

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**MODELAGEM DE UM AMBIENTE HIPERMÍDIA DE
CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO EM
GEOMETRIA DESCRITIVA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**MODELAGEM DE UM AMBIENTE HIPERMÍDIA DE
CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO EM
GEOMETRIA DESCRITIVA**

TESE DE DOUTORADO

VANIA RIBAS ULBRICHT - M.Eng.



Orientador: NERI DOS SANTOS - Dr. Ing.

Co-orientador - RAUL S. WAZLAWICK - Dr. Eng.

Florianópolis, março de 1997

MODELAGEM DE UM AMBIENTE HIPERMÍDIA DE CONSTRUÇÃO DO
CONHECIMENTO DE GEOMETRIA DESCRITIVA

Doutoranda : Vania Ribas Ulbricht-M.Eng.

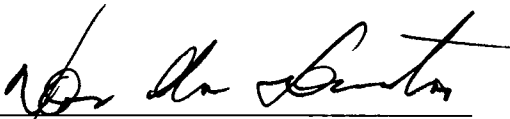


Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de « Doutor em Engenharia de Produção », e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção



Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD
Coordenador do Programa

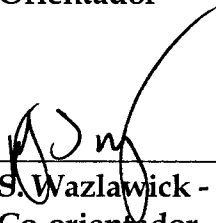
Banca Examinadora:



Neri dos Santos - Dr. Ing.
Orientador



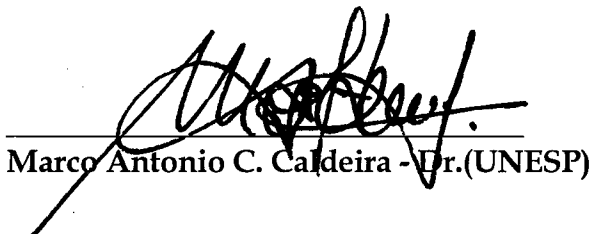
Leila Amaral Gontijo - Dr. Ing.



Raul S. Wazlawick - Dr. Eng.
Co-orientador



Alice T. Cybis Pereira - PhD



Marco Antonio C. Caldeira - Dr. (UNESP)



Mário Duarte Costa - LD (UFPe)

Florianópolis, abril de 1997

AGRADECIMENTOS

A Deus que permitiu que eu vivesse este momento.

Ao professor Neri dos Santos, que antes de ser orientador foi amigo.

Ao Raul, pelas discussões que oportunizaram a construção de novos conhecimentos.

A Leila, pela amizade e confiança.

Ao Mário Duarte Costa pelo exemplo.

Ao Miltinho, amigo de todas as horas.

Ao Rangel, pelo auxílio no dia- a-dia.

Aos colegas do Departamento de Expressão Gráfica pelo voto de confiança.

À École Pratique des Hautes Études que permitiu nosso estágio, indispensável para a realização deste trabalho.

À minha família que compreendeu minha ausência e me incentivou.

Aos membros da banca pelas sugestões.

Aos amigos pela confiança e entusiasmo.

Aos colegas pelo partilhamento dos problemas.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii

PARTE I

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1 Importância	13
1.2 Origem do Trabalho	16
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivo Geral	17
1.3.2 Objetivos Específicos	17
1.4 Limitações do trabalho	18
1.5 Relevância do trabalho	18
1.6 Descrição e Organização dos Capítulos	19

PARTE II - REVISÃO DA LITERATURA

CAPÍTULO II - A TEORIA DO CONHECIMENTO DE PIAGET

2.1 Conceitos Fundamentais	20
2.2 Aquisição do Conhecimento	22
2.3 Cognição e Afeto	24
2.4 Psicogênese das Noções Espaciais	25
2.4.1. Considerações Gerais	25
2.4.2 A Atividade Perceptiva	26
2.4.3 A Imagem	27
2.4.4 O Espaço Gráfico	29
2.4.4.1 Incapacidade Sintética (3 a 4 anos)	29
2.4.4.2 Realismo Intelectual	29
2.4.4.3 Realismo Visual (8 a 9 anos)	30
2.4.5 O Espaço Projetivo	30
2.4.5.1 A Reta Projetiva	31
2.4.6 A Perspectiva	34
2.4.7 As Perspectivas e seu Relacionamento	38
2.4.8 A Operação de Seção	40
2.4.9 Os Rebatimentos e Desenvolvimento de Superfícies	42
2.4.10 Passagem do Espaço Projetivo ao Espaço Euclidiano	45
2.4.10.1 O Paralelismo e as Proporções	45

