade, na operação de um universo científico e tecnológico de grande

complexidade, talvez sejam itens que possam fazer parte da reflexão sobre a identidade individual e cultural dos engenheiros.

### **3.2.5 Consciência crítica sobre o perfil vocacional**

No que se refere à natureza individual dos que exercem a Engenharia, considerou-se, então, que os indivíduos que escolhem esta profissão possivelmente são *curiosos*, têm *espírito prático aguçado* e possuem um tipo de sua *criatividade direcionada à utilidade*, através de operações envolvendo *manuseio de artefatos tecnológicos* de variadas complexidades. É possível ainda que os indivíduos que buscam a profissão de engenheiro possuam uma espécie de *impulso natural (inato) à identificação (e encaminhamento das respectivas soluções) de problemas de ordem prática*, apresentados pelas necessidades da interação com o meio ambiente, sentindo-se *desafiados* pelos problemas dessa natureza e *orgulhando-se das soluções confiáveis, eficientes e criativas* destinadas a resolvê-los, o que faz deles candidatos a ocuparem uma função social de operadores da habilidade instintiva da espécie humana para identificar objetivos relacionados à sobrevivência e desenvolver estratégias para atingi-los. Também se procurou estabelecer um espaço para os engenheiros na reflexão conceitual, como *atores da filosofia da complexidade*, porque *operam* sobre a realidade, resolvendo problemas complexos com seriedade e confiabilidade, mais do que como formuladores de elaborações acerca de si mesmos e de sua possível identidade complexa, o que possivelmente seja relacionado tanto a características pessoais quanto à falta de estímulos para isso ao longo de sua formação.

Com a identificação de características possivelmente encontradas nos indivíduos que buscam a profissão de engenheiro, espera-se contribuir para o debate sobre a produção de ciência e tecnologia, com argumentos pouco apresentados na bibliografia da área educacional, sobretudo entre os pesquisadores da área de ensino de Engenharia, alguns dos quais apontam, como Florman, a dificuldade dos engenheiros para enfrentar esse tipo de problema: “Nós, engenheiros, temos aceitado a imagem que é feita de nós, como simplórios, emocionalmente falando [...] Mas nós não temos feito nada para contestar estas difamações. Na verdade, estamos continuamente tornando as coisas piores.” (FLORMAN, 1996, p. 96-97).

A passividade de que fala o autor possivelmente também esteja relacionado com o fato de que o estereótipo referido aparece de forma velada e, em geral, não formalizada na cultura, não sendo tratado abertamente, nos cursos de Engenharia. Considerou-se que falar a esse respeito, mesmo sem ter como base uma pesquisa instrumentada e validada estatisticamente, pode contribuir para uma postura mais atenta dos professores sobre esse tipo de problema, não observável através dos instrumentos comuns de Engenharia. Com isso, espera-se poder contribuir também, indiretamente, para instrumentalizar o que poderão ser itens de uma reflexão sobre a identidade profissional, que possa estar presente na prática docente, junto aos estudantes, para que possam, em conjunto:

- procurar compreender e identificar claramente, no seu contexto econômico, social, cultural e ideológico, o conjunto de características, positivas e negativas, que são atribuídas aos engenheiros, através de um estereótipo cristalizado na cultura ocidental, contemporânea, a seu respeito;
- aceitar aquelas características que serão indispensáveis no exercício da Engenharia, sua histórica função cultural, com repercussões econômicas e sociais;

- recusar as características que considerar fruto de posições ideológicas, condicionadas por visões simplificadoras da compreensão da gestão sócio-político-econômica de qualquer sociedade;
- resgatar o sentido de valor relacionado ao conhecimento agregado à produção tecnológica e ao conhecimento da Engenharia, dialogando com os argumentos que recusam esse valor e esse conhecimento, com base em desconhecimento e/ou preconceito;
- buscar formas de agregar ao estereótipo cultural, ou alterar nele, as características que se fizerem necessárias, para que os engenheiros reconsiderem conscientemente, de forma madura, seu papel na complexa sociedade do Século XX, não como vilões ou salvadores, mas como parceiros qualificados, atentos às necessidades ambientais, sociais e multiculturais.

A identificação das características individuais e de inserção cultural dos engenheiros pode, em algum momento futuro, ser complementada com o desenvolvimento de instrumentos apoiados na Neurociência, na Psicometria e na Engenharia Biomédica para observar, quantificar e avaliar mais precisamente a viabilidade de um possível perfil profissional, com a caracterização de aptidões, habilidades, ou mesmo de inteligências múltiplas, conforme propostas por Gardner (2001). Poderá contribuir para a discussão mais fundamentada sobre o perfil cultural do engenheiro contemporâneo e também para alimentar a pesquisa emergente na área de ensino de Engenharia e suas interfaces didáticas, pedagógicas e tecnológicas, inclusive como formas de apoio a jovens em busca de orientação vocacional.

Para aprofundar esta reflexão sobre a identidade do engenheiro, se procurará delinear a seguir um perfil descritivo de formas de raciocínio e operações mentais relacionadas às exigências da prática profissional e, por conseqüência, de sua formação.

### 3.3 IDENTIDADE DO ENGENHEIRO - EXIGÊNCIA PROFISSIONAL: CIENTISTA POR FORMAÇÃO

**Universo teórico-metodológico-epistemológico: ciência**

**O engenheiro é um cientista**

De que forma raciocinam os engenheiros?

A ciência não é um adereço na cultura do engenheiro. É um dos seus elementos constituintes e definidores, caracterizando a sua forma de... **MÉTODO**

- **raciocinar metodologicamente**, sobre problemas práticos (complexos, multidisciplinares),
- **observando** os fenômenos,
- **decompondo-os em seus elementos componentes**,
- **modelando-os matematicamente**
- **para quantificar, monitorar, simular, calcular (dedução)**,
- **lançando hipóteses (abdução)**,
- **para prever** comportamentos,
- **definindo exatamente qual o seu intervalo de validade (indução?)**,
- **usando instrumentos concretos (tecnologia)**
- **ou abstratos (modelos matemáticos)**

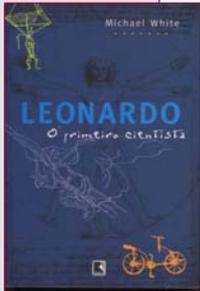


Figura 13 – Raciocínios utilizados na Engenharia são estruturados sobre a metodologia científica

As idéias que até então perpassaram os itens anteriores desse capítulo – a da *atividade de Engenharia presente em todas as culturas, as características psicológicas individuais e/ou as características relacionadas ao mundo profissional do engenheiro, bem como o prestígio variável desses profissionais, de acordo com a época e a ideologia predominantes no grupo cultural ao qual pertencem* - definem um fio condutor para a fundamentação conceitual deste perfil, no âmbito da cultura da profissão, integrando um esforço de pesquisa destinado a refletir sobre vários aspectos relacionados à identidade do engenheiro e algumas das características do seu trabalho. O que se segue é uma continuidade dessa busca, focalizada agora na tentativa de identificação de um possível *perfil cognitivo característico dos*

*engenheiros*, ou seja, de elementos que caracterizam sua forma de pensar, processar, validar novas informações e novos conhecimentos, resolver problemas e tomar decisões<sup>33</sup>, os quais, portanto, estão relacionados ao exercício da Engenharia e devem fazer parte obrigatoriamente de sua formação profissional.

Se buscará identificar e compreender algumas das operações mentais que o engenheiro exercita em sua prática profissional e que tipo de conhecimento desenvolve, sob quais regras valida esse conhecimento e as formas de aplicá-lo, impulsionado por emoções, já descritas anteriormente, como a curiosidade, a criatividade instrumental ou tecnológica e a aceitação de desafios, todas essas emoções direcionadas para a busca de soluções úteis, realistas, confiáveis e eficientes.

Vale ressaltar a preocupação que se teve em *localizar e dimensionar estas características cognitivas na prática profissional*, mesmo que isso tenha sido feito apenas através de pesquisa bibliográfica (sem uma pesquisa exaustiva *in loco*), uma vez que considerou-se o trabalho do engenheiro<sup>34</sup>, e, portanto, suas regras e seus valores, *só se realizam integralmente na prática*, na identificação de objetivos concretos, apresentados pela necessidade prática, e na definição de estratégias eficientes para realizar esses objetivos práticos. Nesse sentido, a identificação das características do perfil cognitivo do engenheiro foi imprescindível para a escolha da *elaboração didática de projetos* como estratégia pedagógica sugerida para formá-los, pela sua *compatibilidade com a natureza individual*,

---

<sup>33</sup> Muitas dessas reflexões estariam no âmbito da teoria do conhecimento, se o tema estivesse sendo tratado no universo conceitual da Filosofia, e se poderia pensar, nesse caso, numa epistemologia própria à Engenharia, a qual ainda necessita ser elaborada, de forma mais acadêmica, pelos pesquisadores dessa área. As questões serão tratadas aqui – repetindo - pela ótica multidisciplinar das Ciências Cognitivas (IMBERT, 1998) e terão como base as descrições feitas sobre a prática profissional, pelos autores da área da Engenharia (alguns dos quais já citados), examinadas na forma de comparações com a conceituação apresentada por Steven Pinker (1998), já descrita, referente ao modelo modular-computacional de funcionamento da mente humana e de processamento inteligente de informações baseado em símbolos representacionais e causais.

<sup>34</sup> Na verdade, considera-se que o trabalho de qualquer área profissional é o território de realização, construção de conhecimento, validação de conceitos, regras e valores, o que é um fundamento básico do modelo de aprendizagem pela prática. Aqui, entretanto, vai se referir apenas aos engenheiros.

*peçoal, que o levará um jovem a buscar a profissão, bem como pela natureza cognitiva envolvida nas exigências da Engenharia, enquanto ciência e prática profissional*

### **3.3.1 Capacidade de formular e resolver problemas multidisciplinares e complexos**

Mer (2003) observou e refletiu sobre alguns ambientes profissionais relacionados à Engenharia, enquanto sistemas dinâmicos onde estão integradas as pessoas, seus conhecimentos, suas práticas e as tecnologias que usam. Esses ambientes, segundo ele, podem ser interpretados através da compreensão dos elementos intervenientes em cada uma das múltiplas ações práticas que o compõem: o *mundo* daquele conjunto formado por *ferramentas e objetos que integram e estruturam a ação prática* dos atores. Corroborando a intenção desta tese de refletir sobre a identidade do engenheiro a partir de sua atividade profissional, esse autor propõe que é a partir da lógica gerada na ação prática, estruturada pela interação de todos os elementos tecnológicos e humanos, que serão desenvolvidos os objetivos, valores e prioridades definidas para o sistema dinâmico que compõe aquele *mundo* profissional.

Hoje, a natureza multidisciplinar e complexa da Engenharia pode ser dimensionada de forma individual (no mesmo problema ou projeto) ou coletiva (no ambiente do trabalho de equipes multidisciplinares, característico em qualquer área profissional de Engenharia). No primeiro caso, supõe-se que o engenheiro irá acionar instrumentos de sua própria formação, ou de outras, para buscar equacionamentos multidisciplinares. No segundo caso, mais diretamente relacionado com as demandas do novo ensino de Engenharia, vai necessitar exercitar conhecimentos e habilidades de outra natureza, como a comunicabilidade, a negociação e a compreensão das relações de grupo e gestão.

Um exemplo desse tipo de exigência foi apresentado por Vinck (2003). Relata a vivência de um jovem pesquisador integrado a uma equipe de pesquisa da organização europeia para pesquisa nuclear (CERN), com a função de projetar um escudo (um tipo de parede na forma de disco, com especificações definidas) para dividir duas partes de um detector de partículas. Ao longo do trabalho, foi descobrindo não apenas o nível de complexidade dos conceitos envolvidos na execução de seu trabalho (primeira citação), como a dificuldade de negociação entre todos os integrantes da equipe envolvidos com outras partes do mesmo equipamento, com interfaces ou não com a que estava projetando (o segundo exemplo):

Há tantas limitações geométricas que seu primeiro objetivo é encontrar uma solução que possa caber no espaço disponível. Enquanto devotava toda sua energia a isso, ele conseguiu construir boas relações profissionais com os colegas no escritório. [...] A lista (de atividades e pessoas com interface com seu trabalho) é longa e fica maior a cada vez que a noção de vizinhança tem que ser redefinida. Antes, era definida em termos de proximidade espacial. Referia-se a 'elementos' que podiam ou não estar em contato (físico) com o disco [...] Há, na verdade vários tipos de relação entre objetos: proximidade geográfica não é a única. [...] a radiação vai através de várias partes do detector, junto com o calor, os campos magnéticos, vibrações [...] e gravidade. (VINCK, 2003, p. 22)

[...] ele descobriu que a coordenação entre os projetistas e os físicos, em geral, é uma questão importante. Longe de ser um espaço relativamente fechado, o escritório de projeto tinha um estreito relacionamento com inúmeras pessoas, de várias instituições [...] especialmente duas categorias de parceiros: o departamento de segurança (o qual se encarrega de checar todos os cálculos das partes sensíveis) e os físicos (que são vistos como idealistas sonhadores sempre querendo ir um passo adiante sem levar em conta quão factíveis suas idéias são [...]). (VINCK, 2003, p. 17)

Charles Vest<sup>35</sup>, presidente do Massachusetts Institut of Technology, refletindo sobre os desafios da formação dos engenheiros contemporâneos, chama a atenção dos educadores para os *grandes e complexos sistemas de Engenharia*, que obrigatoriamente envolvem *raciocínios múltiplos*, e, seguramente, o trabalho de equipes multidisciplinares. Ao buscar exemplos para compreender o conselho de Vest, encontraram-se algumas descrições que falam por si. Por exemplo: para conter os alagamentos provocados pela força do Mar do Norte, os engenheiros holandeses, de larga tradição na construção de diques, deram-se à atividade de construir um

<sup>35</sup> Fonte: Palestra em vídeo do professor Charles Vest.  
VEST, Charles. **Perspectives on engineering**. In: MIT WORLD. Disponível em:  
<<http://mitworld.mit.edu/video/206/>>. Acesso em: 17 nov. 2004.

espetacular sistema de comportas auto-acionáveis. Ao todo, esse sistema se compõe de 62 piers, cada um com altura é equivalente à de um edifício de 11 andares e 18 toneladas. Esses 62 piers dão sustentação a 65 comportas hidráulicas, de aço, de 400 toneladas cada uma, que deslizam sobre trilhos, somente durante as tempestades, quando o nível do mar atinge determinado nível e sensores acionam automaticamente o mecanismo de fechamento.<sup>36</sup>

O que se pretendeu através da descrição acima<sup>37</sup> foi exemplificar um universo de problemas absolutamente não triviais, dificilmente imaginados por quem não acompanha a complexidade da prática de Engenharia. Alguns desses problemas, mesmo expressos aqui de forma superficial, dão idéia da multiplicidade, da dimensão, da escala industrial das quantidades, volumes e todo tipo de medida relacionado, bem como da complexidade dos fenômenos físicos, matemáticos e tecnológicos envolvidos no problema, bem como de suas implicações: o dimensionamento da força do mar do norte; a construção de grandes estruturas para suportar cargas estáticas e dinâmicas em solo marítimo; a ação de um ambiente fortemente hostil sobre os materiais; a infinidade de decisões sobre as melhores soluções da construção em si de cada parte do sistema; o sistema computacional que gerencia o acionamento; os efeitos da contenção do mar sobre a flora e a fauna marinhas; o exército de relações profissionais e sociais agregadas ao planejamento, construção e administração de uma obra desse porte, incluindo gestão de conflitos, interesses, determinação de prioridades, logística, custos de pessoal, todos esses itens não chegando nem perto de representar fielmente o tamanho da lista. Acrescente-se a eles, atualmente, o dimensionamento dos riscos

---

<sup>36</sup> Fonte: DISCOVERY CHANNEL. **Extreme engineering**, Disponível em:

<<http://media.dsc.discovery.com/convergence/engineering/engineering.html>>. Acesso em: 17 nov. 2004.

<sup>37</sup> Os exemplos citados dão conta do aumento do porte e da escala dos problemas contemporâneos de Engenharia, cuja complexidade, entretanto, também se encontra no âmbito da sincronização de processos, por exemplo, ao longo da execução de atividades distribuídas, em vários pontos do mundo, com múltiplos níveis de competências e necessidades envolvidas.

de terrorismo, que desde 11 de setembro de 2001 passaram a integrar o planejamento da Engenharia de Segurança de qualquer grande obra.

Um outro exemplo da multiplicidade, da complexidade e da aceitação de desafios que constituem os sistemas da Engenharia contemporânea, pode ser observado em outra área, a tecnologia das viagens espaciais, que, em si, exerce enorme atração nos aspirantes à profissão. O exemplo também aponta para a importância da *simulação das operações*, estratégia fundamental de resolução de problemas que exijam controle, *confiabilidade e previsibilidade*.

Oito horas após o pouso, a Pathfinder ergueu o mastro meteorológico de um metro de altura e fez as primeiras medições detalhadas das condições atmosféricas marcianas. A estação meteorológica da espaçonave era composta por um cilindro cercado de seis bobinas, algumas das quais eram aquecidas por uma corrente elétrica. As bobinas detectavam a velocidade e a direção do vento, além das extremadas flutuações na temperatura de Marte. Num único dia marciano, a temperatura flutua tanto quanto num ano inteiro na terra, e as quedas de pressão diárias são equivalentes às que ocorrem durante um furacão terrestre. [...] Os invólucros de proteção permaneciam inflados ao redor da pétala sobre a qual o módulo se assentava. Se o módulo descesse a rampa em direção à superfície, ficaria preso nos invólucros e faria sombra sobre os painéis solares que geravam energia para a espaçonave. Se o módulo se enrolasse dessa forma, a expedição Pathfinder morreria. Os engenheiros do Laboratório de Propulsão a Jato (da NASA) já haviam se deparado com essa possibilidade durante os testes na caixa de areia. Na época, ficaram irritados por terem que compilar arquivos com instruções para lidar com essa emergência; sabiam que nem em um milhão de anos aquilo ocorreria. Mas como ocorreu, usaram os arquivos de computador compilados durante os testes para resolver o problema e ainda gabaram-se de sua capacidade de previsão. O laboratório instruiu a espaçonave a baixar a pétala, recolher os invólucros infláveis, e deixar a pétala cair de volta, empurrando os invólucros infláveis para a posição certa. (BERGREEN, 2002)

Complexidade e multidisciplinaridade não são, evidentemente, privilégio da Engenharia contemporânea<sup>38</sup>, como bem exemplifica uma descrição de Da Vinci sobre os elementos necessários para planejar e construir um prédio, no Século XVI:

[...] que tipo de coisa é um prédio e de que regras uma construção correta deriva e de onde essas regras se originam, e em quantas partes elas podem ser divididas e quais são as causas que mantêm um prédio unido, e o tornam permanente, e qual é a natureza do peso e qual é o potencial da força e de que maneira eles podem ser combinados e inter-relacionados, e que efeito produzirão, combinados. Aquele que tem um conhecimento verdadeiro das coisas listadas acima apresentará o trabalho satisfatoriamente para o seu conhecimento. (DA VINCI apud WHITE, 2002, p. 134)

<sup>38</sup> Na verdade, complexidade e multidisciplinaridade não são privilégio sequer da Engenharia, uma vez que qualquer das ciências opera dentro do universo da complexidade e da multidisciplinaridade, sendo a Medicina um bom exemplo.

Como se pode perceber pelos exemplos, os engenheiros, em geral, analisam e operam sobre a realidade, que é múltipla, complexa e, dinâmica, o que exige planejamento metódico e organizado. Cada parte desse problema múltiplo tem que ser identificada e equacionada, segundo suas características específicas. Também exige do engenheiro que escolha entre várias soluções possíveis, as quais devem, inclusive, permanecer viáveis no tempo futuro à sua própria implantação.<sup>39</sup> Problemas múltiplos, soluções múltiplas, raciocínios complexos – operados com base em conhecimento já estruturado aplicado a condicionantes impostos pela especificidade do problema -, ao longo dos quais se interpõem escolhas e tomadas de decisões que, por sua vez, vão determinar outros condicionantes no encaminhamento dos equacionamentos subsequentes. Este foi ponto de partida escolhido para a descrever sobre necessidades cognitivas obrigatoriamente relacionadas à prática profissional e, portanto, à formação dos engenheiros. Ou, dito de uma forma associada às discussões desta tese: de maneira geral, assim *precisa funcionar, obrigatoriamente, a cabeça de engenheiro*, para enfrentar os sistemas de Engenharia.

A consciência e a habilitação para operar com o tipo de problema que vai enfrentar na vida profissional, envolvendo múltiplas variáveis, de múltiplas naturezas, através de sistemas extensos e possivelmente muito complexos é um item absolutamente indispensável do aprendizado dos aspirantes à profissão, mesmo que não tenham características individuais semelhantes às que foram descritas. As obras de Engenharia, sejam naves espaciais, pirâmides, pontes ou prédios renascentistas, envolvem *variáveis múltiplas e inter-relacionadas*, exigindo *raciocínio habilidoso e metódico* (como se verá nos próximos itens), juntamente com *criatividade e perspicácia para atender necessidades diversas*. Esta talvez seja a característica que justifique a facilidade com que os engenheiros migraram para as áreas

---

<sup>39</sup> Mesmo se se refletir sobre a realidade profissional de uma grande parte dos engenheiros em países como o Brasil, por exemplo, que não se dedicam à Engenharia propriamente dita, mas à gestão, é fácil perceber porque sua habilidade gerencial é reconhecida: são habilitados a analisar e resolver problemas dinâmicos, compostos de muitas e diferentes variáveis inter-relacionadas.

de gestão das empresas e instituições, nas últimas décadas (pressionados, talvez, pela queda no prestígio profissional, ou pelas dificuldades econômicas, no Brasil) onde usam a sua habilidade de operar com grandes sistemas de informação, para administrar pessoal e/ou tecnologia, integrados dinamicamente no mundo das grandes corporações.

Ao longo do Século XX, a escala industrial de praticamente todos os itens das obras de Engenharia agregou um dimensionamento ainda maior à equação das variáveis multidisciplinares e complexas, daí a importância dada por Charles Vest à *compreensão dos grandes sistemas de Engenharia* pelos futuros engenheiros formados pelo MIT. Na mesma oportunidade, o diretor da instituição também ressaltou a importância de que esta formação se dê em um ambiente integrado à pesquisa científica básica, em função do tipo de soluções exigidas por esses grandes sistemas, que não podem mais ser encontradas fora do escopo científico da Engenharia.

O uso intensivo da ciência e da tecnologia, a multidisciplinaridade e a complexidade têm sido o pano de fundo da necessidade de formação e da prática de Engenharia. Como já foi proposto (MITCHAM, 2002), engenheiros são filósofos práticos da complexidade. Veremos a seguir quais são as ferramentas intelectuais e culturais do engenheiro para enfrentar de forma eficiente este universo multidisciplinar e complexo da sua profissão, também a partir de exemplos que vêm da observação da prática profissional.

### **3.3.2 Representações mentais e gráficas da percepção do mundo tri-dimensional**

A rigor, um item relacionado à facilidade de representação mental (capacidade de visualização) de elementos tri-dimensionais poderia estar na relação das características individuais dos aspirantes à profissão de engenheiro. Optou-se, entretanto, por apresentar este

tema no âmbito das exigências profissionais, uma vez que a facilidade de representação mental tri-dimensional - uma necessidade quase que intuitiva para o equacionamento de grandes sistemas de Engenharia que se estruturam e funcionam segundo as possibilidades e limitações do espaço tri-dimensional - aparentemente pode ser totalmente aprendida, conscientizada ou desenvolvida. Oliver Sacks (2003), conhecido neurocientista e pesquisador das atividades cognitivas, considera que a aptidão para o pensamento visual pode não ser consciente e que, além disso, pode estar biologicamente localizada em um nível de processamento cognitivo profundo, o que explicaria o fato de que nem todas as pessoas referem conscientemente esse tipo de processamento, nem mesmo aquelas que exercitam atividades exigentes da representação tri-dimensional, como a engenharia, arquitetura e a cirurgia, entre outras. Novamente aqui faltaram instrumentos para medir, quantificar ou mesmo sugerir formas práticas de incentivar essa natureza junto aos alunos, além das potencialidades da multimídia, já apresentadas, importantes para efeitos da visualização. Entretanto, julgou-se importante apresentar o tema, como aparece para os autores da Engenharia, e apontar, mais uma vez, para a enorme potencialidade de pesquisas futuras que possam validar ou não suas opiniões.<sup>40</sup>

Ferguson (2001, p. 41) descreve o que chamou de “olho da mente” para referir-se à representação mental através de imagens, uma capacidade comum a todos os seres humanos e, segundo ele, absolutamente necessária ao engenheiro que *representa mentalmente* o fenômeno prático e o expressa através de seus desenhos, gráficos e modelos numéricos. Esta idéia seria tão presente e identificável na cultura dos engenheiros que o autor chega mesmo a relatar uma diferença de *estilos de representação abstrata* entre franceses e ingleses, no Século XIX. Os franceses se sentiriam absolutamente à vontade com conceitos abstratos, diz o

---

<sup>40</sup> Dentro do PGIE, e integrando a equipe do NMEAD, existe pesquisa em andamento, pelo doutorando Luis Otoni Ribeiro, visando avaliar a eficiência de do uso de softwares para o aprendizado da tri-dimensionalidade no ensino tecnológico.

autor, enquanto os ingleses precisariam de modelos mecânicos para apoiar seu raciocínio (Ferguson, 2001, p, 44). Essa descrição, real ou não, ou relevante ou não, em termos de história do ensino de Engenharia, dá uma boa pista de que podem haver *níveis* ou *tipos* de abstração diferenciados, uma idéia que aponta para futuras investigações sobre como medi-los e relacioná-los a soluções ou estratégias de solução de problemas específicos.<sup>41</sup>

Ferguson (2001) também se refere a uma possível predominância de representação mental visual entre cientistas, como Albert Einstein e Richard Feynman, este último inclusive tendo se notabilizado por fazer diagramas para representar séries de equações (FERGUSON, 2001, p. 45). Segundo este autor, os engenheiros necessitam *exercitar o pensamento visual*, que seria indispensável para sua capacidade de representação detalhada e complexa, além de constituir a base de uma comunicação precisa com outros engenheiros ou técnicos envolvidos com o mesmo problema prático.

### 3.3.3 Abstrações: cálculos, modelos e simulação de operações

Mer (2003), na análise já citada sobre a lógica inerente às práticas profissionais, descreveu o *mundo* do projeto de Engenharia, a partir da análise de um ambiente específico,

---

<sup>41</sup> Johnson-Laird (1983) apresenta a controvérsia entre correntes de pesquisadores que defendem o processamento mental através de imagens ou através de proposições. Pessoalmente, este autor considera que o processamento mental não ocorre através de regras lógicas e simples cálculo proposicional, mas de modelos mentais sem estrutura sintática arbitrária, os quais são análogos à estrutura do estado correspondente das coisas do mundo, processável através de várias dimensões espaciais (2D ou 3D). A idéia de processamento por modelos mentais dessa natureza pode ser comparada com representações de Engenharia, conceituais e espaciais. Entretanto, a questão é controversa, em si e, do ponto de vista da presente pesquisa, seria impossível aprofundá-la de forma consistente. Aponta-se para a relevância de futuras pesquisas, talvez até mesmo utilizando as idéias de Johnson-Laird sobre modelos mentais, que possam identificar e validar modelos de processamento mental característicos dos engenheiros, ficando esse item da tese mais focalizado, neste momento, apenas na abstração necessária à representação complexa, independente da forma que ocorre mentalmente esta representação e seu processamento.

em uma empresa fornecedora de rolamentos para a indústria automotiva, aeronáutica ou ferroviária. Nesse conjunto, buscou focalizar o trabalho dos engenheiros estruturais, responsáveis pela simulação numérica dos protótipos de peças projetadas para atender pedidos específicos das indústrias. O trabalho desses engenheiros – e, portanto, o conjunto de práticas profissionais no qual estão inseridos - constitui uma *antecipação de necessidades definidas pelo cliente*, relativas à performance da peça, da função que deverá desempenhar no conjunto onde será integrada e nas condições de seu uso. O trabalho do engenheiro estrutural compreende todo o universo de *simulações numéricas* sobre o funcionamento da peça, bem como o *aperfeiçoamento do software* utilizado para viabilizar os cálculos e as simulações. Ao descrever esse ambiente, o autor desvendou, e, indiretamente, apontou o que poderia ser sugerida como uma característica cognitiva possivelmente preponderante na prática de Engenharia em geral, que se impõe como uma das grandes dificuldades dos cursos e mesmo de formas como se pode ensinar o aluno: a *capacidade de abstração* indispensável à *representação física e matemática* do fenômeno, e ao *cálculo*, que obrigatoriamente são suas ferramentas de trabalho.

Embora a Engenharia seja o território privilegiado do mundo concreto, a exigência da abstração é uma constante no aprendizado e no exercício da profissão, uma vez que os problemas práticos precisam ser *representados, modelados e equacionados* através da linguagem matemática, sob o comando da lógica e das leis que regem o mundo físico.

Eles (os engenheiros estruturais) trabalham de diferentes maneiras. Para um deles, modelagem e simulação numérica são maneiras de apressar o projeto de rolamentos. Para outro, o objetivo é desenvolver sofisticado conhecimento teórico, para assim ficar apto a desenhar os melhores rolamentos. [...] O software SIM (de simulação) tem um papel central no seu trabalho diário. Eles têm exatamente a mesma opinião sobre rolamentos: são sistemas técnicos que podem ser completamente definidos por uma lista de parâmetros, e sua operação pode ser modelada. Sua prática de trabalho está baseada em modelagem teórica de rolamentos, mesmo se usarem diferentes enfoques. (MER, 2003, p. 89)

A enorme capacidade de abstração e representação simbólica da realidade complexa característica do trabalho do engenheiro é bem relatada na descrição do cotidiano do engenheiro estrutural, cujo mundo profissional (práticas profissionais), diz Mer (2003), é constituído, resumidamente, por *um conjunto de objetos constituído de arquivos de cálculos, planilhas de cálculos, relatórios de cálculos...*

O exemplo descrito por Mer (2003) do trabalho do engenheiro estrutural, que conhece todo o funcionamento dos rolamentos e processa esse conhecimento na forma de softwares, cuja expressão externa se traduz em intermináveis planilhas de cálculos, longe de desmentir o estereótipo cultural do *engenheiro-calculador*, vem corroborá-lo, ou pelo menos corroborar a idéia de que nesse tipo de generalização há uma parte – possivelmente incompleta - de veracidade. A abstração e o cálculo são características reais, evidentes e necessárias ao trabalho do engenheiro, mas talvez se possa salientar que não os definem integralmente. Esta é uma ferramenta – cognitiva e operacional – de seu trabalho, mas não é a sua identidade, até porque, mesmo no exemplo dos engenheiros estruturais que trabalham na indústria pesquisada pelo autor, sua atividade de cálculo já está mediada pela complexidade da cultura industrial contemporânea, que impõe uma quebra do paradigma do isolamento do engenheiro no processo de trabalho, ao obrigá-lo a desenvolver interações sociais, culturais e profissionais multidisciplinares, através do trabalho em equipe. Na relação com o conjunto dos demais atores (outros engenheiros, técnicos, ou mesmo o pessoal das áreas de marketing, comunicação, gerência ou vendas, entre outros), na própria indústria, os engenheiros estruturais do exemplo acima necessitam integrar demandas que são geradas no contato com os demais e flexibilizar até mesmo sua percepção inicial do produto projetado, em nome das necessidades de custos, manufaturabilidade, de mercado ou ambientais.

Entretanto, refletir sobre as conseqüências dessa característica contribui para examinar a posição dos atores sociais envolvidas nesse *mundo do trabalho*, cujo produto será acessível

à sociedade em geral. A noção de valor do conhecimento, para aquele grupo de engenheiros estruturais que projetam rolamentos, relata Mer (2003), será o valor do *conhecimento relacionado à teoria de rolamentos* (uma abstração baseada em um conhecimento desse domínio). O valor da peça, para este engenheiro, é o valor do produto de seu próprio trabalho, que inclui conhecimento teórico, prático, tempo, criatividade, habilidade, etc.<sup>42</sup> Por isso, seu *conhecimento empírico* sobre rolamentos, sua *percepção precisa e operacional de todas as variáveis envolvidas naquele sistema complexo e dinâmico*, será determinante para todo o trabalho (inclusive para que ele esteja apto a acatar ou não os resultados do software). Todo esse processo, por sua vez, novamente implica em uma *enorme capacidade de abstração para comparação de resultados simbólicos da simulação matemática com o funcionamento prático da peça que está sendo projetada*, sua função no conjunto em que estará inserida, as condições de seu uso e de sua performance.

A Matemática e a Física (além de outras ciências básicas e complementares) constituem o *vocabulário simbólico que dá suporte à representação mental (abstração) do engenheiro, de forma operacional*, tanto quanto *viabiliza a operação prática e a tomada de decisão* sobre os fenômenos complexos, expostos pela realidade prática. O engenheiro estrutural de que fala Mer (2003) *teoriza* sobre o funcionamento da peça que está projetando, e ao fazer isso realiza uma *abstração ativa* - que lhe permite antever o objeto, em toda a sua tri-dimensionalidade e em toda a sua função, peça por peça, em uma sucessão dinâmica de causas e efeitos compreensíveis e previsíveis, lançando hipóteses baseadas no seu conhecimento teórico e empírico sobre o tema. E realiza uma *abstração operativa* – que lhe

---

<sup>42</sup> Como já foi descrito no item relacionado à identidade dos engenheiros, o valor do produto final do trabalho do engenheiro, para o consumidor desse produto, não é o mesmo descrito para o engenheiro estrutural (o valor do conhecimento sobre a teoria de rolamentos, ou, generalizando, o valor do conhecimento sobre um domínio específico que foi necessário para produzi-lo). O valor do consumidor será dado pela sua necessidade específica, pelo seu desejo, ou, no caso de empresas, pelo preço da peça, pela função que terá no conjunto do seu próprio projeto. O consumidor – diz Vinck (2003) - só lembrará de quem produziu a tecnologia para reclamar dele, quando a peça, a máquina ou qualquer que seja o produto em questão apresentar um defeito.

permite *simular* o comportamento do fenômeno físico reproduzido pelas peças (as propriedades, a geometria, a função e o uso de cada uma) *em cenários variados*, com o auxílio dos simuladores virtuais ou concretos (símbolos matemáticos, softwares, protótipos ou maquetes). Isso obrigatoriamente será feito com base no conhecimento já estruturado (*comparações, inferências, deduções*) sobre todas as propriedades gerais relacionadas ao fenômeno e também na especificidade da necessidade definida pelo cliente (*limitações*).

Do ponto de vista cognitivo, parece que *a capacidade de abstração* é uma característica realmente inerente à prática da Engenharia, o que leva a tomar como um pressuposto razoável de que *não há Engenharia sem Física e Matemática e não há nenhuma delas sem abstração*, pelo menos no nível de complexidade relativo à formação profissional superior de todas elas, e que corresponde ao ensino universitário da Engenharia contemporânea. Esse fato impõe exigências didático-pedagógicas que extrapolam, por exemplo, as experiências do envolvimento do aluno no universo operacional completamente autônomo e experimental, como ocorre nos níveis elementares de aulas de matemática, nos quais as crianças contabilizam e fazem interagir unidades de cubos, cilindros, etc.<sup>43</sup>

A descrição do mundo profissional do engenheiro estrutural, com o qual ele se relaciona através de sua capacidade de calcular, desenvolver estratégias de otimizar o raciocínio sobre esses cálculos (software), e de simular matematicamente vários cenários possíveis sobre o funcionamento eficiente dos rolamentos para atender à especificação dos clientes contém um dos itens de uma possível variável indispensável no que seria uma *matriz de representação dos processamentos cognitivos característicos do trabalho dos engenheiros em geral - a abstração* – bem como uma estratégia de apoio à solução de problemas complexos, a simulação. Note-se que esta capacidade de operações abstratas, processamento

---

<sup>43</sup> Ver Pinker (1998, p. 362-363), análise crítica sobre o uso de estratégias de ensino para classes de matemática elementar incompatíveis com exigências de níveis de ensino mais elevados.

físico e operação matemática praticamente veste como luva o modelo de *agregação de inteligência por computação de símbolos integrados em cadeias de eventos*, no funcionamento da mente humana descrito por Pinker (1998), do qual fazem parte a abstração, a representação mental e operação sobre a realidade através de símbolos<sup>44</sup> representacionais e causais.

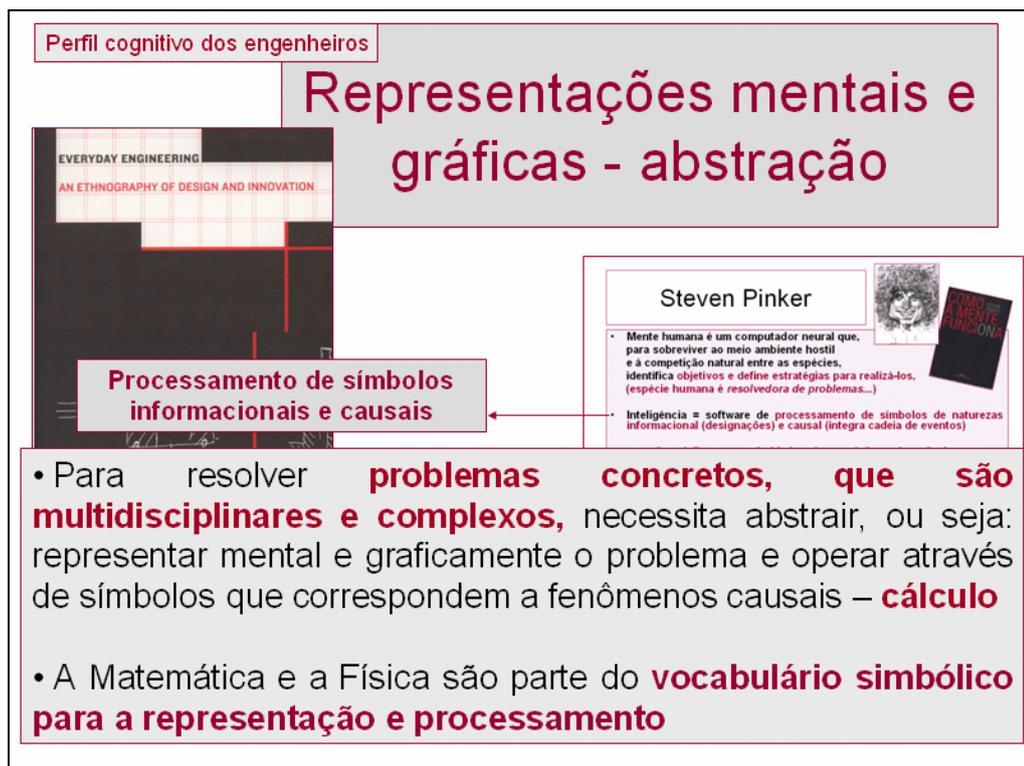


Figura 14 – Relação entre o modelo mental descrito por Pinker e a necessidade de abstração da atividade do engenheiro

Pela natureza de seu trabalho e, por conseguinte, de sua identidade profissional, é fácil identificar nos engenheiros a operação com dados da realidade que constituem um perceptível processamento de informações na forma de símbolos que *representam* fenômenos da realidade: os gráficos, os números, as equações que viabilizam a relação entre eles, tudo isso

<sup>44</sup> Relembrando Pinker (1998): os símbolos referem-se às coisas do mundo, porque são gerados pela informação sobre o mundo que chega ao ser humano através dos sentidos e são, por isso, representacionais. Mas são também causais, o que significa que estão integrados em uma cadeia de eventos, ou seja, relacionam-se entre si e relacionam-se com o mundo interno e externo a partir da lógica de causa e efeito, permitindo deduções, inferências e outras operações complexas, que caracterizam o processamento inteligente humano.

devidamente identificado em termos de representação mental simbólica, na mente habilitada para relacionar estas abstrações com conteúdos concretos, geométricos, tridimensionais, dinâmicos, inter-relacionados entre si. Símbolos que, além de representarem essa realidade concreta, também viabilizam a compreensão das relações de causa e efeito entre eles, tanto quanto, na mente humana, estabelecem *cadeias de raciocínios operativos, cuja natureza causal é, obrigatoriamente, necessária*, para permitir inferências, suposições, deduções, generalizações e todas as operações que se façam necessárias para garantir a eficiência, a segurança e a viabilidade da obra, ou serviço, em pauta. Talvez seja interessante observar que a capacidade de representação dos engenheiros possivelmente tenha evoluído, passando do desenho na terra aos cadernos de Da Vinci e aos modelos numéricos computacionais atuais, uma trajetória que, além de documentar a tecnologia e representação de sua época, acompanha sua capacidade de compreensão e equacionamento dos modelos da realidade que representam.

Veremos a seguir como, além de multidisciplinaridade, complexidade, representação e abstração, *Ciência, método e incerteza também fazem parte da prática da Engenharia* - e, portanto, do perfil cognitivo do engenheiro, ou seja, da forma como este profissional acessa, produz, utiliza e valida conhecimento.

### **3.3.4 Universo teórico-metodológico-epistemológico: a ciência**

De que forma raciocinam os engenheiros? Qual é a relação que estabelecem com a ciência, na sua prática cotidiana? Como o método científico dá suporte e organiza o pensamento dos engenheiros? Tendo essas questões em mente, procurou-se refletir sobre o

papel da ciência na caracterização do universo teórico e metodológico do mundo da Engenharia, mesmo sabendo que a história de ambas só começa a ser integrada de maneira formal e organizada no Século XIX. Nesse item, sugere-se que, hoje, em função da maturidade da forma metodológica e específica com que a moderna Engenharia atua sobre a realidade, a separação entre Engenharia e Ciência é puramente pragmática e operacional, relacionada ao desenvolvimento histórico de ambas e, na prática, a funções particulares, de múltiplas interfaces comuns (às vezes competitivas<sup>45</sup>), no universo de trabalho. Procurou-se refletir sobre a natureza científica do trabalho do engenheiro, não apenas enquanto instrumento de operação, mas enquanto um elemento de análise e um disciplinador da forma de pensar e compreender a realidade. Partiu-se do pressuposto que ambas - Engenharia e Ciência contemporâneas - *se equivalem do ponto de vista cognitivo*, uma vez que contêm a *mesma matriz metodológica de processamento de informações* sobre a realidade e a *mesma natureza de formulação de conhecimento, teórico e prático*, com alta necessidade de *abstração e representação simbólica*, para viabilizar a operação com variáveis diversas, tudo isso em um ambiente epistemológico de permanente processo de *questionamento e validação de informação e novos conhecimentos, com base na observação empírica*.

Talvez a percepção da profunda imbricação do perfil profissional e cognitivo do engenheiro com a solução dos problemas práticos apresentados pela sociedade esteja no cerne da distinção entre ciência pura e ciência aplicada, ou entre a Física e a Engenharia, já que, a rigor, a matéria-prima de ambas seja a mesma – o conhecimento e o domínio sobre os fenômenos do meio – e a sua linguagem também – a linguagem simbólica da ciência, em particular as representações físicas e matemáticas dos fenômenos. A *equivalência* entre Engenharia e Ciência, entretanto, está muito longe de ser considerada uma unanimidade.

---

<sup>45</sup> Não é improvável que os engenheiros e os físicos, por exemplo, entre outros profissionais, ocupem posições semelhantes ou equivalentes, em projetos específicos.

Bazzo e Pereira (1996) consideram que a Ciência e *as técnicas* caminharam sempre *separadas* e que ainda hoje há quem veja nelas uma separação. Via de regra, costuma-se pensar que os engenheiros *usam* a ciência, para resolver problemas, tanto quanto os demais instrumentos de cálculo ou de operação com variáveis. Florman, logo no prefácio de seu livro, faz questão de dizer que os engenheiros, “apesar de não serem cientistas”, estudam e usam a Ciência para resolver seus problemas (FLORMAN, 1996, p. X). A Universidade de Oxford, embora organize a formação de seus engenheiros através de um Departamento de Ciência da Engenharia, já na página de apresentação na Internet desse departamento, define que a Engenharia é “aplicação de matemática e ciências aos objetivos práticos que afetam nossas vidas cotidianas”<sup>46</sup>

Guarde-se a questão sobre a relação entre a Engenharia e a Ciência e se reúnam elementos para pensar sobre os assuntos que ali se encerram. O primeiro deles diz respeito à natureza da própria palavra *ciência* e sua principal consequência conceitual, o *conhecimento científico*.

#### **a) Sobre ciência e conhecimento científico**

Marconi e Lakatos (2000) caracterizam o conhecimento científico, em geral (relativo a todas as ciências, como:

- Contingente - porque depende de experimentação;
- Sistemático - porque constitui um sistema de idéias ordenadas logicamente, e não dispersas ou desconexas;

---

<sup>46</sup> Fonte: OXFORD UNIVERSITY. Department of Engineering Science. **Degree courses e admissions**. Disponível em: <<http://www.eng.ox.ac.uk/World/Academic/Admissions/Ugraduate/index.html>>. Acesso em: 27 nov. 2004.

- Verificável – porque nesse tipo de conhecimento, hipóteses não comprovadas não têm valor científico;
- Falível – porque não é nunca definitivo, podendo ser alterado por outro conjunto ordenado e verificável de idéias;
- e aproximadamente exato (pelo mesmo motivo relacionado à falibilidade).

Os mesmos autores também enumeram várias definições possíveis para o termo “ciência”, entre os quais:

- Acumulação de conhecimentos sistemáticos;
- Atividade que se propõe a demonstrar a verdade dos fatos experimentais e suas aplicações práticas;
- Conhecimento sistemático dos fenômenos da natureza e das leis que o regem, obtido pela investigação, pelo raciocínio e pela experimentação intensiva;
- Conjunto orgânico de conclusões certas e gerais, metodicamente demonstradas e relacionadas com objeto determinado;
- Estudo de problemas solúveis, mediante método científico;
- Forma sistematicamente organizada de pensamento objetivo. (MARCONI; LAKATOS, 2000, p. 21)

Além disso, Marconi e Lakatos apresentam várias classificações de ciências e descrevem mais detidamente uma delas<sup>47</sup>, que foi usada para apoiar a reflexão feita na tese.

Esta classificação distingue:

- as ciências formais - a Lógica e a Matemática, que tratam de entes ideais, que existem apenas na mente humana, cujas afirmações podem ser provadas ou demonstradas;
- e as ciências factuais - sub-divididas em naturais, como Física, Química e Biologia; e as sociais, como sociologia e antropologia, que se atêm aos fatos que ocorrem no mundo e, em função disso, recorrem à observação e à experimentação

---

<sup>47</sup> O autor refere Bunge como autor da classificação, sem indicar a qual das três obras indicadas na bibliografia se refere (MARCONI; LAKATOS, 2000, p. 28).

para comprovar ou refutar hipóteses. Estas ciências apenas verificam suas afirmações, comprovando-as ou não, sempre de forma temporária. As afirmações poderão ser alteradas através de novas experimentações.

O conhecimento processado no universo da Engenharia contemporânea e seu produto, o conhecimento de Engenharia, pelo que se pode perceber da descrição sumária dos itens anteriores, são permeados por praticamente todas as descrições relacionadas à ciência e ao conhecimento científico, como por exemplo: acumulação sistemática e estruturada; aplicação prática de observações demonstráveis; raciocínio e experimentação intensiva; organicidade estruturada do conhecimento que a constitui; validação de conhecimentos através da verificação metodológica. Como se verá, a produção do conhecimento do engenheiro será igualmente permeada pelo método científico e pelas estratégias de resolução de problemas utilizados para chegar até o conhecimento validado e reconhecido como ciência.

Nesta linha de raciocínio, e retomando a idéia de equivalência cognitiva entre a Engenharia e a Ciência, se poderia propor um conceito de Engenharia contemporânea formado por uma interseção das duas categorias de ciências propostas, formais e factuais, sendo impossível – nesta pesquisa - valorar de forma absoluta qual delas teria mais peso no raciocínio do engenheiro: a observação empírica dos fatos, sua complexidade, sua especificidade, ou os recursos formais com os quais poderá representá-los, para operar sobre eles. A Ciência da Engenharia – tal como designada pela Universidade de Oxford, já referida neste trabalho -, não seria, então, uma simples *aplicação* de ciência, mas seria ela mesma *uma ciência híbrida, conceitual e prática, formal e factual*, cujo conhecimento produzido contém todas as naturezas já especificadas para o conhecimento científico, em geral, citadas anteriormente, e algumas outras, atribuídas pelos autores apenas ao conhecimento gerado pelas ciências

factuais<sup>48</sup>: “[...]. racional, objetivo, factual, transcendente aos fatos, analítico, claro e preciso, comunicável, verificável, dependente de investigação metódica, sistemático, acumulativo, falível, geral, explicativo, preditivo, aberto e útil.” (MARCONI; LAKATOS, 2000, p. 30).

### 3.3.5 Método científico: raciocínio e estratégias de operação

Os engenheiros, em geral, não se definem como cientistas, nem tampouco são descritos como tal. Entretanto, talvez a natureza científica da Engenharia já pudesse ser antecipada, na sua formação histórica.

White (2002) considerou Leonardo Da Vinci um cientista. A *ciência*, para Leonardo, só poderia ser considerada *verdadeira* se tivesse passado pela *demonstração matemática* (WHITE, 2002, p. 134). Entretanto, sua postura supostamente científica estaria menos identificada através da matemática e mais fortemente documentada pela *atitude de observação e experimentação* de fenômenos da natureza (WHITE, 2002, p. 134). Leonardo foi um experimentador minucioso. Observou e provou, por exemplo, que a visão não é o resultado da emissão de partículas de luz que partiam do olho humano sobre o objeto, como se pensava a seu tempo<sup>49</sup>.

---

<sup>48</sup> Há uma repetição de características com relação ao item apresentado para o conhecimento geral. Além disso, embora os autores tenham atribuído esse conhecimento apenas às ciências factuais, considera-se que também sejam localizáveis nas ciências formais.

<sup>49</sup> A explicação de Leonardo atenta para a falta de lógica e para a impossibilidade geométrica da explicação da época: “É impossível que o olho possa projetar a força visual de si mesmo por meio dos raios visuais, pois, logo que ele se abre, aquela parte anterior [do olho] que produziria essa emanção teria que se deslocar para o objeto, e isso não poderia se fazer sem tempo (destaque do próprio Leonardo). E, assim sendo, ela não poderia se deslocar tão alto quanto o sol no período de um mês quando o olho quisesse vê-lo. E, se pudesse alcançar o sol seguir-se-ia, necessariamente, que permaneceria perpetuamente numa linha contínua até o sol, e sempre divergiria de modo a formar entre o sol e o olho a base e o ápice de uma pirâmide. Sendo esse o caso, se o olho consistisse num milhão de mundos, isso não seria suficiente para evitar que ele fosse consumido na projeção de sua força; e se essa força tivesse que viajar através do ar como fazem os perfumes, os ventos a curvariam e a carregariam para outro lugar.” (DA VINCI apud WHITE, 2002, p. 186).

Leonardo descreveu em seus famosos cadernos vários *experimentos* relacionados aos seus estudos sobre a luz, a partir dos quais deduziu sua explicação, com observações que, além de *descreverem* os fenômenos, eram acompanhadas de desenhos e gráficos (representações, símbolos para operar com abstrações) e de *suposições* (hipóteses) sobre possíveis causas e natureza do que estava sendo observado, e servem de exemplo para que se identifiquem *atitudes de observação minuciosa, experimentação, lançamento de hipóteses e conclusões*, posturas que fazem parte da disciplina mental (do método de raciocínio) do cientista e, com certeza, do engenheiro contemporâneo.<sup>50</sup>

Ainda não estava presente, formalmente, no modo de raciocínio de Leonardo, nem nas suas descrições, o que ficou conhecido como *método científico*, que teve em Galileu Galilei (1564-1642) seu primeiro formulador, contendo as seguintes etapas:

- a) **observação** dos fenômenos;
- b) **análise** dos elementos constitutivos desses fenômenos, com a finalidade de estabelecer relações quantitativas entre eles;
- c) **indução** de certo número de hipóteses, tendo por fundamento a análise da relação desses elementos constitutivos dos fenômenos;
- d) **verificação** das hipóteses aventadas por intermédio de experiências (experimento);
- e) **generalização** do resultado das experiências para casos similares;
- f) **confirmação** das hipóteses, obtendo-se, a partir dela, leis gerais. (MARCONI; LAKATOS, 2000, p. 47, grifo dos autores)

O modelo de método científico sofreu alterações, ao longo do tempo<sup>51</sup>, até chegar ao que os mesmos autores definiram como uma concepção atual, a qual identificam como uma

<sup>50</sup> “Eu digo: se você lançar duas pequenas pedras ao mesmo tempo numa lâmina de água parada a uma certa distância uma da outra, você observará que em torno dos dois impactos se formam numerosos círculos separados; esses círculos se encontrarão conforme aumentarem de tamanho e depois penetrarão uns nos outros e se cruzarão, enquanto ao mesmo tempo mantêm como seus respectivos centros os pontos atingidos pelas pedras. (Observação e experimentação prática do fenômeno). E a razão para isso é que a água, embora aparentemente se movendo, não abandona sua posição original, porque as aberturas feitas pelas pedras se fecham imediatamente. (Hipótese) Portanto, o movimento produzido pela rápida abertura e fechamento da água causou apenas um choque que pode ser descrito como um tremor ou movimento. [...]” (Conclusão) (DA VINCI, Manuscrito A, Institut de France, Paris apud WHITE, 2002, p. 181).

<sup>51</sup> Não se pretendeu aprofundar na descrição de modelos de métodos propostos, entre outros, por Francis Bacon e Descartes. Considerou-se importante apresentar a questão do método como uma necessidade de sistematização metodológica, para a aquisição e validação de conhecimentos, em Engenharia, a qual se estrutura, na prática, na sua estratégia de solução de problemas, e não como uma fórmula engessada de procedimentos.

teoria da investigação, estruturada sobre as seguintes etapas (MARCONI; LAKATOS, 2000, p. 51)<sup>52</sup>: Ressalte-se a semelhança desse enunciado com a que será feita adiante<sup>53</sup> com relação à elaboração de projetos de Engenharia, a partir da qual será desenvolvido o modelo de curso à distância.

- a) descobrimento do problema;
- b) colocação precisa do problema (recolocação à luz de novos conhecimentos, empíricos ou teóricos, substantivos ou metodológicos);
- c) procura de conhecimentos ou instrumentos relevantes ao problema (teorias, técnicas ou equipamentos de cálculo ou de medição, entre outros instrumentos);
- d) tentativa de solução do problema com auxílio dos meios identificados;
- e) invenção de novas idéias (hipóteses, teorias ou técnicas) ou produção de novos dados empíricos);
- f) obtenção de uma solução (exata ou aproximada);
- g) investigação das conseqüências da solução obtida (busca de prognósticos);
- h) prova (comprovação) da solução (confrontação com as teorias e a informação empírica). Se o resultado for satisfatório, a pesquisa é dada como concluída, se não...
- i) correção das hipóteses, teorias, procedimentos ou dados empregados na obtenção da solução incorreta (início de um novo ciclo de investigação).

---

<sup>52</sup> Bunge (1980, p. 25 apud MARCONI; LAKATOS, 2000). A transcrição não é literal, em função da extensão.

<sup>53</sup> Ver Capítulo 4, em particular o item 4.3.

O pensamento científico é o grande instrumento humano de relacionamento com o meio ambiente, seja com o objetivo de sua descrição, como da compreensão dos fenômenos e da previsão de comportamentos. É, sobretudo, um instrumento que viabiliza a inter-relação desses fenômenos entre si, apesar de serem elementos diversos e múltiplos e o estabelecimento de comparações, quadros referenciais, monitoramento e mensuração de grandezas diferenciadas, sendo todos esses itens fundamentais para a prática da Engenharia contemporânea. Um instrumento cultural o qual, diga-se de passagem, enquadra-se de forma bastante ergonômica no modelo de mente descrita por Pinker (1998), e que talvez possa ser considerado o grande desafio de performance dessa mente modular computacional. Variáveis múltiplas implicam em processamentos múltiplos, módulos de processamento e de conhecimentos físicos integrados a módulos de processamento e de conhecimentos matemáticos, desenvolvidos a partir de um mecanismo humano próprio para processar informações a partir de símbolos que não são apenas representacionais, mas fazem parte de cadeias de eventos: isto seria uma descrição plausível para a operação mental envolvida na Ciência da Engenharia.

Apesar de Leonardo Da Vinci não ter usado exatamente o método científico, White (2002) sugere ter sido ele - um engenheiro - *o primeiro cientista*<sup>54</sup> da História, por *observar metodicamente a realidade, estabelecer hipóteses sobre ela, representá-la matematicamente e testar essas hipóteses, através de processos empíricos*. Com inspiração nessa idéia, na observação prática da formação de engenheiros<sup>55</sup> e na leitura da descrição de Pinker sobre o funcionamento da mente humana, decidiu-se propor, como parte do perfil cognitivo do engenheiro contemporâneo, que este não apenas usa a ciência, mas é um cientista, na sua

---

<sup>54</sup> A obra referida chama-se exatamente *Leonardo: o primeiro cientista*.

<sup>55</sup> Nesse caso, a observação prática se refere ao acompanhamento das aulas, à pesquisa bibliográfica e, sobretudo, a discussões específicas sobre esse tema, com o prof. Fernando Schnaid, que foram definitivas para a formulação da idéia exatamente da forma como consta neste trabalho.

prática cotidiana e metodológica de observar, decompor o problema, representar matematicamente, lançar hipóteses e basear suas conclusões na interação entre as representações matemáticas, físicas e a observação empírica, etapas que seriam a matriz metodológica e cognitiva do processamento científico. Esta escolha conceitual passa a ser importante não apenas em termos da discussão sobre a identidade do engenheiro contemporâneo, cujo esboço foi sugerido nos itens anteriores, mas em termos da identificação de um território conceitual, a ciência, que caracteriza o universo teórico-metodológico-epistemológico onde se localiza a Engenharia atual.

A ciência não seria, portanto, apenas um instrumento na cultura do engenheiro contemporâneo, mas sim um de seus elementos constituintes e, desta vez, definidores<sup>56</sup>. O engenheiro é um cientista se pensarmos na sua forma de raciocinar metodologicamente, observando os fenômenos da realidade, compreendendo seus elementos componentes, lançando hipóteses sobre eles e operando com instrumentos concretos (tecnologia) ou abstratos (modelos matemáticos) para tentar medir, avaliar, monitorar e prever os possíveis comportamentos dos fenômenos que observou. Ao longo de sua prática profissional, irá reproduzir, com disciplina mental de pesquisador científico, as operações de identificação do problema (com o exercício de várias formas de percepção e descrição); seu equacionamento através de instrumentos formais e teóricos (modelos físicos e matemáticos); os quais vão viabilizar operações para relacionar as variáveis que compõem o problema (teorias e cálculos); vai lançar hipóteses sobre o comportamento do sistema com as soluções

---

<sup>56</sup> A ser confirmada essa idéia, talvez a qualificação de cientistas também devesse ser agregada ao estereótipo, como definição cultural contemporânea do profissional. Isso não significa que todos os engenheiros profissionais exercerão atividades científicas, mas que a sua formação deverá instrumentá-lo para que pense (adquirir e valide conhecimento) como cientista. Outra formulação, menos restritiva em relação ao próprio termo *ciência*, seria a de que a Engenharia, sendo um *campo científico multidisciplinar*, teria no seu profissional, o engenheiro, um *cientista multidisciplinar*.

disponíveis; simular possibilidades para prever comportamentos de possíveis soluções; escolher e implantar uma solução de resultados previsivelmente compatíveis.

O conjunto de operações mentais envolvidas nas etapas que constituem o pensamento científico, integrados à natureza da profissão de Engenharia, que exige uma solução dentro de limites de viabilidade, de custo, de tecnologia, de operabilidade, possui naturezas variadas e envolve tipos de raciocínios diferenciados, com operações mentais de diferentes níveis de complexidade. Vão desde simples *designações*, feitas com base em classificações anteriores, já conhecidas; até *comparações* entre fenômenos, ou entre o comportamento dos fenômenos, com normas ou leis gerais previamente estabelecidas; ou *descrições*, que deverão ser suficientemente precisas para informar sobre como foram obtidas. Entre os tipos de raciocínio presentes no conjunto de operações mentais, possivelmente serão encontrados: a) raciocínios dedutivos, que viabilizam a aplicação de informações gerais para situações particulares, bem como as operações lógicas e matemáticas que relacionam as variáveis representadas simbolicamente; b) raciocínios indutivos, que estendem uma propriedade específica, de um determinado material, por exemplo, para todo o universo de situações em que estará submetido ao longo de sua vida útil, no conjunto da obra ou no funcionamento do produto; c) e raciocínios abduativos ou hipóteses cuja formulação não fazia parte da formulação inicial do problema (BERGMAN; PAAVOLA, 2004)<sup>57</sup>

---

<sup>57</sup> Segundo Peirce (apud BERGMAN; PAAVOLA, 2004), a abdução é o processo criativo do raciocínio, uma vez que aponta algo realmente novo à compreensão de um problema. Trata-se do processo “de formação de uma hipótese explanatória única que introduz qualquer idéia nova, porque a indução não faz nada mais do que determinar um valor e a dedução meramente evolui a hipótese a sua consequência necessária”. A presença de raciocínios abduativos corrobora a idéia apresentada no item relacionado à identidade do engenheiro, relacionada à criatividade do trabalho de Engenharia. Uma suposta falta de criatividade, como característica apontada no estereótipo do engenheiro, portanto, não corresponde exatamente à realidade, mas a uma conceituação de criatividade como sinônimo de expressão de subjetividade, ou de manifestação artístico-estética, uma conceituação que bem poderia estar sendo condicionada por viés de paradigma filosófico, acadêmico ou de ideologia. Após a aplicação do curso-piloto, foi possível redimensionar a questão do raciocínio abduativo do engenheiro, no sentido de que a hipótese sugerida pelo engenheiro, no âmbito do projeto, não é totalmente nova ou intuitiva, mas trata-se de uma escolha entre possibilidades que contemplem a necessidade do projeto.

Em todas as etapas de operações mentais e tipos de raciocínio<sup>58</sup>, engenheiros, físicos e matemáticos, por exemplo<sup>59</sup> vão operar com as mesmas ferramentas cognitivas, a abstração, a representação simbólica, o pensamento complexo, analítico e o raciocínio metódico, científico e disciplinado, entre outras. Possivelmente eles serão motivados, entretanto, por curiosidades inatas e por objetivos profissionais (e formações) diferentes. A curiosidade e a busca pela solução de desafios é uma operação comum entre eles. Entretanto, as condições dessa busca são diferentes.

O raciocínio do matemático, aparentemente, vai em busca de uma prova absoluta, da *demonstração* irrefutável que só é possível pelo conhecimento produzido através das ciências formais, mesmo que isso seja feito pela negação de sua inviabilidade<sup>60</sup>. Os matemáticos, a se acreditar na auto-descrição feita por um cientista dessa área, ao contrário dos engenheiros, serão atraídos pela descoberta em si, mas não pela utilidade que sua solução possa ter.

O desejo de solucionar qualquer problema matemático é impulsionado pela curiosidade e a recompensa é a simples mas enorme satisfação derivada da solução do enigma. O matemático E.C. Titchmarsh uma vez disse: 'Não existe utilidade prática em se saber que é irracional, mas, se podemos saber, então certamente seria intolerável não saber'. (SINGH, 1998)

Por outro lado, os físicos dirigem sua curiosidade em busca de uma explicação mais extensa e uma representação mais abrangente para o suposto fenômeno em observação, buscando não apenas a exceção, mas o padrão por trás do funcionamento e do comportamento, na forma de leis gerais que possam explicá-lo. Feynman (1988) relata com extrema delicadeza a matriz desse pensamento, ao contar um episódio em que seu pai o

---

<sup>58</sup> Uma tentativa de descrição mais minuciosa (embora certamente ainda incompleta) de operações mentais e raciocínios relacionados ao trabalho do engenheiro será feita na identificação das etapas dos projetos de Engenharia.

<sup>59</sup> Esses três profissionais são freqüentemente comparados, durante discussões a respeito das equivalências e das diferenças entre as três profissões, havendo inclusive histórias, piadas e outro tipo de conhecimento informal a esse respeito.

<sup>60</sup> A redução ao absurdo é uma das estratégias lógicas da comprovação de um enunciado matemático, a partir da suposição de que seja falso. Será resolvido até o aparecimento de uma contradição, o que permite supor que não pode ser falso, devendo ser, por consequência, verdadeiro (SINGH, 1998).

ensinou, quando ainda era criança, a observar como as coisas funcionam, um dos fatos que o levaram, segundo ele, a tornar-se um físico, aliás um dos físicos mais importantes do Século XX.

Um dia, eu estava jogando com uma ‘express wagon’, uma pequena caminhonete com um reboque ao redor. Havia uma bolinha no reboque e quando eu empurrava a caminhonete notava algo sobre a maneira como a bola se movia. Eu fui ao meu pai e perguntei [...] Por que isso ocorre?

‘Isto ninguém sabe’, ele disse. ‘O princípio geral é que as coisas que estão se movendo tendem a continuar se movendo, e as coisas que estão paradas tendem a continuar paradas, a menos que você as empurre com força. Esta tendência é chamada inércia, mas ninguém sabe por que ela é verdadeira.’ Agora, esta é uma compreensão profunda. Ele não me disse apenas o nome. (FEYNMAN, 1988, p. 15-16)

Por identidade e simultaneamente por diferenciação de cada um desses cientistas, o engenheiro poderia ver a si mesmo operando sobre a mesma cogitação de qualquer um dos cientistas. Entretanto, sua curiosidade será *instrumentalizada* para construir a resposta dentro de um universo que seja viável como solução prática do problema que gerou a curiosidade. Um engenheiro está habilitado a cogitar - e possivelmente cogitaria, como Einstein, sobre a *plausibilidade da realidade molecular*.<sup>61</sup> Provavelmente, entretanto, nossa hipótese é que o engenheiro tenderia a *direcionar seu raciocínio científico aos problemas concretos advindos da cogitação sobre o uso da operação de moléculas*, apropriando-se dos resultados da cogitação sobre a natureza molecular para explorar, por exemplo, as *possibilidades de seu uso na solução de necessidades específicas, como produzir nano-robôs para uso na Medicina ou na indústria petrolífera*.<sup>62</sup>

<sup>61</sup> A indagação de Einstein sobre a realidade molecular está relatado em Pais (1982, p. 19): “Como se pode provar que átomos e moléculas são coisas reais? Se são reais, então como se pode determinar sua dimensão e proceder-se à respectiva contagem?”

<sup>62</sup> A Nanotecnologia é uma área de desenvolvimento relativamente recente, ocupando-se do desenvolvimento de tecnologia a partir da engenharia molecular, o domínio de operar com átomos e moléculas dos materiais, o que já permite o desenvolvimento de artefatos microscópicos, para serem, por exemplo, ingeridos para percorrer a corrente sanguínea, ou instalados em dutos petrolíferos para monitorar condições de combustão e detectar vazamentos.

Os três cientistas (o engenheiro, o físico e o matemático) partem do mesmo pensamento curioso, operativo e analítico a natureza e aceitam desafios relacionados ao seu funcionamento, em busca de respostas e soluções. Fazem todo esse percurso através de um método que, com variações, habilita-os a representar simbolicamente, estabelecer hipóteses e operar com os símbolos para produzir soluções objetivas e precisas. Entre eles, entretanto, apenas o engenheiro vai *obrigatoriamente transformar* suas representações, operações e hipóteses em *soluções viáveis, econômica, tecnológica, ambiental e operacionalmente*. Para isso - e em função disso - vai precisar definir exatamente qual o *intervalo de validade de suas definições e observações*, estabelecendo uma *indução relativa* às condições específicas em que o fenômeno vai ocorrer, naquele caso, o que lhe permite prever comportamentos, com segurança, controle e confiabilidade<sup>63</sup>. Vale-se, para fazer isso, de normas (conhecimento prévio estruturado), leis gerais (dependência do comportamento físico dos fenômenos), algoritmos de cálculo (operações mentais puramente mecânicas), técnicas de mensuração (relações de equivalência entre a representação simbólica e a realidade empírica), entre outros exemplos de operações cognitivas complexas, bem como de todo o conhecimento teórico e prático estruturado na forma das ciências lógicas e factuais, em especial a Física e a Matemática, que não serão apenas ferramentas, como se viu, mas serão parte de sua trajetória mental, seu raciocínio e seu DNA de cientista.

A ciência, portanto, é a forma de raciocínio e a principal estratégia cognitiva do engenheiro-cientista. *As ciências básicas (Física e Matemática) são seu território de trabalho, e a realidade prática será a sua contingência, ou o limite estipulador de parâmetros*

---

<sup>63</sup> O engenheiro delimita o escopo dentro do qual examina - cientificamente, metodologicamente - as possibilidades do fenômeno, a partir das contingências reais, concretas, com que se apresenta. A pressão do Mar do Norte sobre cada um dos piers e sobre cada uma das comportas é equivalente a X toneladas, e a carga representada sobre o conjunto na fundação que o sustenta é Y, o que, em princípio, torna irrelevante para aquele problema resolvê-lo para nX ou nY, até porque cada condição geográfica, geológica, econômica, etc. é única e precisará ser resolvida segundo sua própria especificação (ressalve-se as simulações de possibilidades e os coeficientes de segurança, constituintes dos processos reais de Engenharia).

que terão validade no universo daquele problema. Além dessa disciplina mental apoiada nas ciências básicas, o engenheiro contemporâneo também conta com todas as ferramentas de apoio que lhe são acessíveis pelo próprio desenvolvimento tecnológico que ajudou a estabelecer: os softwares de cálculos, de simulação, os bancos de dados e casos, etc.

### 3.3.6 Paradigma da incerteza também impõe flexibilidade

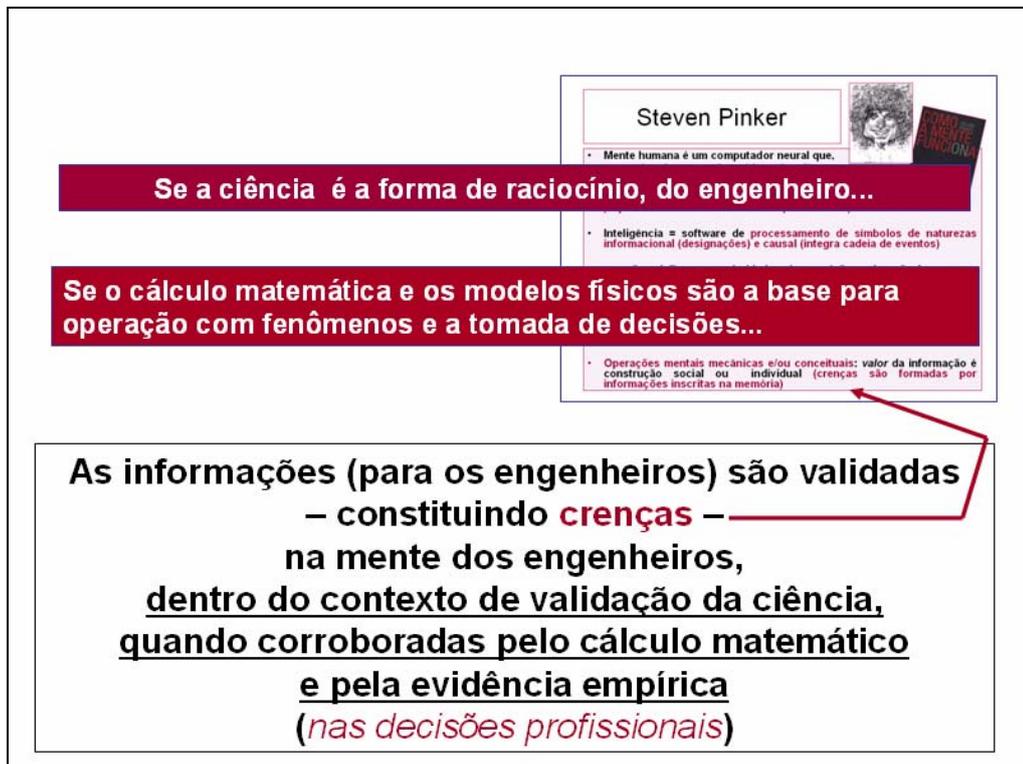


Figura 15 – Crenças, para Pinker, são informações inscritas na memória. Estas informações, para os engenheiros, para as decisões profissionais, seriam validadas através dos mesmos critérios da ciência

Fruto da sua condição já consolidada de cientista, o engenheiro se move, também, na direção da evolução do paradigma da ciência contemporânea, no qual complexidade associa-se com incerteza. Se ao tempo de Leonardo, a ciência se dirigia em busca de verdades imutáveis, hoje a postura é de permanente indagação e permeabilidade para receber novas

soluções. Na sua prática cotidiana, como cientista, o engenheiro se enfrentará com a solução e o manejo das constatações científicas da *incerteza*.

O cientista tem muita experiência com ignorância e dúvida e incerteza [...] Quando um cientista não sabe a resposta de um problema, ele é ignorante. Quando ele tem um palpite sobre o que resulta, ele está incerto. E quando ele está quase seguro do que o resultado vai ser, ele ainda está com alguma dúvida. Nós achamos de fundamental importância que, para progredir, nós devemos reconhecer nossa ignorância e deixar espaço para a dúvida. O conhecimento científico é um corpo de declarações de vários graus de incerteza – algumas mais incertas, outras quase incertas mas nenhuma absolutamente certa. (FEYNMAN, 1988, p. 245)

O papel de ciência contemporânea, como reflete Feynman, é consolidar a dúvida, e não a certeza, como a matriz epistemológica própria do investigador, o que não significa a relativização incosequente de uma cultura onde tudo é relativo – e, portanto, nada pode ser recusado -, mas, ao contrário, a flexibilidade das certezas transitórias, até que uma nova evidência exija sua substituição por um modelo, uma teoria, uma lei, um algoritmo ou uma suposição mais competente para dar conta do conhecimento incerto, probabilístico, caótico e imprevisível.

A incerteza é a ecologia da solução de problemas práticos e complexos da Engenharia, hoje, quando se desenvolvem novos modelos e teorias de representação da realidade, novos conceitos lógicos e mesmo novas lógicas, como a lógica Fuzzy, a Física Quântica e novos modelos de operação com probabilidades, como a Teoria do Caos, tudo isso produzido em escala industrial e planetária. Na sua prática cotidiana, como cientista, o engenheiro se enfrentará com a solução e o manejo das constatações científicas da incerteza.

Isso posto, fica implícito que os engenheiros obrigatoriamente necessitam dominar o universo de possibilidades abertas pelo conhecimento científico básico, até mesmo para viabilizar suas soluções dentro dessas possibilidades. A tomada de decisões a respeito dos elementos componentes do problema e das soluções obrigatoriamente deverá estar contida

dentro da lógica que for proposta pela abordagem científica que se fizer necessária e pertinente àquele problema. Isso significa que se estiver projetando computadores quânticos, o engenheiro deverá estar absolutamente familiarizado com a lógica da Física Quântica. E se estiver projetando a fundação de uma obra de Engenharia Civil, seu universo de considerações será restrito à Física clássica, newtoniana, de onde vai retirar a representação do fenômeno, o equacionamento de suas variáveis componentes e as formulações matemáticas (além do conhecimento já existente na forma de normas e metodologias de cálculo).

Do ponto de vista da cognição humana, considerando-se sistemas de regras para o processamento de informações, com bases probabilísticas e categorias difusas descrito em Pinker (1998), a *Ciência e o conhecimento científico*, adquiridos e validados através do *método científico*, serão os componentes do *sistema de crenças* do engenheiro, a partir do qual tomará decisões profissionais para aceitar (validar) ou não as informações que aprende, conhece e com as quais opera sobre a realidade. Isso não significa que cada indivíduo engenheiro não tenha seu próprio sistema de crenças estruturado sobre a cultura à qual pertence, com suas ideologias, religiões, valores familiares, de classe, de partido, etc. Essas crenças, entretanto, não interferem na tomada de decisão técnica, científica, do problema de engenharia que estiver resolvendo, o que corrobora a reflexão de Florman (1996, p. 31) sobre a importância de uma reflexão sobre a identidade do engenheiro que não corra o risco da politização das decisões técnicas e que, ao contrário, delimite territórios nos quais a ação política do cidadão não comprometa a boa Engenharia do profissional: “[...] Debates na profissão devem ser aplaudidos, mas não podem degenerar para piedosas vendetas ou guerras santas”.

### 3.3.7 Problemas dentro de problemas (módulos dentro de módulos)

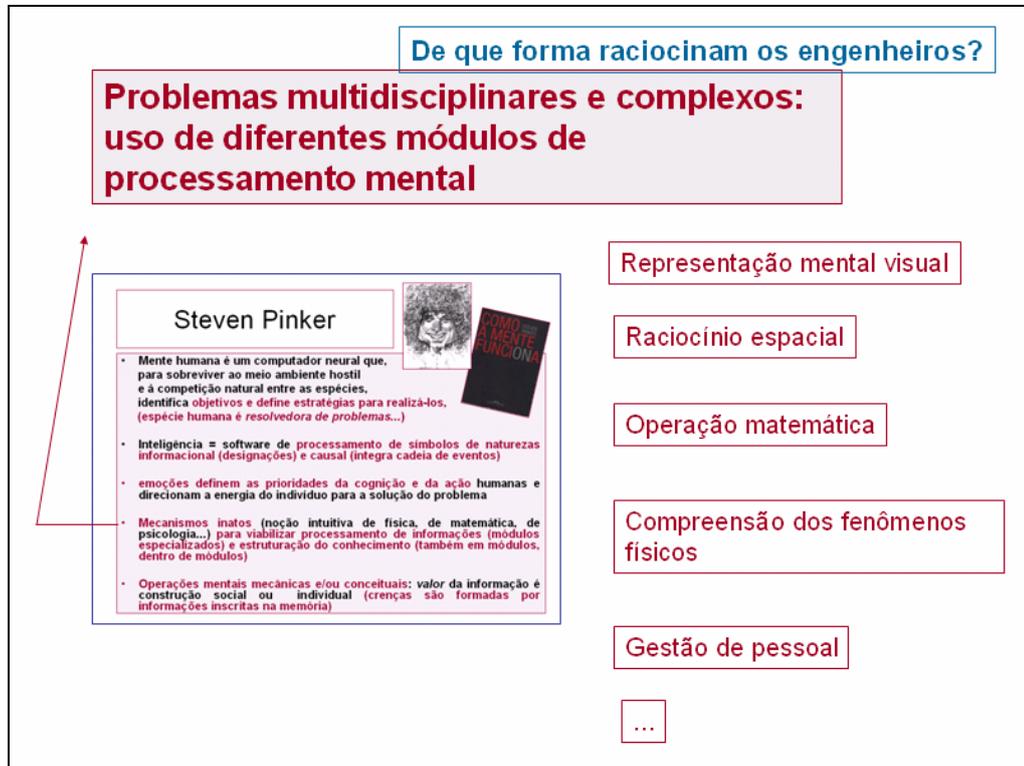


Figura 16 – Relação entre o modelo mental descrito por Pinker e um possível raciocínio de múltiplas naturezas, dos engenheiros

Supondo-se, então, que o engenheiro tenha características pessoais como o gosto pela operação sobre as coisas do mundo concreto, que tenha a criatividade direcionada para a utilidade, tenha conscientizado e aprendido a formular e equacionar problemas complexos, através do método científico, a operar com a complexidade e com a incerteza, inclusive através da mediação filosófica, sugere-se ainda, como complementação operacional, para integrar esse perfil, que *a estratégia cognitiva característica dos engenheiros para a operacionalização do trabalho com este universo complexo, será a decomposição dos problemas em problemas menores*, para sua resolução. Esta é, aparentemente, uma estratégia largamente difundida e aplicada, conforme Vinck (2003, p. 13): “Ele (um jovem engenheiro, recém formado) tem a capacidade de analisar problemas, quebrá-los em partes essenciais e

então modelá-lo. Esta habilidade para simplificar coisas deve ajudá-lo ao longo dos desafios mais complicados”.

Voltando-se à aproximação com a idéia básica de Pinker (1998): qualquer problema que se apresente ao ser humano, seja científico, teórico ou aplicado, implica a *definição de um objetivo e estratégias para atingi-lo*, para resolvê-lo. Na maioria das vezes, entretanto, mesmo nas situações mais triviais, esse processo não ocorre em bloco, de forma única, e im através de um encadeamento de objetivos, sub-objetivos e estratégias de obtenção que se recolocam a cada etapa. Pinker (1998) compara esse processamento a uma situação cotidiana, para que se possa compreender que esta é a forma pela qual a mente humana opera:

Para entrar no meu apartamento trancado, posso arrombar uma janela, chamar o senhorio ou tentar alcançar o trinco pela fenda do correio. Cada um desses objetivos é atingido por uma cadeia de sub-objetivos. [...] Meus dedos não alcançam o trinco, portanto o sub-objetivo é encontrar um alicate. Mas meu alicate está lá dentro, por isso estabeleço o sub-objetivo de encontrar uma loja e comprar outro alicate. E assim por diante... (PINKER, 1998, p. 393).

No caso da Engenharia - como nos casos do equacionamento através do método científico - esta cadeia de objetivos e sub-objetivos não é trivial e impõe um exercício igualmente disciplinado da mente classificatória<sup>64</sup> do engenheiro cientista. Uma vez identificado o objetivo e formulado o problema, o engenheiro vai decompô-lo em problemas menores, solucionando-os um a um, encadeada ou simultaneamente (possivelmente em equipes), fazendo interagir seus resultados entre si para equacionar a solução exigida inicialmente para o problema maior.

---

<sup>64</sup> Nesse item, novamente se retorna ao estereótipo cultural do engenheiro, no qual o adjetivo *metódico* é associado à idéia de *pouco flexível e pouco criativo*. Também nesse caso, aparentemente esse adjetivo estaria se opondo a uma noção de criatividade associada à experimentação artística, não levando em conta a criatividade tecnológica nem, principalmente, a necessidade de equacionamento de problemas extensos e complexos, de forma criativa, porém organizada, com a identificação de problemas dentro de problemas, para viabilizar sua solução.

Os problemas a que estão afeitos os engenheiros contêm uma fractal de *micro-necessidades relativas a cada uma de suas cadeias de sub-problemas, a maioria deles exigente de conhecimentos de áreas diversificadas*. Trata-se de um universo de trabalho (e, portanto, um universo mental) dinâmico, onde *alterações em quaisquer dos parâmetros relativos a cada um dos itens* possivelmente implique o *redimensionamento de todas as inter-relações de todos os outros, gerando cadeias de tomadas de decisões inter-dependentes e inter-referenciadas*.

Ferguson (2001), traz um exemplo prático, tirado da Engenharia Mecânica, que contribui para que se possa compreender a necessidade e de certa forma também *visualizar a estratégia* desenvolvida para dar conta da necessidade prática de resolver um problema complexo, decompondo-o em suas partes, em problemas dentro de problemas, não apenas para reduzir seu nível de complexidade em complexidades menores, como também recomendam os procedimentos científicos, mas por outra necessidade, específica da Engenharia e de resultados práticos: fazer todas as partes *funcionarem*, de forma precisa e eficiente, tanto em unidades discretas quanto através de sub-unidades modulares, que precisam igualmente ser operacionais no conjunto.

Um mecanismo complexo como uma máquina de combustão interna é habitualmente projetada por uma equipe de engenheiros, cujo conhecimento especializado de cada um contribui para atender várias necessidades de diversos problemas [...].

O conjunto de desenhos para uma máquina pode chegar a muitas centenas. Cada parte separada da máquina é desenhada em detalhes completos, para mostrar sua forma, suas dimensões, e todas as outras características [...].

Desenhos intermediários mostram como cada parte individual deve ser integrada; desenhos integrados localizam os desenhos intermediários em uma específica configuração múltipla. (FERGUSON, 2001, p.5)

### 3.3.8 Como a mente – do engenheiro – funciona

Buscou-se sintetizar nesse item alguns dos itens que foram apresentados ao longo dessa tentativa de descrição de perfil cognitivo, propondo-se uma visão geral de alguns elementos que integrariam o processamento mental envolvido no equacionamento dos problemas de Engenharia, através de uma descrição operacional – certamente incompleta – de elementos que fazem parte do funcionamento da mente do engenheiro-cientista.

A formulação, possível, do ponto de vista cognitivo, dentro do escopo do modelo apresentado por Pinker (1998), supõe:

- um mecanismo característico da mente humana inteligente, que permite *processamento de informações* (fluxo contínuo) a partir de *símbolos representacionais* (analogia mental entre um nome e uma imagem, objeto ou fenômeno da realidade), e *símbolos causais* (que fazem parte de cadeias de eventos internas à mente e verificáveis empiricamente no mundo exterior, a partir dos quais é possível realizar inferências e fazer suposições: deduções, induções, abduções).

Entrariam em operação, então, na mente do engenheiro, para enfrentar e resolver os problemas de Engenharia:

- módulos de percepção visual integrados a módulos de representação espaciais;
- módulos de operação dos fenômenos físicos (espaciais, causais) integrados a módulos matemáticos (abstrações, operações simbólicas);

- acesso a memória estruturada (normas, leis, critérios definidos); comparações com resultados e casos anteriores;
- operações simbólicas a partir de regras lógicas e/ou probabilísticas e incertas, estabelecendo suposições e critérios definidos de validade das inferências e deduções, relacionadas a conhecimento empírico e conceitual;
- operações simbólicas e equacionamento abstrato puramente mecânico, relativos ao processamento matemático (algoritmos de cálculos e procedimentos práticos normatizados com base na evidência empírica e conhecimento previamente estruturado).
- produção de relações de verdade abstratas (proposições lógicas e relações matemáticas), apoiadas pela observação e verificação, que validam as ocorrências empíricas às quais se relacionam;
- como estratégias de solução de problemas: decomposição de problemas em problemas e subproblemas de menor nível de complexidade; simulações;
- tomada de decisões (escolhas de soluções) com base em raciocínio metodológico, amparado no conhecimento científico e na evidência empírica, ao longo da cadeia de solução de problemas e subproblemas;

Esta descrição, embora sucinta, será plausível para a operação mental envolvida na ciência da Engenharia, *baseada no sistema de regras estabelecido pelo conhecimento científico, com seu inerente universo de probabilidades e incertezas*. No caso dos engenheiros, o conhecimento estruturado - na forma de Ciência, em normas ou evidências

comprováveis empiricamente - pode ser identificado como o *conjunto de regras*<sup>65</sup> que *viabiliza as suposições e inferências sobre a realidade*, permitindo o processamento de informações, ao mesmo tempo que constitui o *conjunto estruturado de regras que valida o conhecimento gerado e, portanto, delimita o universo em que as formulações têm valor de verdade ou falsidade*, no âmbito da conceituação científica, da prática profissional e cognitiva (atualização do banco de dados mental, reforçando ou retificando informações arquivadas como verdadeiras).

Tendo-se contextualizado a Engenharia, no seu desenvolvimento histórico e cultural; tendo-se buscado identificar elementos da natureza individual, possivelmente inata, dos engenheiros, relativamente a habilidades, aptidões e formas preferenciais de operação sobre o meio ambiente; e ainda tendo-se buscado identificar exigências cognitivas relacionadas à prática profissional (por conseguinte obrigatórias na sua formação), se buscará, a seguir, delimitar as necessidades do ensino contemporâneo de Engenharia, tal como este tema tem sido apontado pelos professores e pesquisadores desta área, para integrar neste contexto os objetivos da pesquisa.

---

<sup>65</sup> As regras que viabilizam o processamento inteligente de informações, no software humano, segundo Pinker (1998), que podem ser formais, probabilísticas, Fuzzy ou tão complexas quanto aquelas que viabilizam o reconhecimento de um rosto.

## 4 EM BUSCA DE ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA ADEQUADA ÀS NECESSIDADES DO PERFIL IDENTIFICADO

### 4.1 NECESSIDADES DO ENSINO CONTEMPORÂNEO DE ENGENHARIA

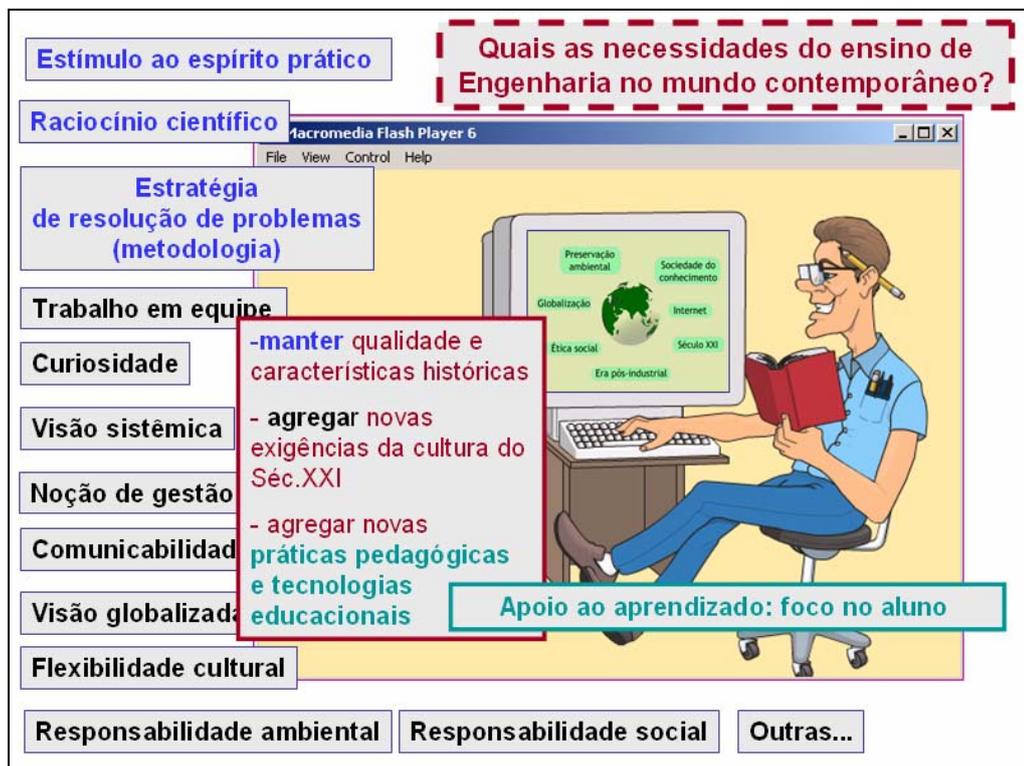


Figura 17 – Representação das necessidades de formação do engenheiro deste Século

O problema do ensino de Engenharia tem sido abordado através de óticas variadas. Oliveira (2000) comenta o aumento da preocupação dos professores de Engenharia, no Brasil, com as questões relacionadas ao ensino, que pode ser percebido, entre outras maneiras, pela observação da participação - quantitativa e qualitativa - de docentes nos eventos relacionados

ao ensino e à educação em Engenharia. O COBENGE, Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, realizou em 2003 sua 31ª Edição, com um grande número de participações de professores de universidades públicas e privadas brasileiras. Os grandes temas apresentados nesse evento referiram-se a questões institucionais (currículos e avaliações de cursos, por exemplo); diagnósticos sobre a questão educacional e propostas baseados em modelos pedagógicos (novas demandas para o perfil profissional, críticas ao modelo de exposição de conteúdos e à falta de formação pedagógica de professores, por exemplo); e integração de tecnologia informatizada aos ambientes de ensino (ambientes virtuais de ensino, multimídia e experimentações de ensino a distância)<sup>66</sup>. Os dois últimos temas estão contidos nesta pesquisa, que procurou, desta forma, dialogar diretamente com as necessidades apontadas pelos interessados nessa área.

Procurou-se neste capítulo realizar uma breve revisão crítica de algumas análises e pesquisas da área do ensino de Engenharia, relacionadas a esses temas, no Brasil e no exterior, relacionando-as às propostas da pesquisa. Ao longo da apresentação, também se fará uma síntese dos fatores que levaram à escolha da estratégia pedagógica sugerida para ser aplicada como parte experimental deste trabalho (elaboração didática de projeto de Engenharia, na modalidade de curso à distância), fatores estes que relacionam as necessidades apontadas pela pesquisa sobre ensino de Engenharia com a contextualização histórica e cultural da Engenharia, e com a identidade dos engenheiros, segundo suas possíveis características pessoais e necessidades de operações cognitivas relacionadas à prática profissional (exigências da formação), conforme apresentadas nos itens anteriores.

---

<sup>66</sup> Com exceção das questões institucionais, as outras duas categorias de questões gerais relacionadas ao ensino de Engenharia (uso de tecnologia educacional e modelos pedagógicos) têm sido objeto da atenção do grupo no qual se insere a presente pesquisa, já referido, o NMEAD.

#### 4.1.1 Mudanças na matriz tecnológica

Wulf e Fisher (2003) criticam as escolas de Engenharia norte-americanas, por não acompanharem as mudanças na prática de Engenharia, em função das alterações ocorridas no perfil do mercado internacional, da conseqüente reestruturação dos processos industriais e de sua causa/conseqüência: a explosão das tecnologias de informação. Segundo esses autores, o perfil acadêmico dos professores é priorizado em detrimento de própria prática da Engenharia, estabelecendo um *gap* entre a demanda do mercado e a realidade do ensino. A superação desse impasse inclui, segundo esses autores, o que chamaram uma *agenda de mudanças* não apenas para *manter e atualizar a qualidade da formação dos fundamentos da Engenharia convencional*, mas ainda *agregar novos elementos*, como a cultura globalizada: Matemática Discreta, Química, Biologia e um bom conhecimento do contexto de negócios, entre outros, segundo esses autores.

Professores e pesquisadores da área de ensino de Engenharia, no Brasil, como Castro, Naveiro e Oliveira (2001) e Milititsky (1998), apontam para uma reflexão sobre o perfil do profissional formado nas últimas décadas nos cursos de todas as áreas de Engenharia. A característica mais visível no ensino atual, segundo esses autores, é a formação prioritariamente técnica e científica, através de um tipo de ensino embasado sobre a transmissão de conteúdos, considerado pouco crítico e insuficiente para atender às demandas de complexidade que marcaram as grandes transformações da sociedade, da economia, da tecnologia e, portanto, da cultura do final do Século XX. Defendem a necessidade da definição de um novo perfil de engenheiro, cuja formação não seja feita exclusivamente com base na competência técnica, no domínio do cálculo, da Física, da Matemática e das ciências afins, mas integre autonomia de ação e de aprendizado, criatividade e comunicabilidade,

habilidades que até então o ensino – segundo esses autores - parece não ter definido como prioridade, mesmo após a introdução da pesquisa e a proliferação de laboratórios, ocorridas no Brasil, por exemplo, a partir da consolidação dos programas de pós-graduação, após a década de 70 do século passado.

Oliveira (2001) descreve pressupostos básicos para a formação desejável do profissional de Engenharia, citando, em primeiro lugar, a apropriação de novos conhecimentos, registro e expressão de idéias de forma autônoma e independente, trabalho em equipe, capacidade de coordenação de grupos multidisciplinares, acompanhamento do desenvolvimento de novas tecnologias, interfaces do trabalho do engenheiro com sua atividade de cidadão, repercussões ambientais, éticas e políticas de sua ação.

Segundo esse autor, os currículos de graduação atuais não atendem a essa necessidade, sendo semelhantes a uma linha de produção fordista<sup>67</sup>, e ainda por cima pouco eficiente, porque sujeita a falhas e interrupções.

O aluno seria um ‘chassi’, que na linha de montagem vai recebendo peças (os conteúdos das disciplinas) seqüencialmente, onde os montadores (professores) teriam pouca noção sobre as outras peças ou como as mesmas estão sendo incorporadas ao ‘chassi’, nos postos de trabalho anteriores, adjacentes e posteriores. Fazendo uma comparação não muito apropriada, se fosse para o aluno ‘funcionar’ imediatamente ao final da linha de montagem, o índice de rejeição’ seria altíssimo, tendo que passar por diversas oficinas de assistência técnica antes de funcionar efetivamente. (OLIVEIRA, 2001, p. 171)

Outra fonte de informações a respeito do registro da necessidade de adaptação dos cursos de Engenharia à nova prática profissional são os critérios necessários de validação de cursos dessa área nos Estados Unidos, de autoria da *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET, 2002), entidade responsável pelos processos de reconhecimento.

---

<sup>67</sup> O termo refere-se a Henry Ford e à linha de montagem nos moldes preconizados pelo engenheiro Frederick Taylor (de onde o termo Taylorismo), para racionalizar os tempos e movimentos dos operários, cristalizada através da indústria automobilística do início do Século XX, onde cada operário fazia apenas uma parte do trabalho (o *apertador de roscas* na linha de montagem, imortalizado por Chaplin no filme *Tempos Modernos* é um bom exemplo) o que hoje é considerado um método que desumaniza o processo de trabalho.

Tomando-se por base as recomendações da ABET, os cursos de graduação devem estimular a capacidade para aplicar conhecimento de Matemática, ciências e Engenharia; projetar e conduzir experimentos, analisar e interpretar resultados; projetar um sistema, componente ou processo para atender a determinados requisitos; atuar em equipes multidisciplinares; identificar, formular e resolver problemas de engenharia; poder compreender a natureza da ética e da responsabilidade profissional; comunicar-se efetivamente (por escrito e oralmente); entender o impacto das soluções da engenharia no contexto social e ambiental; buscar a aprendizagem permanente; e ainda usar técnicas e ferramentas modernas para o exercício da prática da Engenharia.

A exemplo das normas da ABET, no Brasil existem diretrizes curriculares definidas pelo Conselho Nacional de Educação (de 11/03/2002) para o reconhecimento dos cursos superiores de Engenharia no Brasil e divulgadas através da ABENGE, Associação Brasileira do Ensino de Engenharia. Estas diretrizes já contêm quase que integralmente os itens que vêm sendo citados como necessários à reestruturação do ensino de Engenharia, dentro dos padrões que excedem a pura qualificação técnica, o que parece ser compatível com o movimento dos professores em direção a inovações na prática docente, tanto em forma quanto em conteúdo. Propõe a necessidade da ética, da visão econômica, social e ambiental, bem como a importância da comunicação, do trabalho em equipe e da formação permanente. Os itens estão parcialmente reproduzidos a seguir. Ressalte-se, no último item, a referência a um trabalho final de síntese e integração de conhecimento, característica que, como se verá a seguir, define e especifica o projeto de Engenharia, que não é, entretanto, claramente designado nas diretrizes curriculares, não sendo, portanto, obrigatório.

[...]

Art. 3º O Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando

seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade.

Art. 4º A formação do engenheiro tem por objetivo dotar o profissional dos conhecimentos requeridos para o exercício das seguintes competências e habilidades gerais:

- I - aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
- II - projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
- III - conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
- IV - planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
- V - identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
- VI - desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
- VI - supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
- VII - avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
- VIII - comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
- IX - atuar em equipes multidisciplinares;
- X - compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
- XI - avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
- XII - avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
- XIII - assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.

Art. 5º Cada curso de Engenharia deve possuir um projeto pedagógico que demonstre claramente como o conjunto das atividades previstas garantirá o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas. Ênfase deve ser dada à necessidade de se reduzir o tempo em sala de aula, favorecendo o trabalho individual e em grupo dos estudantes.

§ 1º Deverão existir os trabalhos de síntese e integração dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, sendo que, pelo menos, um deles deverá se constituir em atividade obrigatória como requisito para a graduação.

§ 2º Deverão também ser estimuladas atividades complementares, tais como trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas teóricas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores e outras atividades empreendedoras.

Art. 6º Todo o curso de Engenharia, independente de sua modalidade, deve possuir em seu currículo um núcleo de conteúdos básicos, um núcleo de conteúdos profissionalizantes e um núcleo de conteúdos específicos que caracterizem a modalidade.

[...]

§ 4º O núcleo de conteúdos específicos se constitui em extensões e aprofundamentos dos conteúdos do núcleo de conteúdos profissionalizantes, bem como de outros conteúdos destinados a caracterizar modalidades. [...]

Parágrafo único. É obrigatório o trabalho final de curso como atividade de síntese e integração de conhecimento.

[...] (CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2003)

Em várias Escolas de Engenharia, no Brasil e em outros países, impulsionados pelas demandas geradas pelas transformações ocorridas em todas as áreas do conhecimento, e para suas repercussões econômicas, antropológicas, sociais e tecnológicas, os professores de Engenharia passaram a analisar as especificidades do seu universo de trabalho, desenvolvendo, primeiramente, tecnologias e experimentos empíricos e, mais tarde, reflexões e propostas conceituais e operacionais destinadas a melhorar a formação dos futuros engenheiros. Uma das análises recorrentes é a de que hoje o aluno precisa desenvolver a sua

própria capacidade de estruturar a fantástica quantidade de informação que está disponível, nos múltiplos meios de acesso à informação e, nos últimos anos, na Internet.

Outras mudanças foram provocadas pelo uso massificado do computador na prática de Engenharia, como os softwares de cálculos e os de simulações, que aumentaram as condições de controle, previsibilidade, precisão e outros elementos intrínsecos ao fazer profissional do engenheiro. Passaram a ser, portanto, indispensáveis na formação dos engenheiros, em maior ou menor intensidade, dependendo dos recursos da instituição, sendo integrados em experiências didáticas, muitas vezes sem um projeto pedagógico claro ou consciente dos professores, mas real e identificável como um elemento que auxiliou a despertar o interesse pelas questões do ensino.

Schnaid, Barbosa e Timm (2001) analisam a questão:

Algumas mudanças já foram realizadas pelas universidades brasileiras para adequar a formação dos alunos ao perfil considerado desejável ao novo engenheiro. Hoje, por exemplo, a idéia de que o profissional de engenharia deve trabalhar isolado, disseminada nos cursos até as décadas de 60 e 70 do século passado, já está irreversivelmente ultrapassada. Os alunos são estimulados ao trabalho em equipe desde os primeiros anos de sua formação. Também já são coisa do passado os currículos integralmente obrigatórios, nos quais disciplinas como topografia ou geologia tinham que ser compulsoriamente freqüentadas por alunos de todas as áreas de engenharia. Hoje, há uma boa flexibilidade propiciada pela oferta cada vez mais diversificada de disciplinas eletivas. A revolução promovida pela informática e os paradigmas da globalização econômica estão sendo incorporados à cultura acadêmica, apesar do tempo elástico da implantação de novas culturas. Um tempo, aliás, incompatível com a velocidade das mudanças estruturais.