2.4.10..2 As Semelhanças e as Proporções	47
2.4.10. 2.1 A Semelhança dos Triângulos	48
2.4.10.2.2 A Semelhança dos Retângulos	49
2.4.10.3 Os Sistemas de Referência e as Coordenadas	51
2.5 O Processo de Ensino-Aprendizagem	52
2.6 Conclusão	56

CAPÍTULO III - ENSINO À DISTÂNCIA E AMBIENTES HIPERMÍDIAS

3.1 Introdução	58
3.2 Histórico do Ensino à Distância	59
3.3 O que se Entende por Ensino à Distância?	61
3.4 Principais Características da Educação à Distância	62
3.5 Benefícios Produzidos	62
3.6 Principais Formas de Ensino à Distância	64
3.6.1 A Videoconferência	64
3.6.2 A Teleconferência	65
3.6.3 As Redes de Computadores	65
3.6.3.1 A Rede Acadêmica Nacional de Pesquisa - RNP	68
3.6.3.2 A Rede Acadêmica Catarinense de Computadores - RCT-SC	69
3.7 A Experiência da UFSC na Educação à Distância	72
3.8 A Escola Virtual	73
3.9 Mídias no ensino	74
3.10 Sistemas Inteligentes de apoio a Aprendizagem	75
3. 11 Sistemas Hipermídias	78
3.12 Princípios Norteadores para a Concepção de Hipermídias voltados a Aprendizagem	83
3.13 Aspectos Técnicos para a Concepção de « Softwares » Educativos	88
3.14 Pesquisas Desenvolvidas no Campo de Conhecimento Considerado	93
3.14.1 STRATHTUTOR	94
3.14.2 ARCADE	95
3.14.3 MEMOLAB-ETOILE	95
3.14.4 SIMUL	97
3.14.5 CABRI -GÉOMÈTRE e DEFI	98
3.14.6 MENTONIEZH	102
3.14.7 LAFORIA	102
3.14.8 A integração do computador no ensino e o desenvolvimento da geometria utilizando cenários	104
3.14.9 Contribuição de um simulador e de um gerador de exercícios na realização de um tutor inteligente	106
3.14.10 Um quadro experimental para o estudo das estratégias cognitivas de navegação	108
3.14.11 CORREL	109
3.14.12 CHYPRE	112
3.14.13 GI-EPS : Jogo de Empresas	113
3.15 Principais Problemas Encontrados na Concepção dos Sistemas Hipermídias	115

3.16 Vantagens da Utilização de Sistemas Hipermídias na Aprendizagem	117
3.17 Conclusão	118

PARTE III - DESENVOLVIMENTO DO MODELO

CAPÍTULO IV - CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO: UMA PROPOSTA DE TESE

4.1 Introdução	120
4.2 Proposta de tese: um ambiente interativo para a aprendizagem assistido por computador	126
4.2.1 As linhas gerais da fundamentação metodológica do ambiente proposto	132
4.4.2 Hipótese Geral	134
4.4.3 Hipótese Subjacente	135
4.4.4. Hipóteses de Trabalho	135
4.3 Metodologia para a Modelagem do Ambiente	135
4.3.1. Identificação das variáveis	136
4.3.2. Definição conceitual e operacional das variáveis	137
4.4 Originalidade	138
4.5 Contribuição no campo do conhecimento	138

CAPÍTULO V - O DESENVOLVIMENTO DO MODELO PROPOSTO: A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO EM GEOMETRIA DESCRITIVA