[...] Há boas iniciativas individualizadas, em várias universidades, sobre como tornar esse ensino mais formativo, capaz de instrumentalizar a atitude curiosa e observadora do engenheiro, transformando-a em uma saudável cultura de busca autônoma de informações, apropriação e uso do conhecimento para tomada de decisões e flexibilidade na escolha por soluções criativas e inovadoras.[...] O grande desafio é a necessidade de uma formação básica adequada que sirva de alicerce à formação continuada, à atitude do auto-aprendizado, do olhar criativo e flexível, da curiosidade e do prazer pela busca do conhecimento, de si mesmo e do mundo. (SCHNAID; BARBOSA; TIMM, 2001)

#### **4.1.2 O engenheiro no mundo pós-industrial: velhas e novas exigências na cultura profissional**

Milititsky<sup>68</sup> (1998) descreveu o que seria o desafio de formar engenheiros para o Século XXI, uma época de grandes transformações de múltiplas naturezas. O autor tomou como base a demanda profissional de uma empresa aeronáutica de grande porte e as formulações feitas por um grupo de professores reunidos em um Congresso Internacional de Educação de Engenharia, em Chicago, à época da publicação. Segundo ele, esse desafio estaria na geração de novos paradigmas para o ensino da Engenharia, uma área estratégica, ressalta o autor, em termos econômicos e, por isso, um fator de competitividade entre as nações. O novo ensino, para o autor, deveria prover ao aluno:

Boa base de fundamentos de ciência da engenharia; entendimento de processos e projetos de manufatura; entendimento do contexto social, econômico e político no qual é praticada a engenharia; capacidade de comunicação; habilidade de pensar de forma criativa e crítica, de forma independente e cooperativa; flexibilidade, habilidade e autoconfiança para adaptação a mudanças grandes e rápidas; curiosidade e desejo de aprender por toda a vida, além de capacidade de trabalhar em equipe. Estas seriam as características do engenheiro apto a trabalhar na empresa norte-americana Boeing, segundo perfil divulgado pela empresa. (MILITITSKY, 1998)

Ao conjunto de competências e habilidades listadas, o autor acrescentava ainda como obrigatórias e desejáveis do novo engenheiro: capacidade de síntese, de formulação, análise e solução de problemas (compreendendo que a própria formulação faz parte da solução do problema); compreensão de sistemas complexos e incertezas, sensibilidade em relações interpessoais e domínio de línguas, sem falar no respeito às diferenças culturais, iniciativa, capacidade para gerir, tomar decisões, dominar tecnologias inteligentes e criar oportunidades. E também: computação, conhecimento de gestão, noções de economia e administração,

---

<sup>68</sup> O autor citado é ex-diretor da Escola de Engenharia da UFRGS e lançou, dentro e fora da instituição, as bases para a discussão sobre a formação do engenheiro para exercer a profissão no Século XXI

criatividade, trabalho em equipe, iniciativa, liderança e, sobretudo, autonomia no aprendizado. Tudo isso manejado através de uma visão obrigatoriamente multidisciplinar e sistêmica do conhecimento.

Além das mudanças tecnológicas ocorridas ao longo das últimas décadas do Século XX, houve também uma mudança cultural na prática de Engenharia, relacionada possivelmente às revoluções culturais ocorridas a partir da década de 60, impulsionadas pelos movimentos de minorias políticas, de jovens, etc., que flexibilizaram as relações no mundo acadêmico e no mundo profissional, gerando novos perfis de exercício da profissão do engenheiro. Bergreen (2002) relata um cenário curioso montado ao redor dos projetos de exploração espacial ao planeta Marte, instalado na NASA, a Agência Espacial Norte-Americana. Em torno do planejamento da descida do robô Pathfinder, em 1999, o autor documentou uma estrutura de trabalho flexível e desafiadora, que segundo ele alterava a cultura burocrática e convencional que prevaleceu durante os anos em que a Agência estava submetida aos interesses militares da Guerra Fria. Jennifer Harris, engenheira aeroespacial (ela mesma um novo paradigma em uma profissão tradicionalmente masculina), relata:

Mas a coisa mais bacana na Pathfinder era que, quando você pegava um serviço, era uma coisa do tipo 'onde é que eu me encaixo'. O pessoal não dizia: 'Isso não é serviço seu, não se meta'. [...] O pessoal sempre tinha chance de ultrapassar os limites, aprender mais e fazer mais (BERGREEN, 2002, p. 71).

A *flexibilização cultural* no ambiente de trabalho da Engenharia do Século XXI, relatada por Bergreen, encontra um outro exemplo na descrição do ambiente encontrado por Sampson (1996) ao visitar a empresa Microsoft, em Seattle, Estados Unidos.

Não há nada industrial em almoçar na Microsoft. Ao longo da Microsoft Way, em meio às florestas das proximidades de Seattle, não há edifícios altos, portão principal, nem sinal de guardas de segurança: apenas grupos de prédios uniformemente brancos, com largas janelas de vidros verdes [...] O alegre restaurante de self-service estava lotado de jovens funcionários que passavam a imagem de uma reunião de estudantes de pós-graduação cosmopolitas transformada em um projeto de férias. Tinham todo tipo de rosto e sotaque: chinês, japonês, indiano, e vários eram inconfundivelmente britânicos. [...] (SAMPSON, 1996, p. 22-23)

Embora possivelmente estejam sendo equacionados através de uma cultura mais flexível; embora a sociedade e os próprios engenheiros já não tenham fantasias sobre soluções mágicas (FLORMAN, 1996), provindas da tecnologia; os problemas práticos que se apresentam aos engenheiros não diminuiram de complexidade. Ao contrário, continuaram apresentando desafios ao raciocínio, à imaginação e à capacidade operacional dos engenheiros: apenas nos quatro minutos e meio previstos para a seqüência de entrada do veículo espacial em Marte, a engenheira Jennifer identificou 41 intrincados eventos extremamente complexos e inter-relacionados, incluindo a descida, o pouso, a explosão de escotilhas e trancas e o desembarço do pára-quedas. Os exemplos evidenciam que a formação da Engenharia contemporânea precisa mudar, mas isso não significa que essa mudança representa uma diminuição da complexidade envolvida na prática profissional e nas exigências do ensino. Ao contrário: nova cultura, velhas e novas exigências. Além de raciocínio metódico para equacionar múltiplas variáveis, cientificamente, com base no conhecimento estruturado da ciência, foram incluídas ao elenco de obrigações do engenheiro, algumas necessidades menos precisas, como liderança e flexibilidade, além de um foco muito importante nas questões de gestão, entre outras.

Documento produzido pela École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne (EMSE), França (BOUDAREL, 2003) relata uma reforma pedagógica e curricular, já em fase de implantação, destinada a responder a necessidades da indústria, dentro da lógica de profissionalização e de parceria com o setor industrial local. O trabalho aponta para as modificações da percepção do papel atribuído pelos empresários aos futuros engenheiros, o qual inclui, segundo pesquisa apontada pelo documento, *não apenas competências técnicas, mas de gestão*, entre os quais o papel de símbolo, líder e de agente de ligação. Aponta competências ligadas à *circulação de informação dentro das empresas*, como observador ativo, difusor de informações e porta-voz, e outras, relacionadas aos processos de tomada de

decisão: *empreendedor, regulador, gerenciador de recursos e negociador*. Ao medir as expectativas de 43 empresários encarregados dos setores de recrutamento, a EMSE encontrou quatro qualidades esperadas nos egressos da instituição: espírito de equipe (20% das respostas); capacidade de formar e dirigir uma equipe (19%) e abertura de espírito (16,2%). A má notícia é que 63% entre os entrevistados consideram que o profissional procurado só é encontrado ocasionalmente; 22,2% raramente e apenas 14,8% costumam encontrar tudo o que procuram entre os engenheiros recém-formados. Em função desses dados, a EMSE estruturou um novo currículo de três anos, baseado sobre o que chamam uma pedagogia ativa, mais especificamente, uma *pedagogia de projeto*, a qual permite: “aprendizagem do trabalho em grupo e da dinâmica de grupo em um projeto, levando em conta os fenômenos de comunicação e da gestão do tempo na condução do projeto”. (BOUDAREL, 2003).<sup>69</sup>

Todas as análises e demandas indicam que há uma nova equação a ser modelada para dar conta das velhas e novas necessidades do ensino de Engenharia. Esta nova equação corrobora a profunda imbricação desta área com as transformações da própria cultura. Se a conceituação do novo Século a respeito da relação do ser humano com o planeta mudou, se a base tecnológica se alterou, gerando novas necessidades, se a relação do grupo cultural com os engenheiros mudou, o ensino de Engenharia tem que mudar.

O ensino de Engenharia, para Florman (1996), estaria às voltas com uma espécie de crise de identidade pela qual passaram os próprios engenheiros, ao longo das últimas décadas. Até 1950, professores, alunos e a sociedade americana em geral orgulhavam-se da sua Engenharia e de suas potencialidades, o que já foi descrito neste trabalho, no item relacionado

---

<sup>69</sup> O trabalho citado fundamentou o software MULTIMISE, de simulação didática de projetos de Engenharia, que foi analisado neste trabalho, tendo sido um dos motivadores da escolha de projeto como estratégia pedagógica adequada à formação dos engenheiros (o software será apresentado no item 4.2.1). Foram utilizados exemplos desta plataforma para embasar o planejamento do curso-piloto pretendido, como se verá em vários itens do capítulo 5.

à contextualização histórico-cultural da Engenharia, quando se comentou ainda uma queda no prestígio social dos engenheiros na atualidade. Florman (1996) propõe um amadurecimento na análise sobre o ensino de Engenharia, relacionando-a à própria discussão sobre a função social do engenheiro. Sugere uma análise que escape das visões ingênuas e simplistas da crença no suposto poder infalível da tecnologia, que caracterizaram a chamada Idade do Ouro da Engenharia, no início do Século XX, mas que ao mesmo tempo responda às críticas simplificadoras da intrincada teia sócio-econômico-político-tecnológica que resulta nos problemas sociais e ambientais, relacionados ao desenvolvimento e uso de tecnologias de várias naturezas. Um amadurecimento que, sem dúvida, deverá ter como vetor os cursos de formação de engenheiros. Esta idéia se aproxima dos objetivos delineados para esta pesquisa, uma vez que, como o paradigma multidisciplinar das Ciências Cognitivas, contextualiza a questão da Engenharia e do seu ensino no escopo de sua inserção na malha cultural, abrindo espaço para a reflexão a respeito das muitas variáveis que compõem o perfil profissional e suas reais exigências de transformação.

#### **4.1.3 Agregação de tecnologia educacional informatizada ao ensino de Engenharia**

*As tecnologias educacionais* evoluíram, possivelmente, das expressões primeiras da intenção de transmissão de conhecimento dos seres humanos - sua voz, seus gestos, a pintura na parede da caverna<sup>70</sup> - ao quadro negro, depois branco, passando pelo retroprojeter, o vídeo, entre outros tantos meios, e, atualmente, foram atualizadas todas, em suas respectivas funções,

---

<sup>70</sup> Ver Boscov (1990), sobre a função didática das pinturas rupestres, relacionadas à intenção do homem pré-histórico em mostrar aos seus companheiros qual era a caça a ser buscada.

através do computador, que integrou mídias a capacidade de processamento, memória, programação, entre outras tantas funções e, na última década, comunicação à distância. O computador permitiu a redefinição por completo dos paradigmas de informação e comunicação, e, por consequência, dos paradigmas educacionais. Hoje, os softwares para edição de vídeo, produção de imagens animadas em duas ou três dimensões, simulações de fenômenos físicos e funções matemáticas, slides eletrônicos, arquivos de som e outros recursos desse tipo, cuja eficiência será maior quanto maior for a integração entre o bom conteúdo, a criatividade e a operacionalidade da navegação, em web-sites interativos são as novas armas para conquistar e manter a atenção do aluno.

Pierre Lévy (1993) estudou o que chamou de *novas tecnologias da inteligência*, a partir de suas estruturas como elementos definidores de formas de pensar, comunicar e transmitir informações entre vários grupos e entre as gerações. Em especial, estudou a inserção dos hipertextos – estruturas em redes de nós e links que constitui a informação nos computadores e na Internet - no contexto do tempo histórico e do espaço cultural da humanidade, estabelecendo-os como uma espécie de paradigma da contemporaneidade, uma vez que sintetizam exatamente a rede de sentidos em permanente movimento, movida tecnologicamente para tecer novas relações cognitivas, antropológicas e filosóficas. Os hipertextos, segundo esse autor, reproduzem o processo evocativo do raciocínio e estimulam a capacidade de associar, de interagir e de buscar novas possibilidades de enfoque sobre um tema. Através deles e dessa nova forma de expressão e comunicação, estabeleceram-se novas formas de acesso, compreensão e documentação de informação e conhecimento.

O potencial do uso de novas tecnologias de multimídia informatizada para agregar valor e qualidade ao ensino de Engenharia foi percebido tão logo começaram a se disseminar as ferramentas de edição de texto e imagem, na Internet, o que é uma situação bastante previsível, tratando-se de uma área de natureza tão inerente à tecnologia, a qual já integrava o

uso de computadores ao ensino para várias outras atividades, desde os softwares de desenho até os de aquisição e tratamento de sinais. Desde então, tem-se constituído em uma área de interesse crescente, com centenas de publicações anuais relacionadas à descrição de casos e usos dos mais variados tipos de tecnologia multimídia ao ensino de Engenharia<sup>71</sup>. Caracteriza-se hoje, como uma das prioridades identificáveis em praticamente todas as instâncias de planejamento educacional, do Brasil e do mundo, pela sua importância como um novo paradigma, o qual, ao alterar a base tecnológica, altera também as formas de interação, expressão, comunicação, transmissão e operação sobre os conteúdos, além de praticamente impor o desenvolvimento de novas formas de relacionamento entre todos os sujeitos do processo educacional.

Na própria Escola de Engenharia da UFRGS, várias iniciativas foram documentadas<sup>72</sup>, entre as quais a do Núcleo de Multimídia e Ensino à Distância, formalizado no ano 2000, que se dedicou a pesquisar e desenvolver produtos educacionais – CDs, vídeos, web-sites, livros e outras mídias - especificamente para a área de Engenharia. Entre os projetos dessa equipe, formada na época por jornalistas, engenheiros, informatas e educadores, estava o desenvolvimento de um conjunto de materiais para dar suporte ao ensino de Engenharia Geotécnica. Foram desenvolvidos cinco vídeos sobre vários pontos da disciplina Investigação Geotécnica, ministrada pelo prof. Fernando Schnaid, integrados em um web-site interativo, ao qual foi acrescentada uma versão eletrônica de um livro de sua autoria. Além disso, ao longo do tempo, esse trabalho foi sendo direcionado para a pesquisa de novos modelos educacionais, tendo-se utilizado o conjunto de mídias para dar suporte a atividades presenciais

---

<sup>71</sup> Em função da extensão da revisão bibliográfica nesta área, e do fato de que o trabalho relacionado ao uso de tecnologia educacional, nesta tese, está apoiado em pesquisa e desenvolvimento já consolidado e descrito, do NMEAD, optou-se por não se fazer descrição exaustiva de uso de tecnologia educacional no ensino de Engenharia.

<sup>72</sup> Edições do jornal da Escola de 1998 e de 2000 relatam produção e uso de softwares para fins educacionais, inclusive para apoio à visualização, CDs com multimídia, entre outros.

e à distância, as quais resultaram, entre outras pesquisas, nesta tese. Todo o material de multimídia utilizado no curso à distância foi desenvolvido atendendo a necessidades de conteúdo e de facilitação da comunicação, através de recursos de linguagem de áudio e vídeo, integrados em material já avaliado por alunos e professores da área (SCHNAID et al., 2001).

Em função desse histórico, a tecnologia educacional foi considerada nessa pesquisa como um *meio*, não como um fim em si. Esta posição coincide com as conclusões do grupo, ao longo do processo de pesquisa e desenvolvimento. Considerou-se que tanto as possibilidades da multimídia, como imagens estáticas, vídeos ou animações, quanto os recursos de simulação, as ferramentas síncronas e assíncronas do ensino a distância e mesmo os softwares educacionais, somente são eficientes quando integradas em um planejamento pedagógico flexível, estruturado a partir da cultura educacional e profissional da própria Engenharia. Se, porventura, o conjunto dos materiais for utilizado por outros professores, seus resultados vão igualmente estar condicionados pelo tipo de planejamento, de modelo didático-pedagógico e das práticas docentes que forem adotadas, além de outras variáveis circunstanciais, como a gestão, as condições tecnológicas e mesmo a habilidade do professor e dos alunos no uso das tecnologias, entre outras.

#### **4.1.4 Ensino à distância no ensino de Engenharia**

A Internet não alterou apenas a cultura educacional, mas também redimensionou uma expressão bem conhecida, o *ensino a distância*, cujas origens remontam aos anos 30 do Século XIX, de forma estruturada, uma vez que, a rigor, o ensino a distância enquanto característica se estabelece quando se imprimem os primeiros livros e, com eles, um padrão

de acesso ao conhecimento independente da presença de algum professor. Segundo Peters (2001), há registros de lições de estenografia em cartões postais, na Inglaterra. Mais tarde, em 1856, os primeiros cursos foram estruturados na Alemanha, de lingüística e conversação, através de cartas que continham exercícios cujas soluções seriam dadas nas aulas seguintes. Ao longo da década de 70 do Século XX, compatível com as necessidades de massificação da educação formal, foram montadas universidades a distância, em especial na Alemanha e na Inglaterra<sup>73</sup>, que desenvolveram modelos principalmente baseados na tecnologia papel, difundida através do correio convencional.

Kramer (1999) salienta a característica do ensino a distância, ao longo de sua implantação de forma massificada, ao longo do século XX, principalmente nas áreas ligadas aos cursos profissionalizantes. O mesmo vai acontecer no Brasil, quando em 1941 são criados o Instituto Universal Brasileiro e o Instituto Radiotécnico Amador, com cursos de datilografia e radiotécnica por correspondência, conhecidos através de seus anúncios divulgados em revistas, que traziam depoimentos e fotografias de alunos. Nos anos 60 e 70, no Brasil, houve uma forte tentativa de implantação de ensino a distância através do rádio, inclusive através de projetos em parceria com a Igreja Católica. Em 1967, outro marco do ensino a distância brasileiro foi o projeto montado pela Fundação Padre Anchieta, ligada ao Governo do Estado de São Paulo, que montou 25 postos de recepção, junto com estabelecimentos comerciais, industriais e bancários, presídios, hospitais e outras entidades religiosas e assistenciais, onde eram feitos os registros de frequência dos alunos aos cursos. Em 80, esta Fundação passa a integrar o Sistema Nacional de TV Educativa – SINTED, do qual fazem parte oito emissoras de televisão do país, que passaram a intercambiar programas educacionais com emissoras de outros países, como Portugal e até Estados

---

<sup>73</sup> Em ambos os países, como em outros, o modelo de ensino a distância continua sendo usado para o ensino formal e fortemente implantado como educação continuada. Há vários relatos de cursos que integram o sistema convencional, de troca de correspondência, ao uso de tecnologia informatizada e Internet.

Unidos. No Rio Grande do Sul, a Fundação Padre Landell de Moura (FEPLAN), desde 1967, desenvolveu várias atividades, também destinadas à profissionalização, inclusive para a população rural. Mas o que ficou mais conhecido, em todo o país, foi o chamado Telecurso de 2º Grau, lançado pela Fundação Roberto Marinho juntamente com o Sistema Globo de Televisão em 1978, ainda existente com o nome de Telecurso 2000<sup>74</sup>. O perfil dos alunos desses cursos já não estava apenas restrito aos aspirantes à profissionalização, uma vez que o ensino a distância passou a ser tratado como prioridade das instituições universitárias<sup>75</sup> e mesmo do MEC, para todas as áreas da educação formal. Em setembro de 1995, foi criada no MEC a Secretaria de Educação a Distância (SEED), que passou a centralizar a formulação de políticas e projetos dessa área e que lançou o Projeto TV Escola, prevendo a instalação de antenas parabólicas, televisão, videocassete e fitas para um conjunto de 46 mil escolas de todo o Brasil.

No final dos anos 90, entretanto, os relatos de uso de ensino a distância já incorporam experiências com uso de videoconferências, primeiro através de transmissão por satélite e depois através de Internet. Ao longo desse período, começam a ser desenvolvidos ambientes virtuais de ensino-aprendizagem, cuja navegação hipertextual aos poucos foi agregando também múltiplas mídias (hipermídia), ferramentas de comunicação e compartilhamento de conteúdos previamente produzidos, estratégias de ensino-aprendizagem síncronas e assíncronas, abordagens pedagógicas especificamente desenvolvidas para a Internet e outras, adaptadas na pesquisa educacional convencional. Desde 1999, a Universidade de Brasília desenvolve o projeto Universidade Virtual, oferecendo vários cursos on-line. Nesse mesmo

---

<sup>74</sup> A enumeração exaustiva de projetos implantados no Brasil, na área de EAD, antes e depois do aparecimento da tecnologia informatizada, pode ser encontrada em Kramer (1999).

<sup>75</sup> A Universidade Federal de Santa Catarina foi a primeira universidade pública brasileira a oferecer cursos de pós-graduação à distância, com apoio em tecnologias computadorizadas e em teleconferências via satélite. Em 2000, a UFSC oferecia 30 cursos de mestrado e sete de especialização.

período, foi criada a UNI-REDE, integrando universidades públicas brasileiras em projetos integrados de ensino a distância.

Embora não existam ainda experiências comprovadoras da eficiência dos processos de EAD para estimular a tão desejada autonomia dos estudantes de Engenharia, parece estar disseminada a idéia de que isso é possível, em especial se o processo de EAD for mediado pelas tecnologias educacionais (TIMM et al., 2003) baseadas em uso de hipermídia e, em especial, se for produzido de forma a estimular a interatividade (SCHNAID; TIMM; ZARO, 2001) o equilíbrio entre atividades síncronas e assíncronas (TIMM; SCHNAID; FERREIRA F., 2003a). Ao longo do trabalho do NMEAD, dominou-se a utilização da transmissão via Internet de aulas interativas (pelo sistema de *videostreaming*, associado com comunicação através de Chat), e em 2001 realizaram-se as primeiras experiências de curso à distância desenvolvidas pela equipe, com o uso do material de multimídia, exatamente com a área de Engenharia Geotécnica (SCHNAID et al., 2001). Essas vivências, integradas à pesquisa relacionada ao uso de modelos pedagógicos inovadores no ensino de Engenharia, contribuíram para direcionar as escolhas que foram feitas nesta tese, na direção da busca de estratégias de ensino específicas da cultura de Engenharia (no caso, projetos), associadas a modelos de ensino à distância capazes de atender também às necessidades de conteúdo, além de focar o processo de aprendizagem do aluno (no caso, o *e-learning-by-doing*).

#### **4.1.5 Modelos pedagógicos aplicados à Engenharia**

No âmbito da pesquisa sobre ensino de Engenharia, no Brasil, uma análise relacionada aos modelos pedagógicos também tem sido apresentada por diversos autores. Ribas (1996)

discutiu a incompatibilidade do ensino de Engenharia – baseado, segundo o autor, em simples transmissão de conhecimentos - com as necessidades geradas pelas rápidas mudanças já vislumbradas à época, quase uma década atrás (em especial uma década que consolidou a massificação da Internet e do ensino mediado pelo computador). Discutiu a importância do desenvolvimento de um novo paradigma de pesquisa educacional aplicável ao ensino de Engenharia, colocando o aluno como sujeito do processo de apropriação do conhecimento e o professor como mediador, para viabilizar a circulação de informações e o respeito à realidade cognitiva, afetiva e psicomotora do aluno.

Loder (2002), Bazzo (1998) e Becker (1999) também analisaram o tema do ensino de Engenharia pelo olhar do modelo pedagógico, referindo o esgotamento do que chamam modelo positivista, tendo identificado este conceito principalmente pela natureza da relação de transmissão-recepção de conteúdos entre o professor e o aluno, o qual seria apenas um elemento passivo no processo basicamente centrado na ação docente. A superação desse modelo estaria baseada sobre um novo enfoque pedagógico, focado no aluno, como sujeito do processo ensino-aprendizagem, no qual o professor seria um participante para mediar a ação do aluno sobre os conteúdos, uma ação portadora do processo de construção que o próprio aluno faz do seu conhecimento. Este seria o modelo pedagógico construtivista<sup>76</sup>, estabelecendo paradigmas de ensino capazes de dar conta da agregação dos referidos elementos necessários na formação do engenheiro: criatividade, sensibilidade, multidisciplinaridade e, sobretudo, estímulo à autonomia do aluno no seu próprio aprendizado.

Loder (2002), em dissertação de mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação/UFRGS, buscou identificar a prática pedagógica dos professores de Engenharia,

---

<sup>76</sup> Baseado na interpretação das idéias de Jean Piaget.

tendo como base a observação e questionários realizados com alunos e professores de Engenharia Elétrica. *Embora nenhum professor se declarasse formalmente construtivista, de um total de 11 observados apenas dois não incentivavam a participação direta dos alunos. E o mesmo número deles teve práticas pedagógicas associadas pela pesquisadora como parcialmente construtivistas, em sala de aula.* A conclusão foi destacada em itálico porque, se trata de uma interpretação (que não é a da autora da dissertação). Esta interpretação contraria em parte o diagnóstico de que a maioria dos professores de Engenharia apenas *transmite* conhecimentos. Ao contrário, pode indicar que já existe, em fase de consolidação entre os professores atuais, uma tendência empírica de estímulo ao diálogo com o aluno e à sua participação ativa no processo de construção de seu conhecimento. Esta é uma interpretação que poderá, no futuro, prestar-se a uma validação através de amostragem significativa.

O modelo de ensino construtivista foi objeto de pesquisa anterior, da autora desta tese, sob coordenação do prof. Fernando Schnaid, relatada em Timm, Schnaid e Zaro (2003)<sup>77</sup>, e, de certa forma, constituiu-se de uma das etapas introdutórias da presente pesquisa, uma vez que as conclusões também foram determinantes para a busca de um enfoque mais pragmático para a análise do problema do ensino de Engenharia, que não fosse apenas baseado no diagnóstico do modelo pedagógico e sua substituição por um novo modelo teórico.

A experiência ocorreu entre os meses de junho e setembro de 2002, com uma turma que juntou cerca de 25 alunos de graduação de Engenharia Civil e cerca de 15 alunos do Mestrado em Geotecnia. O material em multimídia foi disponibilizado ao grupo, que teve como atividade proposta exatamente a elaboração de um projeto, buscando-se sensibilizar os alunos para a relevância do tema através de vídeo e proposta de atividade em equipe, como parte de participação em atividade pedagógica inovadora.

---

<sup>77</sup> Ressalte-se que se tratou de uma única experiência, sem valor de constatação, mas que contribuiu para uma tomada de decisão sobre o encaminhamento desta tese.

Embora bem sucedida, em termos de resultado final, a experiência gerou importantes considerações, em função de que caracterizou uma possibilidade de aplicação do construtivismo<sup>78</sup> que propõe mais um conjunto de posturas (o aluno deve sentir-se motivado a agir sobre o problema, o professor deve problematizar e orientar, mais do que transmitir o conteúdo, entre outras) do que uma ação específica, o que pareceu “estranhamente subjetivo a professores de Engenharia, uma área do conhecimento marcada pela natureza prática, aplicativa e mensurável” (TIMM; SCHNAID; ZARO, 2003). Da mesma forma, gerou entre os alunos um desconforto muito grande, identificada, entre outras formas, através de queixas contra “esse construtivismo” (desabafo de uma aluna em sala de aula), principalmente nos momentos em que os alunos necessitaram acessar conteúdos realmente complexos, sem que a participação do professor fosse objetivamente identificada como o ator daquele conjunto responsável por dar aulas sobre aquele conteúdo. O fato de que alguns alunos apoiavam a experiência levou à conclusão de que é possível planejar modelos híbridos, em que os alunos são estimulados a trabalhar de forma autônoma em alguns momentos e, em outros, o professor assume o comando do processo, como o que foi explicitamente encontrado no modelo de curso à distância proposto por Schank. (2002a).

Em função dessa experiência, buscou-se uma formulação da questão do modelo pedagógico, no âmbito do ensino de Engenharia, que pudesse ser compreendida e implementada dentro da cultura educacional da própria Engenharia, levando em conta a identidade do engenheiro, seu perfil cognitivo (suas formas de raciocínio e de operação sobre a realidade), tudo isso dentro de um contexto de prática profissional, conforme as idéias

---

<sup>78</sup> É importante que se ressalte que não existe um único modelo construtivista, mas várias possibilidades de desenvolvimento de experiências inspiradas nas idéias de Jean Piaget, que se definem como construtivistas.

contidas na formulação do modelo *learning-by-doing*, apresentado no item de embasamento teórico (SCHANK, 1999, 2002a).<sup>79</sup>

Considerou-se que o problema do ensino de Engenharia não pode ser dimensionado apenas pelo enfoque da forma de apresentação de conteúdos (aulas expositivas ou apresentações dialogadas, seminários sob responsabilidade dos alunos, trabalhos em grupo, práticas de laboratório, etc.), mas implica em motivar os professores para usarem sua capacidade de integrar qualquer conteúdo no *contexto da natureza prático-científico-profissional da Engenharia*, com todas as suas exigências contemporâneas relacionadas à flexibilização, multidisciplinaridade, novos limites de natureza ética e ambiental, entre outras.

Seria função desse modelo pedagógico flexível contribuir para que os alunos possam desenvolver, além de excelência técnico-científico-metodológica, uma identidade profissional clara, com a qual possam relacionar sua própria natureza individual, operativa e criativa, construindo auto-confiança pessoal e também auto-estima profissional, a partir da consciência do papel social, econômico e cultural da Engenharia (consciência que permita aos alunos defender culturalmente – e, se for o caso, politicamente - o valor agregado e a contribuição de sua forma de pensar e equacionar problemas concretos, com respeito ao meio-ambiente, à humanidade e à boa Engenharia).

Ainda com relação à contextualização das necessidades pedagógicas do ensino de Engenharia na cultura contemporânea, considerou-se importante buscar uma sugestão de tecnologia educacional (integrada à estratégia didático-pedagógica escolhida) compatível com

---

<sup>79</sup> Os fundamentos teóricos desta tese – os autores da própria Engenharia e das Ciências Cognitivas - não foram considerados contraditórios em relação ao paradigma construtivista piagetiano, embora não seja objetivo do trabalho aprofundar possíveis contraposições epistemológicas ou metodológicas entre os paradigmas. O modelo de mente modular-computacional descrito por Pinker (1998) foi tratado por Minsky (1985), exaustivamente, através da descrição de modelos de aprendizagem humana relacionada ao agenciamento de módulos mentais para atividades específicas e diferentes propósitos, sem que aquele autor tenha manifestado qualquer contradição dessa idéia com o modelo construtivista.

novas práticas docentes, que não reproduzissem a metáfora da linha de produção *fordista* (OLIVEIRA, 2001), sendo flexíveis para agregar as novas exigências multidisciplinares (daí a escolha do modelo *e-learning-by-doing*<sup>80</sup>). Mas, ao mesmo tempo, buscou-se encontrar soluções que não esterilizassem valores e regras claras que persistiram no ensino de Engenharia, por sua natureza exigente, e que de certa forma foram banidos da cultura educacional do Brasil, como por exemplo a clareza de objetivos, a definição de critérios de exigência e de padrões de qualidade.

Manteve-se como princípio que nenhuma corrente pedagógica, filosófica ou ideológica, nenhuma estratégia didática ou tecnológica, nenhuma intenção ou proposta criativa seria capaz de *facilitar*, no limite da simplificação, ou no âmbito de meras divergências opinativas, o conhecimento científico estruturado ao longo de vários séculos, tornando-o simples e de rápida assimilação. Propõe-se que a consciência da identidade profissional implica em compreensão de que o esforço exigido dos alunos de Engenharia constitui um investimento de natureza existencial e, portanto, implica em decisão de cada indivíduo que vai realizar esse esforço. As novas exigências relacionadas ao perfil do profissional para o Século XXI, ao contrário de diminuir, aumentaram a necessidade de esforço e a responsabilidade que o futuro engenheiro precisa preparar-se para assumir, na sociedade.

Sempre, em qualquer situação, será mais difícil ao jovem estudante de Engenharia estudar Cálculo (por mais que esse cálculo esteja integrado na sua necessidade de resolução de problema de Engenharia) do que ir ao cinema, jogar vídeo-game, reivindicar os direitos das baleias ou protestar contra a globalização. Daí a importância de que os futuros engenheiros tenham consciência de sua própria natureza psicológica e de suas inclinações individuais, bem

---

<sup>80</sup> Sobre o modelo *learning-by-doing* e sua aplicação ao ensino à distância, ver o item 2.3.3 desta tese.

como da natureza da exigência cognitiva do aprendizado e da Engenharia<sup>81</sup>, para optarem, de forma madura, pelo esforço que deverão realizar pessoalmente, por mais que seus professores estabeleçam com eles relações afetivas e solidárias, e por mais que estes professores planejem seu trabalho com criatividade e respeito pela trajetória individual de cada aluno.

Todas essas questões fortaleceram a escolha da atividade de elaboração de projetos de Engenharia, como estratégia didático-pedagógica que abriga elementos relacionados a todos os objetivos citados acima. Atende às necessidades individuais do engenheiro, tanto quanto as que dizem respeito às exigências históricas, de capacitação técnico-científica de alto nível, e as exigências contextuais (percepção de necessidades dessa tempo e desta cultura). Permite que o professor crie espaços para a discussões sobre a identidade e o papel dos engenheiros e da Engenharia na sociedade, e que possa propor atividades como o dimensionamento do impacto ambiental, ético e/ou social do projeto. Saliente-se que esta estratégia, bem como o modelo de ensino à distância escolhido para apresentar o curso de projeto, não são incompatíveis com vários formatos de apresentação de conteúdos, sejam os de natureza mais diretiva e expositiva quanto os mais exploratórios e experimentais, quando o professor julgar necessário, em função de objetivos determinados pela necessidade do tema, ou quando os alunos solicitarem, dentro de uma atmosfera de diálogo, com objetivos bem claros. Todos os recursos devem ser integrados em modelos de planejamento didático-pedagógicos flexíveis, que reúnam múltiplas opções de acesso aos conteúdos.

---

<sup>81</sup> Retoma-se aqui uma sugestão feita no início do trabalho, relacionada à possibilidade de realização futura de testes de identificação de perfis adequados para alunos de Engenharia, mesmo que não tenham função eliminatória, como forma de ajudá-los a optar pelo curso tendo consciência das suas características e níveis de exigência específicos, como já ocorre com as áreas de música, educação física, psicologia e outras. Testes desse tipo devem ser procurados através de pesquisas multidisciplinares, incluindo a Neurociência e a Psicométrica. Há controvérsias em relação à oportunidade de realização desse tipo de teste, que ficou evidente no momento da defesa da tese, razão pela qual esta nota foi mantida, enquanto sugestão.

## 4.2 PROJETO: ESTRATÉGIA PARA APLICAÇÃO DE MODELO DIDÁTICO- PEDAGÓGICO FLEXÍVEL, INSERIDA NA CULTURA DE ENGENHARIA

No âmbito do ensino de Engenharia, a reunião de conhecimentos teóricos e práticos é obrigatória se se pretender qualificar alunos para a prática profissional. Possivelmente, nessa integração estarão contidas virtualmente todas as características definidas como desejáveis ao profissional engenheiro do Século XXI, referidas anteriormente: por exemplo, domínio da matemática e da física, visão multidisciplinar, tomada de decisões com base em múltiplas variáveis, imprecisão e incertezas, comunicabilidade, criatividade e trabalho em equipe. Esta integração pode ser encontrada, segundo Naveiro e Oliveira (2001), na atividade de projetar, elaborar e implantar projetos de Engenharia, sejam esses projetos prevendo um artefato ou uma edificação. Os autores citam ainda as naturezas interativa, criativa e coletiva do ato de projetar.

Os projetos não apenas reproduzem virtualmente todos os tipos de raciocínios conceituais e procedimentais que serão necessários ao engenheiro ao longo de sua vida profissional, mas viabilizam a identificação de possíveis ambientes de equipe e, portanto, permitem que o aluno possa emular habilidades de negociação, cooperação e visão de conjunto. Como se procurará descrever, é possível que os projetos sejam capazes inclusive de estruturar a cognição dos engenheiros, sendo portanto, instrumentos indispensáveis no ambiente de sua formação.<sup>82</sup>

---

<sup>82</sup> Essa é uma suposição que nasceu da compreensão das várias naturezas presentes na elaboração de um projeto de Engenharia, encontrando plausibilidade teórica através das leituras de Pinker (1998) sobre o funcionamento de forma computacional e modular da mente humana. Será aprofundada no próximo item.

Segundo Naveiro (2001) a atividade de realização de projetos<sup>83</sup> é extremamente difícil - se não impossível - de ensinar, porque compreende um conjunto de conhecimentos para gerar as idéias, para avaliar conceitos e para estruturar o processo propriamente dito do projeto, sendo que todos esses conhecimentos se fundamentam basicamente na vivência prática das situações em pauta no projeto. Do ponto de vista cognitivo, segundo ele, o ato de projetar envolve operações mentais complexas, de alto nível, como a estruturação, a análise e a síntese de conceitos devidamente aplicáveis à prática. O autor se apóia nas ciências cognitivas e na Inteligência Artificial para definir a atividade de projetar como sendo uma resolução de problemas, ou ainda, citando Miles e Moore (1994 apud NAVEIRO, 2001, p. 33), um processo de tomada de decisão, de planejamento e busca e de satisfação de restrições. Todas essas definições são compatíveis com a atividade de Engenharia, em várias de suas concepções, desde a mais singela (o engenheiro é um *resolvedor* de problemas por natureza) até as mais complexas, como por exemplo a de Fisher (2002), ao definir a prática de Engenharia como atividade de *projetar sob limitações*: de custo, de segurança, de impacto ambiental, de ergonomia, de manufaturabilidade, de manutenção, da realidade e da natureza.

Apesar dessa evidência, o ensino de projetos de Engenharia não é uma atividade constante nos cursos no Brasil. Oliveira (2001) analisa a situação do ensino/aprendizagem da atividade de *elaboração de projetos* nos cursos de Engenharia brasileiros.

Os cursos de graduação, em sua maioria, tratam da questão do ensino-aprendizagem de projeção como uma simples aplicação de conhecimentos, e a abordagem conceitual e as metodologias adotadas nas atividades de projeção ficam em segundo plano, ou, conforme afirma Andrade (1997), 'os estudantes de engenharia são ensinados a analisar sistemas mas não realmente a projetá-los. (OLIVEIRA, 2001, p. 162)

O autor vai ainda mais longe e afirma que a elaboração de projetos não é ensinada/aprendida nos cursos de Engenharia Civil e que muitas vezes é confundida com os

---

<sup>83</sup> O autor se refere basicamente a projetos de produtos, mas sugere que a atividade de projetar está relacionada a qualquer área da Engenharia, bem como da Arquitetura.

estágios supervisionados previstos curricularmente: “Conforme se pode verificar, não existem disciplinas específicas sobre projeto de engenharia civil nos cursos” (OLIVEIRA, 2001, p. 163). Entende que a compreensão da atividade de elaboração, na maioria dos casos (56%, segundo pesquisa citada pelo autor), os alunos identificam esta atividade como do chamado ciclo profissionalizante do curso, ou seja, a atividade é dissociada de suas partes constituintes situadas no chamado ciclo básico do curso, onde o aluno tem sua formação básica em disciplinas como Física e Matemática. São essas as ferramentas que vai necessitar para equacionar o(s) problema (s) constantes de seu projeto. Oliveira conclui que essa formação dissociada influencia inclusive na própria atividade de elaboração de projetos em Engenharia Civil, onde já há de forma cristalizada uma divisão entre “serviço” (fragmentada em várias outras, geralmente não coordenadas) e “obra”.

Pelo resultado na pesquisa, esta fragmentação, que causa descoordenação e não sistematização do projeto, ocorre também no ‘ensino de projeto’, ou seja, o futuro profissional estaria ‘aprendendo’ a projetar de forma fragmentada. Por outro lado, há a suposição de que a coordenação e sistematização das partes e interfaces do projeto é automática e dispensável em termos de ensino/aprendizagem de forma estruturada. (OLIVEIRA, 2001, p. 163)

Ainda segundo o autor, há muito pouca pesquisa no Brasil a respeito do processo de ensino-aprendizagem de elaboração de projeto, sendo que as que ocorrem se relacionam em geral aos projetos para aplicação industrial. Relata a situação existente nos Estados Unidos, mostrada através de pesquisa que envolveu 10 universidades:

[...] foi mostrado que os maiores benefícios da implantação do ensino de projeção desde o início do curso seriam:

- motivação dos estudantes para o estudo da engenharia, aumentando a absorção de conhecimentos;
- aumento do entendimento das informações técnicas, incentivando-se a formação de grupos de trabalho para a busca de soluções de problemas de engenharia.

(OLIVEIRA, 2001, p. 164)

Dentro desse escopo, Oliveira sugere que o ensino-aprendizagem de projeto nos cursos de Engenharia possa ser considerado um “catalisador no processo de ensino/aprendizagem, por ser considerada como uma atividade intelectual fundamental dos profissionais de

engenharia, de arquitetura e de desenho industrial” (OLIVEIRA, 2001, p. 166). Ressalta, entretanto, que esse ensino não deve ser reduzido a uma apresentação seqüencial de fases ou a um diagrama de blocos, mas deve ser concebido como aprendizagem de um processo coletivo que envolve discussões, interações e negociações.

“Isso determina que uma formação profissional, que venha a se coadunar com estes pressupostos, deve reservar ao aluno um papel ‘interativo’, de modo a garantir a necessária interatividade no processo de ensino/aprendizagem”. (OLIVEIRA, 2001, p. 170)

Ressalta também a importância da atividade de projeto para viabilizar uma aprendizagem contextualizada, ou seja, que sejam integradas as naturezas científicas, técnicas e humanísticas, reproduzindo o contexto em que o futuro profissional deverá inscrever sua prática. Segundo ele, uma das metas da formação do engenheiro é exatamente buscar o equilíbrio entre a teoria e a prática, contextualizando o conhecimento de tal forma que o futuro engenheiro aprenda a dimensionar, em situações reais, a interação entre o conteúdo de determinada disciplina e os “demais conhecimentos necessários ao desenvolvimento ou execução de um determinado projeto, considerando-se inclusive as relações sociais que são estabelecidas pelos diversos atores que participam da viabilização ou se relacionam de alguma maneira com este artefato ou empreendimento” (que está sendo projetado), (OLIVEIRA, 2001, p. 177).<sup>84</sup> Para Oliveira, por ser o elo de articulação entre os conhecimentos contidos na formação e na prática de Engenharia, viabilizando a contextualização, a articulação e a integração desses conhecimentos, a atividade de elaborar projetos deve ser inserida no processo ensino-aprendizagem do futuro engenheiro, de forma a viabilizar a interação não

---

<sup>84</sup> Vale ressaltar que o ambiente virtual é uma tecnologia educacional que viabiliza essa interação dos atores do processo ensino-aprendizagem, tanto em experiências convencionais, em sala de aula, como em atividades a distância.

apenas entre teoria, prática e contextos da aplicação, mas entre os atores do processo educacional, alunos e professores.

Os projetos foram considerados, portanto, estratégias didático-pedagógicas fundamentais para o ensino de Engenharia porque permitem o acesso dos alunos aos conteúdos, de forma integrada e sistêmica, estabelecendo vasos comunicantes entre os conteúdos teóricos e sua utilização na prática de resolução dos problemas e sub-problemas, na forma característica como se apresentam na prática profissional. Além disso, observou-se que podem contribuir para a estruturação da forma de pensar e fazer Engenharia, representando, para os alunos, o papel de *matriz cognitiva*<sup>85</sup> das características individuais da identidade dos engenheiros, bem como dos processos cognitivos exigidos pela prática profissional.

Do ponto de vista geral, considerou-se que os projetos são *estruturadores* da cognição do engenheiro porque fazem parte da sua atividade profissional e concentram, de forma integrada, possivelmente encadeada, vários problemas cuja natureza faz parte do universo profissional da Engenharia, como por exemplo:

- são multidisciplinares e complexos (estruturas constituídas de um conjunto de vários problemas e sub-problemas de Engenharia);
- todos esses problemas e sub-problemas possuem naturezas particulares e integradas no conjunto, as quais precisam ser representados através de modelos físicos que possam representar todas as variáveis interferentes e inter-relacionadas;

---

<sup>85</sup> O conceito de *matriz cognitiva* não foi encontrado em nenhum dos autores pesquisados. Está sendo proposto no sentido de definir um conjunto de práticas cognitivas, as quais seriam utilizadas para viabilizar a operação e validação dos indivíduos sobre novos conhecimentos, uma espécie de estrutura composta de várias estratégias mentais, usada de forma automática para resolver novos problemas.

- os modelos físicos necessitam ser equacionados matematicamente, o que demanda dos profissionais uma grande capacidade de abstração e de representação mental;
- a representação físico-matemática deve viabilizar a operação concreta entre múltiplas variáveis, sejam elas estáticas ou dinâmicas, exatas ou imprecisas, determinadas ou incertas, em busca de soluções viáveis em termos econômicos, ambientais, éticos e tecnológicos, sobre as quais seja possível elaborar controle e estabelecer previsões de comportamento seguro e eficiente;
- observação empírica e modelamento físico-matemático, no caso da Engenharia contemporânea, são operações mentais que envolvem metodologia e raciocínio científico, além de conhecimento teórico prévio dos conteúdos relativos a todas as variáveis atuantes no projeto e, em função disso, implicam validação permanente de conhecimentos de forma metodológica, apoiada em evidências empíricas, tratadas matematicamente e através da comparação com normas e outros conhecimentos já estruturadas sobre o domínio em pauta, sempre no território epistemológico da incerteza;
- geram soluções múltiplas, entre as quais é preciso realizar um escolha final (nem sempre evidente ou auto-justificável), a qual depende de simulações e de uma cadeia de tomadas de decisão e escolhas intermediárias, que se estruturam desde o início do projeto, a partir do diagnóstico (a correta formulação do problema e dos sub-problemas que o constituem);

- viabilizam a identificação de possíveis ambientes de equipe e, portanto, permitem que o aluno possa emular habilidades de negociação, cooperação e visão de conjunto;
- envolvem as mesmas habilidades cognitivas e culturais, bem como as mesmas estratégias de resolução de problemas do trabalho prático do engenheiro.

Abaixo, uma representação, em forma de dois mapas conceituais, das semelhanças identificadas, do ponto de vista cognitivo e cultural, entre a atividade profissional de Engenharia e a atividade de elaboração de projetos.

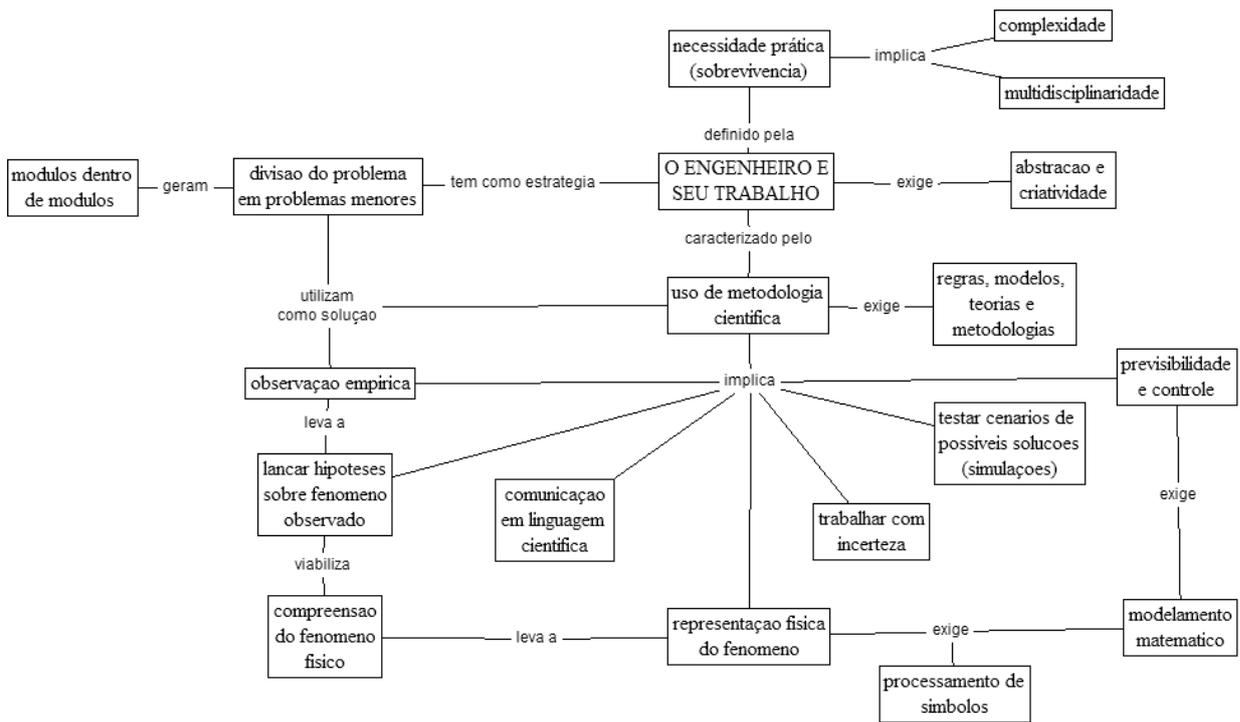


Figura 18 – Mapa conceitual descrevendo características culturais, bem como estratégias cognitivas que fazem parte da atividade profissional do engenheiro

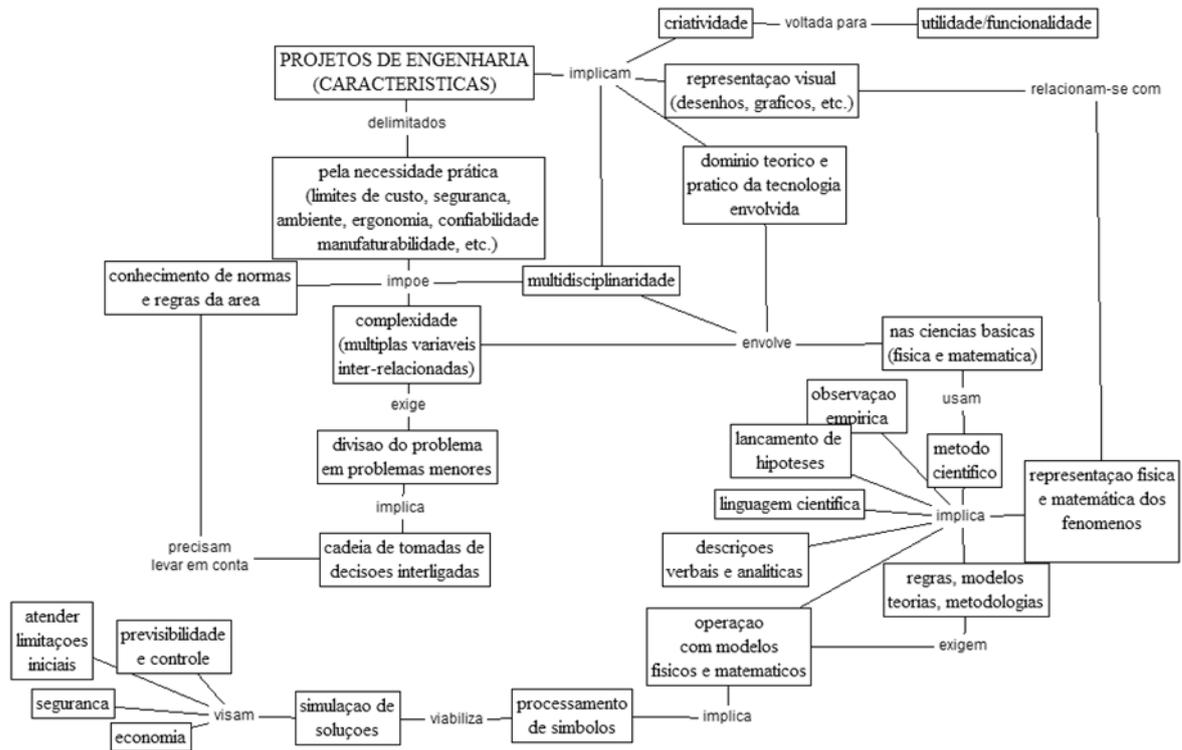


Figura 19 – Mapa conceitual sobre os elementos constituintes da atividade de elaboração de projeto

#### 4.2.1 O software educacional MULTIMISE para simulação de projetos de Engenharia

Um recurso para a implantação do modelo de *pedagogia por projeto*, que também agrega tecnologia educacional informatizada ao ensino, foi desenvolvido pela École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne (EMSE), França (BOUDAREL, 2003)<sup>86</sup>.

Visando apoiar a agregação de elementos de gestão à formação de seus alunos<sup>87</sup>, um software educacional constitui ferramenta didática para simular a atividade de elaboração de

<sup>86</sup> Este software foi disponibilizado temporariamente (durante o ano de 2003) para o NMEAD e analisado na presente pesquisa, como exemplo de ferramenta tecnológica destinada especificamente ao ensino de Engenharia, buscando-se identificar nele aspectos didático-pedagógico-cognitivos semelhantes ao modelo *e-learning-by-doing*, que nortearam seu desenvolvimento e que contribuíram para o planejamento do modelo pretendido.

<sup>87</sup> Ver justificativa da École des Mines para o desenvolvimento desta ferramenta no Capítulo 6, sobre as necessidades do ensino contemporâneo de Engenharia.

projetos. Trata-se da plataforma MULTIMISE desenvolvida pelo professor Phillippe Davoine, a qual permite a geração de cenários interativos, nos quais os alunos podem acompanhar de forma ativa, mediada pelo apoio dos professores, todos os passos da elaboração de um projeto da área de Engenharia. Por constituir-se em uma solução apoiada em tecnologia informatizada e na atividade didático-pedagógica de elaboração de projeto, especificamente desenvolvida para o ensino de Engenharia, a análise – ainda que parcial, sem acesso direto ao software<sup>88</sup> – a experiência da EMSE foi acompanhada à distância, como parte do trabalho de planejamento desta tese, ao longo de 2003, tendo contribuído com o fortalecimento da idéia da escolha da atividade de projeto, bem como da estruturação do ambiente virtual para ensino à distância sobre projeto a partir de ações propostas aos alunos para simular as etapas de sua realização.

O uso do MICAP<sup>89</sup> (equipes de seis alunos, com trabalho de cerca de 30 horas e duração de uma semana) tem como objetivos pedagógicos explicitados aos alunos a iniciação à atividade de condução de projetos; a descoberta do papel do engenheiro no projeto; a descoberta do lugar ocupado pelos projetos na vida da empresa; a descoberta das dimensões múltiplas do projeto; e a descoberta do trabalho em equipe. Após a simulação, o aluno irá realizar um novo projeto em equipe, durante seis meses, aprendendo as ferramentas de condução de projeto; a compreensão e análise da dinâmica interpessoal da equipe; o domínio das técnicas de expressão e comunicação; a auto-confiança para a realização de objetivos concretos; e o desenvolvimento da criatividade. Trata-se de uma introdução a um trabalho que será consolidado nos anos posteriores, onde irá realizar outros projetos, de natureza científica e empresarial, nesse último caso inclusive com contato direto com empresários.

---

<sup>88</sup> Ao longo do ano de 2004, o professor Debray deixou a EMSE para trabalhar no Ministério do Meio Ambiente, antes que fosse formalizado um acordo inter-institucional UFRGS-EMSE, para viabilizar o acesso ao software, não tendo sido possível continuar o acompanhamento da experiência.

<sup>89</sup> O MICAP é um dos cenários já implantados na plataforma MULTIMISE.

Os planejadores do trabalho da ENSE (BOUDAREL, 2003) apostaram na força da *pedagogia por projetos* para viabilizar não apenas a aprendizagem prática de todas as fases do projeto de Engenharia (incluindo as necessidades de natureza econômica e de gestão de relações humanas), mas também para que os alunos tivessem compreensão *dos fenômenos relacionais* através de sua própria vivência. Com isso, esperam desenvolver desde o início a capacidade de reflexão sobre seu próprio aprendizado (meta-cognição, segundo expressão dos autores), de forma a que os alunos possam ser responsáveis pela sua *auto-formação*, buscando os conteúdos teóricos mais facilmente porque se originaram de uma demanda prática. Como resultado, esperam uma aprendizagem espontânea e uma modificação de comportamentos.

Esse conjunto de objetivos e estratégias está viabilizado pela tecnologia educacional informatizada, em atividades presenciais (no momento em que foi feito o acompanhamento, ao longo do ano de 2003), com o acompanhamento de tutores. Permite a integração dos alunos no ambiente, através de estratégias ergonômicas à prática da Engenharia, como a aprendizagem da cooperação e o trabalho através de resolução de problemas. Através das indicações do ambiente, os alunos são instrumentalizados para resolver os problemas propostos, acessando as fontes de informação disponíveis para pesquisa e compartilhamento, a partir da necessidade que têm do material de pesquisa, para realizar as ações propostas. Os próprios alunos simultaneamente à execução do projeto vão desenvolvendo planilhas de acompanhamento de seu próprio desenvolvimento.

O software foi todo concebido a partir de um conjunto de ações que serão realizadas pelos alunos, em cada etapa do projeto, para as quais existem indicações de fontes disponíveis (textos, gráficos e páginas em html), uma planilha de recursos econômicos a serem desembolsados para cada ação e um agendamento de prazos a serem despendidos em cada

atividade<sup>90</sup>. Na figura 20, a interface de apresentação das ações simuladas no projeto de produção de um microcaptador de poluentes eletrônico, para ser vendido à indústria automobilística.

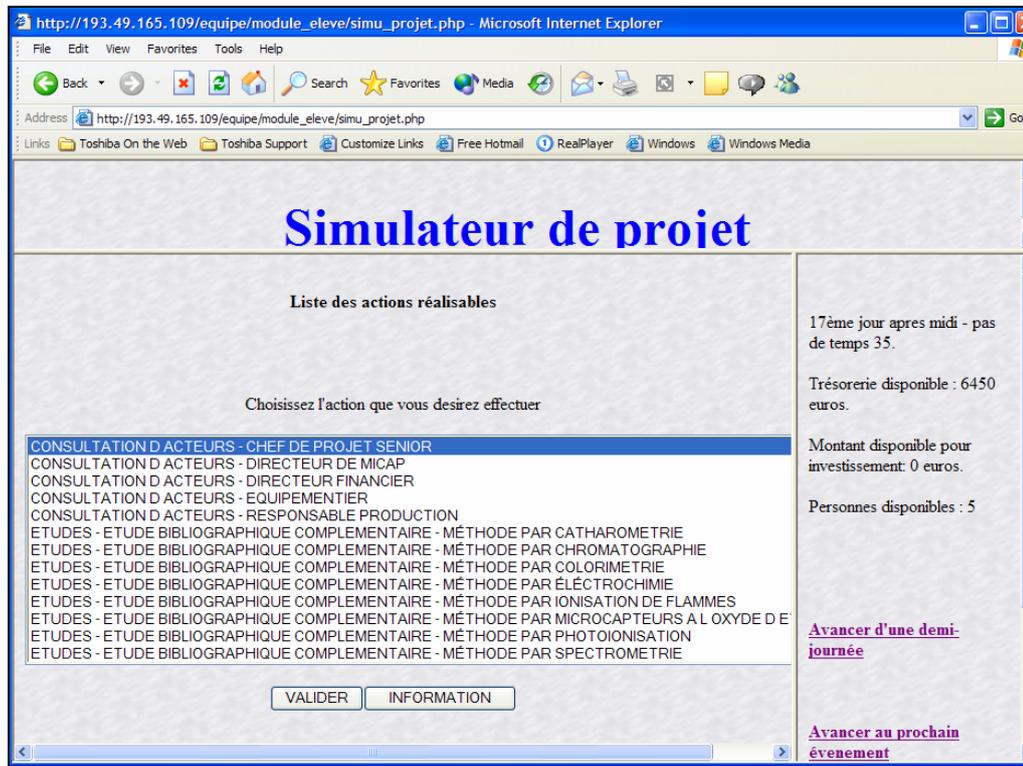
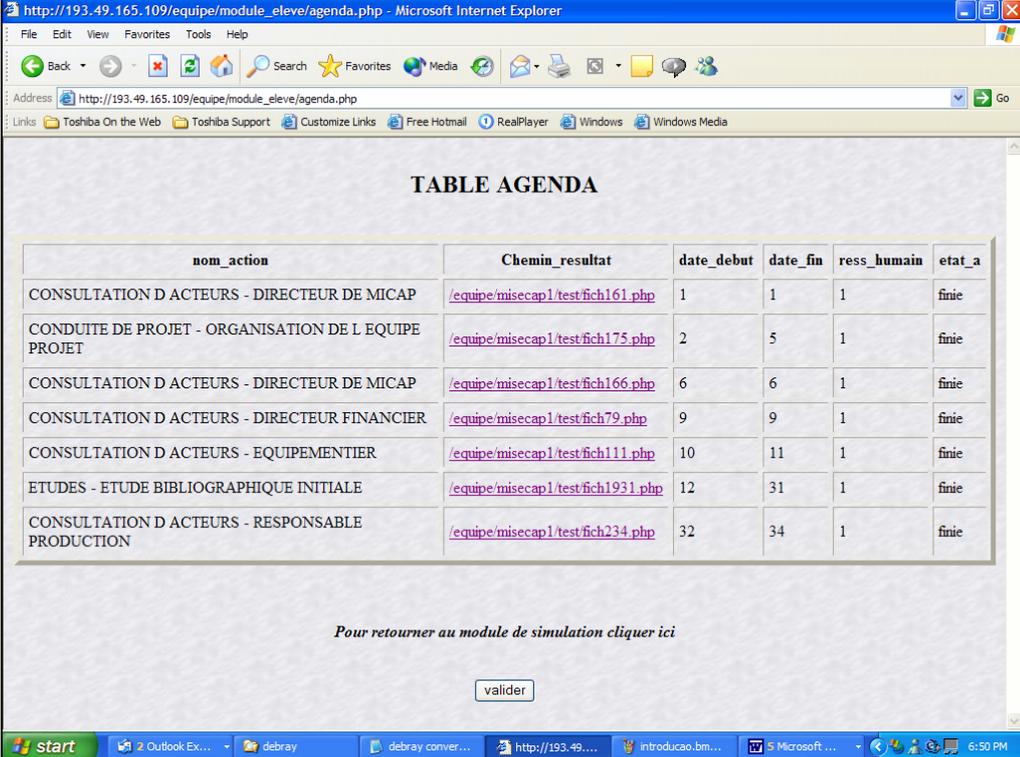


Figura 20 – Interface do cenário MICAP, produzido na plataforma MULTIMISE, com oferta de lista de ações necessárias à realização de um projeto de um microcaptador de poluentes a ser produzido para a indústria automobilística

O acompanhamento da atividade dos alunos, por eles mesmos e pelo professor, é feito através de uma agenda atualizada a cada atividade realizada, cuja interface é apresentada a seguir (figura 21).

<sup>90</sup> Não foi possível identificar, pelo acesso que se teve ao software, a natureza interativa do acionamento dos tempos das atividades e dos recursos, pelo próprio aluno ou pelo sistema, bem como demais características e funcionalidades do software.



**TABLE AGENDA**

nom_action	Chemin_resultat	date_debut	date_fin	ress_humain	etat_a
CONSULTATION D ACTEURS - DIRECTEUR DE MICAP	<a href="/equipe/misecap1/test/fich161.php">/equipe/misecap1/test/fich161.php</a>	1	1	1	finie
CONDUITE DE PROJET - ORGANISATION DE L EQUIPE PROJET	<a href="/equipe/misecap1/test/fich175.php">/equipe/misecap1/test/fich175.php</a>	2	5	1	finie
CONSULTATION D ACTEURS - DIRECTEUR DE MICAP	<a href="/equipe/misecap1/test/fich166.php">/equipe/misecap1/test/fich166.php</a>	6	6	1	finie
CONSULTATION D ACTEURS - DIRECTEUR FINANCIER	<a href="/equipe/misecap1/test/fich79.php">/equipe/misecap1/test/fich79.php</a>	9	9	1	finie
CONSULTATION D ACTEURS - EQUIPEMENTIER	<a href="/equipe/misecap1/test/fich111.php">/equipe/misecap1/test/fich111.php</a>	10	11	1	finie
ETUDES - ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE INITIALE	<a href="/equipe/misecap1/test/fich1931.php">/equipe/misecap1/test/fich1931.php</a>	12	31	1	finie
CONSULTATION D ACTEURS - RESPONSABLE PRODUCTION	<a href="/equipe/misecap1/test/fich234.php">/equipe/misecap1/test/fich234.php</a>	32	34	1	finie

*Pour retourner au module de simulation cliquer ici*

Figura 21 – Interface da agenda com a indicação das ações realizadas, com datas (relativas) de início e fim, além do acesso aos resultados e indicação do estado em que se encontra a ação

Não houve, no planejamento desta plataforma de simulação, uma formulação cognitiva estruturada a respeito dos projetos, ou mesmo de grandes etapas nas quais as ações estariam integradas. Há uma história sendo contada ao longo do projeto, com a qual o aluno toma conhecimento a partir de uma demanda do patrão, *o Sr. Micap em pessoa*, que solicita ao aluno-projetista estudos de viabilidade para o desenvolvimento de um equipamento para ser ofertado à indústria automobilística. As ações se sucedem, da forma linear, sendo apresentadas aos alunos de forma objetiva, a partir da entrevista com o chefe da empresa. Há uma etapa de organização interna (formação de equipe, estruturação do orçamento) e depois o aluno é solicitado a realizar várias consultas aos técnicos da empresa, desde o responsável pelas especificações sobre a capacidade do microcaptador até o diretor financeiro, onde serão avaliadas as possibilidades de financiamento da produção.

Optou-se por descrever esta ferramenta educacional de forma mais aprofundada, porque, de certa forma, serviu como um modelo prático para a produção do curso à distância pretendido, uma vez que, apesar de não obedecer a um modelo conceitualmente identificado como *e-learning-by-doing* (SCHANK, 1999, 2002a), também foi organizado na forma de ações destinadas à simulação didática de um projeto de Engenharia. Em função disso, a análise mais minuciosa das ações desse software foi um dos objetos utilizados no planejamento do ambiente pretendido para o curso à distância de projeto de Engenharia Geotécnica, como se verá na descrição das características didáticas da elaboração de projeto (Capítulo 4, item 4.2.1) e das etapas nas quais se estruturou o desenvolvimento do curso (Capítulo 5). Serão apresentados exemplos tirados da observação e análise do cenário MICAP, desenvolvido pelo professor Bruno Debray, na plataforma MULTIMISE, bem como de relatórios apresentados por alunos, após a realização da atividade.

#### 4.3 O PROJETO COMO ATIVIDADE ESTRUTURADORA DA COGNIÇÃO DO ENGENHEIRO

Levando-se em conta as características da prática de Engenharia, o perfil do engenheiro, do ponto de vista de suas características pessoais e do ponto de vista das operações cognitivas exigidas em sua formação, assim como as exigências contemporâneas de um ensino mais flexível, no qual possam ser integradas outras habilidades e objetivos multidisciplinares, sem prejuízo da capacitação técnico-científica; e tendo-se em vista a argumentação encontrada na revisão bibliográfica; escolheu-se, então, a atividade didático-pedagógica de elaboração de projetos como a estratégia a ser testada, nesta pesquisa, em curso

à distância para alunos de Engenharia. Os projetos constituem o *contexto* onde estarão postas as necessidades práticas (as limitações do projeto) e os conteúdos teóricos aos quais o aluno necessitará recorrer para identificar e equacionar todos os dados. Nesse sentido, a matriz *fordista* do ensino em linha de montagem dá lugar a uma matriz de base cognitiva, constituída a partir de situação concreta, onde os conteúdos (as regras, os valores e o conjunto lógico dos conceitos) serão validados (ou não), na prática, que emula, quase que na sua totalidade, as necessidades da prática profissional

Neste capítulo, serão descritas características relacionadas à atividade de elaboração de projeto, segundo autores-engenheiros e professores de Engenharia que de alguma forma abordaram esse problema, relacionando-o à prática profissional, em várias áreas da Engenharia. Estas descrições têm como fio condutor as questões conceituais deste trabalho, já apresentadas, e a fundamentação de seu uso como estratégia didático-pedagógica de base cognitiva, uma vez que se pretendeu relacionar as características da atividade de elaboração de projetos às que foram apresentadas em relação ao modo de pensar, criar, valorizar, raciocinar e realizar a prática da Engenharia. Quando possível, serão feitas relações com o modelo descritivo do funcionamento da mente escolhido (PINKER, 1998), bem como com às discussões sobre a identidade cultural do engenheiro. As características apresentadas dos projetos serão também a base para a definição das etapas de projeto, visando a montagem do curso à distância no modelo *e-learning-by-doing*, com a identificação de algumas operações cognitivas presentes nessas etapas. Exemplos retirados da observação prática, tanto das aulas convencionais quanto da turma-piloto do curso à distância, serão utilizados. Também serão utilizados exemplos do software MULTIMISE.

### 4.3.1 Projetar é ...criar para a utilidade



Figura 22 – Representação da natureza criativa da atividade de projeto

É nesse território – o espaço do projeto - delimitado pela pressão de contingências de todas as naturezas, e marcado pela multiplicidade dos processos de tomadas de decisões e outras operações mentais, que o engenheiro vai exercitar a sua natureza criativa específica, instrumentalizada para a utilidade: projetando fundações, estruturas, objetos, edificações, mecanismos e sistemas contendo todas essas complexidades, integradas e interferentes entre si. “*Projetar é inventar*”, diz Ferguson (2001, p. 12, grifo nosso) e *o inventor é um artista*, salienta, citando mais uma vez o exemplo de Leonardo da Vinci, engenheiro, inventor e artista de méritos igualmente reconhecidos em todas as áreas. A diferença entre a arte dos engenheiros e os outros tipos de arte é o universo de contingências, de pressões de utilidade e

funcionalidade a serem atendidas, as quais *delimitam o espaço e a natureza da criação* de Engenharia, ou seja, o espaço do projeto.

Por ser o território da criatividade, na profissão, o projeto constitui-se, para o professor de Engenharia, em uma opção de flexibilidade, na medida em que permite que sejam agregadas necessidades de natureza técnica, ética ou ambiental, por exemplo, relacionadas à solução do projeto. Ou ainda, permite que sejam integradas ao contexto do projeto demandas de natureza econômica, como planilha de custos ou um orçamento pré-determinado, que fazem parte da prática profissional e, via de regra, não constituem parte do ensino formal dos estudantes de Engenharia. Também como espaço didático criativo, o projeto proposto pode ser inviável do ponto de vista da tecnologia disponível na área ao qual se destina, ou do impacto social que ocasionaria, obrigando os alunos a recusá-lo ao cliente, nas especificações previstas.

#### **4.3.2 ... trabalhar em equipe**

Na apresentação do cenário MICAP do software MULTIMISE, uma reflexão dos planejadores da atividade chama a atenção para uma das características mais importantes da elaboração de projetos, que dialoga diretamente com a necessidade de formação dos engenheiros e de sua conscientização sobre as exigências da profissão: o trabalho em equipe. Hoje, como já foi exemplificado, o engenheiro contemporâneo necessita ser formado na cultura da flexibilidade cultural, identificando diferenças e compreendendo a natureza dos conflitos envolvidos na gestão de pessoas.

Conduzir um projeto é antes de tudo administrar pessoas e contatos. É um jogo de atores com objetivos por vezes contraditórios. Desses atores, vocês obtêm o essencial de informação necessária à conclusão do projeto. [...] Será necessário saber

falar a mesma linguagem da pessoa que estiver na sua frente, compreender as meias-palavras, ser capaz de colocar no seu lugar. Isso não é trivial. No quadro do jogo (o software de simulação do projeto), nós simulamos o encontro com vários atores, em especial seu patrão, seu cliente, outras empresas, instituições. A lista poderia ser ainda maior! Depois, ao longo da semana, você será cercado de atores em carne e osso, que poderão tomar, sob demanda, todas as personalidades imagináveis... Agora, vamos ao jogo!!! (Texto da tela de introdução ao cenário MICAP)

Projetar é um processo coletivo (OLIVEIRA, 2001), que pressupõe discussões, interações e negociações, sendo compatível, portanto, com uma formação interativa dos alunos. Naveiro (2001) salienta a perspectiva coletiva da atividade de elaboração de um projeto, a partir de quatro aspectos básicos<sup>91</sup>. No primeiro deles, a *organização das atividades* que serão realizadas, que se estruturará sobre as tarefas de cada membro da equipe, suas fronteiras bem delimitadas e as relações entre os participantes.

A subdivisão do projeto pode ser feita usando-se critérios funcionais ou hierárquicos; porém, o mais importante é a elaboração de uma interface clara entre os subsistemas de forma a que se possa identificar, ao longo do processo, os condicionantes que se estabelecem entre eles. [...] Normalmente, esta estruturação é feita considerando um conjunto de partes que vão executar uma função específica no produto final. (NAVEIRO, 2001, p. 35)

O segundo aspecto da dimensão coletiva apresentado pelo autor serão os *contextos*, ou “universos de competência, isto é, ambientes de especialização técnica, com seus dialetos e símbolos próprios” (NAVEIRO, 2001, p. 36). Cada profissional irá desempenhar sua atividade, no projeto, segundo sua própria formação e especialização, estabelecendo interfaces tecnológicas e de relacionamento com os demais participantes e seus respectivos produtos ou serviços prestados ao conjunto. As formas de interação entre cada um desses integrantes da equipe, envolvendo argumentação, negociação e decisão, também fazem parte dos *condicionantes* do projeto, que, segundo Naveiro, constituem o terceiro aspecto coletivo desta atividade. Uma vez que as restrições impostas ao projeto podem ser conflitantes entre si, obrigam a equipe a um relacionamento que impõe a busca de soluções de compromissos para atender em primeiro lugar os objetivos finais do projeto. O quarto aspecto a ser levado em

---

<sup>91</sup> Bucciarelli (1988 apud NAVEIRO, 2001, p. 35).

conta na natureza coletiva do projeto é o *discurso*, ou seja, a linguagem comum dos participantes daquela equipe, que constitui o conhecimento do grupo. “O ato de nomear consolida as diferentes visões de forma e de função do componente que estão construídas na mente de cada membro da equipe” (NAVEIRO, 2001, p. 36).

#### 4.3.3 ... aprender a identificar as limitações e selecionar informações (diagnóstico)

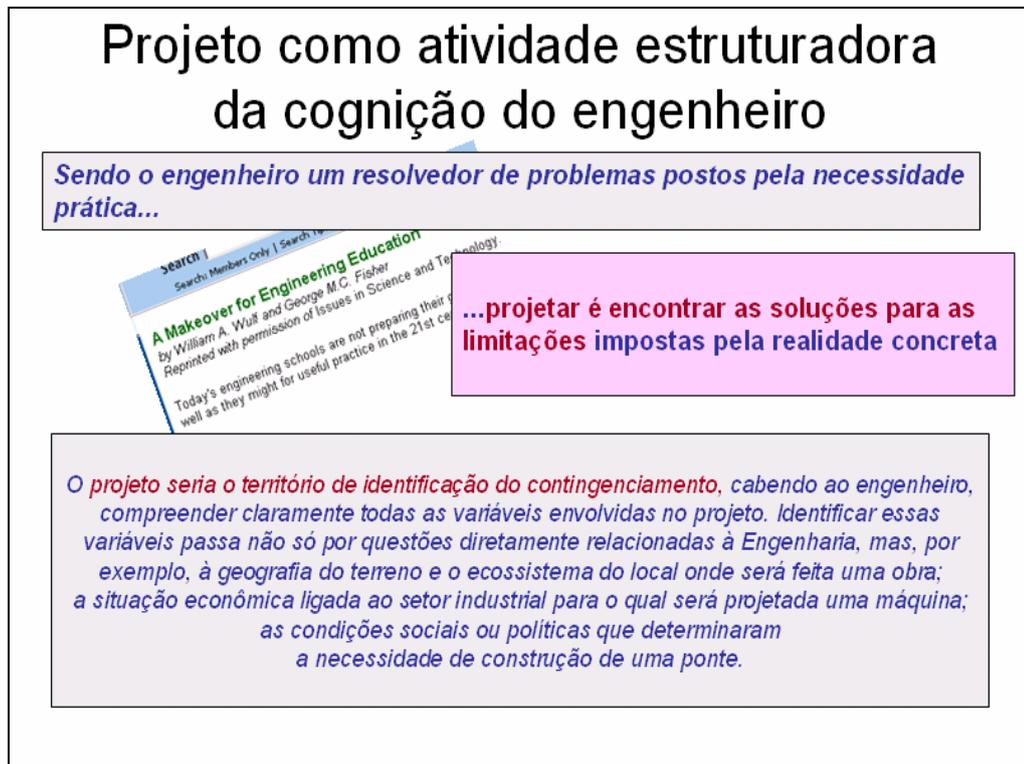


Figura 23 – Representação da função de identificação dos limites dos projetos

Wulf e Fisher (2003)<sup>92</sup> analisaram a dificuldade do ensino formal de Engenharia em atender as necessidades geradas pelas transformações do Século XX e por uma nova irreversível concepção da *prática* de Engenharia. Segundo os autores, as escolas não estão

<sup>92</sup> O artigo destinava-se à National Society of Professional Engineers.

equipadas para oferecer aos alunos um sistema de *interações* complexas *entre as disciplinas*, de tal forma que se pareçam com os sistemas reais do mundo da Engenharia, nos quais os *conteúdos teóricos e práticos se integram em circunstâncias de alta complexidade*. Para eles, o ensino deveria conter a definição preferida entre os próprios engenheiros, a respeito do que fazem: “projetam sob limitações [...] da natureza, dos custos, das necessidades de segurança, do impacto ambiental, da ergonomia, da confiabilidade, da manufaturabilidade e da sustentabilidade” (WULF; FISHER, 2003). À série de limites para o ato de projetar do engenheiro, enumerados por Wulf e Fisher (2003), Ferguson ainda acrescentaria outra característica obrigatória: a necessidade de previsão e controle. “O que quer que um engenheiro seja chamado a projetar, ele ou ela sabe que, para ser eficiente o sistema planejado deve ser *previsível e controlável*” (FERGUSON, 2001, p. 70).

Esta idéia foi apropriada na pesquisa que buscou, nos projetos, a matriz das operações teóricas, práticas e operacionais do trabalho do engenheiro: projetar sob limitações. A compreensão dos *limites* práticos de toda ordem impostos ao projeto será a o passaporte do formando para o mundo da prática profissional, tanto quanto significa o ponto de partida do trabalho do engenheiro. É a partir da delimitação do problema e da identificação de seus componentes que o profissional e/ou o aluno vão acionar a cadeia de representações do problema definindo um conjunto de ferramentas (teóricas e práticas) necessárias para seu equacionamento.

O *contingenciamento* do trabalho do engenheiro está diretamente relacionado à natureza do desafio que parte da própria realidade, de forma complexa, contendo múltiplas variáveis inter-relacionadas. O projeto seria, então, o *território de identificação desse contingenciamento*, cabendo ao engenheiro, como ponto de partida, compreender claramente todas as variáveis envolvidas no projeto, as quais estarão relacionadas às limitações do projeto. Vale lembrar, como fez Naveiro (2001), que muitas vezes o fato em si de identificar as limitações (reduzir o nível de incerteza acerca das questões que constituem o projeto)

constitui-se em um processo que encarece o conjunto e pode, inclusive, mais adiante, mostrar-se desnecessário, agregando um risco a mais no processo.

As informações às quais o engenheiro terá acesso nem sempre serão verdadeiras, precisas ou suficientes ao seu projeto, como bem lembrado em outro trecho do texto de apresentação do cenário MICAP. De forma coloquial, que marca a preocupação didático-pedagógica do software, são referidas outras características dos projetos, para as quais os alunos devem atentar: os elementos de imprecisão presentes desde a própria coleta de informações, mediada por possíveis objetivos contraditórios entre os atores; a necessidade de síntese entre as múltiplas informações às quais o aluno terá acesso (escolha das mais relevantes, tomada de decisão), com base na sua validade e coerência, o que vai exigir do aluno capacidade de a) saber como validar a informação; b) perceber a coerência dessa informação com parâmetros já constituídos de funcionalidade, operabilidade, manufaturabilidade, etc.

[...] Mas, como tudo o que é humano é imperfeito, você obterá seguidamente dos atores relacionados ao seu projeto informações incompletas, imprecisas, contraditórios, e em alguns casos falsas. É a este nível que seu julgamento de engenheiro generalista pode fazer a diferença. Pois você saberá fazer a ligação entre todas as informações, controlar sua validade e coerência. [...] (Texto da tela de introdução ao cenário MICAP)

Obter as informações que vão constituir as variáveis operacionais do projeto de Engenharia, selecioná-las de acordo com a validade e a relevância, são atividades que remetem a questões que podem não ser diretamente relacionadas à Engenharia, mas, por exemplo, a temas de várias naturezas, como a geografia do terreno e o ecossistema do local onde será feita uma obra; a situação econômica ligada ao setor industrial para o qual será projetada uma máquina; as condições sociais ou políticas que determinaram a necessidade de construção de uma ponte; além das informações técnicas relacionadas a todos esses itens, como por exemplo a carga prevista para a ponte, a especificação do produto da máquina, o tipo de solo e o tipo de fenômeno meteorológico que ocorrem no terreno da obra, etc.

“A identificação [...] faz parte do trabalho do projetista e é normalmente o que ele faz em primeiro lugar, de forma a diminuir o grau de indefinição presente na proposta inicial” (NAVEIRO, 2001, p. 31). Esta atividade inicial, diz o autor, destinada a buscar informações, inclusive junto ao contratante, pode ser realizada através de uma estratégia comum aos engenheiros, que é a *decomposição do problema em sub-problemas*, com a identificação de partes dependentes e independentes, o que nem sempre é fácil ou possível, acrescenta, uma vez que “muitas vezes as partes identificadas são interdependentes, uma dependendo do que foi definido para a outra” (NAVEIRO, 2001, p. 32).

#### 4.3.4 ... exercitar a representação mental e a capacidade de abstração para inter-relacionar modelos físicos e operações matemáticas (equacionamento)



Figura 24 – Representação da função de apoio à abstração da atividade de projeto

As representações visuais como parte das atividades criadoras e inventivas de toda sorte, sobre os mais variados suportes (pedra, papiro, papel) acompanham toda a história da Humanidade. Ferguson (2001) localiza a origem dos modernos projetos de Engenharia na história de mais de 500 ao longo dos quais engenheiros-artesãos desenvolveram desenhos precisos e claros do que e como deveriam ser construídos os artefatos e as edificações, fossem eles para fins bélicos (como uma fortaleza), urbanizadores (como uma ponte) ou solucionadores de problemas cotidianos, como os hidráulicos, por exemplo (uma bomba de sucção).

Vai buscar nos cadernos de rascunho de Da Vinci, e de outros inventores-desenhistas-engenheiros renascentistas a matriz histórica do ato de projetar, hoje apoiado em instrumentos como os softwares de desenhos, cálculos e simulações. E além disso insiste na idéia de que os engenheiros possuem como traço individual característico uma grande capacidade de processamento mental (abstração) visual e espacial, associada a grande habilidade manual plausíveis. Refere-se inclusive de forma poética a essas duas características, encontradas no trabalho do inventor da lâmpada a vapor de mercúrio, Peter Cooper Hewitt, que trabalharia tão habilmente, em 1903, que parecia ter *o pensamento nascendo das próprias mãos...* Curiosamente, esta expressão ganhou sentido durante a observação prática feita na disciplina de Investigação Geotécnica, quando várias vezes alunos *desenharam com as mãos, no ar*, a solução que estavam discutindo com o grupo de colegas, para um problema prático apresentado pelo professor, durante uma saída de campo<sup>93</sup>, situação que poderia sugerir a idéia de que estavam visualizando mentalmente a imagem que descreviam.

---

<sup>93</sup> A observação da saída em campo dos alunos ocorreu em agosto de 2003

Ferguson (2001) estruturou suas observações em torno da importância da representação visual para os projetistas de todas as áreas da Engenharia, desde o tempo em que a Engenharia não era ainda uma ciência sistematizada e sim um conjunto de saberes práticos relacionados aos processamentos e procedimentos das construções, da metalurgia e da manufatura em geral. É da expressão das idéias visualizadas mentalmente, através dos desenhos precisos e de suas especificações, que se constitui a principal comunicação do que hoje seria o engenheiro-projetista, mas que foi antes o trabalho do artesão.

Por mais de 500 anos, engenheiros fizeram uso intensivo de desenhos para mostrar aos trabalhadores o que estava nas suas cabeças. Alguns dos mais antigos desenhos de máquinas a serem construídas [...] sem a supervisão imediata do projetista, foram de Filipe Brunelleschi, que no início dos anos 1500 projetou e supervisionou a construção do grande domo de alvenaria da catedral de Santa Maria del Fiore, em Florença. [...] o projeto começa com uma idéia [...] que pode ser projetada na tela mental e observada e manipulada pelo olho da mente. [...] A equipe é invariavelmente dirigida por um engenheiro que tem o conjunto do projeto em mente. [...] O conjunto de desenhos de uma máquina é desenhado com todos os detalhes, para mostrar sua forma, suas dimensões e todas as suas outras especificações. [...] O verbo significante nesta descrição de desenho é mostrar. [...] Tais desenhos, resultando de um pensamento não-verbal e possuindo a capacidade de transferir informação visual através do tempo e do espaço, estão tão constantemente presentes nos escritórios e armazéns que seu papel crucial como intermediário do pensamento do engenheiro é facilmente observado. (FERGUSON, 2001, p. 54)<sup>94</sup>

Borges também comenta a importância da representação visual para a atividade de elaboração de projetos de Engenharia:

A linguagem visual e de forma mais abrangente o uso de meios visuais como auxílio do pensamento deve ser considerada como indissociável do processo de desenvolvimento de produtos e artefatos. Diversos autores se referem a termos como 'visual thinking' e 'graphic thinking' de forma a expressarem a importância do uso de diversos meios de expressão visual e gráfica como elementos fundamentais nos processos cognitivos da atividade projetual. (BORGES, 2001, p. 111)

Além dos desenhos, a representação através de gráficos dá suporte à representação mental dos fenômenos que compõem o problema prático, bem como da sua representação

---

<sup>94</sup> Vários cientistas, segundo Ferguson, teriam manifestado explicitamente sua forma visual de pensar, inclusive o próprio Einstein, que teria se referido literalmente a imagens visuais traduzidas duramente para termos verbais e matemáticos convencionais. Entretanto, não se considerará esta característica como imprescindível ao engenheiro, com base em uma suposição de Oliver Sacks (2003), de que as pessoas podem ter diferentes níveis de consciência a respeito de suas capacidades de representação mental.

matemática ou numérica. Esse é o processo pelo qual o engenheiro vai processar a realidade através dos símbolos e algoritmos já estruturados da Física e da Matemática (ou de outras ciências integradas à área de atuação, como a Química ou a Geologia). No momento em que o problema estiver representado, graficamente, fisicamente e matematicamente, o projeto passa a ser uma espécie de laboratório cognitivo, onde o engenheiro vai operar sobre vários problemas de Engenharia, definindo parâmetros, alterando valores de forma simulada, para prever cenários diferentes de soluções possíveis.

#### 4.3.5 ... exercitar uma cadeia de operações, simulações, escolhas e tomadas de decisões: síntese (problemas e sub-problemas)

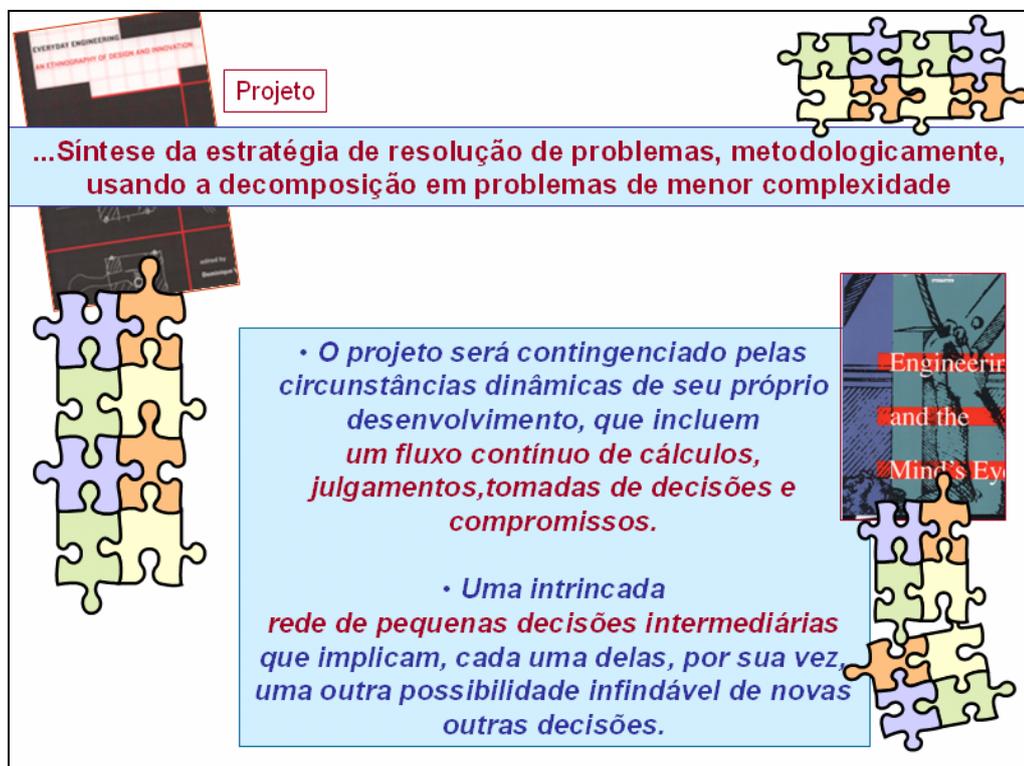


Figura 25 – Representação da função da estratégia de subdivisão de problemas, dos projetos

Ferguson (2001) manifesta a mesma convicção de Wulf e Fisher (2003, p. 37) a respeito da natureza do projeto de Engenharia: “[...] é sempre um processo contingente”. Detalha melhor, entretanto, a natureza dos projetos, enquanto território de *limitações que vão se sucedendo*, ao longo da sua elaboração. Muito mais do que um processo seqüencial de ações, que podem se suceder, como num diagrama de blocos, que começa com um bloco chamado *necessidade*, o projeto será contingenciado – diz o autor - pelas *circunstâncias dinâmicas de seu próprio desenvolvimento*, que incluem um *fluxo contínuo de cálculos, julgamentos, tomadas de decisões e compromissos* que só podem ser assumidos por engenheiros com formação específica na área sendo projetada. Trata-se de um processo formado por uma intrincada *rede de pequenas decisões intermediárias*, diz o autor, que individualmente não parecem ser decisivas, mas que implicam cada uma delas, por sua vez, uma outra possibilidade infindável de novas outras decisões. Também nessa característica identifica-se a necessidade da aplicação da estratégia de decomposição do grande problema do projeto em sub-problemas menores (ou, nos termos de Pinker, a estruturação de módulos dentro de módulos de conhecimento), visando a organização e a solução de cada um, como base para a continuidade da equação e da solução do conjunto. A rigor, cada um desses sub-problemas contenha em si um conjunto de raciocínios espaciais, descritivos e operacionais, através das ferramentas matemáticas, como se pudesse ser considerado uma espécie de fractal do conjunto complexo global, sendo função do engenheiro integrar e dar sentido integral a essa multiplicidade de fragmentos de informação.

Nesse ponto, cabe também ressaltar a importância da *simulação*, seja ela gráfica, numérica, computacional, através de testes com maquetes, ou de qualquer outra forma disponível. Trata-se de uma atividade que faz parte do modo de operar dos engenheiros, tanto pela sua natureza prática, ligada à exploração de possibilidades, no limite da tentativa

de erro-e-acerto, quanto pela natureza científica que passou a estruturar a moderna Engenharia.

A decomposição do problema em sub-problemas de menor complexidade, bem como a simulação de possibilidades, através dos cálculos, dos modelos numéricos ou de maquetes, serão as estratégias de operação sobre o grande número de variáveis de múltiplas naturezas, em busca de resultados seguros, confiáveis, economicamente viáveis, controláveis e previsíveis. Entretanto, nenhuma delas é garantia de escolha ou tomada de decisão fácil, no âmbito do projeto de Engenharia, tanto quanto na prática profissional.

Não há apenas uma solução no universo de um projeto, diz Ferguson (2001, p. 9), e, o que é mais grave, “não tocam sinos quando o projeto ótimo aparece”, o que significa que o projetista deverá transitar por uma enorme multiplicidade de opções para orquestrar a operação entre todas as suas variáveis, podendo, inclusive, fazer escolhas erradas, porque não há uma informação do sistema de que sua escolha foi certa. “[...] freqüentemente não existe uma razão *a priori* para fazer uma coisa e não a outra, particularmente quando nenhuma foi feita antes” (FERGUSON, 2001, p. 9), o que muitas vezes é o caso do projeto de Engenharia. embora os engenheiros recorram ao conhecimento sistematizado, aos cálculos e às normas para tomar decisões, há um bom número delas tomadas com base na intuição, no senso de adequação e inclusive nas preferências pessoais do engenheiro, lembra o autor, para quem o número desse tipo de decisão pode facilmente ser comparado ao número de decisões puramente artísticas tomadas de forma considerada pelos próprios engenheiros como arbitrária, aleatória ou simplesmente indisciplinada.

#### 4.3.6 ... ensinar a mente a pensar e fazer Engenharia: estratégia didático-pedagógica

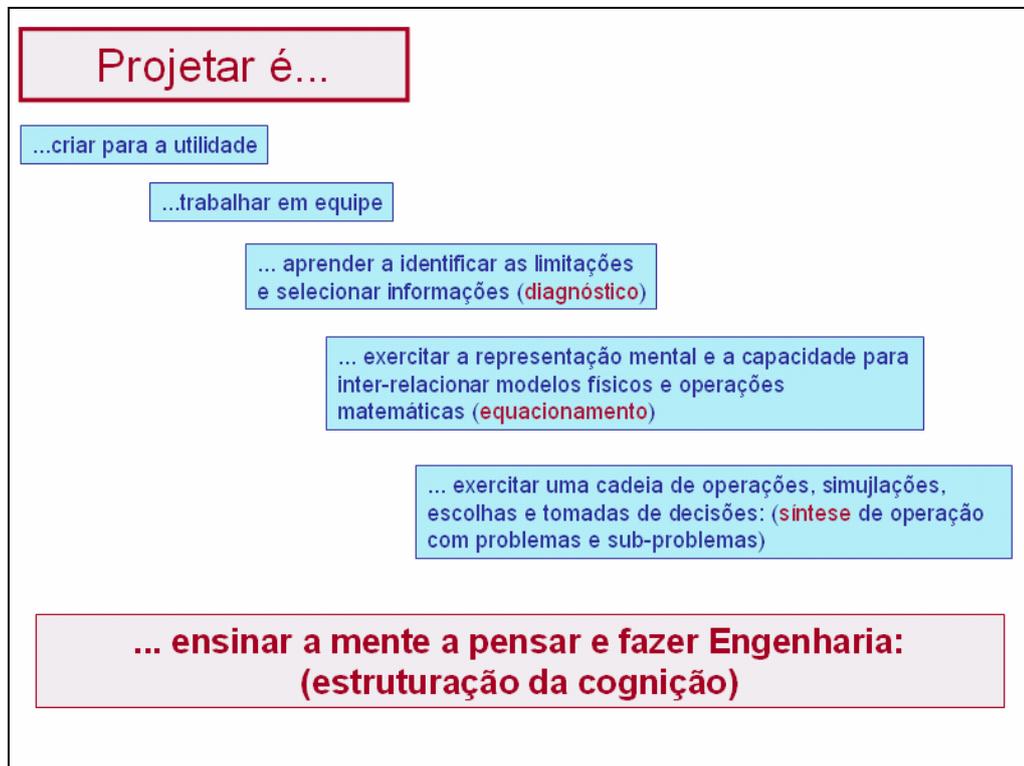


Figura 26 – Representação do conjunto de características que fazem de projeto uma atividade estruturadora da cognição do engenheiro e, portanto, uma estratégia pedagógica, na qual já estão identificadas as etapas de projeto que vão modelar o curso à distância (diagnóstico, equacionamento, síntese)

O ensino pela prática, proposto por Schank (2002a) e seus predecessores, encontra na atividade de elaboração de projetos uma possibilidade realmente plausível de aprendizado das formas de pensar e de fazer do engenheiro. Esta atividade situa-se no âmbito das necessidades da cultura profissional da Engenharia, mantendo a integridade dos elementos de qualidade dessa formação, já consolidados (o domínio das ciências básicas, o raciocínio científico), além de permitir a agregação de novos elementos, de natureza multidisciplinar, a essa formação. Trata-se de uma atividade que concentra, em si, elementos estruturadores da cognição do aluno, como a estrutura modular formada por conhecimentos complexos e multidisciplinares, a cadeia de tomada de decisões inter-

relacionadas, a instrumentalização da criatividade, a mediação tecnológica, a representação física e matemática e a expressão conceitual dos fenômenos, com base em conhecimento estruturado e validado empiricamente e cientificamente.

Os projetos foram tomados, então, como estratégias didático-pedagógicas sugeridas ao ensino de Engenharia. Didáticas porque se constituem em um instrumento concreto, para aplicação na prática docente. Pedagógicas por constituírem uma atividade que pode ser planejada, segundo modelos definidos pelo professor, sendo seu uso capaz de estruturar a formação desejada dos engenheiros contemporâneos, integrando múltiplas possibilidades. Não se pensou, portanto, em um *modelo pedagógico*, do ponto de vista de sua possível epistemologia intrínseca, a ser buscada em todas as situações da prática, mas em uma estratégia, que possa ser integrada ao modelo definido pelo professor e às condições da atividade docente, em cada situação particular. Uma estratégia que, além de estruturar a cognição característica do perfil desejado, também pode ser considerada um apoio à consolidação da memória de longa duração, como se verá.

### 4.3.7 Contexto de apoio à aprendizagem para estruturar memória de longa duração

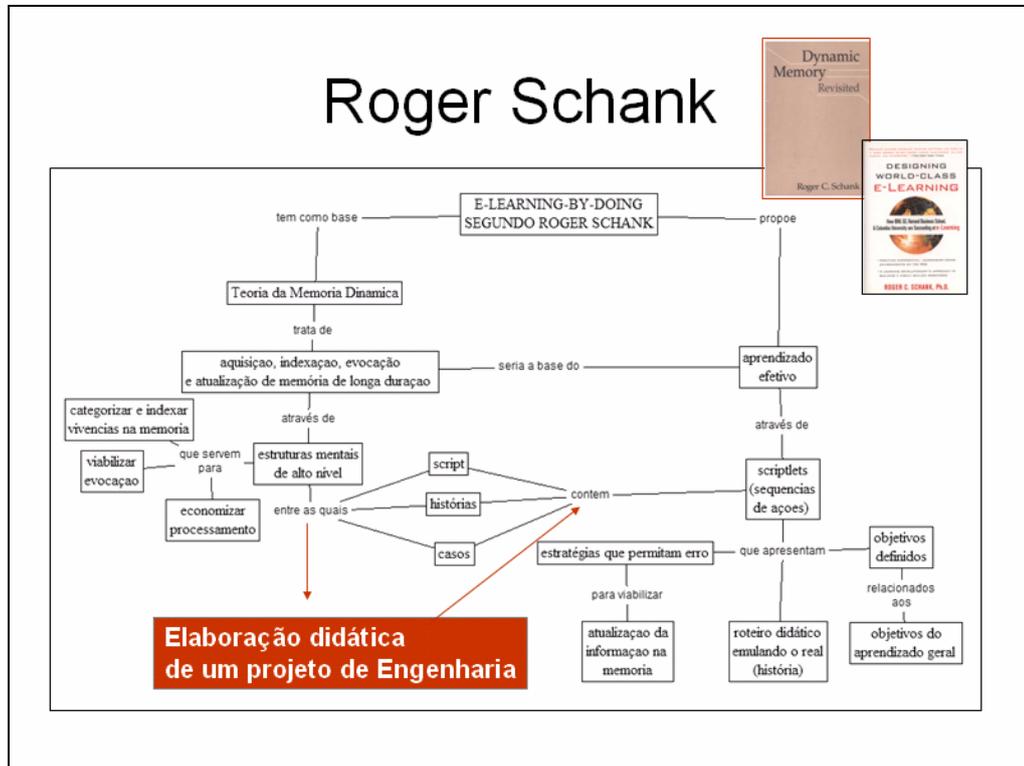


Figura 27 – Representação da comparação entre os projetos e as estruturas mentais de alto nível, de Schank, que através de seqüência de ações caracterizam o modelo do curso à distância

Naveiro (2001) descreve os mecanismos cognitivos envolvidos na execução de projetos, segundo o tipo de memória (curta ou longa duração) e de memorização envolvidos. A partir da apresentação de um desenho esquemático a um grupo de alunos, com resultados diferentes para alunos com ou sem conhecimento prévio, e com base nos conceitos apresentados, sugere:

A capacidade de armazenamento da memória de curta duração está associada à experiência prévia do projetista, ou, em outras palavras, projetistas mais experientes gastam menos memória para armazenar uma idéia ou concepção.

- A capacidade de retenção de algo na memória de curta duração é pouca. [...]