5.1 Introdução	140
5.2 O <i>VISUAL GD</i>	142
5.3 Sistema especialista para avaliar o conhecimento inicial do aluno frente aos Conteúdos Básicos da Geometria Descritiva	144
5.4 Modelos inseridos no <i>VISUAL GD</i>	149
5.4.1 Modelo Organizacional	150
5.4.2 Modelo Funcional	148
5.4.3 Modelo Conceitual	149
5.4.4. Modelo de Concepção	152
5.4.5 O Modelo da Situação	154
5.4.6 O Modelo para a Comunicação	155
5.6.7 Modelo Relativo ao Domínio dos Problemas	158
5.4.7.1 Módulo Exploração da Figura	158
5.4.7.2 Módulo Demonstração	159
5.4.8 Modelo do Agente Pedagógico	159
5.4.8.1 Agente Pedagógico I	160
5.4.8.2 Agente Pedagógico II	161
5.4.8.3 Agente Pedagógico III	162
5.4.8.4 Agente Pedagógico IV	166
5.4.8.4.1 Educação, aprendizagem e desenvolvimento	166

5.4.8.5 Agente Pedagógico V	169
5.4.9 Modelo do Aluno	170
5.5 Breve Simulação do trabalho do aluno no <i>VISUAL GD</i>	180
5.6 As ferramentas de auxílio no <i>VISUAL GD</i>	188
5.7 O módulo avaliação do <i>VISUAL GD</i>	191
5.8 Conclusão	194
CAPÍTULO VII - CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	195
BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA	199
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	207

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenhos de crianças do subestágio IIA	32
Figura 2 - Desenhos de crianças do subestágio IIB	33
Figura 3 - Desenho do estágio III	33
Figura 4 - Desenhos de crianças do subestágio IIA	35
Figura 5 - Desenhos de crianças do subestágio IIIA	36
Figura 6 - Desenho do subestágio IIIB	37
Figura 7 - Conjunto de Montanhas	39
Figura 8 - Seções - Desenhos de crianças do subestágio IIA	41
Figura 9 - Desenhos de crianças do subestágio IIA	43
Figura 10 - Desenhos de crianças do subestágio IIB	43
Figura 11 - Desenhos de crianças do subestágio IIIA	44
Figura 12 - Tesoura de Nüremberg	46
Figura 13 - Desenhos de crianças do Subestágio IIA	46
Figura 14 - Desenhos de crianças do Subestágio IIB	47
Figura 15 - Desenhos de crianças do Subestágio IIIA	47
Figura 16 - Desenho das folhas com os retângulos	50
Figura 17 - Esquema de Aprendizagem	53
Figura 18 - Esquema de Aprendizagem - Ação Docente	55
Figura 19 - Esquema de Aprendizagem - Ação Discente	56
Figura 20 - Arquitetura para um sistema hipermídia educativo	89
Figura 21 - O controle da interação	90
Figura 22 - Arquitetura geral para um sistema hipermídia educativo	91
Figura 23 - Representação gráfica das ligações de seqüência pedagógica	92
Figura 24 - Tipos de ligações utilizadas em um hiperdocumento EAC/EIAC	93
Figura 25 - A comunicação entre o Cabri-géomètre e o DEFI	101
Figura 26 - Arquitetura do sistema TILT!	108
Figura 27 - Arquitetura de um Sistema Especialista	130