- A memória de longa duração é aparentemente ilimitada, mas requer muito mais tempo para uma informação ser registrada. Por outro lado, recuperar informações nela armazenadas é muito mais rápido.

- Os esboços, rabiscos e anotações efetuados pelo projetista durante o seu trabalho são uma extensão da memória de curta duração, funcionando como elemento de comunicação do projetista com ele mesmo. Tais rabiscos são densos em informação,

servindo como 'acionadores' das associações e 'ponteiros' dos blocos de informações [...] (NAVEIRO, 2001, p. 40)

O autor trabalhou com a identificação das informações constantes nas memórias de curta e de longa duração do projetista, estabelecendo uma integração entre ambas para viabilizar a geração de uma nova idéia ou concepção. Além disso, lança a idéia de um processo *auto-alimentado*, compatível com a descrição feita acima, de uma cadeia de problemas, sub-problemas e tomadas de decisão interdependentes e inter-relacionados. Através dessa interação e de atualizações constantes do repertório de memórias do projetista, através do qual os blocos de novas informações (fruto dos processamentos associados às memórias de longa duração) vão sendo integrados gradativamente à percepção do projetista sobre o problema inicial e vão estruturando a cadeia de tomada de decisões.

As idéias expressas por Naveiro na descrição das operações cognitivas relacionadas ao ato de elaboração de projeto encontra forte identidade no modelo de aprendizagem proposto por Schank (1999), quanto à aquisição, consolidação, indexação de temas e evocação de novas informações na memória de longa duração, durante o processo cognitivo realizado pelo engenheiro durante o trabalho do projetista. Schank se refere a estruturas (seriam os blocos propostos por Naveiro) que são adquiridas a partir do reconhecimento de arquivamentos anteriores, contextualizados, cuja evocação é facilitada por elementos identificadores dos critérios da memorização (experiência prévia, contexto semelhante ou outras formas de rememoração).

Supondo-se verdadeira essa aproximação, chega-se à formulação de que os projetos poderiam funcionar pedagogicamente como os contextos propostos por Schank como estruturas de alto nível de organização da memória dinâmica, pela sua natureza capaz de integrar vivências práticas, conhecimentos teóricos, procedimentos, acesso a bancos de casos relacionados e outras informações relacionadas à situação do projeto e de sua realização. Ao

mesmo tempo, *as várias etapas de realização de projetos viabilizam a estruturação de seqüências de ações ordenadas e interdependentes*, de forma a envolver o aluno na realização de objetivos graduais e inter-relacionados voltados para um grande objetivo final, definido pelo projeto.

Além da descrição dos elementos de processamento da memória de longa duração, Naveiro (2001) propõe o que chamou de *rota* a ser seguida ao longo da trajetória de elaboração de projetos, ou seja, os passos que devem ser seguidos para que o projetista diminua gradativamente o grau de incerteza em relação à situação inicial. Este será um contínuo processo de tomada de decisões com base na atualização permanente do estado inicial do projeto, podendo (e devendo) ser representado em linguagens variadas: descrição verbal ou textual (relatórios ou mesmo descrições orais das características do problema; gráfica (desenhos técnicos e outros); analítica (equações, regras, procedimentos e outras formas de representação matemática); física (modelos, protótipos ou outros recursos de visualização do fenômeno físico).

Integrou-se a idéia de seqüência de ações, que constituem o território do ensino pela prática (SCHANK, 2002a), com a proposta de *rota*, de Naveiro (2001), e com a observação do software MULTIMISE, e buscou-se desenvolver de um roteiro didático para a elaboração de um curso à distância sobre um projeto de Engenharia Geotécnica. O resultado desse trabalho será apresentado a seguir, na forma da identificação das etapas que constituem uma grande seqüência de ações destinadas a elaborar o projeto, as quais serão decompostas, no curso, em conjuntos de ações relativas ao desenvolvimento de cada etapa, como se verá.

## **5 UM MODELO DE ENSINO À DISTÂNCIA (*E-LEARNING-BY-DOING*) APLICADO À ESTRATÉGIA ESCOLHIDA: PLANEJAMENTO E IMPLANTAÇÃO DA EXPERIÊNCIA-PILOTO**

Até aqui, procurou-se estruturar, neste trabalho, com base na pesquisa bibliográfica, uma contextualização multidisciplinar que justificasse, nos termos do *framework* proposto, por que se escolheu a elaboração de projetos como estratégia para o ensino de Engenharia, levando em conta necessidades individuais, profissionais e culturais do profissional desta área. Essa trajetória conceitual foi feita simultaneamente ao processo de produção de material didático em multimídia (iniciado em 2001) e de observação empírica da atividade docente, ao longo dos anos de 2002 e 2003, em disciplinas convencionais, com práticas pedagógicas experimentais (experiência construtivista) e em cursos à distância baseados em transmissões por videostreaming com apoio em multimídia na web, sobre Engenharia Geotécnica.

Foi o conjunto desta experiência, associado à referida reflexão conceitual sobre as especificidades sobre o ensino de Engenharia, sobre os engenheiros e os projetos, que permitiu a organização do curso à distância na estrutura de grandes etapas, cada uma das quais dividida nas suas respectivas ações e potencial de acionamento de operações cognitivas, raciocínios, posturas e comportamentos profissionais nos alunos, conforme se verá nas descrições do planejamento.

A produção do material de multimídia, através do qual buscou-se a excelência e a precisão do conteúdo associado a uma linguagem de comunicação visual, sonora, dinâmica e

criativa, foi o primeiro passo para a constituição do conjunto desta experiência. Foi desenvolvida uma série de vídeos educacionais<sup>95</sup>, em formato Real Media, relacionados aos conteúdos de Engenharia Geotécnica que faziam parte dessa disciplina, bem como gravadas várias aulas transmitidas à distância<sup>96</sup>. Desse conjunto, foram escolhidos aqueles relacionados ao projeto que se quis modelar no curso à distância (relacionado às obras de ampliação do Aeroporto Salgado Filho, de Porto Alegre): um vídeo descrevendo o histórico do Aeroporto e outro relatando o caso de obra, este último dividido em quatro partes, para facilitar o acesso e a identificação dos temas com etapas do curso. Além desses, também foi escolhido um vídeo contendo um trecho de uma das aulas à distância, no qual o professor discutia a relação dos projetos com a prática profissional dos engenheiros.

Outro material de multimídia preparado aos alunos foram lâminas. Um conjunto delas, contendo apenas texto e imagem, foi produzido pelo próprio professor, como parte da documentação de seu trabalho no Aeroporto (foi o responsável pelo projeto de estabilização do solo e de fundações da obra) e disponibilizado aos alunos em conjuntos relacionados às etapas do projeto real. Outros conjuntos de lâminas áudio-visuais (com o software Macromedia Flash) foram realizados a partir da apropriação (em formato MP3) dos áudios das aulas transmitidas à distância<sup>97</sup>, de um curso de Investigações Geotécnicas. Esse material junto ao conteúdo de um livro em versão eletrônica<sup>98</sup>, e um conjunto de lâminas audiovisuais, produzido a partir de um trabalho apresentado por alunos, em disciplina convencional (sobre os Solos do Rio Grande do Sul), foi ofertado aos alunos a título de revisão de conteúdos, para ser acessado a partir de seu interesse e necessidade. Além do material de multimídia e de links

---

<sup>95</sup> Sobre a produção de vídeos, ver Schnaid, Timm e Zaro (2003).

<sup>96</sup> Experiência de curso à distância nesta área e descrição do modelo utilizado foram relatados em Schnaid e outros (2001) e Timm, Schnaid e Ferreira (2003b)

<sup>97</sup> Experiência de desenvolvimento e produção dessa mídia, extremamente bem recebida por alunos dos cursos à distância, por caracterizar um eficiente recurso para estudo e fixação de conteúdos, está descrita em Schnaid e outros (2002).

<sup>98</sup> Ver Schnaid (2000).

sugeridos na Internet, decidiu-se também ofertar como material de pesquisa indicações de bibliografia, indicando aos alunos que, em caso de dificuldades tecnológicas (falta de acesso à Internet, baixa capacidade de transmissão), todas as atividades propostas pelo curso poderiam ser realizadas a partir da bibliografia convencional.

Também foram consideradas atividades de planejamento o conjunto de atividades relacionadas à observação da atividade docente. Em 2001, foi observada uma turma mista (alunos do último semestre de graduação e mestrandos) da disciplina de Investigação Geotécnica, que tiveram aulas convencionais (expositivas), ilustradas com parte da série de vídeos, então em fase de execução, além do acesso, na web, da versão eletrônica do livro. Em 2002, planejou-se, implantou-se e observou-se uma prática pedagógica não diretiva ao uso do material didático em multimídia, através da implantação de uma experiência construtivista<sup>99</sup>, à mesma disciplina, com alunos dos dois níveis referidos. Conforme já foi descrito, esta observação levou à escolha de um modelo pedagógico híbrido, em função do que foi considerado uma necessidade real, do ensino de Engenharia, de intercalar aulas expositivas e explicações precisas sobre o conteúdo, com as atividades de cunho construtivo, nas quais os alunos deveriam operar sobre as próprias necessidades, identificando e resolvendo seus problemas teóricos e práticos.

Paralelamente à observação das aulas presenciais, foram sendo desenvolvidas experiências de ensino à distância<sup>100</sup>. A primeira delas ocorreu com alunos de graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), do campus de Joinville, em 2001, tendo como suporte versões em VHS dos vídeos e o acesso à versão eletrônica do livro. A segunda experiência integrou transmissões de aulas interativas, através de videostreaming com Chat simultâneo, além de acesso a versões on-line dos vídeos, do livro

---

<sup>99</sup> Experiência relatada em Timm, Schnaid e Ferreira (2003b).

<sup>100</sup> Evolução do modelo de EAD para Engenharia Geotécnica está descrita em Timm, Schnaid e Ferreira (2003a).

e dos conjuntos de lâminas áudio-visuais. Os resultados deste segundo modelo de EAD apontaram para a importância da transmissão on-line e para o uso do material, embora, ainda naquele momento, não se tivesse desenvolvido um modelo de estruturação do curso. Tratava-se da forma convencional de apresentação de conteúdos, seguida da solicitação de um trabalho prático – no caso, um projeto – entregue pelos alunos ao final do curso.

O modelo *e-learning-by-doing*, como se verá, subverteu essa lógica, tratando de colocar o trabalho prático como o fio condutor, ao longo do qual estabeleceram-se as necessidades de conteúdo e de acesso às mídias. Além disso, esse modelo procurou integrar a experiência da observação da experiência construtivista, na sua intenção de propor práticas de aprendizado autônomo dos alunos, sem excluir a exposição de conteúdos, ou mesmo o que pode ser considerado um direcionamento do trabalho, em termos da proposta de uma estrutura de ações para a realização do projeto. Definido, portanto, esse modelo, com base no conjunto da experiência de observação e análise das experiências de uso da multimídia em atividades didático-pedagógicas, passou-se à prática de desenvolvimento do curso, que teve como primeira etapa a identificação do que seriam as grandes etapas (as grandes ações) de elaboração de projeto de Engenharia, que se descrevem a seguir.

## 5.1 AS ETAPAS DE ELABORAÇÃO DE UM PROJETO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO DE ENGENHARIA: DIAGNÓSTICO, MODELO FÍSICO/EQUACIONAMENTO FÍSICO, SÍNTESE

Embora se tenha compreensão de que se trata de um processo dinâmico, em que muitas vezes se torna possível identificar etapas com limites definidos, se procurará

identificar e descrever o que seriam as grandes etapas de elaboração de um projeto de Engenharia, para tentar compreender os vários tipos de atividade que compõem um projeto e sua relação com o conjunto de ações práticas a serem propostas para aprendizado, visando uma possível estruturação didático-pedagógica do tema. Estas etapas serão exemplificadas, quando possível, através do software MULTIMISE<sup>101</sup>, já devidamente testado e validado por professores de Engenharia.

Definiu-se projeto de Engenharia<sup>102</sup>, preliminarmente, a partir dos seus elementos constituintes, a partir de uma formulação inicial, feita pelo professor Fernando Schnaid, durante a atividade de acompanhamento da disciplina Investigação Geotécnica. Esses elementos constituintes seriam: a) a observação empírica do problema concreto, como ponto de partida do projeto; b) as ciências básicas, como a Física e a Matemática, como os instrumentos de dimensionamento geral do problema em parâmetros operáveis; c) a representação visual, em forma de desenhos e gráficos, que modelam o fenômeno físico que constitui o problema (ou problemas); d) as representações matemáticas (que viabilizem a operação entre as variáveis, de acordo com regras já estruturadas a respeito do conhecimento em pauta), como os instrumentos práticos de trabalho. É sobre essas representações que o engenheiro poderá retornar a qualquer momento do trabalho e operar, de forma lógica, para produzir deduções e inferências cabíveis dentro do universo delimitado; e) a linguagem científica será o instrumento de comunicação do engenheiro com os integrantes de sua equipe,

---

<sup>101</sup> A concepção do software MULTIMISE, tanto quanto foi possível se observar, não trabalha com as mesmas etapas propostas aqui, mas com outros itens, como emergência do projeto; concepção do projeto; preparação do projeto; implantação dos dispositivos; execução do projeto; conclusão do projeto. Cada uma delas contém inúmeras outras indicações de atividades incluídas. Para este trabalho, se supôs etapas de diagnóstico, equacionamento e síntese, as quais foram buscadas no software.

<sup>102</sup> Naveiro (2001) apresenta várias concepções da atividade de projeto, entre as quais a da National Science Foundation: projeto é um processo de tomada de decisões; uma atividade de resolução de problemas; um processo de planejamento e busca; e um processo de satisfação de restrições. Procurou-se, entretanto, delimitar as definições relacionadas a projeto, nesta pesquisa, no âmbito dos exemplos encontrados na bibliografia utilizada e na observação da prática docente, tendo em vista o objetivo de relacionar esta atividade às necessidades e características da Engenharia e dos engenheiros.

através de uma linguagem não ambígua (embora incerta); f) o projeto estará completo quando o engenheiro formalizá-lo em uma representação conceitual coerente e ordenada (apresentação oral ou escrita sobre o projeto).

Desde o primeiro momento em que tem contato com um problema de Engenharia (ou, no caso de um projeto, com um conjunto de problemas), até a sua solução ou soluções, o profissional dessa área opera intelectualmente com naturezas cognitivas diversas, que vão desde a operação de informações básicas, entre as quais haverá aquelas que produzem um conhecimento puramente descritivo, passando por comparações, medições, verificações, até as complexas operações de inferência sobre os dados do problema: deduções, induções e levantamento de hipóteses (abduções). Além disso, também vai desenvolver ou utilizar conhecimentos práticos, de natureza procedimental, ou operações intelectuais puramente mecânicas, como metodologias de cálculos, algoritmos, etc.

Nesse sentido, se buscará também, nesse capítulo, enumerar algumas dessas operações cognitivas, raciocínios ou comportamentos associados à prática profissional, relacionadas com cada etapa. Trata-se de uma proposta inicial, seguramente incompleta, que deverá servir como referência no desenvolvimento do curso-piloto, cuja função principal é oferecer aos próprios engenheiros e professores da área uma ferramenta conceitual de análise e compreensão de seu trabalho e do processo de aquisição e validação de conhecimento, do próprio professor, do grupo de alunos, de alunos individualmente (quando possível).

Esse tipo de descrição, evidentemente mais detalhada e aprofundada, poderá, no futuro, ser útil para a estruturação de metodologias e ambientes virtuais de ensino, para o modelamento de agentes pedagógicos inteligentes que poderão facilitar o trabalho dos futuros professores e o processo de aprendizagem dos alunos dessa área. Ao se descrever cada ação proposta para o curso, se buscará identificar de forma mais localizada as referidas operações cognitivas.

Segue-se uma primeira descrição de processos cognitivos que fazem parte da atividade de elaboração de projeto, proposta por Naveiro (2001), incluindo também uma primeira sugestão de etapas constituintes da elaboração de projeto, segundo esse autor. Cabe salientar a semelhança dessa descrição com o que foi proposto sobre as características do trabalho de Engenharia e dos projetos, inclusive apresentando como estratégia de resolução a identificação das componentes do problema e sua decomposição em problemas menores. Ressalta-se ainda a aproximação que foi feita dessa estratégia com a operação modular da mente (módulos dentro de módulos) proposta pelo modelo apresentado por Pinker (1998).

Sintetizando, podemos identificar os seguintes processos mentais durante a progressão do projeto: inicialmente temos o processo de identificação e definição do problema<sup>103</sup>, no qual ‘blocos’ de informação vão gradativamente sendo armazenados na memória de longa duração. Os blocos constituem-se na incorporação da percepção do problema por parte do projetista, assim como da incorporação das decisões tomadas pelo projetista para diminuir o grau de incerteza do projeto. Ao término desta fase o projetista tem um entendimento global do problema, com seus requisitos e restrições bem definidas.

Em seguida, inicia-se o processo de busca de soluções, utilizando os mecanismos de decomposição e associação [...] <sup>104</sup>. Isso equivale a dizer que o projetista procura, dentro da sua memória de longa duração, soluções que atendam à função exigida no projeto. A busca também pode ser feita através da recuperação de soluções já adotadas em projetos anteriores<sup>105</sup> e existe uma predisposição natural para se proceder desta forma, o que muitas vezes embota a criatividade<sup>106</sup>, impedindo o aparecimento de soluções melhores. (NAVEIRO, 2001, p. 40)

Adaptando-se as idéias do professor Naveiro, de acordo o conceito básico de projeto implícito na descrição dos elementos constituintes do projeto, com os objetivos da pesquisa e com as necessidades de estruturação do curso-piloto, chegou-se à proposta de uma grande divisão do projeto em três etapas, que vão constituir as três grandes unidades do curso à

---

<sup>103</sup> Destacou-se a expressão definição de problema, para salientar a referência do autor ao que será identificado, mais adiante como parte da etapa de diagnóstico.

<sup>104</sup> Idem com relação ao destaque, no qual o autor se refere a mecanismos de decomposição (divisão em problemas menores) e em associação (operações entre as variáveis, que será identificada na etapa de equacionamento físico-matemático do projeto).

<sup>105</sup> Idem, com relação ao destaque, no qual o autor remete à busca em casos anteriores, atividade que será considerada pesquisa do aluno e comparação com conhecimento prévio já estruturado, na forma de bancos de dados, de casos, projetos anteriores, etc.

<sup>106</sup> A opinião do autor quanto ao embotamento de criatividade devida à busca do projetista por soluções anteriores não encontrou equivalência em bibliografia, podendo gerar, no futuro, pesquisa destinada à comprová-la ou não. Ao final do trabalho, levantou-se a possibilidade de que a criatividade seria relativa a uma escolha entre soluções possíveis de atender ao contingenciamento, e não a uma criação puramente intuitiva.

distância e estruturar o conjunto de atividades teórico-práticas que serão realizadas. São elas as etapas de *diagnóstico*, *equacionamento físico-matemático* e *síntese-simulações*. Estas etapas se completarão, no curso, com uma *apresentação geral* do projeto e/ou sua implantação (sendo essa última a deflagradora de um novo conjunto de problemas e sub-problemas). Algumas características de cada uma das etapas será apresentada a seguir:

### **5.1.1 Primeira etapa - diagnóstico: definir limites e necessidades, diminuir incertezas**

A exploração de um conjunto de informações e especificações iniciais é a primeira etapa do projeto. Inclui diagnóstico do objetivo final do projeto, com a identificação precisa do tipo de problema que necessita ser resolvido, bem como a percepção de todas as suas condicionantes, ou seja, das variáveis que compõem esse problema, ou, supondo-se a descrição da característica dos projetos que foi expressa por Wulf e Fisher (2003) a compreensão exata dos limites dentro dos quais o engenheiro vai ser obrigado a projetar (limites de custo, de normas, de características técnicas, de prazos, etc.).

Também nesta etapa devem ser identificados os sub-problemas relacionados ao projeto e as inter-relações entre todos os condicionantes que vão contextualizar o objetivo final. É na etapa de diagnóstico que o aluno poderá entender precisamente quais são os conhecimentos necessários para dar conta da solução exigida, na sua multiplicidade (no caso de Engenharia Geotécnica, que será o tema do curso à distância: topografia, geografia, geologia, clima predominante, comportamento do solo, características do ambiente construído ao redor, legislação, entre outros itens, por exemplo, além das ciências básicas). Como se vê, nesta primeira fase o engenheiro estará envolvido com um universo de conhecimentos

multidisciplinares, não necessariamente afeito à Engenharia em si, mas à composição da percepção global e complexa do problema, em suas múltiplas inter-relações. Trata-se de um trabalho de atividades diversificadas, cujo planejamento, em termos de curso, precisa envolver o estudante em um conjunto de informações de fontes diversas, em termos de locais, pessoas e formas de apresentação. É nesta fase que o aluno começa a identificar a cadeia de problemas e sub-problemas que vão se constituir em seu território de trabalho, ao longo do projeto, da qual vão fazer parte a identificação dos parâmetros com os quais o projetista irá operar em busca da (das) solução (soluções).

#### **a) Exemplo do software MULTIMISE para a etapa de diagnóstico**

No cenário MICAP, da plataforma didática de simulação de projetos MULTIMISE, a etapa de diagnóstico é apresentada, inicialmente, na forma de um diálogo do patrão com o engenheiro que será responsável pela coordenação do projeto (o aluno), o que já situa o estudante dentro de uma história plausível, apoiada na prática profissional (idéia semelhante à proposta do *e-learning-by-doing* proposta por Schank, (2002a). Esta apresentação define as condições em que o trabalho será realizado (uma primeira limitação de custos já aparece, determinada pela linha de crédito disponível virtualmente) e define o problema central do projeto (“*você estará encarregado de estudar as possibilidades do produto e implantar o projeto, da concepção até a industrialização*”), alguns dos sub-problemas (*as características técnicas do captador<sup>107</sup> e os custos envolvidos na sua produção; quanto os fabricantes estariam dispostos a pagar; a viabilidade de instalação no habitáculo*) e uma ação específica a ser realizada (no software e na prática): formar uma equipe e retornar ao diretor. Ao realizar a ação de estruturar a equipe (escolhendo esta ação na lista de opções), o aluno terá acesso a

---

<sup>107</sup> O projeto deste cenário é para o desenvolvimento de um microcaptador de poluentes, para ser vendido à indústria automobilística.

uma fonte de informações (textos, por exemplo) onde receberá informações gerais sobre a equipe (“*os atores podem acumular responsabilidades*”; “*é fundamental a comunicação entre a equipe e o entusiasmo de todos; a hierarquia deve estar de acordo com a organização da empresa*”), e informações específicas, de sugestões de possíveis integrantes (*chefe de projeto, responsável pelo desenvolvimento técnico de produto, de processo, de marketing, de finanças*, entre outros, porque a lista oferecida não é definitiva).

A realização do diagnóstico, neste software, inclui ainda uma ação de pesquisa bibliográfica sobre as tecnologias de medição de gás (por colorimetria, cromatografia, eletroquímica, espectrometria, entre outros) compatíveis com a solução procurada no microcaptador (esta seria a pesquisa multidisciplinar para que o aluno compreenda as limitações de várias naturezas). Também há consultas de outros atores apresentados no ambiente virtual, onde o aluno terá informações sobre características técnicas, catálogos de empresas, viabilidade do financiamento do produto<sup>108</sup>: no contato com o diretor financeiro, por exemplo, o aluno recebe a informação de que há um investimento inicial de 200 mil Euros, devendo o restante ser obtido através de empréstimos. Recebe uma demanda de justificativa de investimento (“Sua análise financeira deve fazer o inventário de encargos e receitas geradas pela produção e venda do novo produto”), atentando para os custos de estocagem; para a necessidade de que os lucros sejam mais atraentes do que uma simples aplicação da receita no mercado financeiro; para a urgência do encurtamento do prazo em que o produto será rentável, em função do ciclo de vida dos produtos no ramo da micro-eletrônica.

O aluno (junto com a equipe) vai obter um conjunto de demandas técnicas esperadas pelo possível cliente, para o produto (preço máximo impreciso porque o fornecedor não quer influenciar o candidato; características da informação precisa da medição do gás; consumo

---

<sup>108</sup> Cabe lembrar o objetivo de agregação de elementos de gestão empresarial que motivaram a escolha dos projetos no caso da EMSE.

máximo de eletricidade para funcionamento; data limite para ser integrado na linha de montagem com vantagem em relação aos concorrentes; limites de confiabilidade; características eletrônicas). Recorre ainda a um centro de consulta, um setor da própria ENSE denominado SPIN (Sciences de Processus Industriels e Naturels), onde há pesquisadores trabalhando há anos com a prática da realização de microcaptadores de gás.

Para dar uma idéia da variedade de problemas envolvidos no diagnóstico<sup>109</sup> e exemplificar a potencialidade deste instrumento pedagógico para levar o aluno a conviver com necessidades diversas da capacitação puramente técnica, na prática, na ação de consulta ao responsável técnico, o texto propõe que o aluno terá, através do personagem fictício, um plano aproximado da sala limpa e uma descrição técnica dos equipamentos, alertando: *“Mas veja bem que você não pode abusar do tempo tele. É um homem apressado!”*. Este é também um exemplo da necessidade de flexibilização na interface do trabalho do engenheiro com pessoas com perfis variados (atenção com a multiculturalidade e respeito às individualidades).

#### **b) Possíveis atividades e operações cognitivas envolvidas no diagnóstico**

Do ponto de vista de atividades cognitivas, sugerem-se algumas que possam estar presentes nesta primeira grande etapa do projeto, a etapa do diagnóstico, associadas a operações ou atitudes que talvez possam caracterizar o ambiente mental do projetista ao realizá-las:

- identificação de todos os elementos que fazem parte do problema e de suas especificidades: iniciativa, curiosidade, aceitação do desafio do projeto (motivação

---

<sup>109</sup> Por falta de familiaridade com o tema, não foi possível exemplificar, aqui, a identificação de parâmetros do projeto de produção do microcaptador. Possivelmente estarão relacionados com as propriedades do material que constitui a membrana do filtro do produto.

pelo problema prático apresentado), capacidade de observação, lançamento de hipóteses sobre possíveis situações práticas, legais e ambientais decorrentes do projeto, capacidade de planejamento de equipes, custos e prazos de cada etapa do trabalho;

- percepção dinâmica de partes e do todo, no espaço tri-dimensional: capacidade de visualização (compreensão da geometria e da dinâmica dos condicionantes que necessitam ser operados no caso em pauta; disciplina mental (metodologia e experiência teórica e prática) para pensar em múltiplas possibilidades, com diversas variáveis;
- percepção dinâmica do problema no tempo, incluindo o histórico das condições e a previsão de futuro, com a solução implantada e suas conseqüências: capacidade de observar e de lançar hipóteses, disciplina mental (metodologia e experiência prática) para antecipar uma cadeia complexa e dinâmica de eventos;
- pesquisa de informação sobre temas relacionados a cada uma das partes do problema e seus condicionantes no caso em pauta: classificação dos temas, identificação de necessidades específicas relacionadas a cada um dos sub-problemas, capacidade de acesso a bancos de dados e de casos, atenção, interação pessoal no caso de entrevistas, organização de informações em múltiplas fontes, trabalho em equipe;
- identificação das necessidades de instrumentos (tecnologia) que serão utilizados para a operação com o fenômeno: atenção, disciplina mental para focalização em objetivo complexo, lançamento de hipóteses com base em acesso a bancos de casos que envolveram os mesmos elementos, disciplina mental (metodologia, conhecimento de conteúdos e experiência prática) para identificar as teorias e a

conceituação envolvida no problema, escolher métodos matemáticos, instrumentos abstratos e tecnológicos de modelamento, tipos de ferramentas para operar sobre os elementos e para desenvolver a solução, capacidade de comparação, generalização e especificação de escolhas, segundo a necessidade;

- capacidade de operação (aprendizagem e estruturação de equipe) dos instrumentos que se fizerem necessários (recursos humanos, softwares, equipamentos, procedimentos), conhecimentos de conceitos teóricos e técnicos envolvidos na operação (capacidade de abstração para comparar informações teóricas e técnicas com a realidade do problema);
- acesso e compreensão de normas ou outras formas de conhecimento estruturado sobre o tema (atenção, abstração, comparação, seleção de resultados segundo as normas);
- sociabilidade, comunicabilidade (relação cooperativa e eficiente com o contratante e com a equipe), gestão de conflitos de interesses.

### **5.1.2 Segunda etapa: modelo físico e equacionamento matemático**

Se na primeira etapa as atividades eram de natureza múltipla, não necessariamente tratadas pela Engenharia, mas destinadas à coleta de informações gerais e específicas sobre todas as variáveis relacionadas ao problema, a segunda etapa será de alta exigência dos instrumentos próprios da Engenharia e suas ciências básicas constituintes. A partir das informações coletadas, com os parâmetros de projeto já definidos, prazos e custos estipulados,

o engenheiro, após identificar e planejar, vai agora operar sobre o problema prático, através de modelos físicos, expressos e tratados matematicamente.

Trata-se de um processo que envolve conhecimentos teóricos já estruturados, integrados à compreensão da observação empírica da realidade (através de testes, ensaios ou outras estratégias de coleta de informações técnicas), permanentemente balizados pela confrontação com os dados previstos em normas e nos conceitos já consolidados pela experiência (casos anteriores). Naveiro (2001) identificou nessa fase os mecanismos de decomposição e associação, com a busca de soluções na memória de longa duração (no caso, apoiada pela memória de trabalho do próprio projeto, cujos responsáveis devem documentar os processos de tomada de decisão ao longo de todo o trabalho, através dos modelos físicos e matemáticos, relatórios, desenhos, etc.). Uma busca que inclui a recuperação de soluções usadas em situações semelhantes e a identificação precisa da cadeia de problemas e sub-problemas a serem equacionados, bem como de sua inter-relação.

#### **a) Exemplo do software MULTIMISE para a segunda etapa**

Na complementação do diagnóstico<sup>110</sup>, os alunos que seguiram o roteiro do cenário MICAP, do software MULTIMISE, deverão ser capazes de dominar algumas informações básicas, as quais são apresentadas na forma de textos, com perguntas dialogadas, do tipo: “Finalmente, o que é então um microcaptador?”. Devem saber ainda que existem várias possibilidades de medir a concentração de gás no ar, mas já é possível identificar a necessidades de escolhas, que geram as já referidas cadeias de tomadas de decisão, ao longo do projeto, uma vez que estão sendo estruturadas as opções do projetista, que determinam as

---

<sup>110</sup> Relembrando: a identificação deste tipo de etapa, neste software, é uma interpretação da autora da tese. Os desenvolvedores do software não usaram essa classificação.

possibilidades de diferentes encaminhamentos, na continuidade. Por exemplo, há uma das consultas ao diretor de uma das empresas integradas ao problema do microcaptador, que alerta ao aluno sobre a necessidade de aquisição dos direitos de utilização se for usada uma técnica de membrana seletiva do produto, que é a mais confiável. Se não for esta a escolha, será sempre possível escolher uma membrana de um tipo de silício<sup>111</sup>, de domínio público, mas que representa uma técnica menos estável.

Logo em seguida, em um exemplo eloqüente da necessidade de operação com as variáveis escolhidas, o aluno deverá se debruçar sobre a necessidade do cálculo das transferências térmicas, que implica cálculo da temperatura da membrana, que não é uniforme. A próxima explicação indica a necessidade do raciocínio que se ousou denominar espécie de indução relativa<sup>112</sup>, porque generaliza um comportamento esperado de parâmetros do projeto, dentro de um determinado intervalo de validade:

Toda arte reside no dimensionamento da membrana, de modo a que o descarte da temperatura entre dois pontos da superfície sensível do captador não passe de um valor limite (50°C) em funcionamento [...]. Começa a haver risco quando a temperatura na borda da membrana ultrapassa os 300°C. [...] Felizmente a prática mostra que se contentando em levar em conta os fenômenos de convecção, se tem já uma boa aproximação do problema. Suficiente, pelo menos, para chegar a uma primeira solução e efetuar ensaios.<sup>113</sup>

Ressalte-se a referência ao conhecimento prático anterior, que trata não apenas de casos práticos, mas aponta para um tipo de fenômeno relacionado (convecção), o qual, por sua vez, aponta para o conhecimento estruturado (matemática, física e termodinâmica) sobre os fenômenos desse tipo.

Na continuidade do trabalho, os alunos terão ainda que realizar o cálculo das limitações mecânicas do captador, levando em conta as forças que vão ser exercidas na peça,

---

<sup>111</sup> Silicium dope au bore, no original (não foi possível encontrar a especificação técnica da tradução).

<sup>112</sup> Ver item 3.3, relativo à identidade profissional do engenheiro, enquanto cientista (em particular, item 3.3.5, sobre método científico, raciocínio e estratégias de operação).

<sup>113</sup> Texto retirado da lista de ações do software.

em particular a “pressão exercida pelo eletrólito sobre a membrana, durante a usinagem”<sup>114</sup>. Há ainda uma extensa oferta de material de revisão dos temas relacionados, como condutividade elétrica, semi-condutores intrínsecos e extrínsecos, condutividade elétrica nos óxidos metálicos, estrutura cristalizada do dióxido de estanho, característica de semi-condutividade do dióxido de estanho, entre outras.

Como se pode perceber, é preciso que o aluno, nesta etapa, faça uma revisão dos conhecimentos necessários para que não apenas compreenda a geometria dinâmica (as linhas de força atuantes, as tensões e seus pontos de apoio, etc.) do fenômeno global e da disposição tri-dimensional de cada parte envolvida nele, mas possa identificar também as operações necessárias para estabelecer uma relação razoavelmente<sup>115</sup> precisa entre essas peças e as áreas de sua interface com o meio (no caso, o gás do escapamento dos carros). Todas essas propostas são, portanto, suportadas por cálculos (não triviais), integrados à perfeita compreensão da complexa cadeia de causas/efeitos constituída pelo produto a ser criado.

#### **b) Possíveis atividades e operações cognitivas envolvidas na etapa de modelo físico e equacionamento matemático**

Nessa etapa, sugere-se que o aluno seja capaz de exercitar, por exigência do projeto:

- acesso a conhecimentos teóricos e práticos relativos às necessidades do próprio problema (recursos humanos, equipamento, relação com o contratante, etc.): consciência de seu próprio conhecimento e habilidade para aprendizado autônomo, no caso de serem necessárias revisões de conteúdo e/ou pesquisa de informações de

---

<sup>114</sup> idem

<sup>115</sup> Há coeficientes de segurança definidos ou sugeridos para a grande maioria dos itens relacionados à Engenharia científica e industrial.

outras áreas afins; trabalho e coordenação de equipes sociabilidade, comunicabilidade, gestão de conflitos, cumprimento de prazos e custos (gestão do projeto);

- alta capacidade de disciplina mental e abstração para acessar e operar sobre modelos físicos e matemáticos de alta complexidade;
- raciocínio abstrato, associado à representação mental (ou imaginação visual) espacial e dinâmica, para compreender o processo que está sendo realizado, em termos teóricos e práticos;
- operações mentais puramente mecânicas, como algoritmos e metodologias de cálculo para representar e operar com símbolos de cadeias de eventos reais;
- atenção, concentração, disciplina, crenças estruturadas (conhecimento prévio).

### **5.1.3 Terceira etapa: síntese**

A síntese seria a etapa relacionada à execução propriamente dita do projeto. Inclui a operação e a tomada de decisões sobre a melhor solução, com base nos dados anteriores e em simulações. Do ponto de vista didático-pedagógico, é a etapa em que os alunos precisam se lançar a uma atividade totalmente autônoma e criativa, porque vão fazer escolhas definitivas, valendo-se do professor apenas para discutir alternativas e solicitar esclarecimentos sobre o conteúdo teórico que já foi sistematizado nas etapas anteriores. Este será o momento em que os alunos precisam integrar conceitos teóricos e práticos, em uma situação de contexto completamente não-dirigido, ao contrário das situações de exercício de sala de aula do ensino

convencional, os quais, em geral, são apresentados em situações hipotéticas, com dados parcialmente disponíveis e, principalmente, com problemas de dimensões reduzidas, não integrados em uma necessidade global, como no projeto.

Nessa etapa, portanto, o projetista deverá não apenas calcular com base em seus dados, mas testar múltiplas possibilidades de interação entre os componentes do projeto: simular. A simulação, como visto, é uma ferramenta por excelência dos engenheiros, constituindo-se em uma importante estratégia de resolução dos problemas, desde o tempo em que riscavam na areia até as pranchetas de papel, chegando aos modelos numéricos computacionais. A simulação, hoje facilitada pelas metodologias de cálculo e pelos softwares já estruturados, é absolutamente fundamental ao projetista, relacionada às necessidades de controle e previsibilidade de suas soluções.

#### **a) Exemplo do software MULTIMISE para a etapa de síntese**

Como foi referido acima, esta etapa constitui o espaço de trabalho propriamente dito dos alunos (ou do projetista), razão pela qual os exemplos, no software, não são tão relevantes quanto a observação do trabalho feito pelos próprios alunos. Nesse sentido, examinou-se um relatório feito por um grupo que realizou o projeto do microcaptador, com o auxílio do ambiente do software e que, na verdade, constitui também um exemplo da necessidade de uma apresentação final do resultado do trabalho do projetista (quarta etapa, segundo a estruturação proposta no curso à distância).

Sendo o foco do trabalho da EMSE na questão de gestão, os alunos apresentaram, primeiramente, o resultado da pesquisa sobre as necessidades técnicas relacionadas ao produto (descrição da função; métodos de medição de gás estudados e rejeitados; método

escolhido e razões técnicas da escolha, princípio de funcionamento, processo de fabricação, etc.), passando a examinar também as questões relativas ao mercado potencial para o produto (clientes em potencial na França e nos outros países da Europa; análise econômica; análise dos riscos, na qual descreveram 13 situações potenciais de risco à viabilidade do produto, desde a existência de um concorrente instalado, até a possibilidade de não-aumento da demanda, passando por falhas no produto, falta de aporte de capital, falta de regulamentação no setor de meio ambiente, falta de mão de obra capacitada para produção e falta de equipamentos adaptados, entre outros).

Apresentaram ainda dois cenários possíveis em relação ao projeto. O primeiro deles prevê a continuidade e o desenvolvimento do microcaptador. Para isso, definem um orçamento de 100 mil Euros e descrevem itens de uma análise que reputaram otimista de condições de mercado, apostando em treinamento de recursos humanos entre jovens, por exemplo. O outro cenário apresentado pelos alunos seria desistir do projeto, em função de riscos relacionados inclusive ao regime de trabalho que seria necessário para garantir uma produtividade economicamente viável, o qual poderia levar a greves e baixa motivação do pessoal. Também foram identificados problemas ligados à necessidade de manutenção das instalações da fábrica, que funcionaria em ritmo muito intenso, inviabilizando manutenção preventiva, entre outros problemas de natureza técnica e econômica. A conclusão do grupo é que os dados obtidos através do projeto não permitem tomar a decisão de lançar o produto, em função dos grandes riscos identificados.

#### **b) Possíveis atividades e operações cognitivas envolvidas na etapa de síntese**

Do ponto de vista da gestão do curso sobre projeto, supõe-se que, ao chegar nesta etapa, o aluno-projetista já deverá ter estabelecido um nível aceitável de confiabilidade da

equipe, dos equipamentos e dos documentos do projeto. A seguir, algumas sugestões de operações cognitivas envolvidas no processamento dos dados, bem como de habilidades necessárias ao projetista, nesta fase.

- capacidade de análise dos dados (múltiplos, complexos e dinâmicos) obtidos na operação física e matemática (abstração, generalização, categorização, comparação com casos e conhecimento anterior e com normas, tomada de decisão entre possíveis resultados, lançamento de hipóteses para o encaminhamento de solução);
- capacidade de organização e gestão das informações do projeto (metodologia, comunicabilidade, capacidade de expressão em múltiplos meios);
- equacionamento e gestão das necessidades práticas de implementação: logística, economia, gestão de conflitos, prazos (cada um dos itens representa o mesmo universo de atividades cognitivas complexas do problema, com implicações relacionadas à capacidade de trabalho em equipe, atenção, observação, lançamento de hipóteses, operação e síntese);
- simulação de possíveis soluções e seus respectivos efeitos com base na compreensão dos modelos físicos, nas informações obtidas pela prática, pela tecnologia e pela operação matemática, no conhecimento teórico e no conhecimento estruturado (normas), bem como na observação permanente da interação de todos os condicionantes do problema: atenção, observação, abstração e representação mental, metodologia e estratégias de tratamento dos problema, lançamento de hipóteses, capacidade de antecipação de possibilidades, entre outras habilidades.

#### 5.1.4 Quarta etapa – apresentação e implantação da solução

Uma vez realizada toda a parte operacional do projeto, supõe-se que o projetista deva organizar esses dados e responder por eles, defender o projeto junto ao contratante ou, no caso da atividade didática, apresentá-lo para discussão com o professor e os colegas. Sugere-se que, nesta etapa, o aluno estará basicamente exercitando sua capacidade de organização das informações, bem como de expressão e flexibilidade para fazer interagir sua solução com o conjunto das variáveis relacionadas à implementação da solução. Seus instrumentos de apoio, nesse momento, serão aqueles que constituem a documentação – ou a memória – do projeto: desenhos, gráficos, plantas, planilhas, etc.<sup>116</sup>

Supõe-se que a atividade do projetista estará completa, portanto, quando o projeto puder ser minuciosamente apresentado ao cliente e, quando for o caso, à equipe de execução (possivelmente haverá um engenheiro encarregado da obra, o qual deverá ter como atividade a implantação do projeto, com um outro universo de problemas e de complexidades a planejar).

Esta seqüência de etapas foi o ponto de partida para a elaboração do curso à distância sobre elaboração didática do projeto de Engenharia Geotécnica (para o qual, como já foi observado, já havia um bom conjunto de material de multimídia como fonte de pesquisa), que se descreverá a seguir.

---

<sup>116</sup> No relatório dos alunos que realizaram a atividade através do software MULTIMISE, referido acima, havia desenhos técnicos e esquemas de funcionamento do microcaptador, fotos de peças componentes existentes no mercado, planilhas de viabilidade de custos, etc.

## 5.2 DESENVOLVIMENTO DO CURSO-PILOTO

Neste capítulo, se apresentará uma descrição do processo de desenvolvimento do curso-piloto de elaboração didática de um projeto de Engenharia, que levou em consideração formulações conceituais produzidas anteriormente sobre o perfil dos engenheiros, relacionadas, do ponto de vista estrutural, às etapas de projeto definidas no capítulo anterior e ao modelo *e-learning-by-doing* para ensino à distância, através de ações.<sup>117</sup> O planejamento do curso foi realizado entre os meses de janeiro a agosto de 2004, sendo a implantação da turma-piloto ocorrido entre agosto e outubro do mesmo ano. Durante esse período, o professor Schnaid<sup>118</sup> esteve ausente do País na maior parte do tempo, tendo sido feito praticamente todo a troca de informações via Internet, o que levou a uma simplificação do roteiro didático<sup>119</sup>. Além disso, como o nível dos alunos que iriam participar da experiência era bastante elevado (alunos do primeiro semestre do mestrado), optou-se por não aprofundar a simulação da realidade, através de diálogos, por exemplo, como ocorreu no software MULTIMISE (destinado a alunos de primeiro semestre de graduação), para não correr riscos de afastar os alunos.

Foi desenvolvido um ambiente virtual, integrado a uma plataforma de gestão de cursos à distância (o ambiente está disponível em <http://www.nmead.ufrgs.br/projeto>, com acesso

---

<sup>117</sup> Será apresentada a análise referente à versão final do planejamento. Versões preliminares foram arquivadas, para serem utilizadas como documentos de discussão, em cursos de formação de professores e cursos sobre ensino à distância, uma vez que foram testadas alternativas de apresentação e de uso da plataforma de gestão de cursos.

<sup>118</sup> De janeiro a junho o prof. Schnaid esteve em pós-doutorado, na Austrália. De agosto a novembro, esteve em atividades de apresentação de relatórios em vários países da Europa.

<sup>119</sup> No caso do desenvolvedor do curso não ser o especialista da área, a situação ideal, comentada inclusive por Schank (2002a) é a de que o trabalho de estruturação do curso seja feito através de uma interação muito intensa com o professor, inclusive através de entrevistas, o que acabou não ocorrendo, formalmente. Na plataforma de simulação didática, os professores poderão elaborar o roteiro didático com mais detalhes, sejam eles de natureza técnica (mais atividades propostas no curso, inclusive relativas à questões ambientais, sociais e econômicas), ou de detalhes da narrativa da situação fictícia de projeto, como no caso da plataforma MULTIMISE.

para a plataforma Claroline, disponível em <http://ead.feeng.ufrgs.br>), destinado a simular a realização de todas as Etapas de um Projeto de Engenharia Geotécnica (*Diagnóstico*; Modelo físico e *Equacionamento* matemático; *Síntese* e Simulação e *Apresentação* final) e também a discutir aspectos cognitivos relacionados a cada uma das etapas, de forma a levar os futuros engenheiros a refletir sobre a importância da atividade de realização de projeto para a sua formação profissional. Na plataforma Claroline (ver interface de acesso na figura 28), além do acesso ao ambiente, os alunos tinham acesso a ferramenta de comunicação (Chat), que chegou a ser usada uma vez, mas preferiu-se usar o Msn (*Microsoft Messenger*), por serem poucos alunos e por apresentar uma interface mais amigável. Outras ferramentas da plataforma, como o Fórum, não chegaram a ser utilizadas na versão-piloto.

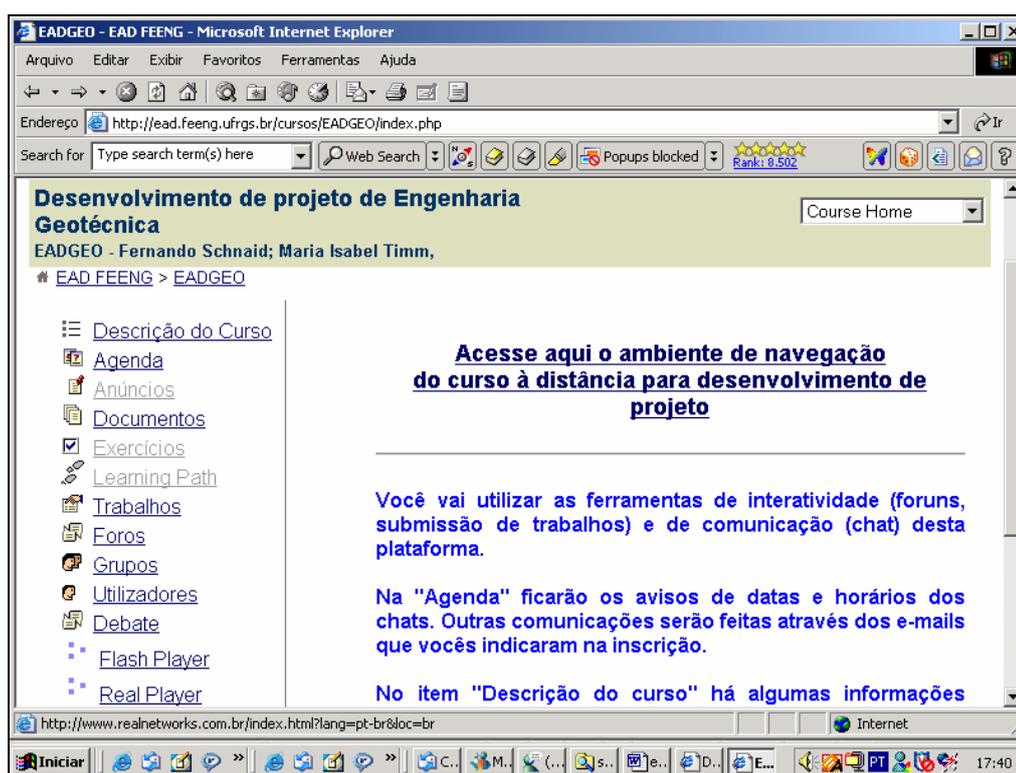


Figura 28 – Interface de entrada no curso, na plataforma Claroline (<http://www.ead.feeng.ufrgs.br>), onde foram feitos os registros, agenda, informações gerais, envio de trabalhos e acesso a plug-ins. A partir desta interface, os alunos acessaram ao ambiente de navegação através do roteiro didático

Os objetivos gerais do curso, informados<sup>120</sup> ao aluno, foram os seguintes:

- *desenvolver integralmente um projeto de Engenharia Geotécnica;*
- *refletir sobre cada uma das etapas de sua realização;*
- *refletir sobre a importância do projeto de Engenharia em relação à atividade profissional;*
- *identificar e exercitar as atividades que constituem cada etapa da produção de um projeto, seus sub-objetivos, características e função em relação à atividade global;*
- *tomar consciência a respeito de suas próprias potencialidades e necessidades de reforço em relação ao conteúdo relacionado às disciplinas de Mecânica dos Solos e Ensaio de Campo, pré-requisitos para a realização do projeto pretendido.*

Conforme proposto nos objetivos desta tese, o curso foi desenvolvido a partir do modelo *e-learning-by-doing*, de Roger Schank (2002a), estruturado através de ações que constituem cada etapa de realização de projeto, apresentadas na forma de atividades didáticas variadas aos alunos, fazendo parte de uma situação real, exatamente como seria a contratação de um projeto de Engenharia Geotécnica, na vida profissional. O material de pesquisa e de operação sobre os dados do projeto foi disponibilizada no próprio ambiente, em arquivos de diversos tipos<sup>121</sup>. A avaliação proposta aos alunos foi através de sua participação nos chats e pela submissão e defesa do projeto realizado ao longo do curso.

---

<sup>120</sup> Estas informações foram apresentadas no item “Descrição do curso”, na plataforma Claroline, para organizar a relação dos alunos com o curso à distância.

<sup>121</sup> Vídeos, lâminas, textos, etc., produzidos para esta área ao longo dos últimos quatro anos, conforme descrito no planejamento.

Com acesso, então, através da plataforma Claroline, foi disponibilizado aos alunos um ambiente (disponível em <http://www.nmead.ufrgs.br/projeto>) para navegação através do roteiro didático de realização do projeto proposto, cuja interface inicial pode ser vista na figura 29. Os resultados da experiência-piloto com o uso do ambiente serão relatados na seqüência do trabalho, relacionados aos objetivos previstos no planejamento. Por antecipação, entretanto, informa-se que foram surpreendentemente positivos, ocasionando um redimensionamento do trabalho (viabilizado pelo aporte de recursos através do Edital PAPED, da CAPES<sup>122</sup>), em direção ao planejamento de uma plataforma para simulação de outros projetos, através do mesmo modelo *e-learning-by-doing*, por professores de Engenharia.

O objetivo específico final do curso (informado no ambiente proposto) foi o desenvolvimento do projeto “Dimensionamento da magnitude dos recalques e tempo de adensamento do pátio de estacionamento de aeronaves do Aeroporto Internacional Salgado Filho, de Porto Alegre”, desde o diagnóstico até a apresentação da solução, emulando a atividade profissional. Objetivos específicos para cada etapa foram definidos e apresentados no mesmo ambiente, sendo descritos nesta tese na forma de tabelas relacionando cada ação com seus respectivos objetivos didáticos, profissionais e, quando possível, relacionados às supostas características do perfil individual dos engenheiros. No ambiente, foram criados acessos para o material de pesquisa, para o retorno à plataforma Claroline, para os objetivos de cada uma das ações e para a localização do aluno no conjunto do curso.

---

<sup>122</sup> PAPED – Programa de Apoio ao Ensino à Distância. CAPES, Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal Docente, do Ministério de Educação.

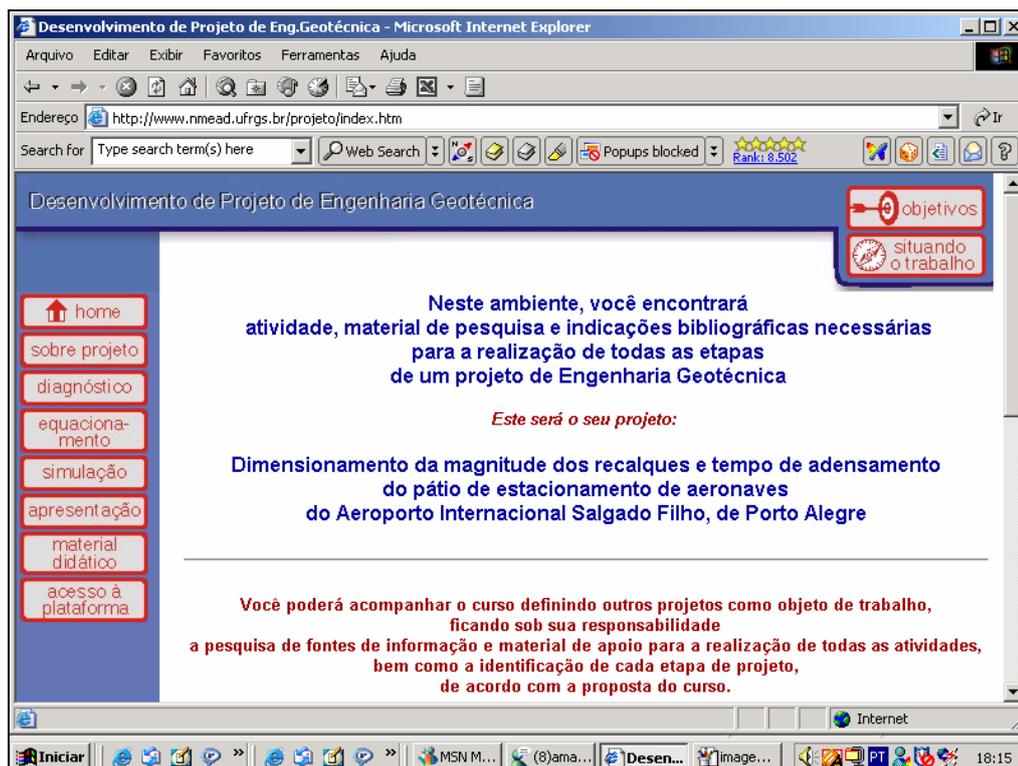


Figura 29 – Interface do ambiente de navegação através do roteiro didático, a partir das ações desenvolvidas para as três grandes etapas de “Diagnóstico”, “Equacionamento” “Simulação” (síntese) e “Apresentação final do projeto”. Disponível em <http://www.nmead.ufrgs.br/projeto>

Do ponto de vista da metodologia científica subjacente ao projeto, cabe-se resumidamente descrever o que seriam, nesse caso, os principais passos do raciocínio metodológico, que supostamente deveriam ser realizados pelos alunos.

*A - compreensão do fenômeno geral e das limitações do projeto:* - um determinado solo (cujo tipo, características, propriedades, previsão de comportamento ainda eram desconhecidas no início) deveria ser preparado para receber aeronaves (cargas fixas da camada de pavimento, mais as cargas acidentais das aeronaves), com estabilidade (não poderia recalcar pela ação dessa carga ou pela característica do comportamento do próprio terreno ou de sua condição geográfica/meteorológica), em um determinado tempo, com determinado custo.

*B – decomposição desse fenômeno geral em seus componentes – tipo e comportamento do solo (ensaios de campo e de laboratório que revelam as características dos*

materiais com maior ou menor precisão), magnitude dos recalques previstos para este tipo de solo, coeficientes de adensamento e potencial de ruptura, relacionados com o tempo, fenômenos naturais previstos para a região, etc.

*C – relação analítica entre as partes* – como essas variáveis se inter-relacionam, a partir de suposições que vão encaminhar o projeto (o design proposto) propriamente dito, ou as hipóteses de soluções, com base matemática (o cálculo da magnitude dos recalques, relacionada com o tempo previsto para a duração da obra) que deverão constituir as premissas do projeto.

*D – a verificação das hipóteses* (ou premissas do projeto, que foram delineadas para atender as limitações definidas em A), através de cálculos e simulações. Se a solução proposta atende às limitações técnicas, de tempo, custo, etc., o projeto estará concluído. Se não atenderem, o processo recomeça, possivelmente em C.

Todas essas etapas, sintetizadas no mapa conceitual abaixo, especificamente para a área de Engenharia Geotécnica, estão contempladas na organização do curso, que será descrita a seguir.

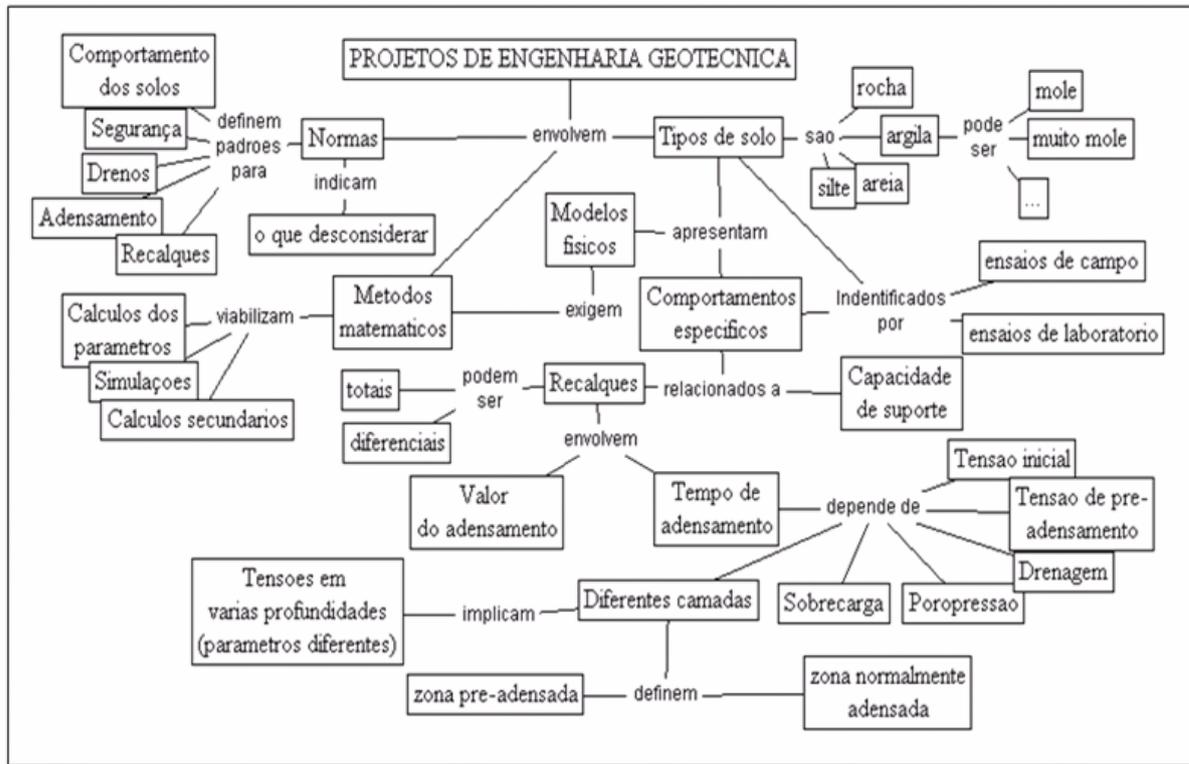


Figura 30 – Mapa conceitual representando todos os passos relativos aos projetos de Engenharia Geotécnica

### 5.2.1 Descrição do curso: ações relacionadas à reflexão sobre os projetos e a Engenharia em geral

Pretendeu-se apresentar no curso à distância uma introdução ao tema de projeto, atendendo à natureza didática do trabalho, não apenas em relação ao conteúdo de Engenharia Geotécnica, mas em relação à própria natureza cognitiva dos projetos. Esses temas, entretanto, não foram objeto de avaliação, mas de discussões e troca de idéias durante os chats, entre os

alunos e com o professor. No Quadro 1, apresenta-se o planejamento dessa parte do curso, com as respectivas relações com o conjunto das formulações conceituais feitas na tese.<sup>123</sup>

<b>Ação proposta</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à identidade do engenheiro</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à formação do engenheiro</b>	<b>Operações cognitivas, raciocínios, atitudes, posturas, comportamentos profissionais</b>	<b>Observações</b>
<b>- Leitura de quatro textos (versões resumidas de material constante nesta tese):</b>				
<i>- O projeto como atividade estruturadora da cognição do engenheiro</i>	- Refletir sobre a identidade cultural e profissional do engenheiro (todos os textos)	Geral: motivação dos alunos para iniciar o curso e para refletirem sobre a importância dos projetos, na prática profissional, supondo-se que iriam discutir os textos entre si e, se desejassem, com o professor	- atenção - compreensão de linguagem escrita - tomada de consciência de conhecimentos prévios sobre os temas propostos - antecipação do tipo de esforço que será realizado	Este material foi pensado também para introduzir o assunto, no caso de um curso para professores de Engenharia. Serviria, nesse caso, para uma discussão sobre a função didático-pedagógica dos projetos, suas características e sua potencialidade como recurso de formação do pensar

<sup>123</sup> Utilizou-se a forma de um quadro buscando-se inter-relacionar visualmente os itens, o que de certa forma é uma espécie de consequência do hábito de leitura não-linear. Se, porventura, em algum momento se realizar uma versão multimídia desta tese, esta apresentação do planejamento poderá ser transformada em hipertexto.

<p>- <i>Limitações da realidade, representações, tomada de decisões e criatividade</i></p>		<p>- Refletir sobre as características dos projetos de Engenharia, em relação à profissão, a partir de bibliografia não usual nos cursos da área.</p>		<p>e do fazer dos engenheiros.<sup>124</sup></p>
<p>- <i>Buscando definir etapas para a realização de projeto</i></p>		<p>Identificar possíveis etapas de realização de projeto, antecipando o tipo de atividade de cada uma delas.</p>		
<p>- <i>Características dos projetos da área de Engenharia Geotécnica: riscos técnicos e legais, informações sobre o solo</i></p>		<p>- Identificar características dos projetos de Engenharia Geotécnica</p>		

Quadro 1 – Planejamento da ação de leitura de textos sobre projetos de Engenharia

<sup>124</sup> Já existe em desenvolvimento, como *subproduto* desta tese, um protótipo de ambiente para Ensino de Engenharia, Teoria e Prática, visando a implantação de um curso à distância para formação de professores desta área, disponível em <http://www.nmead.ufrgs.br/ensinodeengenharia/>.

## 5.2.2 Ações relacionadas à etapa de Diagnóstico

Conforme identificado na figura 31, foram desenvolvidas quatro ações para compor a etapa de diagnóstico do projeto, sendo que, ao contrário do software MULTIMISE, onde cada fonte de pesquisa era relacionada a uma ação de consulta específica, a ação de pesquisa foi considerada uma única atividade. A figura também identifica a janela de objetivos gerais da etapa de diagnóstico (cada ação teve seu próprio objetivo especificado ao aluno).

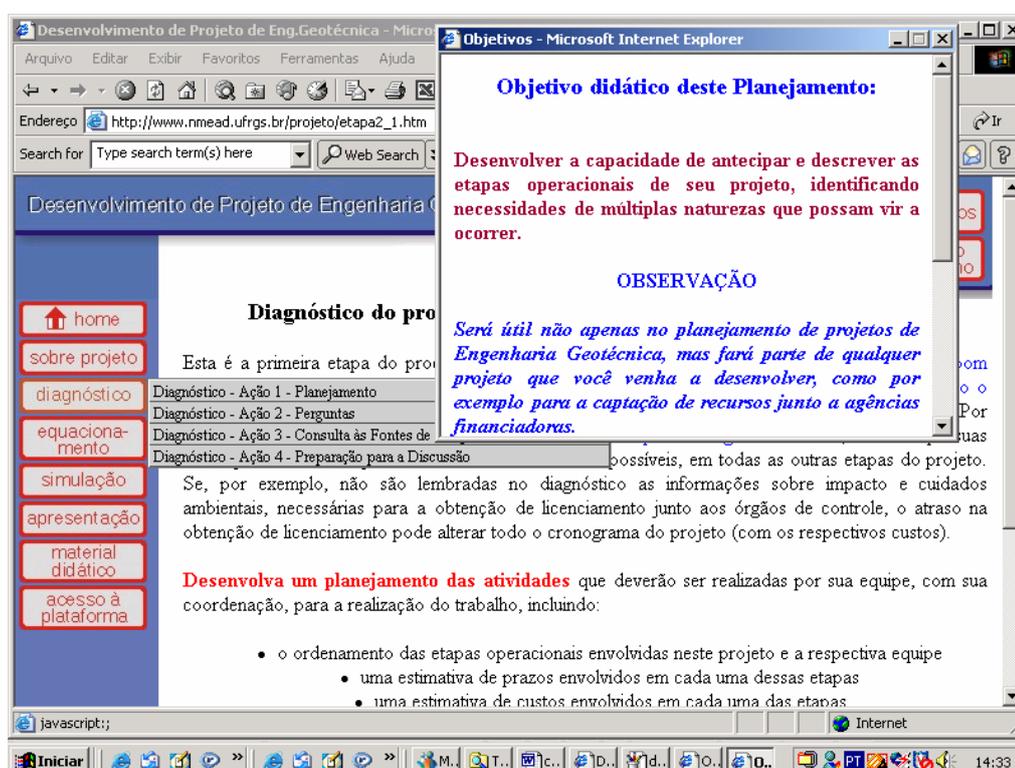


Figura 31 – Interface de acesso à escolha de ações relacionadas à etapa de diagnóstico do problema principal do projeto. Os objetivos e observações foram disponibilizados através de pop-ups, a critério do acionamento do aluno

As ações definidas envolvem outras ações subseqüentes, como por exemplo *executar* algo e *enviar* ao sistema, com seus respectivos objetivos identificados, como se pode ver nos quadros de planejamento, apresentados abaixo, um para cada ação.

<b>Ação proposta</b>  <b>Ação 1:</b>  <b>Planejamento</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à identidade do engenheiro</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à formação do engenheiro</b>	<b>Operações cognitivas, raciocínios, atitudes, posturas, comportamentos profissionais</b>	<b>Observações</b>
<p>Desenvolva o planejamento das atividades que deverão ser realizadas por sua equipe, com sua coordenação, para a realização do trabalho, incluindo:</p> <p>- ordenamento das etapas operacionais envolvidas neste projeto e a respectiva equipe</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iniciativa (motivação pelo problema prático)</li> <li>- curiosidade</li> <li>- aceitação do desafio do projeto</li> <li>- exercício de representação mental tri-dimensional do principal problema do projeto e as componentes que interferem sobre ele</li> </ul>	<p>Desenvolver a capacidade de antecipar e descrever as etapas operacionais de projeto, identificando necessidades de múltiplas naturezas que possam vir a ocorrer.</p> <p>- identificação de sub-problemas no conjunto do projeto</p> <p>- Identificação de necessidades de instrumentos (teóricos, práticos, tecnológicos) que</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- capacidade de observação</li> <li>- abstração para relacionar (simbolizar) o objetivo prático do projeto à sua representação (planilha de planejamento)</li> <li>- lançamento de hipóteses sobre possíveis situações práticas, legais e ambientais decorrentes do projeto</li> <li>- organização mental (classificação de</li> </ul>	<p>A atividade de planejamento será útil não apenas no planejamento de projetos de Engenharia Geotécnica, mas fará parte de qualquer projeto que o aluno venha a desenvolver, como por exemplo para a captação de recursos junto a agências financiadoras.</p>

<p>- estimativa de prazos envolvidos em cada uma das etapas</p> <p>- estimativa de custos envolvidos em cada uma das etapas</p>		<p>serão necessários para a execução do projeto;</p> <p>- Identificação da necessidade do trabalho em equipe e sua exigência prática, de divisão de atribuições</p> <p>- exercício de gestão</p> <p>- complementa formação convencional, na qual custos e prazos não são colocados como uma prioridade</p>	<p>temas diversos) para identificar cadeia complexa e dinâmica de eventos relacionados ao projeto</p> <p>- percepção dinâmica das partes e do todo, no tempo e no espaço</p> <p>- capacidade prática de organização e planejamento de pessoal, e custos e prazos de cada etapa do trabalho;</p> <p>- tomada de consciência sobre conhecimentos prévios sobre o tema do projeto;</p> <p>- tomada de consciência sobre objetivos de curto, médio e longo prazo a serem</p>	
---	--	--	--	--

			equacionados no trabalho	
Envie seu planejamento ao ambiente do curso, na forma de uma planilha integrando atividades, custos e prazos.		<p>A planilha foi planejada para funcionar como objeto de comparação com colegas e com a evolução do próprio aluno, ao longo do trabalho;</p> <p>E também como uma das estratégias previstas dentro do modelo <i>e-learning-by-doing</i>, uma vez que o aluno poderá errar (dimensionar custos e prazos de maneira inadequada), necessitando retornar sobre seu próprio aprendizado. No caso, a compreensão do trabalho</p>	- tomada de consciência sobre seu aprendizado	A atividade foi prevista para que o aluno retornasse ao planejamento ao longo de todo o trabalho, para monitorar prazos, custos e atividades previstas para a equipe.

		inadequado poderia se dar durante a comparação com uma planilha feita pelo professor.		
--	--	---	--	--

Quadro 2 – Planejamento da primeira ação da etapa de diagnóstico (ação de planejamento)

<b>Ação proposta</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à identidade do engenheiro</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à formação do engenheiro</b>	<b>Operações cognitivas, raciocínios, atitudes, posturas, comportamentos profissionais</b>	<b>Observações</b>
<b>Ação 2:</b> <b>Identificação das condições de contorno / formulação de questões sobre o projeto:</b>				
Com base no seu planejamento, defina com sua equipe as atividades de coleta de informação sobre todos os condicionantes que vão interferir no projeto e na obra. Isso inclui informações gerais, relacionadas às	O engenheiro é metódico na análise de problemas complexos, de múltiplas variáveis, compreendendo tudo o que se relaciona ao projeto. Apesar de considerar-se como uma característica individual, deve	Organizar as informações que deverá buscar no material de pesquisa, antecipando um relatório detalhado sobre cada um dos condicionantes de seu projeto.  O aluno estará exercitando a produção de documentos que	- disciplina mental: capacidade de classificação dos temas, para entender os sub-problemas que constituem o grande objetivo;  - percepção dinâmica das partes e do todo, para antecipar	- Um conjunto organizado de perguntas, será útil no futuro para constituir, por exemplo, um modelo de check-list de itens, aos quais poderá retornar ao longo do desenvolvimento do projeto, relacionando-o com a planilha

<p>questões legais, ambientais, sociais e econômicas, bem como informações técnicas sobre o comportamento do solo.</p>	<p>ser exercitada como parte da formação do engenheiro.</p>	<p>vão constituir a memória do projeto, ao qual poderão recorrer em etapas posteriores;</p>	<p>cadeia de eventos;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- consciência de seu conhecimento prévio e do que precisa pesquisar, sobre os temas do projeto, incluindo fontes de pesquisa sobre normas técnicas, questões jurídicas associadas ao projeto, etc.</li> </ul>	<p>de planejamento e atualizando a capacidade de montar orçamentos.</p>
<p>Formule as questões que faria, por exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ao contratante;</li> <li>- ao poder público responsável pela obra;</li> <li>- a eventuais prestadores de serviço.</li> <li>- E aquelas questões que eventualmente poderiam ser respondidas</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Na prática, esta etapa do projeto se constitui de muitas reuniões, com contratante, equipe, fornecedores de serviços terceirizados e outras fontes</li> <li>- consciência que</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- capacidade de inter-relação com fontes e com a equipe: pessoas e (sociabilidade, gestão); textos escritos (abstração e compreensão da linguagem oral com precisão);</li> <li>- identificação da informação precisa e realmente necessária, que deve ser localizada.</li> <li>- capacidade de</li> </ul>	<p>O aluno recebeu como lembrete as seguintes observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- você precisa saber quem da equipe vai responder cada questão</li> <li>- você precisa saber onde/com quem encontrar respostas confiáveis</li> </ul> <p>Em Geotecnia, nem sempre existe informação</p>

<p>através de consulta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- a bancos de dados de uma instituição da área de geografia e estatística;</li> <li>- a bancos de casos de sua empresa ou de outra, que já tivesse realizado obras na região;</li> <li>- às normas técnicas relativas ao projeto</li> </ul>		<p>o processo de busca de informações, em si, é uma parte do custo, do tempo e do risco associado ao projeto</p>	<p>avaliação da credibilidade da informação;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- capacidade de escolher entre múltiplas informações, aquela que representa um fator a levar em consideração para fazer escolhas</li> <li>- capacidade de defender as razões de suas escolhas</li> <li>- expressão objetiva e precisa das suas necessidades de informação</li> </ul>	<p>disponível sobre o solo.</p> <p>Se existir, nem sempre será confiável.</p> <p>Se existir e for confiável, nem sempre será suficiente.</p> <p>E se for suficiente, nem sempre será economicamente viável.</p> <p>Portanto: certifique-se de quais são exatamente as informações realmente necessárias a seu projeto.</p>
<p>Envie a sua lista de questões ao ambiente do curso.</p>		<p>Novamente aqui se supõe que o aluno terá condições de avaliar sua lista de perguntas, pela comparação</p>		

		<p>com a dos colegas e, na continuidade do trabalho, pelo uso que terá de fazer das informações que decidiu previamente.</p> <p>Nesse processo, estará refazendo seus próprios processos de consolidação de memória (aprendizado)</p>		
--	--	---	--	--

Quadro 3 – Planejamento da segunda ação da etapa de diagnóstico (identificação das condições / formulação de questões)

<b>Ação proposta</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à identidade do engenheiro</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à formação do engenheiro</b>	<b>Operações cognitivas, raciocínios, atitudes, posturas, comportamentos profissionais</b>	<b>Observações</b>
<p><b>Ação 3:</b></p> <p><b>Consulta às fontes de pesquisa</b></p> <p>- Procure responder a todas as suas próprias perguntas, antes de passar a próxima etapa.</p>	<p>- Acionamento da curiosidade dirigida à utilidade</p> <p>- acionamento</p>	<p>- Uso da cultura de engenharia para buscar informações disponibilizadas na literatura e outras fontes.</p>	<p>- Autonomia para buscar, sem auxílio do professor, informações em múltiplas fontes</p> <p>- disciplina</p>	<p>O aluno é direcionado ao materiais de pesquisa. O ambiente contém vídeos, lâminas estáticas e</p>

<p>- Organize claramente o diagnóstico técnico do seu projeto</p> <p>- Identifique as necessidades do seu planejamento relacionadas a:</p> <p>- Equipe;</p> <p>- Tomadas de decisão sobre os ensaios que serão necessários;</p> <p>- Eventuais serviços terceirizados.</p>	<p>da capacidade de abstração e representação mental, para relacionar as informações da pesquisa com o problema prático</p>	<p>- Respostas adequadas ao conjunto de informações formuladas constituem-se nas premissas de projeto, que se não forem corretamente identificadas conduzirão a um projeto inseguro ou anti-econômico.</p> <p>- Se necessário, atualização do planejamento, com o acesso e a correção da planilha de prazos e custos (novamente aqui, um aprendizado a partir da correção de procedimentos anteriores)</p>	<p>mental:</p> <p>consciência de conhecimentos teóricos e práticos prévios, relacionados com o tema</p> <p>- Capacidade de selecionar informações</p> <p>- Atenção: compreensão de informação escrita/áudio-visual, estabelecendo relação com fenômeno tri-dimensional observado na prática do problema</p> <p>- exercício de descartar informações não relevantes</p> <p>- exercício de consulta a bancos de dados, de casos,</p>	<p>áudio-visuais, além de indicações bibliográficas de obras disponíveis na Biblioteca da Escola de Engenharia da UFRGS.</p> <p>O raciocínio empregado será análogo a qualquer outra obra/projeto, no qual o aluno ou o projetista deverão procurar exhaustivamente situar a especificação do problema principal do projeto, no âmbito de todas as suas interfaces de várias naturezas (técnica, econômica, ambiental, etc.).</p>
--	---	--	--	---

			<p>bibliotecas e ambientes virtuais de várias naturezas</p> <p>- classificação dos temas e das respostas encontradas (relação entre informações e necessidades)</p> <p>- organização das informações</p> <p>- escolhas de estratégias de solução do problema (tomada de decisão)</p> <p>- lançamento de hipóteses: identificação de instrumentos teóricos, metodológicos, computacionais e tecnológicos necessários para o equacionamento do projeto</p>	
--	--	--	--	--

Quadro 4 – Planejamento da terceira ação da etapa de diagnóstico (consulta às fontes)

<b>Ação proposta</b>  <b>Ação 4:</b> <b>Preparação</b> <b>para a discussão</b>	<b>Objetivo</b> <b>didático-</b> <b>pedagógico</b> <b>relacionado à</b> <b>identidade do</b> <b>engenheiro</b>	<b>Objetivo</b> <b>didático-</b> <b>pedagógico</b> <b>relacionado à</b> <b>formação do</b> <b>engenheiro</b>	<b>Operações</b> <b>cognitivas,</b> <b>raciocínios,</b> <b>atitudes,</b> <b>posturas,</b> <b>comportamentos</b> <b>profissionais</b>	<b>Observações</b>
<p>Prepare-se para a discussão sobre o diagnóstico, como se fosse uma reunião com o contratante do projeto, na qual estariam presentes outros engenheiros, responsáveis por outras etapas da obra.</p> <p>Certifique-se de que você já tem informações suficientes sobre o projeto</p> <p>Se necessário, recorra novamente ao material de pesquisa e à</p>	<p>- Exercício da capacidade de mediação entre necessidades práticas e soluções técnicas</p>	<p>- Refletir sobre o diagnóstico</p> <p>- Compreender a relação entre os dados e a inter-relação entre todos os condicionantes do projeto e das limitações impostas pelas normas, pela tecnologia disponível e pelos custos associados</p> <p>- Exercício da capacidade de comunicação e participação de discussões técnicas de alto</p>	<p>- Tomada de consciência da complexidade e da relevância das informações que colheu.</p> <p>- percepção dinâmica do problema e de suas especificações</p> <p>- organização de informações para apresentação (capacidade de representação)</p> <p>- capacidade de expressão de seu conhecimento</p>	<p>A simulação desta reunião será a pauta o primeiro Chat, cujo horário estará informado no item Agenda da plataforma</p> <p>Durante esta reunião, o aluno será solicitado a justificar e debater suas decisões, entre as quais estará sua planilha de</p>

revisão de conteúdos.		<p>nível, com uma equipe qualificada e exigente (inclusive integrada por possíveis concorrentes profissionais):</p> <p>Exercitar habilidade de comunicação através do ambiente virtual, com suas dificuldades específicas relacionadas à interface escrita, aos tempos de comunicação e à ausência do interlocutor, o que dificulta a contextualização das relações humanas e, em consequência, a compreensão dos conceitos.</p>		planejamento de atividades, custos e prazos
-----------------------	--	--	--	---

Quadro 5 – Planejamento da quarta ação da etapa de diagnóstico (preparação para discussão)

### 5.2.3 Ações relacionadas à etapa de Modelamento Físico e Equacionamento

#### Matemático/Revisão do Diagnóstico

A próxima etapa, como já se descreveu, é destinada a acompanhar o aluno na atividade de *traduzir o diagnóstico em ferramentas de Engenharia*, através de modelos matemáticos para trabalhar com indicadores de natureza empírica, a partir de dados obtidos na pesquisa bibliográfica e em laboratórios, onde, no caso da Engenharia Geotécnica, são feitos os ensaios que vão identificar as características técnicas do comportamento previsto para o tipo de solo encontrado. É nesta etapa do trabalho que o aluno começará a *exercitar o conhecimento específico de Engenharia*, conferindo as informações que colheu, a partir de conhecimento teórico sobre os parâmetros envolvidos no projeto (no caso, características e propriedades dos solos; as cargas previstas no pátio de estacionamento de aeronaves; o recalque do solo a partir da ação das cargas, em relação ao tempo de uso; as soluções de aceleração dos tempos de estabilização do solo, entre outros.) e os modelos matemáticos usados para equacionar (relacionar de forma operacional e precisa) estas variáveis, no sentido de oferecer uma solução para o tempo de adensamento do solo, compatível com a necessidade da obra.

A primeira ação desta etapa, representada a seguir, foi prevista para fazer um balanço da primeira etapa, viabilizando que os alunos tomassem consciência do que haviam produzido até aquele momento, durante a etapa do diagnóstico. Além disso, serve para reforçar a idéia de que as etapas não significam, na prática, uma separação impermeável entre a natureza das atividades envolvidas em cada uma, porque, evidentemente, se trata de um encadeamento lógico de necessidades que vão se sucedendo, do diagnóstico à solução.

<b>Ação proposta</b>  <b>Ação número 1:</b> <b>Revisão do</b> <b>Diagnóstico</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à identidade do engenheiro</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à formação do engenheiro</b>	<b>Operações cognitivas, raciocínios, atitudes, posturas, comportamentos profissionais</b>	<b>Observações</b>
<p>Compare uma relação de perguntas com a relação que enviou ao ambiente do curso.</p> <p>Coordene sua equipe para obter as informações que ainda precisa para responder às questões de diagnóstico</p> <p>- Compare os valores obtidos no seu cálculo com as informações que constam no material de pesquisa</p> <p>- Compare as</p>	<p>Supõe-se que nesse ponto diferencia-se, em definitivo, o engenheiro <i>prático do cientista da Engenharia</i>, que será levado, pela formação, a usar da metodologia científica e dos recursos do conhecimento estruturado para equacionar, de forma diferenciada, os problemas, através da Ciência da Engenharia</p>	<p>As questões propostas são de conteúdo técnico sobre os dados do diagnóstico, problemas possíveis, relativos a normas e legislação, encaminhando a questão de parâmetros do projeto e a resultados oferecidos pela bibliografia sobre esses parâmetros.</p>	<p>- acesso a conhecimentos estruturados (teóricos, técnicos e normatizados)</p> <p>- capacidade de disciplina mental (método científico) para observar o problema prático, abstraí-lo e representá-lo física e matematicamente, lançar hipóteses e começar a operar com as variáveis do problema.</p> <p>- Operações mentais puramente mecânicas (cálculo), para</p>	<p>A ação é uma continuidade da preparação para a discussão e será formulada na forma de um conjunto de questões que precisam ser respondidas a partir do diagnóstico que foi feito pelos alunos (identificado como o coordenador do projeto, que responderá pela equipe, na reunião com o contratante).</p>

<p>atividades realizadas até agora, por toda a equipe, e seus custos, com a sua planilha de planejamento.</p> <p>- Atualize seu planejamento antes de seguir adiante.</p> <p>- Se necessário, recorra novamente ao material de pesquisa e à revisão de conteúdos.</p>		<p>Nesse ponto, se propõe especificamente que o aluno avalie o trabalho que realizou anteriormente, comparando com as questões postas no ambiente (pode descobrir erros ou raciocínios incompletos, podendo refazer atividades)</p> <p>Solicita a justificativa – para o contratante - de um novo procedimento de sondagem, com base nesses dados.</p>	<p>representar e operar com símbolos da realidade prática</p> <p>- Auto-avaliação (consciência crítica do trabalho realizado – validação de informações com base em conhecimento estruturado</p> <p>- Tomada de decisão sobre a necessidade de obter mais dados</p> <p>- Capacidade de expressão</p>	
---	--	--	--	--

<b>Ação proposta</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à identidade do engenheiro</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à formação do engenheiro</b>	<b>Operações cognitivas, raciocínios, atitudes, posturas, comportamentos profissionais</b>	<b>Observações</b>
<p>Ação número 2: Cálculo de magnitude e tempo de recalques</p>				<p>No prazo final para a realização desta etapa, haverá uma nova reunião com o contratante (Chat)</p>
<p>Estude (revise) os conceitos da Teoria do Adensamento.</p> <p>Você deve ser capaz de responder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual o significado físico da aplicação da Teoria do Adensamento ao pátio de estacionamento de aeronaves do Aeroporto Salgado Filho?</li> <li>• Em um nível avançado é possível modelar fluxo bi/tri dimensional?</li> </ul>	<p>Novamente aqui, pode estar sendo forjada a identidade do engenheiro-cientista, através do estímulo ao recurso de modelos de representação da realidade validados cientificamente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar por si mesmo conteúdos teóricos indispensáveis à solução do problema</li> <li>- Identificar e solucionar conjuntos de subproblemas que integram o processo de elaboração do objetivo final de um projeto.</li> <li>- Formular hipóteses sobre o comportamento de variáveis relacionadas ao projeto</li> <li>- Dominar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autonomia para a revisão de conteúdos teóricos</li> <li>- categorizações</li> <li>- generalizações</li> <li>- capacidade de análise e operação com dados múltiplos, complexos, dinâmicos</li> <li>- Relação de conceitos teóricos à observação das necessidades práticas</li> <li>- operações</li> </ul>	

<p>Quais as hipóteses da Teoria do Adensamento que correspondem a estas condições?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual a representação física destes cálculos?</li> <li>• Qual sua aplicabilidade ao projeto do Aeroporto?</li> </ul>		<p>metodologias de cálculo relacionadas ao projeto (no caso, a teoria de adensamento)</p>	<p>mentais puramente mecânicas (algoritmos, metodologias de cálculo)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abstração e representação computacional e da tri-dimensionalidade</li> <li>- operação computacional simbólica com dados da realidade empírica</li> <li>- Uso de conceitos teóricos para resolver questões concretas, ligadas ao projeto do Aeroporto</li> <li>- Tomada de decisões, escolhas</li> </ul>	
---	--	---	---	--

Quadro 7 – Planejamento da segunda ação da etapa de modelamento físico e equacionamento matemático (Cálculo de magnitude e tempo de recalques)

### 5.2.4 Ações relacionadas à etapa de síntese (operação, análise e simulação com parâmetros)

Esta etapa, como já foi referido, é uma espécie de síntese de todo o trabalho do projeto, porque implica em tomada de decisão sobre a melhor solução, com base em todos os dados que foram coletados e equacionados anteriormente. O aluno precisará dominar todos os conceitos teóricos e práticos envolvidos no projeto, integrados e bem compreendidos em todas as suas implicações, para processar a etapa de cálculos, ou simulações, operando sobre as incertezas que fazem parte do equacionamento dessas variáveis.

<b>Ação proposta</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à identidade do engenheiro</b>	<b>Objetivo didático-pedagógico relacionado à formação do engenheiro</b>	<b>Operações cognitivas, raciocínios, atitudes, posturas, comportamentos profissionais</b>	<b>Observações</b>
<p>Ação número 1: Simulações / raciocínio sobre incertezas</p> <p>Utilize as planilhas de simulação:</p> <p>Calcule a magnitude dos recalques da área de estacionamento de aeronaves.</p>	<p>Criatividade voltada para a utilidade (escolha de opções mais viáveis, a partir da simulação). Característica individual pode e deve ser identificada e valorizada na</p>	<p>- Exercitar a atividade de simulação, cuja natureza está associada à prática de Engenharia de qualquer tempo, de qualquer cultura.</p> <p>- Compreender e dominar os</p>	<p>- Abstração e operação com símbolos representando realidades de fenômenos reais, complexas, tri-dimensionais (cadeia de eventos, causalidade)</p> <p>- Atenção,</p>	<p>Foram desenvolvidas planilhas de simulação de magnitudes de recalques e de grau de adensamento, pelo doutorando Diego Nacci, da Engenharia Civil</p>

<p>Defina os parâmetros que condicionam o cálculo.</p> <p>Identifique quais as principais incertezas associadas às suas previsões.</p> <p>Calcule o tempo de recalque para a mesma área.</p> <p>Defina as fontes de incerteza associadas às previsões</p>	<p>formação da identidade profissional.</p>	<p>cálculos mais complexos associados a fluxo bi e tridimensional.</p> <p>Relacionar a sua compreensão física do problema aos conteúdos teóricos da Teoria de Adensamento.</p> <p>- Compreender as fontes de incerteza do projeto e, em consequência, a natureza do risco associada aos projetos de Geotecnia.</p> <p>- Gestão (de equipe, das informações do projeto, de relação com o contratante, de prazos, custos, etc.), como produção de informações para</p>	<p>observação, lançamento de hipóteses, validação de resultados a partir da observação empírica e do conhecimento estruturado (normas, casos, etc.).</p> <p>- Flexibilidade para exercitar possibilidades (criatividade)</p> <p>- Operações mentais puramente mecânicas (cálculo), relacionadas a operações concretas</p> <p>- Operação sobre incerteza (compreensão e tomada de decisões sobre probabilidades)</p>	<p>Como elemento de auto-avaliação, da mesma forma que na revisão do diagnóstico, serão propostas perguntas que precisam ser respondidas pelo projetista, com as informações da simulação:</p> <p>- Ao final desta etapa, deverá ocorrer a reunião final com o contratante (Chat), antes da apresentação geral e defesa do projeto (pauta do último Chat do curso).</p>
---	---	--	---	---

		a simulação e a escolha.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicação de conhecimentos teóricos à realidade prática.</li> <li>- Comparação de resultados numéricos com resultados previstos em conhecimento estruturado (normas, bibliografia, etc.)</li> </ul>	
--	--	--------------------------	--	--

Quadro 8 – Planejamento das ações da etapa de síntese (simulações)

### 5.2.5 Ações relacionadas à etapa de apresentação final do projeto

Nesta etapa, o aluno será direcionado à organizando das informações que processou até o momento, visando a apresentação do seu projeto, ao contratante (o que foi previsto para um terceiro e último Chat). O aluno deve estar preparado para defender suas escolhas, junto ao contratante, documentando suas descrições e os resultados obtidos ao longo do trabalho. Vale uma observação de que, no caso da Engenharia Geotécnica, o projeto se constitui em um conjunto de especificações sobre o comportamento esperado, a partir da solução sugerida.

Ação proposta	Objetivo didático-pedagógico relacionado à identidade do engenheiro	Objetivo didático-pedagógico relacionado à formação do engenheiro	Operações cognitivas, raciocínios, atitudes, posturas, comportamentos profissionais	Observações
<p><b>Ação número 1: Organização, defesa e conscientização do aprendizado</b></p> <p>- Reúna sua equipe e avalie o cumprimento de atividades, prazos e uso de recursos</p> <p>-Defina e justifique as recomendações que serão repassadas ao cliente para o acompanhamento da obra</p> <p>- Reúna e organize a informação relativa ao projeto</p> <p>- Defina os elementos que serão apresentados ao contratante, para</p>	<p>- Supondo-se que seja real uma característica atribuída (pelo estereótipo cultural) de dificuldade de expressão escrita e oral, característica dos engenheiros, esta fase permite estimular e desenvolver esta habilidade, que será necessária ao exercício profissional</p>	<p>- Gestão (de equipe, prazos, etc.)</p> <p>- Exercício de Comunicabilidade</p> <p>- A atividade completa o raciocínio teórico e prático que está contido na realização de um projeto completo, através da apresentação e discussão (inclusive em ambiente virtual) de seu produto final</p> <p>(ver a coluna <i>observações</i>,</p>	<p>- Tomada de decisão</p> <p>- Tomada de consciência dos riscos associados ao projeto</p> <p>- Tomada de consciência a respeito de capacidade de cumprimento de atividades planejadas, incluindo custos e prazos</p> <p>- Capacidade de organização e comunicação de informações</p> <p>(ver a coluna <i>observações</i>,</p>	<p><b>A ser informado ao aluno, nesta etapa:</b></p> <p>Objetivos didáticos, habilidades, atitudes e operações cognitivas possivelmente atingidos <u>no conjunto do trabalho efetuado</u></p> <p>- Observar uma atividade complexa, na qual você simulou quase todas as habilidades e operações cognitivas de natureza semelhante àquelas que vai</p>

<p>apoiar sua apresentação, incluindo planilhas, gráficos e lâminas</p> <p>- Integre todos os elementos em um relatório que será enviado ao ambiente do curso</p> <p>- Revise e atualize a planilha de planejamento, incluindo estimativas de custos e prazos.</p> <p>- Envie seu projeto para a plataforma do curso</p> <p>- Apresente e discuta seu projeto ao grupo (esta será a pauta do último chat, no horário indicado na</p>		nesta tabela)	nesta tabela)	<p>realizar na vida profissional, incluindo, entre outras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizado autônomo</li> <li>• Trabalho em equipe</li> <li>• Percepção de questões complexas</li> <li>• Formulação de problemas complexos</li> <li>• Noções de gestão de projetos</li> <li>• Exercício de comunicabilidade e do uso de ferramentas da tecnologia educacional virtual</li> <li>• Raciocínio abstrato</li> <li>• Aplicação de estratégias de</li> </ul>
--	--	---------------	---------------	--

<p>agenda)</p> <p>Ver textos "Sobre projeto" para avaliar o quanto mudou - ou não - sua percepção sobre a atividade de elaboração de projeto. E, por favor, não esqueça de deixar sua avaliação sobre o curso, no "Forum" da plataforma:</p>		<p>- Compreensão da natureza dos projetos de Engenharia, em relação ao conjunto da profissão.</p> <p>- Elementos para a discussão da identidade dos engenheiros</p>	<p>- Possibilidade de estruturação de memória de longa duração pela integração de conteúdos teóricos e práticos, com vivências e troca de experiências cognitivas e afetivas, no contexto do curso e da realização do projeto (se tentará apontar para uma informação nesse sentido)</p>	<p>Engenharia para a solução de problemas e sub-problemas - metodologia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Representação físico-matemática de problemas complexos da realidade</li> <li>• Formulação de hipóteses sobre conjuntos de informações e em redes complexas de tomadas de decisão</li> <li>• Domínio de metodologias de cálculo</li> </ul>
--	--	---	--	--

Quadro 9 – Planejamento das ações da etapa de apresentação final do projeto

### 5.3 IMPLANTAÇÃO DE EXPERIÊNCIA-PILOTO: ANÁLISES, AVALIAÇÕES, RESULTADOS

A experiência-piloto de implantação do Curso à Distância de Desenvolvimento de Projeto de Engenharia Geotécnica ocorreu como atividade prática de uma disciplina do mestrado em Engenharia Civil, realizada em caráter especial pelo prof. Schnaid<sup>125</sup>. A atividade prática seria exatamente a realização de projeto e foi feita, portanto, totalmente à distância. Além da navegação através do roteiro didático previsto no modelo *e-learning-by-doing* e das fontes de pesquisa em múltiplas mídias, já descritos,<sup>126</sup> o curso contou com a tutoria do doutorando em Engenharia Civil Diego Nacci (esteve disponível, para atendimento presencial, em horários variados, mediante solicitação dos alunos) e a observação-participação da mestrandia Diana Azambuja e do doutorando em Informática na Educação Raymundo Carlos Ferreira Filho (este último também esteve disponível para atividades de tutoria on-line, pouco utilizada pelos alunos).

Por ter sido organizado fora da grade normal de disciplinas do mestrado, o curso contou com apenas três alunos matriculados. Esta situação caracteriza uma amostra pequena, como coleta de resultados e produção estatística da validade do ambiente, o que não foi considerado obstáculo porque a validação estatística não havia sido definida como objetivo do trabalho. O grande prejuízo desse fato foi não ter sido possível simular a formação de equipes, no desenvolvimento do projeto, o que levou os alunos a apenas trabalharem com uma suposição de quantos integrantes seriam necessários, na equipe do projeto, ficando com o ônus de realizarem sozinhos todas as etapas. Por outro lado, o reduzido número de alunos

---

<sup>125</sup> A disciplina (Investigação Geotécnica) ocorreu de maneira concentrada, em três semanas, durante uma breve estadia do prof. Schnaid no Brasil, em agosto de 2004.

<sup>126</sup> Descrição do modelo: item 2.3.3. Descrição das mídias: capítulo 5.

possibilitou um acompanhamento quase que individual do desenvolvimento de cada um, e a observação do amadurecimento ocorrido. Ressalte-se também como vantagem o fato de que os três alunos tiveram oportunidade de debater entre si o trabalho, durante todo o curso, tanto nas atividades formais (Chat), quanto em situações informais, de pesquisa às fontes e de acesso ao tutor. Esta situação foi relatada por eles como muito rica em termos de possibilidade de aprendizado compartilhado.

Segue-se, portanto, uma avaliação qualitativa da experiência-piloto, em termos dos objetivos da tese<sup>127</sup> e do próprio curso à distância<sup>128</sup>, buscando-se exemplificar as situações apontadas principalmente a partir da observação das comunicações (chats) realizadas pelo grupo, com ou sem a presença do professor, que foram observadas e gravadas (com a concordância dos alunos, manifestada pessoalmente e através de e-mails)<sup>129</sup>. Também será utilizado material dos trabalhos enviados pelos alunos ao ambiente virtual<sup>130</sup> e de um questionário de avaliação proposto aos alunos e aos observadores, composto de questões:

- quantitativas - notas de 1 a 10 para avaliar o modelo do e as características do curso, em relação às necessidades do ensino de Engenharia;

- objetivas - sim/não/escolha entre itens relacionados à percepção sobre condições de aprendizagem e participação;

---

<sup>127</sup> Ver item 1.3 sobre os objetivos da tese.

<sup>128</sup> Ver item 5.2, sobre os objetivos definidos para o curso à distância.

<sup>129</sup> Erros de digitação, alterações e outras imprecisões características da linguagem dos chats, serão corrigidas na tese, para evitar dispersão do entendimento.

<sup>130</sup> Todos os trabalhos dos alunos e todas as gravações dos chats encontram-se disponível (para os examinadores) na plataforma Claroline, em <http://www.ead.feeng.ufrgs.br> (opção cursos do item “Ensino de ciência e tecnologia”, curso “Desenvolvimento de projeto de Engenharia Geotécnica”). Todos os exemplos tirados de chat e de trabalhos de alunos estão acessíveis nesse local (as referências das fontes de exemplo farão alusão a esta nota). Após a defesa da tese, o material não ficará mais disponível, para evitar a identificação dos alunos.

- opinativas/dissertativas - impressões pessoais sobre cada ponto da avaliação, críticas e sugestões.

As respostas desses questionários estarão integradas na avaliação qualitativa<sup>131</sup>, tanto em termos de uma análise geral quanto de exemplos que serão usados para aprofundar questões consideradas relevantes para a compreensão dos resultados. Um balanço geral da avaliação da experiência, com a identificação de pontos importantes e de aquisição de conteúdo, foi feito com a participação do professor Fernando Schnaid.

A atividade de implantação iniciou no dia 20 de agosto, com um encontro presencial, com a participação do prof. Schnaid e dos tutores com o grupo, para apresentar a idéia do curso à distância e informar os alunos sobre o acesso ao ambiente e às mídias, bem como combinar o horário do primeiro chat (dia 3 de setembro). Ao todo, foram realizados cinco chats (o último foi realizado no dia 20 de outubro), dois a mais do que o previsto, em função de solicitação dos alunos. As sessões de chat duraram cerca de uma hora e meia e tiveram participação intensa de todos os alunos e dos observadores. Outro indicativo geral de excelente participação foi o envio dos trabalhos solicitados: foram enviados à plataforma um total de 18 arquivos contendo textos, planilhas e lâminas (estas últimas destinadas à apresentação final), os quais ficaram disponíveis para acesso compartilhado de professor e alunos. Todos os questionários de avaliação foram entregues, com bom índice de aceitação, na maioria dos itens, alguns dos quais serão descritos ao longo do capítulo.

As análises sobre os resultados do curso, sobre as dificuldades dos alunos, a potencialidade do modelo de ensino à distância e também da atividade didático-pedagógica de realização de projeto, em si, são fruto da aplicação das formulações encontradas na pesquisa

---

<sup>131</sup> Por serem em número pequeno, os questionários preenchidos foram incluídos na tese, no anexo 1, disponível aos examinadores.

bibliográfica dos autores da Engenharia, dos autores que embasaram o referencial teórico, bem como da observação da atividade docente, que, como já foi salientado e descrito também em capítulos anteriores, ocorreu ao longo de três anos, em disciplinas ministradas de forma presencial, com experimentações pedagógicas experimentais (TIMM; SCHNAID; FERREIRA F<sup>o</sup>., 2003b), e com cursos à distância estruturados na forma de apresentação interativa de conteúdos (TIMM; SCHNAID; FERREIRA F<sup>o</sup>., 2003a). Algumas vezes, a relação direta entre essas formulações e as interpretações feitas na avaliação são explícitas, e isso estará descrito. Em outros momentos, entretanto, a observação e a tentativa de interpretação dos resultados da experiência-piloto levaram a reflexões a respeito de pontos que não haviam sido tratados, produzindo um movimento que se considerou – e se retornará a ele – um autêntico aprendizado pela prática da própria construção da pesquisa, que apontou eventuais correções e/ou direções de continuidade do trabalho.

O contexto que viabilizou interpretações e inferências sobre os diálogos dos chats, resposta de questionários ou material de trabalhos dos alunos foi aquele descrito na tese, relacionado à Engenharia científica, às características dos projetos de Engenharia, às análises sobre o perfil do profissional e o ensino dessa área, na cultura contemporânea. Estas descrições serão consideradas *pressupostos cognitivos estratégicos*<sup>132</sup> para que estas interpretações tenham plausibilidade para eventuais leitores do trabalho, identificando contexto, funcionalidade, tipo de linguagem, possíveis suposições a respeito de crenças e formas de pensar dos participantes da experiência. Também se fará referência a conceitos relacionados ao conteúdo do curso à distância (Engenharia Geotécnica e seus conceitos e metodologias de cálculo.

---

<sup>132</sup> O conceito de *pressuposto estratégico* está sendo usado segundo Van Dijk (2000). Refere-se à necessidade de balizar o contexto onde foram feitas as interpretações do discurso (a manifestação dos alunos), a partir da compreensão da cultura em que foi produzido e das estratégias supostamente utilizadas, para viabilizar uma interpretação semântica. O modelo de análise de discurso não foi utilizado na íntegra, razão pela qual não está apresentado em profundidade.

Os primeiros itens da avaliação foram escolhidos em função da análise dos resultados da experiência propriamente dita, apresentando-se, ao final, uma análise relacionada aos objetivos da tese.