Figura 28 - Modelos conceituais e noção de imagem	128
Figura 29 - Modelo do sistema EIAC	133
Figura 30 - Tela do Cadastro no <i>VISUAL GD</i>	143
Figura 31 - Metáfora da prancheta	145
Figura 32 - Significado dos botões	145
Figura 33 - Taxonomia de Frames da Sondagem	147
Figura 34 - Tela do <i>VISUAL GD</i> com avaliação dos alunos	147
Figura 35 - Tela do <i>VISUAL GD</i> com avaliação da turma	148
Figura 36 - Arquitetura do <i>VISUAL GD</i>	153
Figura 37 - Diagrama externo dos Conteúdos Básicos da Geometria Descritiva	154
Figura 38 - Algumas âncoras	155
Figura 39 - Exercício relativo ao Módulo Exploração da Figura	163
Figura 40 - Exercício relativo ao Módulo Demonstração	165
Figura 41 - Esquema da modelagem do aluno	179
Figura 42 - Fluxograma do percurso inicial do aluno	181
Figura 43 - Fluxograma do percurso do aluno fase 2	182
Figura 44 - Detalhamento do conteúdo de Projeção Cilíndrica Ortogonal	183
Figura 45 - Representação espacial do paralelepípedo e do triedro	184
Figura 46 - Exercício de vistas ortográficas	186
Figura 47 - Retorno ao projeto solicitado	187
Figura 48 - Glossário	188
Figura 49 - Definição de Diedro	189
Figura 50 - Operação reversível	190
Figura 51 - Fluxograma	191
Figura 52 - Avaliação do aluno segundo o tempo de resposta	192
Figura 53 - Retorno voluntário ao sistema	192
Figura 54 - Avaliação do desempenho da turma	193
Figura 55 Avaliação da turma com relação ao tempo e aos acertos	193

RESUMO

Com a incorporação dos recursos da microeletrônica e da informática, surge uma nova base técnica, que altera a organização do trabalho, tornando os processos produtivos flexíveis para atender à necessidade da diversificação de produtos. Neste novo modelo, o processo de trabalho necessita ser mais autônomo na execução das tarefas, mais participativo e com maior divisão de funções, exigindo mão de obra mais qualificada e especializada. As novas tecnologias da informática levam ao desaparecimento de algumas profissões e ofícios, que diminuem a importância relativa da duração dos estudos formais. O uso de computadores na educação pode possibilitar uma transformação no modo de pensar e educar. Neste trabalho, faz-se a modelagem de um ambiente hipermídia de aprendizagem que se utiliza de modelos dinâmicos, onde o sistema, através da interação com o aluno, modifique as informações que inicialmente dispunha. A parte essencial do conhecimento sobre o tema, será feita de forma interativa, utilizando sempre que possível animações, com possibilidade de ativar um comentário de ajuda, que são a materialização da teoria. O objeto real assim criado forma o objeto-modelo da teoria tal qual o da realidade. As imagens articulam-se entre si, constituindo como uma tradução entre níveis heterogêneos: entre a realidade da experiência, os conceitos que a modelam e a linguagem corrente que vai permitir conceber e exprimir a realidade e seus conceitos. Pode-se então afirmar, que trata-se de uma linguagem intermediária, que não somente permite a representação entre diferentes níveis, mas que faz a articulação entre estes níveis. A tradução nesta linguagem intermediária induz um trabalho de interpretação: trabalho de análise de percepção e exploração visual, que lê e relê as informações e representações. O objetivo principal será, então, o de explorar a percepção tridimensional. Os conceitos básicos da Geometria Descritiva serão apresentados num ambiente hipermídia que conterá: um banco de imagens (épuras e figuras espaciais), as definições dos termos usuais da matéria e as abreviações convencionalmente utilizadas, para a partir destes conhecimentos desenvolver os exercícios de manipulação e os questionamentos. Terá ainda um ambiente para *resolução de problemas* e um outro para *aprendizagem pela ação*. A modelagem do processo didático utilizará cinco agentes pedagógicos, representando diferentes teorias da aprendizagem, e terá como « default » o *modelo de descoberta guiada*, que fará o papel de intermediador entre o *tutor* e o *micromundo*. Pretende-se, com este trabalho, contribuir para a reformulação do sistema de ensino, alterando métodos e técnicas que permitam reduzir a distância entre o saber prático e o saber teórico, facilitando o auto nivelamento.