### **5.3.1 Ensino à distância na Engenharia: cultura incipiente, importância de modelos adequados, interatividade e tutoria**

Aparentemente, houve uma sensação de insegurança dos alunos, no início do curso, relacionada ao fato de que nunca haviam realizado um curso à distância. A percepção a respeito das dúvidas que cercaram o início do curso foram identificadas pela observadora, nas suas considerações gerais sobre o modelo do curso e a organização: “[...] *achei os alunos muito interessados porém, como ainda não é uma prática rotineira, achei alguns alunos um pouco inseguros [...]*. Esta situação dá conta da pouca disseminação do uso de ensino à distância na cultura educacional da Engenharia. Na verdade, toda a experiência de ensino à distância, para os alunos, era nova, e a insegurança inicial também apareceu em um trecho das observações pessoais, no questionário de avaliação de um deles:

Por ser a primeira vez que participo de um grupo de estudo desta maneira, estava muito receoso quanto ao proveito do conteúdo. Porém, com as atividades concluídas, sinto que as dúvidas que eu tinha com relação ao funcionamento do curso foram sanadas. Os chats foram bastante proveitosos, e digamos, mais proveitosos que talvez algumas horas em sala de aula, apenas ouvindo e não participando!.

Especificamente sobre o uso eficiente do Chat, principal ferramenta de interação do curso à distância, outro aluno manifestou a mesma desconfiança inicial, a qual, segundo dá a

entender, teria sido desfeita ao longo do trabalho<sup>133</sup>: “*Achei muito produtivo; não acreditava que traria resultados*”. O mesmo aluno, em outro item, considerou o curso como um “*ótimo treinamento para a atividade de engenharia*”.

A insegurança inicial dos alunos, como se vê, foi um contexto real, considerado, em termos de análise da experiência, como fruto da situação em si, de curso à distância, que não faz parte, por enquanto, da formação habitual dos engenheiros. Entretanto, não se percebeu que essa insegurança fosse um impedimento, ou sequer um elemento de *desmotivação* para o envolvimento com a atividade proposta. Pelo contrário, a participação dos alunos nos chats e o envio de trabalhos, já referido, indicou uma boa motivação para o desafio, fortalecida – interpretou-se – pelo fato de que havia um contexto de trabalho bem definido, fundamentado em uma idéia clara, com objetivos explicitados, apoiada sobre um conjunto consistente e atraente de materiais de pesquisa reunidos e apresentados de forma acessível. Evidentemente também não pode ser desconsiderado o fato real de que os alunos depositaram confiança no professor, que já conheciam e respeitavam, e que estava estendendo sua credibilidade à nova experiência.

Algumas avaliações fortaleceram a suposição de que o ensino à distância favorece o aprendizado autônomo, o que seria importante na formação dos engenheiros. Uma dessas avaliações especifica que o processo de tomada de decisões viabilizado no curso à distância foi uma boa simulação da prática: “[...] *Se este trabalho tivesse sido proposto convencionalmente (sala de aula) haveria menos tomadas de decisões pessoais e mais consultas ao professor*”. Lamenta, na continuidade da sua observação, a limitação da Internet

---

<sup>133</sup> Talvez seja importante fazer referência ao fato de que o prof. Fernando apresentou uma familiaridade muito grande com o uso do Chat e de sua linguagem, tanto para consolidar uma relação de troca fraterna (antes do início dos temas sempre havia um tempo para conversas informais, sobre temas da atualidade, familiares, etc.), quanto para aproximar os alunos (a cada resposta, referia-se, pelo nome, a quem tinha feito a pergunta, entre outros cuidados desejáveis).

para a resolução de dúvidas através de desenhos<sup>134</sup>, por exemplo, embora saliente que o trabalho desta natureza deveria ser mais aplicado, por ter sido válido para seu aprendizado.

A mestranda observadora considerou a experiência do curso à distância “*extremamente estimulante*”, enumerando várias razões para isso, entre as quais a flexibilidade de horários, o estímulo ao uso educacional da Internet e o auto-didatismo: “[...] *conduz a maturidade em termos de aprendizado*”, porque associa a disciplina necessária à liberdade de escolha do momento para o estudo. Nesse particular, fez referência especial à importância do chat<sup>135</sup>:

A utilização dos chats como ferramenta de ensino é boa e entendi que o objetivo é auxiliar em dúvidas bem específicas, exigindo a prévia dedicação dos alunos nos temas abordados. Nesse sentido, dou nota 10 porque induz os alunos ao auto-didatismo, servindo como experiência para qualquer pesquisa posterior. Difere extremamente de aulas convencionais onde há uma exposição prévia do conteúdo e imediata resolução de dúvidas, o que leva a questionamentos mais superficiais.

Do ponto de vista de avaliação de desempenho, feita pelo professor, em comparação a experiências convencionais de ensino, todos os alunos foram aprovados, com conceito máximo (a disciplina foi fornecida em caráter excepcional, mas valeu créditos no currículo dos alunos). Nesse sentido, a experiência resgata um pouco da reflexão feita no capítulo que avaliou as necessidades do ensino de Engenharia, sobre a importância de desenvolver modelos pedagógicos para cursos presenciais ou à distância que possam dar conta da agregação de tecnologia informatizada, flexibilizar as possibilidades de relação entre o professor e os alunos e entre os alunos e o material de pesquisa, *sem perder de vista a necessidade de acesso a conteúdos extensos, complexos e fortemente estruturados* (SCHNAID; TIMM; ZARO, 2001).

---

<sup>134</sup> É possível planejar o compartilhamento de softwares de desenho e visualização. Esta é uma idéia que pode ser incluída em futuras edições do curso, ou em outras experiências de EAD para a Engenharia.

<sup>135</sup> Possivelmente o uso de fóruns como ferramenta de interação assíncrona pudesse agregar valor ao curso, tendo sido impossível, entretanto, planejar sua utilização.

Os bons resultados obtidos no curso-piloto corroboram a suposição de que  *cursos à distância que respeitem as necessidades dessa área do conhecimento, através de modelos flexíveis que integrem estratégias pedagógicas claras, objetivas e relacionadas à prática profissional, a material didático de multimídia capaz de apoiar a visualização e a manipulação de ferramentas tecnológicas interativas, aparentemente, não representam nenhum detrimento do aprendizado necessário de conteúdos de qualquer nível de complexidade*. Ressalte-se, entretanto, que ainda há questões de gestão de cursos à distância a serem melhor dimensionadas, relacionadas tanto a questões tecnológicas (qualidade de acesso dos alunos às mídias e às ferramentas de comunicação, por exemplo), quanto – e principalmente – à tutoria qualificada. São poucos os textos da literatura sobre EAD contemporânea que se ocupam desse item com a devida importância e, no caso da experiência-piloto, percebeu-se ao final que houve a preocupação de se definir a função do tutor, sem dar a ela, no planejamento, a importância que veio a ter, na prática. Não houve um item específico a esse respeito da importância da tutoria, no questionário de avaliação (apenas uma indagação se os alunos haviam procurado ou não o auxílio dos tutores), mas a referência a essa questão apareceu na forma de observação pessoal de um dos alunos, com sua percepção sobre a própria aprendizagem, relacionada à forma de solução de dúvidas ao longo do curso: *“Todas as dúvidas que surgiam antes eram debatidas entre (cita os nomes dos colegas) e eu, permanecendo falávamos com o Diego Nacci (tutor)*.

Ainda corroborando a viabilidade do uso de ensino à distância, bem planejado, sem detrimento da aquisição de conteúdos de Engenharia, os três alunos tiveram a mesma percepção do professor sobre avaliação de desempenho (todos atribuíram-se conceito máximo, quando solicitados a fazer uma auto-avaliação, durante o último Chat), e, informalmente, referiram a importância da tutoria do curso. O acesso dos alunos a um tutor altamente qualificado foi considerado, pelo professor Schnaid, um fator realmente

determinante para o sucesso da experiência e deverá pautar a continuidade da experimentação do uso deste modelo.<sup>136</sup>

### 5.3.2 Simulação da atividade real (aprendizado pela prática) no ambiente virtual

Do ponto de vista de implementação do protótipo de um determinado modelo de curso à distância, em ambiente virtual, a grande incógnita antes do início do curso era a adesão dos alunos à idéia de emulação de uma situação prática real. Não se tinha certeza de que os alunos iam realmente se sentir motivados a participar da *história* criada pelo roteiro didático (de que sua própria empresa teria sido contratada para executar o projeto de dimensionamento do tempo de recalque do pátio de estacionamento de aeronaves do aeroporto), principalmente porque, como se referiu anteriormente, esta situação estava mais caracterizada pelo tom dialogado das ações, e, principalmente, pela lógica de seu desenvolvimento (uma etapa após a outra, dos projetos) do que por detalhamento narrativo de situações e diálogo com personagens fictícios (como no software MULTIMISE). O envolvimento dos alunos nesse sentido foi realmente surpreendente, o que pôde ser observado tanto por observações dos chats, onde várias vezes os alunos se referiam a “*minha empresa*” e “*o contratante*”, ou “*tenho que conversar com o cliente*”; “*mas o que me preocupa é a competitividade (do orçamento)*”; ou ainda “*acho que isso pode ser considerado como uma justificativa para o cliente quando eu solicitar ensaios mais específicos*”. O mesmo pôde ser observado no trabalho final, no qual apareceram expressões que dão uma boa dimensão do envolvimento

---

<sup>136</sup> Já está prevista a aplicação do ambiente desenvolvido (este projeto em particular) e da plataforma de simulação de outros projetos, para cursos à distância com a Universidade de Passo Fundo (e possivelmente com Santa Maria), no primeiro semestre de 2005, tendo como tutor o professor Pedro Prietto.

dos alunos com a idéia de simulação de projeto, como por exemplo a observação de um desses relatórios, a ser entregue – supostamente - ao contratante, de que “*qualquer mudança referente a execução deste projeto deverão ser anteriormente comunicadas e avaliadas pelos projetistas desta empresa*”.

No questionário de avaliação, os itens que procuraram medir a identificação do aluno (nota de 1 a 10) com o roteiro de atividades, em termos de sua forma e de conteúdo, foram os seguintes:

- *Modelo do curso em forma de atividades práticas, simulando um projeto real* (dois alunos atribuíram nota 10, um aluno atribuiu nota 9);
- *Correspondência entre as etapas do curso e a atividade que realizou para desenvolver o projeto proposto* (dois alunos atribuíram nota 10, um aluno atribuiu nota 9);
- *Linguagem da apresentação das etapas do curso em relação ao conteúdo e ao desenvolvimento do projeto* (um aluno atribuiu nota 10; um aluno atribuiu nota 9 e um atribuiu nota 8).

Ainda com relação às dificuldades de simulação da atividade real, supôs-se que o professor, no roteiro didático, faria o *papel* do contratante. Entretanto, não se trabalhou suficientemente com a delimitação dessa suposta *interpretação* da função, e muito menos com a compreensão antecipada de que os momentos diferentes do curso gerariam funções diferentes para o professor.

Em geral, o professor ocupou a função de contratante, de forma explicitamente fictícia, para propor provocações, por exemplo, ao longo dos chats, que contribuíam para posicionar, de forma coloquial e afetiva (como é característico das comunicações em Chat), as questões em discussão, como nos exemplos a seguir:

- “*A decisão é tua. Tem que ser justificada de forma racional ao contratante (neste caso para mim...hehehe)*” (o aluno estava indeciso quanto ao ensaio de adensamento e aos prazos úteis para realizá-lo).
- “*Mas se eu estiver na função de contratante, preciso ser convencido das necessidades e dos custos associados*” (idem)
- “*Ok, vamos ver se eu, responsável pela obra, entendo o argumento de vocês. Será que querem dizer que: ‘Não posso garantir que a pista não recalque, não posso garantir que os aviões circulem e não posso garantir que o pavimento rígido não quebre’.*” (os alunos estavam em dúvida sobre como justificar ao contratante a necessidade de pagar por novos ensaios sobre o comportamento do solo).
- “*Acho que a chance de eu contratar mais ensaios está aumentando*” (os alunos estavam alinhavando justificativas para dimensionar o custo de ensaios na obra)
- “*Aí eu pergunto qual a magnitude esperada de recalques, uma estimativa grosseira*” [...] “*A contratação (do engenheiro) pode depender da resposta*” [...] (dando seqüência a um diálogo sobre comportamento de um depósito de argilas, o professor fez a pergunta e, na seqüência, disse qual dos três iria ser contratado, com base em sua resposta).

Em outros momentos do curso, o professor *atuou* como um *colega de profissão*, que já havia passado pela experiência proposta no trabalho, o que, na verdade, longe de ter

significado um prejuízo, valeu como um ponto de apoio concreto na realidade profissional, função que não havia sido planejada explicitamente no curso. Alguns exemplos nos quais a relação custo/benefício, fundamental à prática profissional, e consoante com a proposta de elaboração de um projeto real, é constantemente posta em evidência:

- *“Mas lembre-se que o cara da Infraero tem uma tremenda responsabilidade. Se após o início da operação do aeroporto algo der errado... ele terá a cabeça cortada” [...] “existe necessidade real para 12 ensaios? Se a resposta for positiva, serão 12 ensaios”* (o aluno estava preocupado porque precisaria justificar a realização de 12 ensaios ao contratante e vale reproduzir a resposta do aluno, que identifica o professor, o colega de profissão e faz referência à situação ficcional do curso: *“Bom Fernando... quanto a explicar a importância dos ensaios, acho que aprendi bem... pena que terei de aplicar contra quem me ensinou.. hehe”*).
- *“Não foi econômico, mas o contratante queria a todo custo. Significaria reduzir o tempo da obra em um ano” [...] “Os ensaios complementares realizados para ele, por este motivo, convenceram-no que era impraticável” [...] “O contratante deu a deixa para executar mais ensaios” [...] “Tem que ter um pouco de jogo de cintura”* (os alunos estavam se referindo ao caso prático, do projeto do aeroporto, que foi feito pelo professor e relatava, assim, sua própria experiência de negociação, enquanto engenheiro-projetista, com o contratante da obra).

Houve momentos do curso, entretanto, que o professor atuou como ... *professor!* Esta observação não contém qualquer conotação negativa, do ponto de vista de reflexão sobre a identidade e o papel do professor, enquanto mediador da aprendizagem *e também,*

*simultaneamente*, enquanto transmissor de conhecimento<sup>137</sup>, nem é incompatível, como função, com a estrutura proposta pelo modelo *e-learning-by-doing* de Schank (2002a), o qual, como se viu, contempla a possibilidade de exposição de conteúdos, na medida da necessidade do aluno.

A observação entra na análise da experiência, primeiramente, para corroborar a suposição de que o modelo proposto é realmente flexível e suporta várias necessidades, de cada momento da dinâmica do curso. Entra na análise, sobretudo, para apontar a identificação dessas nuances na participação do professor e poder dimensioná-las melhor, em aplicações futuras do modelo, segundo momentos, interesses e objetivos mais bem determinados. Nesta experiência, por exemplo, embora a participação do professor, enquanto *professor*, tenha sido fundamental em vários momentos (como se verá nos exemplos), possivelmente pudesse ter sido um pouco diminuída, no momento da apresentação final dos trabalhos, quando a presença de um *contratante* contribuiria para simular melhor a necessidade de defesa do projeto (e aproveitaria melhor a preparação dos alunos, que foi intensa, como pode ser observado no material que enviaram à plataforma, constituído por lâminas, planilhas, etc.). Verdade que a apresentação e defesa dos projetos, pelos alunos, através de chat, apresentaria uma dificuldade prática que o professor tentou evitar, mas mesmo essa situação pode ser contornada, no futuro, através do uso de web-cam integrada ao software de comunicação, videostreaming, ou outras formas de transmissão audiovisual. Ressalte-se, entretanto, que a tomada de consciência do professor, em relação a todos esses papéis, na aplicação desse tipo de curso à distância, agrega também um valor de aprendizagem a esse outro sujeito do processo. Os exemplos do professor enquanto *professor*:

---

<sup>137</sup> A questão da identidade do professor foi tratada em Timm e outros (2004), trabalho no qual se propõe que o professor também é sujeito do processo de ensino-aprendizagem.

- *“Ensaaios desta natureza podem ser realizados em centros maiores. As amostras podem viajar”* (um aluno se referia a informações para realizar a planilha de planejamento).
- *“[...] acho válido sob o ponto de vista acadêmico, mas vago sob o ponto de vista prático”* (o aluno havia dado uma justificativa para convencer o contratante a custear novos ensaios).
- *“[...] Este argumento é ‘não-acadêmico’, embora subjacente a ele existam razões técnicas”* (idem).
- *“O prazo de um mês parece ser razoável, mas depende do número de ensaios. Do cronograma geral... enfim”* (idem).
- *“[...] Porque aquele papo de incerteza... parece que vocês não sabem projetar”* (idem).
- *“O monitoramento é feito através de piezômetros. Você está familiarizada?”* (idem)
- *“Esta pergunta exige objetividade. Na vida profissional a gente avalia e é avaliado”* (os alunos estavam intimidados para se auto-atribuírem uma nota pelo trabalho que haviam executado).

### **5.3.3 Aprender pela correção dos próprios erros**

Também havia outra incógnita, durante o planejamento do curso, a respeito de se poder observar um dos objetivos pedagógicos previstos no modelo *e-learning-by-doing*, de

que o aluno deveria poder identificar pessoalmente seus próprios erros (ou imprecisões), ao longo do curso, e refazer por sua própria conta as atividades mal-resolvidas<sup>138</sup>. No caso, o instrumento proposto foi a planilha de planejamento de atividades, custos e prazos, que deveria ser produzida no início do curso, comparada posteriormente com a dos colegas e com a do professor e atualizada ao longo de todo o trabalho, servindo para que os alunos monitorassem o processo de execução do projeto (seu aprendizado prático) na sua dinâmica. Juntamente com o trabalho final, os três alunos enviaram uma *versão completa e totalmente reformulada do planejamento inicial*, com riqueza de detalhes, incluindo previsão de etapas, tempos e custos do projeto. Na figura 32 pode ser observada inclusive visualmente essa reformulação, com a apresentação da imagem parcial da planilha inicial e da planilha final de um dos alunos.

Itens	Atividades	Equipes	Duração da etapa (dias)	Sub-total
2	Etapa de anteprojeto	1	7,5	R\$ 3.000,00
3	Avaliação da viabilidade econômica da implantação do projeto	1	Já realizado	Já realizado
4	Levantamento planialtimétrico	2	4	R\$ 5.000,00
5	Elaboração do relatório de impacto ambiental - RIMA	0	0	R\$ 22.500,00
6	Obtenção de parâmetros geotécnicos para a elaboração do projeto final a partir de sondagens	1 e 4	42	R\$ 54.050,00
7	Projetos	1	10	R\$ 10.600,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>R\$ 95.750,00</b>

Figura 32 – Planilha inicial (de planejamento de atividades, prazos e custos). Imagem parcial da tela

<sup>138</sup> No item 2.3.3 está descrita a lógica do planejamento de erros na criação do roteiro com base no *e-learning-by-doing* de Shank. No quadro 2, de planejamento da primeira ação da etapa de diagnóstico (item 5.2.2) está descrita a preocupação com o uso desse recurso didático-pedagógico, no curso.

Fase 1									
Descrição: Etapa preliminar									
Tempo de duração		2 meses		Custo da etapa		R\$ 2.000,00			
Atividades		Qtde.	Discriminação	Tempo (h)	Custo / Hora	Sub-total	Qtde.	Tempo (h)	Custo / Hora
Visita ao local da obra		1	visita	4	R\$ 100,00	-	-	-	R\$ 50,00
Reuniões semanais		4	reuniões	16	R\$ 100,00	R\$ 2.000,00	-	-	R\$ 50,00
Fase 2									
Descrição: Coleta e diagnóstico das informações									
Tempo de duração		2 meses		Custo da etapa		R\$ 17.600,00			
Atividades		Qtde.	Discriminação	Tempo (h)	Custo / Hora	Sub-total	Qtde.	Tempo (h)	Custo / Hora
Ensaio preliminar		0	Dias	0	R\$ 100,00	-	7	56	R\$ 50,00
Análise preliminar dos resultados dos ensaios		3	Dias	6	R\$ 100,00	R\$ 600,00	0	0	R\$ 50,00
Ensaio complementares		0	Dias	0	R\$ 100,00	-	30	240	R\$ 50,00
Análise global dos resultados dos ensaios solicitados		11	Dias	22	R\$ 100,00	R\$ 2.200,00	0	0	R\$ 50,00
Fase 3									
Descrição: Definição da solução de projeto									
Tempo de duração		2 meses		Custo da etapa		R\$ 24.800,00			

Figura 33 – Planilha enviada ao final do curso, pelo mesmo aluno. Imagem parcial da tela

Embora os alunos não tenham enviado versões atualizadas ao longo do trabalho, como foi solicitado no ambiente, tendo deixado a versão atualizada para entregar junto com o trabalho final, foi possível acompanhar, pelas discussões no chat, o processo de avaliação e atualização permanente que fizeram de seu primeiro planejamento, o que corrobora a idéia de que esta atividade serviu como um processo paralelo de acompanhamento, revisão e contexto do aprendizado. Este processo, além de ter permitido a experimentação da proposta do modelo *e-learning-by-doing*, de Schank (2002a), foi considerado um indicador de tomada de consciência dos alunos sobre o seu processo de aprendizado, confirmado pelas avaliações dos questionários, onde o tema apareceu através dos seguintes itens:

- “Contribuição desse curso para sua própria capacidade de aprendizado autônomo”

- todos os alunos atribuíram nota 10 a este item;

- “*A percepção do seu próprio aprendizado*” - as notas para este item foram 10 (um aluno) e 9 (dois alunos), ambas consideradas um excelente indicador do processo de aprendizagem individual de cada aluno.

Exemplos da tomada de consciência dos alunos, acerca de suas próprias dificuldades, identificadas através do desenvolvimento do curso, além da entrega da versão atualizada da planilha, também foram observados nos chats:

- “*talvez aprender como dimensionar leve mais tempo do que dimensionar*”;
- “*bem, até então a única coisa que sabia era que o projeto custa cerca de 1% da obra...*”;
- “*estou cada vez mais convencido de que terei que trabalhar de graça neste projeto! (após discussão sobre as planilhas de orçamento apresentadas inicialmente pelos alunos)*”.

A compreensão do processo de permanente tomada de consciência do aprendizado, associado à tomada de decisão, uma necessidade prática do aprendizado de projetos e, portanto, do modo de pensar e fazer Engenharia, pode ser exemplificada em um trecho da expressão de um aluno, nas suas considerações pessoais sobre a resolução de dúvidas ao longo do curso: “*Mas o projeto é um processo que quanto mais se evolui, mais dúvidas surgem, até porque diferentes soluções são viáveis (algumas nem tanto), mas sempre me senti esclarecido*”.

### 5.3.4 Falta de formação para a observação sistêmica do projeto

A percepção de uma característica mais funcional, no conjunto do curso, para a atividade de elaboração da planilha de planejamento, também remeteu a análise dos dados à situação do ensino de Engenharia contemporâneo e talvez contribua para complementar a análise feita acima, sobre uma possível insegurança dos alunos, antes de iniciar o curso à distância sobre elaboração de um projeto completo. Os alunos não são formados, ainda, para dominar uma visão sistêmica dos problemas, para além dos conteúdos específicos relacionados a cada um deles, que integre a teoria à prática pela ótica profissional, que é a demanda específica de um contratante<sup>139</sup>. Esta situação justificaria o fato de os três mestrandos, aparentemente, estarem despreparados para enfrentar uma situação que constitui a base para o dimensionamento global da situação de projeto.

A primeira planilha apresentada por eles, além de ser pobre, em termos de itens especificados, também não continha um foco no conjunto, ou seja, não apresentava uma estrutura gerencial de todo o projeto, com seu dimensionamento. O que apresentaram, segundo a avaliação do professor Schnaid, era compatível com um conjunto organizado de cálculos, como um exercício acadêmico, ou seja, tinham uma boa idéia do conteúdo, mas não sabiam estruturá-lo em um verdadeiro projeto de Engenharia, com etapas localizadas, dimensionadas e encaminhadas para execução.

Uma vez superada a dificuldade de contextualizar a visão geral, sistêmica, de todos os problemas relacionados ao projeto, toda a continuidade do trabalho foi desencadeada de forma

---

<sup>139</sup> Ver item 4.1 e seguintes a respeito da estruturação *fordista* dos cursos atuais (OLIVEIRA, 2001); da busca do ensino de sistemas de Engenharia nas escolas mais importantes, como o MIT (VEST, 2004); demandas de formação de um perfil de engenheiro mais completo, além da qualificação técnica, para o Século XXI (ABET, 2002; MILITITSKI, 1998; entre outros).

objetiva e bem conduzida pelos alunos, ainda segundo a avaliação do professor Schnaid, o que corrobora a interpretação de que, academicamente, esses alunos estão bem instrumentalizados para responder de forma adequada aos desafios técnicos, mas não a integrá-los em um conjunto. Segundo esta idéia, eles demonstraram, antes do curso, estar altamente qualificados para resolver problemas particulares, ou seja, mostraram dominar o processamento mental (mecânico) necessário aos cálculos para chegar à solução, mas não o processo de dimensionamento de todos os problemas inter-relacionados<sup>140</sup>. Uma vez que foram levados a estruturar e revisar seu planejamento, conseguiram dimensionar o projeto em todos os seus desdobramentos, apropriando-se da própria capacidade de organização geral dos problemas e – um dado precioso – estão, depois desse curso, extremamente motivados para a realização de suas próprias pesquisas de mestrado (informação do prof. Schnaid). Esta interpretação também contribui para que se reforce a importância da utilização dos projetos como estratégias pedagógicas capazes de alavancar o raciocínio complexo e integrado, seja em atividades presenciais ou à distância, em todos os níveis da formação dos engenheiros.

Ao compararem seu planejamento com o dos colegas e com o do professor, e ao mesmo tempo poderem discutir sobre sua dificuldade em dimensionar exatamente o projeto, durante o curso à distância, os alunos teriam percebido esta falha na formação, o que os teria deixado particularmente mais motivados a participar da experiência. Esta percepção, que foi manifestada pelos observadores e pelo professor, também foi expressa pelos alunos, no questionário de avaliação. Uma parte retirada de uma das observações pessoais sobre o conjunto do trabalho exemplifica esse sentimento: *“Sinto também a necessidade de, em cursos de engenharia haverem mais disciplinas como esta, de caráter prático e no estilo ‘virem-se’,*

---

<sup>140</sup> Esta observação também pôde ser feita durante acompanhamento de trabalho de campo, em uma das edições convencionais da disciplina, no segundo semestre de 2003. Os alunos lançaram-se à discussão de soluções para um problema de recalque do piso de um prédio, descrevendo técnicas e cálculos, antes de compreenderem o diagnóstico integrado do problema, com todos os seus condicionantes.

*para que a transição academia-profissão não seja em forma de um choque!*". Além disso, todos os alunos atribuíram nota 10 ao item *"Contribuição desse curso para sua percepção sobre a natureza da atividade de projeto para os engenheiros"*. E no item *"Contribuição desse curso para sua percepção sobre as potencialidades do ensino de Engenharia"* (importante principalmente pelo fato de que se tratavam de alunos de mestrado, com boas possibilidades, portanto, de virem a exercer atividades docentes), foram atribuídas duas notas 10 e uma nota 9 (a mestranda que fazia observação também atribuiu nota 10 a este item).

### **5.3.5 Operações cognitivas, criatividade, identidade profissional**

Uma vez feita uma avaliação mais geral, pautada pela observação dos itens que se impuseram, na implantação do curso-piloto, retomou-se a intenção de observar elementos da atividade cognitiva dos alunos, bem como de outros itens que fizeram parte da descrição do perfil individual e profissional dos engenheiros, no material produzido ao longo da experiência.<sup>141</sup>

Um fragmento de diálogo retirado do quarto Chat, no qual os alunos já deveriam ter realizado seu diagnóstico e, portanto, ter uma compreensão de todas as características geométricas, técnicas e dinâmicas do problema proposto, foi escolhido para iniciar esta observação, por conter vários dos elementos pretendidos, bem como para dar uma idéia do

---

<sup>141</sup> Tendo em vista a preocupação com a extensão do trabalho, decidiu-se fazer esta observação apenas de forma parcial, como amostra de possibilidades, considerando, entretanto, que seria possível – e talvez possa ser feito, no futuro - examinar com mais detalhes todos os chats e todos os trabalhos enviados, identificando cada uma das etapas de projeto e cada uma das ações, de acordo com a expectativa de operações cognitivas, atitudes e comportamentos previstos no planejamento. Também se observa que as análises dos diálogos não tomaram como base nenhum modelo completo de análise de discurso, embora se tenha tido em mente a importância da delimitação do contexto cognitivo. Não se procurou identificar elementos subjetivos ou motivações psicológicas ou ideológicas, mas estruturas relacionadas ao conteúdo do curso, interpretadas à luz dos conceitos definidos na pesquisa, com base na bibliografia citada.

processo de interação que ocorreu entre os alunos e com o professor (que, a propósito, neste momento, atuou principalmente como *professor*, e não como *contratante*). Além disso, o exemplo contém parte do processo de tomada de consciência dos alunos sobre a dimensão global do projeto, como um conjunto inter-relacionado de problemas, integrado por uma cadeia de tomada de decisões e escolhas que dependem de conhecimento técnico, análise de riscos, custos e criatividade. A reprodução do diálogo não é literal. Suprimiram-se partes não relacionadas ao tema e, em alguns fragmentos, a seqüência foi organizada, juntando-se falas dispersas do mesmo aluno ou do professor, para facilitar a compreensão.

<p><i>Aluno A: “1º sabemos que a cota final do aterro é 2m e também sabemos que a altura do pavimento a ser executado é 0,40, assim teremos um aterro com 1,6+recalques (os recalques foram calculados em um processo iterativo considerando a sobrecarga). Assim, estimamos uma sobre carga com um gama de 20 e calculamos a altura da sobrecarga em função das tensões que ali atuam (pav+sobrecarga+recalque+carga accidental)”</i></p> <p><i>Professor: parece ok. Na realidade os</i></p>	<p>O aluno tem uma clara representação simbólica da dimensão tri-dimensional do problema, tanto na sua globalidade quanto na identificação de várias de suas partes constituintes (ver mapa conceitual sobre projeto de Geotecnia). Esta representação está devidamente especificada e calculada. Para isso, não apenas demonstra ter compreensão precisa dos conceitos envolvidos (cota do aterro, carga, sobrecarga, carga accidental, recalque, por exemplo, com seus respectivos conjuntos de conteúdos estruturados previamente), mas também referiu-se à execução de pelo menos um mecanismo de cálculo (processo iterativo), que pressupõe capacidade de abstração e operação com símbolos relacionados a uma cadeia de eventos concretos, complexos, envolvendo várias componentes. Para esse tipo de operação, possivelmente o aluno tenha realizado um bom número de inferências através de dedução e comparação</p>
--	--

<p><i>dados de entrada são para definir uma situação padrão</i></p> <p><b>Aluno A:</b> <i>como assim padrão?</i></p> <p><b>Professor:</b> <i>A partir dai começamos a tomar decisões do tipo - sobrecarga, qual a influência, quais os recalques associados, etc.</i></p>	<p>com conhecimento estruturado prévio (normas técnicas).</p> <p>Aparentemente, o aluno deixou de levar em conta variáveis possíveis na sua representação dinâmica do problema, que implicarão em escolha e tomada de decisão que vai influenciar na solução final proposta para o projeto.</p> <p>O professor estabelece a representação do aluno como um patamar de decisões e escolhas já atingido, ao qual deverão ser agregadas outras variáveis, com as quais o aluno não tinha operado.</p>
<p><b>Aluno B:</b> <i>isso que A explicou foi o que fizemos para definir a carga de trabalho do aterro... transformado em altura de aterro...</i></p> <p><b>Aluno A:</b> <i>ok mas com este processo iterativo que vamos definir...</i></p>	<p>Como os alunos tinham trabalhado em conjunto, outro retoma a representação feita inicialmente e, na verdade, referenda que <i>apenas a carga do aterro está sendo observada na formulação</i>, e o primeiro aluno propõe uma solução de metodologia de cálculo para ampliar a compreensão (iteração), mas não observa ainda as outras variáveis.</p> <p>Possivelmente nesse ponto ainda não estivesse clara, para ambos, a dimensão global do problema, com a interveniência das outras variáveis em termos concretos, e não apenas em termos de cálculo.</p>
<p><b>Professor:</b> <i>Você adotou 1.6 m. Perfeito. Mas se o C adotar 1.8 ok, Cada um segue a sua lógica de projeto...</i></p>	<p>O professor dimensiona a possibilidade de variações, o que pode localizar, no caso da Engenharia Geotécnica, o espaço para a criatividade da solução de cada um dos</p>

<p><i>Aluno A / Aluno C: Ok</i></p>	<p>projetistas, cuja maior ou menor eficiência (utilidade) será testada através de simulações.</p> <p>Aparentemente, os dois alunos perceberam o raciocínio proposto pelo professor e a diversidade de soluções.</p>
<p><i>Aluno A: o que agora estamos pensando é que não consideramos em nenhum lugar os drenos... como considerá-los na estimativa de recalques? (Vale lembrar que quando o aluno diz “estamos pensando”, está se referindo a diálogo que estava ocorrendo entre eles. Os três alunos encontravam-se na mesma sala, ao longo do Chat, e possivelmente tenham percebido, em conjunto, a colocação anterior, o que explica que dois manifestaram “ok” juntos).</i></p>	<p>Supondo-se que o aluno ampliou sua percepção global do problema, esta pergunta estaria relacionada a sua percepção de uma nova variável a ser dimensionada no todo (os drenos para acelerar o adensamento).</p>
<p><i>Professor: Vocês têm que decidir se há necessidade de drenos. O que define esta necessidade?</i></p>	<p>O professor retoma a necessidade <i>de tomada de decisão</i> para os projetistas, indicando um caminho para que raciocinem sobre a relação da variável ‘drenos’ com o conjunto das outras variáveis do projeto. O que está propondo contém a representação do conjunto do problema e implica que os alunos localizem cada uma das variáveis e suas inter-relações.</p>
<p><i>Aluno C: a cota do pavimento a 2m da superfície não é a cota que DEVE ficar o pavimento... hoje falando com o Diego (tutor) ele disse... que ou era a exigência da Infraero ou a cota da pista de decolagem...</i></p>	<p>O aluno aceita o caminho proposto pelo professor e explora o conjunto do problema, <i>relacionando a variável ‘cota do pavimento’</i> com a possível necessidade de dreno (uma das soluções possíveis para a estabilização do terreno, até esse momento ainda não</p>

<p><i>...o tempo para finalização da obra é que vai definir a solução que vamos tomar...</i></p>	<p>escolhida).</p> <p>Está operando com estas variáveis (os drenos e a cota desejada) e <i>dimensionando o limite obrigatório no qual essa operação tem que ser validada</i> (o limite da exigência da infraero ou a cota da pista de decolagem, já estabelecida). Nesse caso, pode-se supor que o aluno esteja fazendo raciocínios dedutivos, de inter-relação entre as variáveis, e também induzindo (generalizando propriedades de comportamento do solo) relativamente ao limite proposto pelo projeto.</p> <p>Ao mesmo tempo, está tentando identificar um <i>critério para a tomada de decisão</i> a respeito das formas das muitas soluções possíveis para obter a cota desejada (segundo norma técnica ou exigência do contratante), com a estabilidade necessária para evitar o recalque...</p> <p>Aparentemente nesse momento o aluno teria <i>percebido</i> (tomada de consciência), <i>no conjunto do problema, a importância da variável tempo (da obra)</i>, para guiar a escolha da solução técnica. Ao mesmo tempo em que responde a pergunta do professor (o que define a necessidade do uso de drenos), também valida sua própria dedução da operação com as variáveis do problema, dentro dos limites impostos pela situação prática.</p>
<p><b>Aluno A:</b> <i>eu acho que o que define é o tempo</i></p>	<p>Simultaneamente, outro aluno também toma consciência da importância dessa variável (a</p>

	<p>qual não estava presente na formulação inicial do problema, apresentada no início deste quadro).</p>
<p><b>Professor:</b> <i>A resposta esta correta</i>  <i>Então o que fazer? Se o projeto pode ser efetuado no prazo previsto sem drenos, então não há porque considerá-los. Mas se não der...</i></p> <p><b>Aluno A:</b> <i>nós sabemos que não dá</i></p> <p><b>Aluno C:</b> <i>é que na real ainda não temos esse tempo!</i></p>	<p>O professor corrobora a dedução dos alunos e encaminha uma nova dúvida, para a qual um aluno, em princípio (com base nas informações já pesquisadas na bibliografia e no seu equacionamento matemático), adianta uma solução empiricamente (hipótese).</p> <p>O outro aluno formula mais claramente a razão pela qual a solução do colega é apenas uma hipótese empírica, afirmando que é necessário quantificar o tempo, para poder integrar essa variável na equação operacional global entre todas as variáveis do problema, para uma tomada de decisão.</p> <p>Nesse caso, está realmente representando o sistema de variáveis que fazem parte daquele projeto, compreendendo a necessidade do equacionamento matemático do modelo, operação identificada não apenas com a realização deste projeto, mas com a estratégia de equacionamento que deverá usar no exercício da Engenharia.</p>
<p><b>Aluno B:</b> <i>hoje eu e o C estávamos simulando... o tempo é de 520 dias... então, sem drenos, precisaríamos de uma sobrecarga de 5m, alem dos 2m de aterro... ou seja, 190mil m<sup>3</sup> de material pro bota-fora...</i></p>	<p>A variável <i>tempo</i> não estava claramente dimensionada no projeto (se verá na auto-avaliação que esta foi uma intenção do professor, em função de seu desejo de que os alunos percebessem a importância desse item, no conjunto do projeto). Em função disso, os alunos estabeleceram suposições do que ocorreria com valores diversos para essa</p>

<p><b>Professor:</b> <i>Cada um executa seu projeto, de acordo com a sua premissa geométrica</i></p>	<p>variável. O aluno está descrevendo – com a concordância do professor - seu raciocínio de operação com hipóteses, utilizando a ferramenta de simulação, de extrema importância na Engenharia, como forma de testar a viabilidade das várias soluções possíveis. Faz uma descrição precisa da geometria do problema, da solução sugerida e de condições variáveis de sua implementação.</p>
<p><b>Aluno C:</b> <i>e se adotarmos uma camada de 3 metros, o processo de adensamento levaria em torno de 7 anos. ...3 metros de sobrecarga</i></p>	<p>O aluno prossegue com o relato da simulação, ao que o professor vai questioná-lo sobre as consequências práticas de suas hipóteses, chamando a atenção para questões técnicas e econômicas. É importante perceber nessa descrição do aluno o quanto a integração da variável <i>tempo</i> no modelo de operação que construiu permitiu que estabelecesse novamente um raciocínio indutivo relativamente ao comportamento esperado do solo (em processo de adensamento), durante o prazo de validade do tempo previsto. Evidentemente esse dado foi obtido através de cálculos (deduções), mas a constituição da conclusão seria uma indução relativa àquela situação, naquele tempo, e esse tipo de raciocínio é a base para o que se caracterizou, na formulação conceitual sobre os projetos de Engenharia, como a necessidade de controle e previsibilidade.</p>

<sup>142</sup> Bermas são estruturas de contenção para evitar a ruptura do terreno. Quando o aluno se refere a 3m e o professor responde com 5m, está se referindo à cota do terreno, mais a sobrecarga proposta pelo aluno.

<p><b>Professor:</b> <i>Uma sobrecarga de 5m é uma barra. Qual o custo? De onde sai o material. Estabilidade do contorno. Eventual necessidade de bermas<sup>142</sup></i></p>	<p>Trata-se de um bom exemplo da possibilidade de envolvimento dos alunos em questões concretas, relativas às conseqüências das escolhas feitas pelo projetista, temas que não fazem parte da formação convencional. Esse tipo de problema poderá ser desenhado explicitamente na simulação de projetos, através do estabelecimento de ações relacionadas ao dimensionamento – por simulação, por exemplo – dessas conseqüências.</p>
<p><b>Aluno A:</b> <i>é que sem drenos a altura é muito grande e pode romper... além do que há o custo de material e saber onde colocar todo este material</i></p>	<p>O aluno baseou seu raciocínio no equacionamento matemático (esta é a etapa do projeto onde se situava), nas metodologias de cálculo para a operação com as variáveis propostas, mas faz uma referência à altura, que se refere à sua representação mental tri-dimensional da geometria envolvida no problema. É um bom exemplo da abstração (uso de símbolos integrados em cadeias de eventos da própria operação matemática, para representarem fenômenos concretos e suas respectivas cadeias possíveis de causas e conseqüências).</p>
<p><b>Aluno B:</b> <i>Não. Isso é apenas simulação...</i> (o aluno está se referindo à sobrecarga de 5m, referida pelo professor acima)</p> <p><b>Professor:</b> <i>Simulação???? Eu quero um projeto. Uma solução de engenharia.</i></p>	<p>O aluno demonstra que já havia percebido a inadequação da solução que está simulando...</p> <p>... e o professor, aparentemente, por um mal-entendido, pensa que o aluno está apenas fazendo um exercício fora da realidade.</p>

<p><i><b>Aluno B:</b> Não estamos lhe apresentando soluções e sim simulações...</i></p> <p><i><b>Professor:</b> Simulações podem fazer parte do projeto</i></p> <p><i><b>Aluno B:</b> Eu acho que devem... fazer parte do projeto... temos de ser mais curiosos, saber o que acontece se alternarmos entre diferentes soluções...</i></p> <p><i><b>Professor:</b> Mas terminamos por definir qual a nossa melhor alternativa</i></p> <p><i><b>Aluno C:</b> A utilização de drenos verticais é praticamente inevitável</i></p> <p><i><b>Professor:</b> eu também cheguei a esta mesma conclusão. Por isto que os</i></p>	<p>O diálogo que se segue é extremamente eloqüente para demonstrar que os alunos estavam conscientemente exercitando a ferramenta de simulação e, ao mesmo tempo, a experimentação criativa, embora tendo em mente os condicionantes reais do projeto.</p> <p>Esta observação do aluno é particularmente eloqüente em relação ao potencial do curso para simular a prática e, ao mesmo tempo, estimular a curiosidade e a criatividade do aluno, na situação didática. O aluno está exemplificando o seu próprio processo de experimentação pedagógica, paralelamente à simulação das opções técnicas exigidas pela atividade de projeto.</p> <p>Esta é uma conclusão técnica relacionada à situação real analisada no projeto, à qual o aluno chegou (os outros também chegaram) através da sua capacidade de análise dos dados. Este seria um momento de tomada de decisão, no processo real de realização do projeto.</p> <p>O professor (agora atuando como <i>colega de profissão</i> que realmente executou o projeto)</p>
---	--

<p><i>drenos foram usados no Aeroporto</i></p>	<p>confirma a conclusão do aluno.</p> <p>Novamente, esta é uma situação eloqüente em relação ao potencial didático-pedagógico da realização de projeto como território de compartilhamento de experiências e vivências teóricas e práticas, ao mesmo tempo em que também fortalece a avaliação sobre a viabilidade do modelo de curso à distância sugerido.</p>
<p><b>Professor:</b> <i>A curiosidade é a base da qualidade de um projetista ... E projeto é busca de alternativas...</i></p> <p><b>Aluno B:</b> <i>então, embora uma baita burrada a execução de um aterro de 7m, não acho trabalho jogado fora... como simulação foi interessante...</i></p> <p><b>Professor:</b> <i>Também não acho. É a única maneira de convencer a você mesmo e ao contratante da inviabilidade desta</i></p>	<p>O professor retoma a discussão com o aluno B, sobre a relação entre criatividade e projeto, reforçando a compreensão do processo consciente das características da atividade didática, enquanto compreensão da natureza do projeto em relação à atividade profissional.</p> <p>O aluno confirma não apenas a atividade de simulação, mas a de compreensão de exercício didático, de operação espontânea sobre o conjunto de informações e instrumentos que estavam disponíveis no conjunto do curso. Vale ressaltar o fato de que o aluno supõe ter realizado uma “baita burrada (sic)”, o que, do ponto de vista do modelo, caracteriza uma situação de <i>consciência de erro</i>, embora, nesse caso, o aluno também tenha percebido esse processo como relacionado à função de simulação do projeto.</p> <p>O professor resgata a ação do aluno para o contexto da atividade profissional e como instrumento metodológico inclusive, de</p>

<p><i>alternativa... Eu sempre acabo fazendo varias simulações no meu projeto.</i></p>	<p>análise de dados (decomposição e operação), visando a validação de informações com base em processos matemáticos, cotejados com a observação da realidade empírica.</p>
<p><i>Aluno C: Então, talvez a configuração dos drenos possa ser otimizada de forma a permitir que o processo de adensamento seja concluído num tempo menor.</i></p> <p><i>Professor: Ate porque tenho que me convencer que encontrei a MELHOR relação custo-benefício ... eu concordo novamente com você.</i></p>	<p>O aluno já equacionou a principal necessidade do projeto e inicia, agora, uma nova operação cognitiva de lançamento de hipóteses, sobre a melhor forma de implantar a solução (<i>a configuração dos drenos</i>). Na verdade, o aluno está integrando uma nova variável ao sistema, para poder estimar sua relação com um dos itens do resultado esperado (<i>o tempo da obra</i>)</p> <p>O professor vai corroborar esta suposição do aluno sobre o próximo passo a ser desenvolvido na continuidade do projeto. Já há uma decisão sobre qual a solução. É preciso otimizar as condições em que será utilizada.</p>
<p><i>Aluno B: mas professor... a melhor relação custo-benefício, só teríamos com o custo real de drenos, aterro, execução, etc...</i></p> <p><i>Professor: É verdade</i></p>	<p>O aluno representa claramente sua compreensão do conjunto das variáveis que compõem o projeto real. Ele não está, definitivamente, apenas fazendo um exercício de aula, mas percebendo as questões envolvidas com a solução concreta daquele projeto.</p>
<p><i>Aluno B: acho que a tendência é que novas tecnologias tenham uma relativa queda de preço... tipo os drenos... hoje</i></p>	<p>Tem possibilidade de apresentar sua própria percepção da realidade prática relacionada à Engenharia Geotécnica, através de sua</p>

<p><i>tem muito mais empresas que executam, acredito eu...a própria concorrência faz com que seu custo reduza...</i></p> <p><b>Professor:</b> <i>Uma das novas tendências é a de melhoria das condições de solo. Injeção, compactação dinâmica de areias,. Para reduzir tempo de obra... Existem inúmeros tipos de drenos e fornecedores no mercado. Basta dar uma olhada na Internet.</i></p> <p><b>Aluno B:</b> <i>no material do geossintéticos (folders) acho que também tem bastante coisa...</i></p> <p><b>Professor:</b> <i>Tem realmente</i></p>	<p>pesquisa relacionada às possibilidades de implantação desejada (os <i>drenos</i>), incluindo uma suposição sobre a variável <i>custo</i>, à qual o aluno se refere com alguma insegurança (<i>acredito eu...</i>), o que seria de se esperar, com base no fato de que realmente esta é uma questão que não aparece na sua formação de engenheiro.</p> <p>A experiência profissional do professor, bem como sua atualização em relação à área, faz com que, nesse momento, esteja, simultaneamente, transmitindo informações e estimulando os alunos à pesquisa...</p> <p>... que este aluno já demonstra ter iniciado, por conta própria (supondo-se que tenha sido estimulado a isso pela sua participação no curso, esta poderá ser uma indicação do estímulo ao auto-aprendizado)</p>
<p><b>Aluno B:</b> <i>o tempo de liberação do aterro pra executar o pavimento???</i></p>	<p>Antes do final do diálogo, o aluno retoma a necessidade de definição a respeito da variável <i>tempo</i>, cuja compreensão (ver início deste quadro) foi determinante para que os alunos se situassem na atividade e encaminhassem a continuidade do trabalho. Esta retomada demonstra que o aluno fez um balanço no que foi discutido ao longo do Chat e percebeu que ainda não havia elementos para integrá-lo de forma lógica à</p>

<p><b>Professor:</b> Vocês querem definir um prazo para todos, para a liberação do aterro.</p> <p><b>Aluno B:</b> você que sabe..</p> <p><b>Aluno A:</b> pode ser</p> <p><b>Aluno B:</b> talvez um prazo pra cada um!</p> <p><b>Professor:</b> 18 meses</p>	<p>equação.</p> <p>A decisão da falta da identificação exata do tempo, no início do projeto, foi tomada pelo prof. Schnaid durante o planejamento do curso, com base em observação empírica prévia e mesmo em sua percepção intuitiva da trajetória mental dos alunos para deduzir a importância dessa variável no projeto. Entretanto, esta decisão não foi discutida formalmente, nem sua compreensão ficou explícita, na organização do trabalho. Por esta razão, não havia um planejamento didático específico, no curso, para estimular esse processo, nem mesmo para observá-lo, junto aos alunos. Se retornará à análise deste episódio na auto-avaliação sobre a implantação do curso-piloto.</p>
---	---

Quadro 10 – Identificação de aspectos cognitivos e outros elementos de aprendizagem, a partir da observação do chat

Considerou-se – pela análise específica do quarto chat, de outros excertos utilizados nos exemplos desta avaliação e do conjunto do trabalho – que foi possível observar uma boa amostragem de operações cognitivas e formas de raciocínio compatíveis ao que foi descrito na tese como característicos do *pensar* e do *fazer* dos engenheiros e dos projetos de Engenharia. Isso inclui a identificação da metodologia científica subjacente ao processo. Os alunos, em um primeiro momento, compreenderam o problema que foi apresentado em sua forma geral, com todas as suas exigências (o pátio do aeroporto e sua capacidade de receber as aeronaves, com estabilidade); decomuseram esse problema em todos os seus componentes (ao longo do trabalho foram identificando a importância desses componentes, como se viu no exemplo do quarto chat); relacionaram esses componentes de forma analítica e operacional, com base nas

metodologias de cálculo (cálculo) e nas normas técnicas; definiram hipóteses, simularam sua possibilidade e tomaram decisões com base na viabilidade das hipóteses testadas. Além dessa metodologia e de suas respectivas estratégias de solução de problemas e formas de raciocínio específicas, os alunos também tiveram contato com o pensamento prático da Engenharia, entre outras coisas através da constatação dos limites (exigências do projeto) e da existência de soluções múltiplas, que vão depender da decisão pessoal (e, portanto, da experiência, da formação e até mesmo da intuição) de cada profissional.

Também como se pôde perceber no exemplo do Chat analisado mais detidamente, o trabalho viabilizou uma troca de experiências dos alunos com o professor, enquanto profissional de Engenharia, com seus conhecimentos teóricos, práticos e vivências da execução de atividade semelhante à que foi simulada, o que permitiu, em alguns momentos, a reflexão sobre a identidade profissional e suas características, enquanto forma de pensar, fazer e criar, bem como de suas responsabilidades, riscos e dificuldades.

### **5.3.6 Consolidação de memória de longa duração**

Não foi possível realizar um experimento que pudesse comprovar efetivamente o aprendizado dos raciocínios envolvidos na solução de um projeto completo, ou seja, avaliar a capacidade dos alunos em realmente aplicar em novo projeto o conhecimento supostamente consolidado em termos de aprendizado<sup>143</sup>. Entretanto, pretendendo apontar para a possibilidade de relacionar o contexto do projeto com uma estrutura cognitiva de alto nível,

---

<sup>143</sup> Faz-se necessário insistir para a importância de desenvolver metodologia de pesquisa apoiada em elementos da Neurociência, nesta área de consolidação de memória.

capaz de apoiar a consolidação da memória de longa duração, procurou-se, de alguma forma, acompanhar os alunos após a finalização da experiência. Recorreu-se a uma simples evocação da experiência, em termos de relato, pelos alunos, do que lembravam do curso.

Em dezembro de 2004, cerca de dois meses após a finalização do curso, realizou-se novo contato com os alunos, para se tentar obter deles uma informação a respeito do que teria permanecido, em termos de sua percepção sobre o trabalho que desenvolveram. Solicitou-se dos alunos, por e-mail, um comentário final, sem limite de tamanho ou formato, contendo suas percepções sobre *a atividade de elaboração de projeto*, e sobre *a capacidade de cada um para realizar projetos*, após o curso à distância. Os três alunos responderam à mensagem, de forma cooperativa, e manifestaram uma percepção bastante positiva e consolidada em relação ao que vivenciaram, comparando com o ensino que tiveram e com as necessidades profissionais.

Por serem textos relativamente curtos, as três respostas serão apresentadas quase que integralmente (com destaques eventuais da autora da tese), ao lado de análises e interpretações relacionadas, aos objetivos gerais do curso à distância<sup>144</sup>, uma vez que estes eram os objetivos informados aos alunos. Quando possível, serão feitas referências aos objetivos didático-pedagógicos relacionados à identidade e à formação do engenheiro, bem como à identificação de operações cognitivas desejáveis no planejamento do curso à distância.

---

<sup>144</sup> Objetivos gerais do curso à distância, descritos no item 5.2 (Desenvolvimento do curso-piloto), reproduzidos aqui como forma de apoio à leitura: desenvolver integralmente um projeto de Engenharia Geotécnica; refletir sobre cada uma das etapas de sua realização; refletir sobre a importância do projeto de Engenharia em relação à atividade profissional; identificar e exercitar as atividades que constituem cada etapa da produção de um projeto, seus sub-objetivos, características e função em relação à atividade global; tomar consciência a respeito de suas próprias potencialidades e necessidades de reforço em relação ao conteúdo relacionado às disciplinas de Mecânica dos Solos e Ensaio de Campo.

Avaliação final dos alunos (dois meses após a conclusão do curso)	Análise/interpretação
<p><i>Aluno 1</i></p> <p><i>Bem, na minha opinião, o que mais mudou em relação a elaboração de um projeto de engenharia foi o <u>realizar o projeto</u>.</i></p> <p><i>Até então, <u>em trabalhos na graduação raramente simulamos uma atividade de projeto</u>.</i></p> <p><i>Na maioria das vezes era resolução de problemas. Nesta disciplina, poderia dizer que <u>rompemos com esta barreira</u>.</i></p>	<p>A realização do projeto era o primeiro objetivo geral do curso, que foi plenamente atingido por todos os alunos e, ao que parece, representou, para este aluno, um contexto claramente identificado de vivências e aprendizados relevantes.</p> <p>O aluno parece ter uma percepção global do trabalho que foi realizado, estabelecendo uma consciência – já consolidada, em termos de memória - em relação à diferença desse trabalho com sua formação na graduação. Supõe-se que já esteja consolidado este aprendizado porque o aluno identifica qual foi a diferença que ocorreu durante o curso em relação à vivência anterior de sua formação, o que, a propósito, correspondeu à avaliação do professor (e da bibliografia), de que os alunos não são formados ainda para ter uma compreensão sistêmica e integrada dos problemas, tal como ela aparece na realização de projetos. Nesse sentido, a realização do projeto, em si, parece ter contribuído para a estruturação de memórias relacionadas ao contexto apresentado (do qual fazem parte conteúdos teóricos, práticos e formas de raciocinar) com significação, como se supôs. Além disso, atendendo a outro dos objetivos do curso em si, o aluno parece deixar claro que compreendeu uma das importantes</p>

<p><i>É legal pelo fato de <u>escolher uma única solução para a obra dentro de inúmeras cabíveis para solucionar o problema.</u></i></p> <p><i>Creio que aquele <u>receio de optar por uma ao invés de outra foi, em grande parte eliminado. Vendo as soluções escolhidas pelos colegas notamos grades diferenças, em termos de dimensionamento, mas que no final, <u>se executada, funcionariam bem igual à solução tomada por mim.</u></u></i></p>	<p>características do projeto em relação às necessidades profissionais (a escolha de uma solução entre várias), e, com isso, também se referiu especificamente a uma das atividades didático-pedagógicas presente no planejamento do curso (simulação de possibilidades) destinadas a desenvolver uma operação cognitiva complexa: a tomada de decisão com base na análise de múltiplas possibilidades de solução.</p> <p>Há uma recordação clara do aluno de que teve que vencer o medo de escolher (tomar decisão). Esse processo foi feito na prática de comparação de sua solução com a dos colegas, o que dá conta de um amadurecimento do aluno, em direção à identidade profissional, com a compreensão da validade das soluções apresentadas pelos colegas.</p>
<p><b>Aluno 2</b></p> <p><i>Acredito que este curso foi muito válido e que principalmente contribuiu para nos impor <u>situações da vida profissional.</u></i></p> <p><i>Os aspectos que contribuíram para simular situações profissionais foram os seguintes:</i></p> <p><i>Eu percebi, durante a elaboração deste projeto, que <u>nenhum projeto é igual ao outro.</u> Apesar de estarmos realizando o projeto individual, sempre conversávamos</i></p>	<p>Este aluno também manteve uma memória positiva do trabalho, relacionada aos objetivos do curso, de emular a atividade profissional. Vai descrevê-los, corroborando a impressão de que ainda tem bem presente na memória (de forma consolidada, portanto) quais foram os itens importantes.</p> <p>Sua descrição mostra como os alunos puderam ter uma visão de conjunto, de seus próprios projetos e do projeto dos colegas, o que fortalece a informação do aluno anterior e, ao</p>

<p><i>sobre o tema, discutamos os passos seguintes e seguíamos geralmente pelo mesmo caminho. Mas, mesmo assim, no final, obtivemos <u>3 projetos diferentes</u>.</i></p> <p><i>Com isto pode-se observar a <u>importância de se avaliar todos os parâmetros envolvidos</u>.</i></p> <p><i>Outro aspecto é que por ser um curso via Internet é necessário que se esteja preparado para as perguntas que o professor venha a te fazer, isto é muito bom porque <u>você tem que estar seguro do que está fazendo, uma situação que simula o mercado</u>, simula situações de conversa com o contratante.</i></p>	<p>mesmo tempo, demonstrando compreender a natureza complexa da cadeia de tomadas de decisões intrínsecas ao desenvolvimento de cada projeto de Engenharia e as dificuldades de escolha entre possibilidades.</p> <p>A frase do aluno corrobora a interpretação anterior, de que compreendeu a natureza do projeto, em si, uma vez que se refere à importância da avaliação de todos os parâmetros, que foi reforçada no curso, desde a etapa do diagnóstico do projeto, até as etapas de equacionamento do modelo e de simulação de possibilidades. Atende a objetivo definido pelo curso e, por outro lado, dá significância à forma como o conteúdo do curso foi apresentado, destacando a importância da identificação e qualificação da análise sobre os parâmetros de projeto.</p> <p>Aparentemente, toda a situação de simulação da realidade está ainda presente na mente do aluno (consolidação da vivência como memória estruturada de longa duração), inclusive seu sentimento de insegurança, que possivelmente deva ter sido trabalhado, durante os chats, quando se sentiu desafiado a defender suas posições frente a um suposto contratante. A continuação da mensagem reforça esta idéia, porque o aluno descreve seu processo de insegurança e de superação.</p>
--	--

<p><i>Outro fato importante, por ser um projeto de engenharia, é que durante a elaboração deste muitas vezes eu me senti um pouco perdido, mas que <u>hoje eu vejo que foi importante, pois assim eu pude analisar melhor, as minhas decisões</u> e isto foi possível por se tratar de um curso à distância.</i></p>	<p>Ao expressar que pode ver a experiência em perspectiva (<i>hoje eu vejo que foi...</i>), o aluno dimensiona exatamente sua <i>evocação da experiência</i> do curso à distância, fazendo um balanço das características que, para ele, foram marcantes: <i>ser à distância e aprender a tomar decisões.</i></p>
<p><b>Aluno 3</b></p> <p><i>O curso no geral conseguiu <u>despertar uma nova visão sobre a elaboração de projetos de engenharia.</u></i></p> <p><i>Inicialmente (antes do curso) a <u>idéia da concepção de projeto partia de uma avaliação preliminar e posteriormente uma concretização da idéia do mesmo, deixando de fora as questões relacionadas com os custos e disponibilidades de equipamentos.</u></i></p>	<p>Este aluno fez um balanço extremamente completo, que inicia com sua evocação da visão geral de projeto (prevista como objetivo geral do curso e valorizadora da função pedagógica dos projetos) e, ao longo do texto, vai descrevendo vários itens que estiveram presentes no processo de aprendizagem prática.</p> <p>Se pudéssemos pensar nessa formulação em termos do que Schank (2002a) propôs, talvez se pudesse supor que o conjunto encadeado de ações (scriptlet) relativo à realização de projetos, que o aluno descreve, inicialmente (antes do curso), não estava suficientemente preciso. Havia <i>lacunas das atividades necessárias para a realização total do objetivo</i>, que foi capaz de perceber, ao longo do trabalho, completando seu próprio pensamento estruturado sobre o assunto, com itens teóricos, metodológicos, procedimentais e analíticos que constituem a complexidade que só pode ser percebida na prática.</p>

<p><i><u>Desta maneira, o curso veio a esclarecer as questões relacionadas com a maneira de avaliar valores que englobam um projeto, tais como custos relacionados com honorários dos profissionais, com o consumo de materiais entre outros.</u></i></p> <p><i><u>Foi possível também compreender de como é importante, a elaboração de um cronograma compatível com o tipo de obra, e o mais importante, com as necessidades exigidas pelo cliente. Ligado a questão de prazos é importante ressaltar que na avaliação do cronograma é necessário levar em consideração a disponibilidade de equipamentos para a execução da obra, o que muitas vezes poderá ser peça chave na estimativa de duração da implantação destas obras.</u></i></p> <p><i>Como comentário final, acredito que o curso apresentou uma boa validade no que diz respeito à captação de novos conhecimentos, visto que, as questões levantadas nos “chats” foram cruciais na definição da solução para o trabalho final, de forma que em algumas vezes, eles acabaram redirecionando a construção da <u>idéia final do projeto.</u></i></p>	<p>Ele referenda a importância da elaboração da planilha (já tratada nesta avaliação em termos de instrumento didático), e relata sua memória do processo que realizou, ao planejar o trabalho e reavaliar este planejamento ao longo do tempo, com a integração de novas necessidades. Esses passos seriam a complementação do <i>scriptlet</i> completo das ações do aluno necessárias à realização do projeto. Relata inclusive os detalhes de itens que percebeu serem necessários para completar seu planejamento. O aluno parece lembrar bem da vivência do Chat, em termos de conteúdo e de contexto de tomada de decisão.</p> <p>Também corroborando outro item que fez parte desta avaliação, o aluno se refere à importância dos chats como momentos privilegiados de troca de informações e apoio à tomada de decisões. Também parece ter uma evocação vívida de momentos dessa interação, nos quais teria redirecionado seu encaminhamento da construção da solução.</p>
---	--

Quadro 11 – Interpretação relativa à consolidação de memória de longa duração

As informações dos alunos, passados dois meses após o curso-piloto, demonstram uma boa sintonia com a avaliação positiva do curso, feita no questionário inicial pelos alunos. Também reforça a percepção manifestada pelo professor e pela observadora externa ao curso,

tanto quanto a interpretação feita pela autora da tese (a avaliação geral foi elaborada antes da última comunicação com os alunos). Fortalece a suposição, portanto, de que os objetivos do curso foram plenamente concretizados, em termos de simulação da realidade profissional, de compreensão da importância e das características dos projetos, bem como do exercício de atividades complexas relacionadas a eles, como a percepção e análise de um problema composto de múltiplas variáveis inter-interferentes, a cadeia de tomada de decisões, as limitações da prática e o exercício da criatividade contingenciado pelo atendimento a essas limitações.

Conforme se ressaltou, entretanto, seria indispensável a elaboração de algum instrumento de pesquisa mais preciso para quantificar – ou mesmo para qualificar – a consolidação da memória dos alunos, a partir do que se pretendeu estabelecer como o contexto teórico, prático e de vivência da elaboração de um projeto de Engenharia. Entretanto, apesar da natureza especulativa das interpretações, a eloquência dos comentários dos alunos, bem como a vivacidade de sua linguagem ao descrever o experimento, ocorrido dois meses antes, aponta para uma suposição plausível de que os projetos de Engenharia podem funcionar como estruturadores de aprendizado teórico e prático, por se constituírem em contextos de apoio à formação de memória de longa duração, conforme proposto pelo modelo *e-learning-by-doing* (SCHANK, 1999, 2002a). Nesse sentido, esta possibilidade agrega valor à possível natureza pedagógica dos projetos como ferramentas de ensino de Engenharia, e confirma a possibilidade de que sejam modelados, para cursos à distância, da forma descrita pelo mesmo autor.

Os estudos relacionados à memória correspondem hoje a uma das partes mais importantes da pesquisa neuro-científica relacionada às funções cognitivas e ao aprendizado, abrindo uma imensa possibilidade de aprofundamento das pesquisas experimentais que integrem esta área à busca de novos modelos de uso das tecnologias educacionais

informatizadas. Este trabalho talvez possa ser usado como ponto de partida para um aprofundamento nessa direção, ao posicionar, voltadas para o mesmo norte, as questões sobre memória, sobre aprendizagem, sobre ensino de Engenharia, sobre a estratégia didático-pedagógica de elaboração de projeto e sobre um modelo específico de ensino à distância, cada uma delas com seu universo de conteúdos, práticas e desafios a conhecer e a equacionar, de forma flexível, dinâmica e criativa.

### **5.3.7 O aprendizado pela prática (da pesquisadora) com a implantação do curso-piloto**

Ao longo de todo o processo de implantação da experiência-piloto do curso à distância, havia algumas incógnitas, como se referiu acima, caracterizando uma situação que, embora planejada, podia produzir resultados inesperados. Outros elementos, entretanto, ganharam relevância por si, sem nenhum planejamento, no conjunto da aplicação prática deste projeto de pesquisa, o que contribuiu para que a própria experiência tenha obedecido à lógica do *aprendizado pela prática* (no caso, o aprendizado da pesquisadora, autora da tese). Lembrando: essa lógica se apóia na idéia (presente nas considerações filosóficas de Wittgenstein, Dewey e Schank<sup>145</sup>) de que a aplicação de qualquer proposta ou conceito, a sua contextualização real, no mundo de atores humanos, tecnológicos e ambientais, é o único território capaz de produzir inferências, valores e verdades (mesmo que temporárias) que dão sentido ao trabalho e ao aprendizado real. É na prática que os sentidos se estruturam de forma consistente e definem os rumos das interpretações, das necessidades de alterações e, em resumo, da continuidade do processo de aprendizado. Isso terminou realmente ocorrendo com

---

<sup>145</sup> Sobre os três autores, ver o item 2.3.2 (Contextualização histórica da idéia do aprendizado pela prática).

a implantação do curso, que deu sentido prático – e, portanto, agregou valor - aos elementos conceituais e de planejamento que constituíram esta experiência.

Um dos aprendizados práticos da experiência-piloto foi a percepção da importância das atividades didáticas. Esta percepção ocorreu em especial no caso da produção da planilha de planejamento, apresentada aos alunos como ponto de partida para a realização do projeto. Na vivência da implantação do curso, a execução da planilha de planejamento de atividades de membros da equipe, custos, prazos ganhou uma importância não percebida completamente durante a estruturação do curso. De simples recurso didático, tornou-se um instrumento de catalisação das necessidades dos alunos, em termos teóricos, práticos e de visão de conjunto do projeto. Este era, talvez, o sentido prático associado ao conjunto da *estratégia pedagógica de realização de projeto de Engenharia*, e a planilha funcionou como o instrumento para que isso ocorresse.

A execução da planilha foi o principal problema discutido em todas as sessões de Chat, uma vez que – percebeu-se após a conclusão do curso e a análise dos dados – *funcionou como um laboratório de representação e de simulação, para o aluno, do conjunto de todas as atividades integrantes do projeto*, caracterizando-se, nesse sentido, como a principal ferramenta didático-pedagógica do curso, por permitir que o aluno visualizasse, através dela, a cadeia de problemas e sub-problemas relacionados ao projeto. Formulado da forma como apareceu em vários pontos das tabelas de planejamento do curso, na coluna das operações cognitivas envolvidas em várias etapas: a planilha constituiu, para cada um dos alunos, o *processo de compreensão dinâmica da relação entre as partes e o todo, no tempo e no espaço*.

Enquanto que as planilhas de simulação ofereceram instrumentos operacionais para equacionar o conjunto de variáveis do projeto, a planilha de planejamento funcionou como

um instrumento didático de *representação da estrutura dinâmica de todas essas variáveis, de organização mental do aluno* e, simultaneamente, de *instrumento de tomada de consciência sobre as necessidades* de complementação de seu próprio aprendizado formal e de forma de pensar. Apesar da compreensão da importância da produção da planilha, em termos didáticos, considerou-se importante deixar as ferramentas para sua confecção a critério do aluno, na continuidade do trabalho (mesmo na plataforma de simulação que está sendo apresentada com esta finalidade), para viabilizar exatamente a percepção desse processo de desenvolvimento de cada aluno (como se viu, de simples tabelas iniciais, em formato .doc, as planilhas ganharam forma e consistência, em arquivos .xls)

Da mesma forma, a percepção da *intenção didática* do professor mostrou ser uma atividade extremamente difícil e arriscada para o planejador de um curso à distância, principalmente nos casos em que ela estiver relacionada à intuição, à observação de situações anteriores em sala de aula, ou mesmo à heurística de sua atividade profissional. Nem sempre a intenção didática do professor é explícita, como foi o caso da compreensão pelos alunos da importância da variável *tempo*, que ocorreu e pôde ser observada de forma notável, durante o Chat<sup>146</sup>, mas que não foi objeto de um planejamento durante a estruturação do curso (não havia indicadores para sua identificação, nem uma atividade didática específica ou mesmo um item no questionário de avaliação). Esse fato é particularmente mais crítico nos casos em que o planejador do curso não é um especialista na área do conhecimento em questão, e a única forma segura de preveni-la, embora subjetiva, é através de um envolvimento integral do professor com todas as etapas do trabalho, inclusive com a implantação e com a avaliação (esse foi o caso do curso-piloto).

---

<sup>146</sup> Ver o quadro apresentado no item anterior.

Outro aprendizado prático não planejado (já referido em itens anteriores), foi com relação aos papéis diferenciados do professor em momentos diversos do curso, bem como a importância de planejar a participação de tutores capacitados, para aumentar as chances de sucesso de um curso à distância. Ressalte-se, ainda a título de aprendizado, que as atividades didáticas, as funções e as intenções didáticas do professor trouxeram à tona a *importância do conteúdo, como o território onde o aprendizado prático se exerce, onde os conceitos adquirem validade e sentido e onde o planejamento didático-pedagógico realmente se constitui como realidade didático-pedagógica.*

É através do conteúdo – estruturado através de um planejamento didático-pedagógico flexível, dinâmico e apoiado na prática - que o professor irá desenvolver com o aluno uma visão mais complexa da Engenharia. Isso pode significar que um professor de Engenharia – a par de ter uma boa intenção e/ou uma boa formação pedagógica conceitual – deve ser capaz de perceber *a própria Engenharia, em sua complexidade histórica, antropológica, social, ambiental e metodológica.* Este é o seu conteúdo, assim como esta será a sua prática de Engenharia. Ambos, invariavelmente, estarão estruturados e disponibilizados aos alunos no projeto didático-pedagógico. Esta percepção remete diretamente para a natureza da formação dos professores desta área, a qual, sugere-se, deve conter mais do que a atualização acerca dos modelos filosóficos e pedagógicos e passar pelo balanço de sua própria compreensão do conteúdo. Em 24/02/2000, o título de uma das matérias produzidas para o jornal da Escola de Engenharia, para descrever o início do desenvolvimento de novas mídias computadorizadas pelos professores, dizia que mudar a forma “*implica repensar conteúdos*”. A idéia ganhou atualidade e relevância com a complementação do trabalho que integrou, não apenas as mídias, mas uma proposta de reflexão sobre a estrutura e as interfaces multidisciplinares dos conteúdos.

Talvez possa ser relevante ressaltar, nesse balanço do aprendizado prático da implantação do curso, que a observação do processo de aprendizado dos alunos levou ao retorno sobre as descrições conceituais da tese, em especial as que descrevem raciocínios e estratégias de solução de problemas. A aplicação do trabalho permitiu complementar algumas suposições. Ao longo da descrição dos tipos de raciocínio característicos dos engenheiros, propôs-se que, ao definir o intervalo de validade de uma determinada generalização de comportamento previsível, estariam realizando um tipo de indução relativa (extensão de uma regra particular para um determinado nível geral de validade). Ao se examinar os resultados do curso, bem como todos os documentos que constituem a memória do processo pelo qual passaram os alunos, e que, se supôs, reproduz o mesmo processo cognitivo da atividade profissional, tendo em pauta a descrição conceitual, percebeu-se também uma nova suposição, em relação ao tipo de raciocínio abduutivo, por definição o apontamento para algo novo em relação ao problema, ou seja, uma hipótese explanatória<sup>147</sup>. No curso, verificou-se que este levantamento de hipótese corresponde ao desenho da solução proposta para o projeto, não caracterizando, portanto, uma hipótese completamente nova, ou intuitiva, senão que é uma escolha entre as possibilidades lógicas viáveis como solução para aquele conjunto de necessidades, mediado por um conjunto de variáveis inter-interferentes. Nesse sentido, a criatividade, propriamente dita, nesse caso da Engenharia Geotécnica, relaciona-se à escolha da solução que melhor satisfizer às condições técnicas, segundo o tempo e o custo, e não à escolha em si, o que, na verdade, corrobora a natureza individual do engenheiro, de dimensionar sua criatividade no escopo da utilidade, da otimização e da racionalidade do uso e não do ineditismo da escolha.

Mesmo fazendo um re-posicionamento de questões conceituais, esse balanço talvez não conseguisse dar conta de todo o aprendizado ocorrido ao longo do trabalho, que se

---

<sup>147</sup> Ver item 3.3.5 (Método científico, raciocínio e estratégias de resolução).

concretizou com a aplicação prática. Foi possível - e necessário - neste processo, aprender a pensar com *cabeça de engenheiro*, incluindo a tentativa de representação mental da geometria do problema proposto no projeto (o pátio de aeronaves, os recalques, a sobrecarga, os drenos, o adensamento e o tempo da obra), a angústia de não possuir os instrumentos para relacioná-los (diferentemente dos alunos, cujo conhecimento teórico, matemático e técnico mostrou-se adequado) e a compreensão da lógica inerente às soluções (tarefa muito dura para quem não é da área.). Esse aprendizado – o que no início do trabalho considerou-se o valor agregado da própria Engenharia - também deverá estruturar uma forma mais eficiente de pensar e operar com problemas complexos e soluções, em outras áreas de conhecimento.

### 5.3.8 Continuidade do trabalho

Conforme apresentado na relação de objetivos da tese, pretendeu-se apontar para uma continuidade experimental desta pesquisa, em função da obtenção de recursos obtidos da CAPES, através do Edital PAPER, com o desenvolvimento de uma Plataforma de Simulação Didática de Projetos de Engenharia para cursos à distância. O trabalho foi realizado ao longo dos meses de janeiro, fevereiro e março de 2005, estando disponível para testes em <http://ead.feeng.ufrgs.br/plataforma>. A ferramenta será utilizada em caráter experimental, no primeiro semestre de 2005, com alunos do PGIE<sup>148</sup>.

A plataforma foi planejada tendo como base as etapas definidas no curso à distância de projeto: diagnóstico, equacionamento matemático, síntese-simulação, apresentação final, tendo

---

<sup>148</sup> Já está prevista a apresentação e teste da plataforma com alunos da disciplina “Modelos pedagógicos para necessidades complexas de conteúdo científico e tecnológico”, no PGIE, sob coordenação do prof. Schnaid.

sido criada uma estrutura de banco de dados agregada a ela, para que os professores possam alimentar esta estrutura, com as ações respectivas de cada uma delas (com seus respectivos objetivos), necessárias para o desenvolvimento de qualquer projeto de Engenharia. Também é possível integrar material de pesquisa a esta plataforma, para ser acessado na íntegra (lista de material), ou relacionado a cada ação. A plataforma será usada de forma integrada a uma plataforma de gestão de EAD, como a Claroline, por exemplo, da qual será utilizada a interatividade para registros, listas de alunos, e-mails de grupos, envio de trabalhos e as ferramentas de comunicação síncrona e assíncrona, como Chat e fóruns, segundo o desejo dos futuros usuários. Na figura 34 está apresentada a interface de apresentação da plataforma, onde foram também integrados os textos sobre projetos de Engenharia, a fundamentação do modelo *e-learning by doing*, além de orientações sobre o processo de criação de novos cursos. O curso-piloto utilizado na tese foi modelado como exemplo na plataforma.

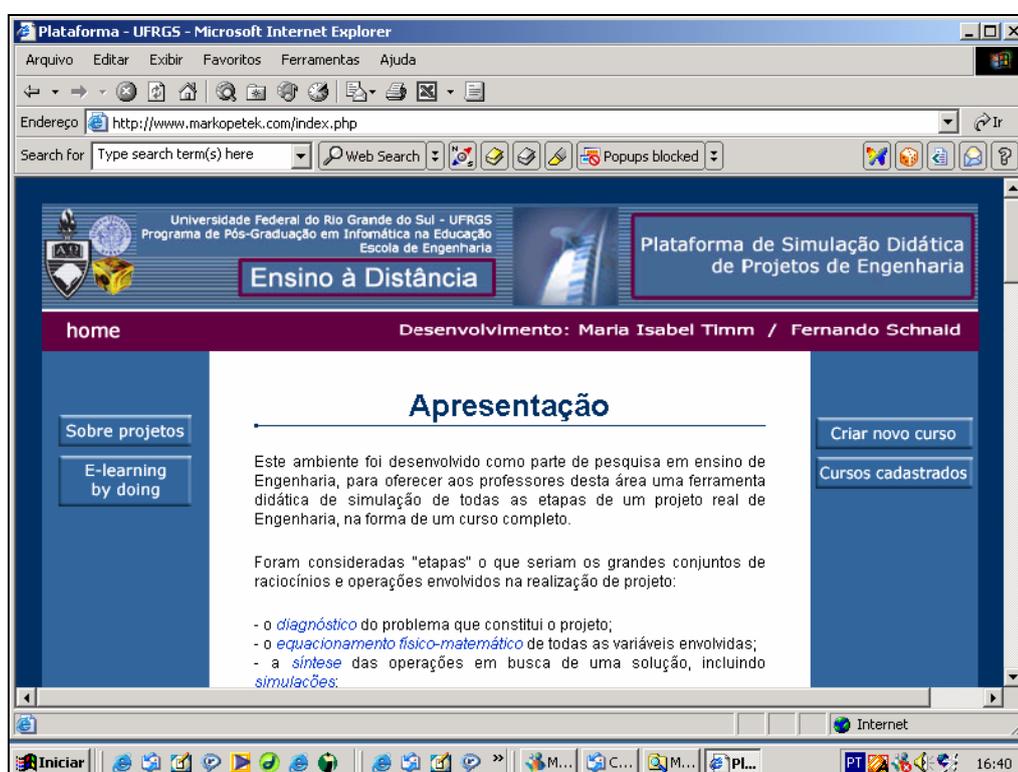


Figura 34 – Interface de acesso à Plataforma de Simulação Didática de Projetos de Engenharia, através da qual os professores poderão desenvolver cursos à distância, simulando todas as etapas e ações de um projeto completo (acessível em <http://ead.feeng.ufrgs.br/plataforma>)

## 6 CONCLUSÕES

Retornando-se sobre os objetivos definidos para este trabalho, considerou-se que, de modo geral, foram atendidos, seja através de pesquisa bibliográfica, relacionada à descrição de possíveis características individuais, cognitivas e profissionais dos engenheiros; da identificação de uma estratégia pedagógica (projetos) particularmente indicada para atender às necessidades de formação dos engenheiros contemporâneos; ou de desenvolvimento e aplicação da experiência piloto de modelo de curso à distância especificamente destinado à elaboração didática de um projeto de Engenharia.

Na primeira parte do trabalho, procurou-se identificar as necessidades relacionadas à formação dos engenheiros, tendo como cenário desta formação a identidade desses profissionais, enquanto indivíduos - com seus raciocínios, operações mentais e motivações características - e enquanto atores sociais – com a discussão a respeito de seus respectivos papéis e expectativas relacionados a cada tempo e cada espaço, em diferentes sociedades.

Para construir este cenário, utilizaram-se autores da área de Engenharia, a partir dos quais buscaram-se fundamentos histórico-culturais e exemplos descritos a partir da prática profissional. Esse material foi elaborado, na tese, com base no referencial multidisciplinar das Ciências Cognitivas, em geral, pelo seu enfoque integrador da cognição, tanto quanto aos aspectos endógenos ao sujeito (seus próprios mecanismos de agregação e validação do conhecimento), quanto culturais (característicos da cultura onde se estruturam as crenças e os sistemas de validação das informações). Em particular, utilizou-se como referencial teórico, nesta etapa, as formulações de Pinker (1998), sobre o funcionamento da mente, tendo-se

apropriado, desse referencial, principalmente o raciocínio multidisciplinar e flexível, além de se ter proposto possíveis aproximações entre a descrição do funcionamento da mente dos engenheiros com o modelo descrito pelo autor, baseado nas teorias da mente modular e computacional.

Uma vez identificado o que seria o perfil do engenheiro, com todas as suas características, buscou-se comparar a realização de projetos de Engenharia com este perfil, também com base em referências bibliográficas e em exemplos retirados da prática profissional da Engenharia. Constatada a adequação do uso de projetos como estratégia pedagógica para o ensino de Engenharia, por viabilizar a complexidade do acesso a conteúdos extensos, profundos e complexos, bem como a formas de pensar, raciocínios, operações mentais, posturas, comportamentos e atitudes desejáveis como complementação à formação tradicional, para atender à cultura do Século XXI, buscou-se associar essa estratégia às idéias de outro autor das Ciências Cognitivas, Schank (1999). Este autor desenvolveu uma teoria de aprendizagem relacionada a uma teoria de consolidação dinâmica de memória de longa duração, tendo aplicado estas idéias ao desenvolvimento de um modelo de curso à distância, o *e-learning-by-doing*. Considerou-se oportuno, então, realizar experiência-piloto de curso à distância de simulação didática de um projeto de Engenharia, para avaliar a viabilidade desse recurso, como potencial elemento de consolidação de memória dinâmica, bem como de estrutura de suporte para o modelo de curso à distância proposto por Schank. O curso foi planejado, desenvolvido e implantado, tendo como ponto de partida um extenso conjunto de materiais de multimídia desenvolvidos como parte da atividade preliminar da pesquisa – que incluiu também a observação da prática docente da disciplina, ao longo de três anos - tendo sido relatadas todas essas etapas, bem como avaliação qualitativa de seus resultados.

Buscou-se resumir, neste último item, as considerações que foram aprofundadas, ao longo da tese. Esta decisão foi principalmente motivada pela extensão do trabalho e pela sua

própria natureza exploratória, com objetivos amplos e inter-relacionados. Parte do balanço das contribuições do trabalho foi integrado à análise de resultados da experiência-piloto, incluindo-se aí a importância do planejamento dos vários itens que compõem um curso à distância (tutoria, os instrumentos e a intenção didática, a adequação do material às necessidades do conteúdo, entre outros), e também a riqueza do aprendizado pessoal realizado ao longo da pesquisa sobre a como funcionam (idealmente) as *cabeças de engenheiro*. Entretanto, estas conclusões devem também cumprir a função de buscar traduzir o precioso diálogo mantido com os avaliadores da tese, durante sua defesa. Nesse sentido, fez-se necessário ampliar a reflexão crítica sobre o trabalho, para além da enumeração de objetivos e adequação de hipóteses.

Em nome da objetividade acadêmica, talvez o grande número de objetivos definidos no início e apresentados na sua forma original devesse passar por uma categorização, ou uma hierarquização, que indicasse ao leitor um foco mais preciso. Entretanto, o enfoque multidisciplinar, e, mais do que isso, a pertinência e a complexidade do tema, de certa forma dirigiram a pesquisa para outras necessidades, que foram vindo à tona ao longo da pesquisa. Foi necessário definir objetivos a cada passo do trabalho, para poder dar conta de uma reflexão que foi sendo estruturada à medida em que a pesquisa bibliográfica e a convivência prática com os professores da área indicavam necessidades, justificativas, ponderações relativas à compreensão de temas pouco explicitados: o estereótipo do engenheiro; o valor da Engenharia e seus produtos; a identificação das conseqüências tecnológicas com o conhecimento envolvido no seu desenvolvimento; a responsabilidade ética dos engenheiros e suas implicações sócio-ideológico-culturais; a dificuldade de estabelecer limites universais para a delimitação dos critérios éticos; a necessidade de conhecer os valores definidos pelas diferentes culturas para dimensionar as questões éticas envolvidas no trabalho do engenheiro; as formas específicas de raciocínio científico dos engenheiros, aplicado à realidade prática e

complexa; as características dessas formas específicas de raciocínio que contribuíram para a estruturação de um perfil cultural contemporâneo, entre outros temas que perpassaram toda a reflexão. Foi necessário, em resumo, conhecer a Engenharia e sua função na cultura, em seus diversos momentos históricos, para inserir nela o ator principal desta pesquisa: o engenheiro e o aluno de Engenharia, com suas características e necessidades. Embora esta possa ser uma formulação singela, porque se pressupõe um senso comum a respeito do que é a Engenharia, a importância que o tema ganhou no trabalho testemunha uma espécie de divórcio da cultura contemporânea com a valorização desse trabalho. Os engenheiros foram identificados, ao longo das últimas décadas, como predadores ambientais a serviço da desvalorização dos valores humanitários, uma imagem que deve ser conhecida, debatida e analisada criticamente, no escopo da formação dos futuros profissionais.

O tema principal da tese – o ensino de Engenharia -, tanto quanto foi possível identificar na pesquisa bibliográfica, ainda não havia sido tratado diretamente pela ótica das ciências cognitivas, razão pela qual foi necessário também explorar os limites da aplicabilidade de teorias e modelos desta área que é nova e, por natureza, multifacetada. O resultado do trabalho, e a avaliação objetiva da banca, indicam que se trata de um paradigma que apresenta um grande potencial, embora ainda esteja evidente que é preciso desenvolver instrumentos de pesquisa mais precisos para dar conta de todas as necessidades identificadas. Em especial, a questão da consolidação da memória de longa duração não foi suficientemente aprofundada no trabalho, uma vez que não se constituíram situações posteriores ao aprendizado suficientemente complexas para exigir dos alunos uma aplicação consistente de raciocínios e práticas desenvolvidos ao longo do curso à distância.

Considerou-se ainda que as questões de pesquisa, embora também marcadas pela multiplicidade e falta de hierarquização, foram adequadas para guiar o processo de estruturação do conhecimento construído em quase quatro anos de trabalho, ao longo dos

quais a tese foi desenvolvida. A primeira série de perguntas, relacionadas à contextualização da Engenharia e do perfil dos engenheiros, foi respondida pela formulação conceitual da tese, tendo guiado a pesquisa em busca da identidade e do perfil cognitivo do profissional. A segunda série de perguntas embasou a escolha dos projetos como estratégia cognitiva e sua aproximação com o modelo de base cognitiva utilizado para estruturar o curso à distância. Novamente, neste caso, tanto quanto os objetivos que foram sendo definidos ao longo do trabalho, as questões de pesquisa constituíram fios condutores do pensamento, da pesquisa e do direcionamento das escolhas.

À guisa de finalização, remete-se ao grande objetivo sintetizado pelo título da introdução desse trabalho, de compreender e apresentar *Um perfil, uma estratégia, um modelo de ensino à distância*. Trata-se, na verdade, como se viu, de um objetivo amplo e, por isso, pouco preciso, no seu escopo acadêmico, mas que remete para a busca de uma forma de tratar do problema educacional, a rigor, em qualquer área, porque implica a identificação precisa de um ator, com suas características pessoais e culturais, para que se possa buscar nessas características (psicológicas, cognitivas, motivacionais) e nesta cultura as soluções que vão constituir o ecossistema de sua educação. Consideraram-se cumpridas as etapas que permitiram consolidar essa síntese, se não em termos de uma comprovação validada segundo a metodologia científica, pelo menos enquanto um conjunto de idéias suficientemente plausíveis para apontarem na direção de futuras pesquisas, mais específicas em relação a cada uma dessas etapas e, portanto, mais aprofundadas, conforme foi sugerido no corpo do trabalho, como por exemplo, *consolidar e validar as características do perfil cognitivo dos engenheiros* (com apoio nas áreas de Neurociências, Psicologia experimental e Psicometria, por exemplo).

Com relação à estratégia pedagógica sugerida – a elaboração didática de projetos – imagina-se que, independentemente de futuras pesquisas ou de desenvolvimento de

ferramentas tecnológicas educacionais, deverá constituir-se, em um futuro próximo, em um importante instrumento de formação dos futuros engenheiros. Os projetos parecem ser a solução lógica, criativa, objetiva e de bom senso – todas essas características identificáveis no perfil proposto dos engenheiros – para formar os alunos de maneira consistente, eficiente, flexível, favorecendo a autonomia, a comunicabilidade, a compreensão dos elementos de gestão, de ética, de sustentabilidade econômica e ambiental, entre tantas outras necessidades da cultura, da economia e da sociedade contemporâneas. Os projetos, ao que parece, contribuem para flexibilizar o ensino, sem comprometer a histórica e necessária qualidade técnico-científica. Faz-se necessário, entretanto, dimensionar de forma mais aprofundada as potencialidades da utilização didática dos projetos, pelos próprios professores de Engenharia, os quais dominam os raciocínios, os conhecimentos teóricos, práticos e a riqueza da cultura de inter-relacionamento pessoal que fazem parte desta atividade e podem, por isso, encontrar formas mais criativas e eficientes de oferecê-las aos alunos no ambiente didático-pedagógico, seja em atividades presenciais ou à distância, através do modelo de *ensino-pela-prática*.

Com relação ao modelo de ensino à distância, pôde-se observar, na prática, as características do modelo *e-learning-by-doing*, e fortalecer a suposição sobre sua viabilidade, como um instrumento didático-pedagógico potencialmente eficiente para ser usado em cursos à distância de projeto de Engenharia, atendendo este modelo a várias das necessidades de formação relacionadas tanto à natureza individual dos engenheiros, como à sua identidade cultural e conseqüente enfrentamento de construção de um novo perfil profissional, para o Século XXI.

A última observação teve como resultado a decisão de encaminhar o desenvolvimento de uma plataforma de simulação didática de projetos de Engenharia, segundo as etapas definidas no trabalho, com flexibilidade de criação de ações e oferta de materiais de pesquisa. Uma versão inicial da plataforma já está sendo apresentada como uma indicação de

continuidade do trabalho desta tese, e aponta para seu uso efetivo, em cursos à distância, na prática docente, de forma a permitir a observação de necessidades específicas para o desenvolvimento de instrumentos mais precisos de monitoramento e avaliação, com ferramentas estatísticas e/ou tecnológicas.

É possível – como foi cogitado durante a apresentação à banca examinadora - que algumas das reflexões que se constituíram ao longo desta tese possam vir a ser aprofundadas, em direção à construção de uma Filosofia da Engenharia, ou de uma Epistemologia da Engenharia, ou, ainda, de uma grande área denominada Fundamentos da Engenharia. Neste sentido, o trabalho terá contribuído ao localizar e preparar um terreno de possibilidades futuras, onde a discussão sobre a identidade dos engenheiros e seu papel sócio-econômico-cultural possa ser ampliada, como forma de identificar e resgatar os fundamentos da auto-estima profissional desses importantes *cientistas desenvolvedores e implantadores* de soluções em todas as sociedades, como forma de melhor compreender as necessidades de ensinar e consolidar esse papel junto aos jovens desta e das futuras gerações.

Publicações especificamente relacionadas aos grandes itens que constituíram a tese:  
Timm, Schnaid e Costa, (2004, 2005a, 2005b).

## REFERÊNCIAS

ABET. Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc. **Criteria for accrediting engineering programs**. Disponível em: <<http://www.abet.org/images/criteria/2002-03Eaccriteria.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2002.

AMARAL, M.N.C.P. **Dewey: filosofia e experiência democrática**. São Paulo: Perspectiva, 1990.

ANDLER, Daniel. Prefácio e carta aos leitores brasileiros. In: ANDLER, Daniel (Org.). **Introdução às ciências cognitivas**. Trad. de Maria Suzana Marc Amoretti. São Leopoldo: UNISINOS, 1998. p. 9-21.

BAZZO, Walter Antonio. **Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: UFSC, 1998.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L.T.V. **Introdução à engenharia**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 1996.

BERGMAN, M.; PAAVOLA, S. (Ed.). **The commens dictionary of Peirce's terms**. Disponível em: <<http://www.helsinki.fi/science/commens/dictionaryfront.html>>. Acesso em: 26 jul. 2004.

BERGREEN, Laurence. **Viagem a Marte**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2002.

BECKER, Fernando. **Aprendizagem e ensino: contribuições da epistemologia genética. formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões contemporâneas da educação tecnológica**. Florianópolis: UFSC, 1999.

BORGES, M. M. Formas de representação do projeto. In: NAVEIRO, R. M.; OLIVEIRA, V. F. **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial**. Juiz de Fora: UFJF, 2001. p. 65-99.

BOSCOV, Isabela. Crise ensinou homem pré-histórico a pintar. **Jornal Folha de São Paulo**, São Paulo, 21 dez. 1990, Caderno Ciência, p. G-1.

BOUDAREL, M.-R. et al. Lê projeta u coeur de la formation manageriale de l'Ecole dès Mines de Saint Étienne. In: **Questions de pedagogie dans l'enseignement superieur**. Brest, juin 2003. (documento não publicado).

CASTRO, E. B. P. de C.; NAVEIRO, R. M.; OLIVEIRA, V. F. de (Org.). **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial**. Juiz de Fora: UFJF, 2001.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Câmara de Educação Superior. **Resolução CNE/CES 11**, de 11 de março de 22. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/cne/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2003.

DEL NERO, H. S. **O sítio da mente**. São Paulo: Collegium Cognito, 1997.

DISCOVERY CHANNEL. **Extreme engineering**, Disponível em: <<http://media.dsc.discovery.com/convergence/engineering/engineering.html>>. Acesso em: 17 nov. 2004.

FERGUSON, E. **Engineering and the mind's eye**. 6th. ed. Cambridge: MIT, 2001.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

FEYNMAN, Richard. **What do you care what other people think?** New York: W.W. Norton & Company, 1988.

FLORMAN, Samuel. **The existential pleasures of engineering**. New York: St. Martins's Griffin, 1996.

GARDNER, H. **Inteligência: um conceito reformulado**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

HAAF, G. A. **Origem da humanidade**. São Paulo: Círculo do Livro, 1979.

IMBERT, Michel. Neurociências e ciências cognitivas. In: ANDLER, Daniel (Org.). **Introdução às ciências cognitivas**. Trad. de Maria Suzana Marc Amoretti. São Leopoldo: UNISINOS, 1998. p. 55-75.

KRAMER, A. et al. **Educação à distância: da teoria à prática**. Porto Alegre: Alternativa, 1999.

LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência**. Rio de Janeiro: 34, 1993.

LODER, Liane. **Epistemologia versus pedagogia: o lócus do professor de engenharia**. 2002. Dissertação (Mestrado em Educação)—Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MER, Stéphane. The structural engineer in the design office: a world, its object, and its work practices. In: VINCK, Dominique (Ed.). **Everyday engineering**. London: MIT, 2003.

MILITITSKY, J. O desafio de formar engenheiros como transformadores sociais. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 17 ago. 1998. Suplemento Engenharia, Editorial.

MINSKY, Marvin. **The society of mind**. New York: Touchestone, 1985.

MITCHAM, Carl. **The importance of philosophy to engineering**. Disponível em: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/teorema02.htm>>. Acesso em: 23 set. 2002.

NAVEIRO, R. M. Conceitos e metodologias de projeto. In: CASTRO, E. B. P. de C.; NAVEIRO, R. M.; OLIVEIRA, V. F. de (Org.). **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial**. Juiz de Fora: UFJF, 2001. p. 25-63.

NORMAN, D. A. Que es la ciencia cognitiva?. In: \_\_\_\_\_. **Perspectivas de la ciencia cognitiva**. Barcelona: Paidós, 1987. p. 13-23.

OLIVEIRA, Vandrelí Fava de. Os aspectos pedagógicos e a dicotomia teoria e prática nos cursos de Engenharia Civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 28., 2000, Ouro Preto. **Anais...** [S.l.]: Abenge, 2000. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, V. F. A importância do projeto no processo de ensino-aprendizagem. In: CASTRO, E. B. P. de C.; NAVEIRO, R. M.; OLIVEIRA, V. F. de (Org.). **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial**. Juiz de Fora: UFJF, 2001. p. 149-183.

OXFORD UNIVERSITY. Department of Engineering Science. **Degree courses e admissions**. Disponível em: <<http://www.eng.ox.ac.uk/World/Academic/Admissions/Ugraduate/index.html>>. Acesso em: 27 nov. 2004.

PAIS, Abraham. **Sutil é o Senhor...**: a ciência e a vida de Albert Einstein. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.

PETERS, O. **Didática do ensino à distância**. São Leopoldo: Unisinos, 2001.

PIAGET, J. **Ciências e filosofia**. São Paulo: Abril Cultural, 1983. (Os Pensadores).

PINKER, Steven. **The language instinct**. New York: HarperPerennial, 1995.

\_\_\_\_\_. **Como a mente funciona**. Companhia das Letras, SP, 1998.

PLATÃO. **Mênnon**. Texto estabelecido e anotado por John Burnet. Rio de Janeiro: PUC Rio, 2001.

SACKS, Oliver. The Mind's Eye. **The New Yorker**, New York, v. 79, n. 20, p. 48-89, 28 July 2003.

SAMPSON, Anthony. **O homem da companhia**: uma história dos executivos. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SCHANK, Roger. **Designing world-class e-learning**. New York: McGraw-Hill, 2002a.

\_\_\_\_\_. **Dynamic memory revisited**. New York: Cambridge, 1999.

\_\_\_\_\_. **Every curriculum tells a story**. Disponível em: <<http://west.cmu.edu/education/SCC%20white%20paper.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2002b.

SCHNAID, F. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

SCHNAID, F.; BARBOSA, F. E; TIMM, M. I. O perfil do engenheiro ao longo da história. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2001. 1 CD-ROM.

SCHNAID, F. et al. Multimídia e ensino à distância na engenharia civil: disciplina de investigação geotécnica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2001. 1 CD-ROM.

SCHNAID, F.; MILITITSKY, J.; NACCI, D. **Aeroporto Internacional Salgado Filho: infra-estrutura civil e geotécnica**. Porto Alegre: Sagra/Luzzatto, 2001.

SCHNAID, F.; TIMM, M. I.; ZARO, M. A. Porque introduzir, no Brasil, o ensino à distância nos cursos de graduação e pós-graduação em engenharia? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2001. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. Uso adequado de linguagem de vídeos para EAD. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 10., 2003, Porto Alegre. [**Anais...**] Porto Alegre: ABED, 2003. CD-ROM.

SIMON, H. A. Ciência cognitiva: la más nueva ciencia de lo artificial. In: NORMAN, D.A. **Perspectivas de la ciencia cognitiva**. Barcelona: Paidós, 1987. p. 25-38.

SINGH, Simon. **O último teorema de Fermat**. Rio de Janeiro: Record, 1998.

TIMM, M. I. et al. Tecnologia educacional: mídias e suas linguagens. **RENOTE**: revista novas tecnologias na educação, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 1- 19, fev. 2003.

\_\_\_\_\_. Tecnologia educacional: apoio à representação do professor de Ciência e Tecnologia e instrumento de estudo para o aluno. **RENOTE**: revista novas tecnologias na educação, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 1-10, nov. 2004.

TIMM, M. I.; SCHNAID, F.; FERREIRA F., R. C. M. Ensino tecnológico: modelo de uso de multimídia e Internet. In: SOCIEDADE DE USUÁRIOS DE INFORMÁTICA E TELECOMUNICAÇÕES - SUCE SU, 2003, Salvador. **Anais...** [S.l.]: IDETI, 2003a. 1 CD-ROM.

TIMM, M. I.; SCHNAID, F.; FERREIRA F<sup>o</sup>., R. C. M. Modelo de EAD em engenharia civil: livro, vídeos, multimídia e aulas interativas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 31., 2003, Rio de Janeiro. **O ensino da graduação e suas interfaces com a pós-graduação, a pesquisa e a extensão**: anais. Rio de Janeiro: IME, 2003b. 1 CD-ROM.

TIMM, M. I.; SCHNAID, F.; ZARO, M. A. Considerações sobre uso de modelo construtivista no Ensino de Engenharia - disciplina de projeto, com graduandos e mestrandos. **RENOTE**: revista novas tecnologias na educação, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 1-21, fev. 2003.

TIMM, M. I.; SCHNAID, F.; COSTA, J. C. E-learning-by-doing ações para estruturar curso à distância de projeto de Engenharia Geotécnica. In: GLOBAL CONGRESS ON ENGINEERING AND EDUCATION TECHNOLOGY, GCETE, 2005, Santos. **Anais...** Santos: COPEC, 2005a. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. O perfil do engenheiro e seu trabalho. **Revista ABENGE**, Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, Brasília, v. 23, n. 1, p. 1-10, 2004.

\_\_\_\_\_. Projeto como estruturador da cognição dos engenheiros. In: GLOBAL CONGRESS ON ENGINEERING AND EDUCATION TECHNOLOGY, GCETE, 2005, Santos. **Anais...** Santos: COPEC, 2005b. 1 CD-ROM.

VAN DIJK, Teun. **Cognição, discurso e interação**. São Paulo: Contexto, 2000. (Col. Lingüística).

VEST, Charles. **Perspectives on engineering**. In: MIT WORLD. Disponível em: <<http://mitworld.mit.edu/video/206/>>. Acesso em: 17 nov. 2004.

VINCK, Dominique (Ed.). **Everyday engineering**: an ethnography of design and innovation. Cambridge: MIT, 2003.

WHITE, Michael. **Leonardo**: o primeiro cientista: referências às obras Codex Atlanticus, de Leonardo Da Vinci. Rio de Janeiro: Record, 2002.

WITTGENSTEIN, L. **Investigações filosóficas**. Tradução de José Carlos Bruni. São Paulo: Abril Cultural, 1984.

WULF, W. A.; FISHER, M. C. **A makeover for engineering education**. In: NATIONAL SOCIETY FOR PROFESSIONAL ENGINEERS. Disponível em: <<http://www.nspe.org/hp1-edreform.asp>>. Acesso em: 7 jul. 2003.