ABSTRACT

The incorporation of microelectronic and computer resources has given rise to a new technical base that alters labor organization, making the production processes more flexible so as to meet the need for diversification of products. In this new model, the work process must be more autonomous in executing its tasks, more participative with a greater division of functions, demanding a more qualified and specialized labor force. New computer technologies are leading to the extinction of some professions and trades. The use of the computer in education may bring about a transformation in the mode of thinking and educating. In this study, a model is built of a hypermedia learning environment, where dynamic models are utilized, and, through their interaction with the students, modify the information originally available. The essential part of imparting knowledge on any given theme will be done interactively, utilizing drawings with movement, whenever possible, in order to elicit a comment that might lead to a materialization of a theory. The real object, created in this way, forms an object-model of the theory, like the real one. The images become interarticulated, comprising a translation from one heterogeneous level to another: from the reality of experience, to the concepts that model this experience and usual language that makes it possible to conceive and express reality and its concepts. It can therefore be stated that language is an intermediary that not only makes representation possible from one level to another, but also articulates these levels. Translation into this language induces a task of interpretation: a task of analysis of perception and visual exploration that reads and rereads the information and representations. The main objective, then, will be to explore tridimensional perception. The basic concepts of Descriptive Geometry are to be presented in a hypermedia environment that will contain an image bank (épures and spatial figures), definitions of the usual terms of the subject matter and the abbreviations conventionally utilized, with the aim of developing exercises involving manipulation and questioning, based on the knowledge acquired in this way. There is to be one environment for *problem-solving* and another for *learning through action*. The modeling of the teaching process will utilize five pedagogic agents, representing different learning theories, and will have as "default" the *model of guided discovery*, that will play the role of intermediary between the *tutor* and the *microworld*. It is intended, through this work, to contribute to the reformulation of the teaching system, altering methods and techniques that make it possible to decrease the distance between practical and theoretical knowledge, facilitating self-leveling.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 Importância

A automação da produção tem permitido reduzir, ou mesmo eliminar, o trabalho físico e mental de caráter rotineiro, perigoso, repetitivo, pouco qualificado e ainda aquele que produz um grande desgaste de energia humana. Este tipo de trabalho, gradativamente, está sendo substituído por ferramentas, máquinas automatizadas, sistemas de controle automático de produção e robô.

Segundo Gomes (1992), estes fatos levam o setor produtivo a valorizar o trabalho intelectual representado por conhecimentos científicos e técnicos especializados, gerando profundas transformações na estrutura social e ocupacional.

Da mesma forma, com a incorporação dos recursos da microeletrônica e da informática, surge uma nova base técnica, que altera a organização do trabalho, tornando os processos produtivos flexíveis para atender a necessidade da diversificação de produtos. Neste novo modelo, o processo de trabalho necessita ser mais autônomo na execução das tarefas, mais participativo e com maior divisão de funções, exigindo mão de obra mais qualificada e especializada. A especialização e divisão do trabalho aumentam, também, a distância entre o **saber** e o **saber fazer**, isto é, "afastando cada dia mais as fronteiras dos países que pensam e recebem por isto, e os que trabalham e se endividam sempre mais. ...O computador desenvolve-se num mundo de supervalorização do pensar" (Almeida, 1988, p. 41). Assim, como nos indivíduos, a desigualdade das nações é dada pela diferente apropriação que fazem do conhecimento tecnocientífico.

As novas tecnologias da informática levam ao desaparecimento de algumas profissões e ofícios, que diminuem a importância relativa da duração dos estudos formais, colocando em destaque

"requisitos como a capacidade de aprender, a aptidão para utilizar linguagens abstratas e simbólicas, o trabalho em grupo e a capacidade de atuar com determinado grau de autonomia" (Segre, 1992, p.32).

Neste sentido, coloca-se a observação de Papert

a habilidade mais importante na determinação do padrão de vida de uma pessoa já se tornou a capacidade de aprender novas habilidades, de assimilar novos conceitos, de avaliar novas situações, de lidar com o inesperado. Isso será crescentemente verdadeiro no futuro: a habilidade competitiva será a habilidade de aprender.... A velocidade da transformação nos locais de trabalho não é o único fator que confere crescente importância para a habilidade de aprender. ... A outra tendência é epistemológica, uma revolução no pensamento acerca do conhecimento (Papert, 1994, p.5).

Para Salm & Fogaça (apud Segre, 1992), a nova organização do trabalho necessita de pessoas com "um corpo sólido de conhecimentos gerais, inclusive de programação".

Os novos requisitos intelectuais (capacidade de aprender e de desenvolver pensamento lógico-dedutivo e raciocínio abstrato) são, para Neffa (apud Segre, 1992), "estratégias cognitivas extremamente complexas, dependendo de uma educação formal de qualidade."

A educação é a dimensão institucionalizada da socialização e serve à preservação e continuidade dos grupos humanos. ... Convém lembrar que a educação enquanto tarefa social, na medida em que, preparando as novas gerações, reproduz em sua ação a estrutura social do grupo que a determina e a garante emerge da dimensão sociocultural para consolidar a integração entre esta e as dimensões sociopolítica e socioeconômica. A educação, todavia, deve ser o veículo efetivo da evolução social, pelos valores que consegue transmitir e não somente pelos que não consegue, isto é, deve ser não só um meio de conservação da estrutura social, mas também um meio de evolução dinâmica dessa estrutura. (D'Ambrosio, 1988, p.24-25)

Pelo exposto, conclui-se que a educação deve ser um meio eficaz para a transmissão de conhecimentos que permitam o desenvolvimento integral do país. É necessário que a escola forme pessoas críticas, criativas, flexíveis, autônomas e instrumentalizadas, necessárias a sociedade contemporânea.

Segundo Segre (1992), o uso de computadores na educação não é condição "sine qua non" para as necessárias reformulações do sistema de ensino, mas pode ser uma ferramenta que possibilite uma aprendizagem ativa, levando "os indivíduos a adquirirem consciência crítica, acerca da utilização e dos impactos sociais e políticos das novas tecnologias". Sem dúvida, o computador representa uma transformação no modo de pensar e educar.

Porém, é importante salientar que, o uso dessa ferramenta no processo de ensino-aprendizagem pode ser analisada sob dois aspectos: primeiramente é preciso educar para uma sociedade informatizada, por outro lado é preciso utilizar a informática para educar, pois tal prática implica, a médio prazo, em uma redução significativa dos custos da educação, sem o qual torna-se impossível uma real democratização da educação.

Underwood & Underwood (apud Segre, 1992. p.35), "entendem que os sistemas de tratamento e recuperação da informação são poderosas ferramentas catalisadoras do desenvolvimento intelectual e que tais sistemas devem se tornar familiares aos alunos, já que a sociedade se torna gradativamente dependente da informação".

Para Ritto (1995, p.29)

As mudanças no ambiente das organizações, no mercado, nas profissões e nas pessoas determinam necessidades de evolução no processo educacional. ... Parece necessário:

- que uma visão holística na escola, com ênfase na integração e interdependência das matérias (assuntos), substitua a visão de ensino de matérias estanques, separadas;
- que na relação ensino-aprendizagem se busque também passar o domínio do processo e não só dos conteúdos;
- que o professor, dono e entregador único do conhecimento, ceda lugar ao professor como *facilitador* na procura de conhecimento;
- que prevaleça o estímulo à cooperação entre estudantes;
- que os recursos de informática sejam usados como agentes de transformação e não apenas como mais um recurso.

Partindo destas considerações, pode-se afirmar que:

- ♦ as novas tecnologias requerem um nível de abstração extremamente elevado, particularmente no que se refere ao processo de transmissão de conhecimentos necessários a operação de sistemas complexos, onde a intervenção humana é cada vez mais mental e menos física;
- ♦ em sistemas homem-máquina complexos, cada vez menos o homem manipula diretamente o objeto de trabalho, sendo isto realizado através de interfaces, onde as informações a serem

tratadas são codificadas, exigindo do operador humano mais habilidades cognitivas de decodificação, resolução de problemas e diagnóstico;

- ♦ o ensino tradicional foi desenvolvido, ao longo do tempo, para atender as exigências das chamadas tecnologias convencionais, onde o aspecto mais importante é o desenvolvimento da habilidade (de coordenação) motora, sendo dada pouca ênfase ao desenvolvimento do raciocínio;
- ♦ cabe desenvolver um sistema de ensino que privilegie a capacidade de aprender, a aptidão do uso de linguagens abstratas e simbólicas, a capacidade de desenvolvimento do pensamento lógico-dedutivo e raciocínio abstrato, a aptidão de codificar e decodificar sinais, signos e símbolos, a autonomia e a criatividade.

1.2 Origem do Trabalho

A disciplina de Geometria Descritiva é matéria formativa e imprescindível para a formação dos profissionais que trabalham com a relação espaço-forma.

Porém, a retirada da disciplina dos currículos escolares, de 1º e 2º grau, implantou um quadro caótico no ensino superior onde a Geometria Descritiva é mantida com um número reduzido de horas aula.

A redução do tempo destinado ao ensino desta disciplina nos currículos dos cursos de Engenharia e Arquitetura, a preocupação com o alto índice de reprovação e a conseqüente falta de interesse do aluno com esta matéria, motivou-nos a desenvolver pesquisas na área.

Assim, a partir de 1980, durante três anos, foi desenvolvido no Departamento de Expressão Gráfica da UFSC, sob nossa coordenação e orientação da Profa. Msc. Terezinha Rosa Cruz da UnB, projeto de pesquisa experimental, utilizando-se um método de ensino criado no ex-Centro Integrado de Ensino Médio (CIEM), da Universidade de Brasília.

Esta pesquisa teve como fundamentação básica a teoria cognitiva de Piaget e a teoria da aprendizagem pela descoberta de Bruner. A pesquisa realizada trouxe benefícios imediatos,

como: diminuição considerável do número de reprovações, maior autonomia do aluno, melhor qualidade no ensino (pois procurou-se desenvolver os aspectos relacionados ao desenvolvimento do raciocínio espacial dos alunos), maior criatividade na resolução de problemas e modificação da atitude de alunos e professores frente ao ensino da matéria. Porém nem todos os problemas foram solucionados, como por exemplo a real motivação do estudante e o tempo necessário para o estudo do assunto (Ulbricht, 1985).

Partindo-se destas constatações e do desenvolvimento da informática, principalmente da Inteligência Artificial, propomos a realização deste trabalho de pesquisa, onde serão utilizados os conhecimentos mais recentes da Ergonomia Cognitiva e da Inteligência Artificial para o desenvolvimento de um sistema de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador. Por outro lado, a Engenharia do Conhecimento admite linha de pesquisa que utiliza os fundamentos teóricos da teoria cognitiva de Piaget, na representação do conhecimento em sistemas especialistas.

Pretende-se, com este trabalho, contribuir para a reformulação do sistema de ensino da Geometria Descritiva, alterando-se métodos e técnicas que permitam reduzir a distância entre o saber prático e o saber teórico, facilitando inclusive o auto-nivelamento.

Por ser um sistema que tem como um dos objetivos a qualidade de ensino, logo levará à formação de recursos humanos qualificados, que acompanharão o desenvolvimento tecnológico do país.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é conceber o modelo de um Ambiente para Aprendizagem Assistido por Computador para a Geometria Descritiva

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- ♦ Desenvolver um sistema especialista que faça diagnóstico do conhecimento inicial do estudante;
- ♦ Desenvolver ambiente que permita a construção do conhecimento;
- ♦ Capacitar o sistema para mudar seu comportamento para diferentes usuários;
- ♦ Capacitar o sistema para identificar e armazenar mal entendidos a respeito do assunto tratado;
- ♦ Realizar estudos ergonômicos de como as informações devem ser apresentadas ao usuário.

1.4 Limitações do Trabalho

O principal desafio que o tema apresenta é a utilização da teoria de Piaget como norteadora do processo de aprendizagem em ambientes informatizados. Para Piaget as estruturas intelectuais são desenvolvidas a partir de esquemas anteriores que o aluno possui, que ao incorporar conhecimento novo, desequilibra-se, modifica suas estruturas para então acomodar-se. O modelo do ambiente proposto, procura criar as condições que permitam ao estudante desenvolver seu raciocínio espacial, através do conteúdo da Geometria Descritiva, o que poderá ser constatado na experimentação. Como o desenvolvimento do modelo completo, bem como sua prototipagem, demandaria muito tempo, este foi um grande fator limitante.

1.5 Relevância do Trabalho

A grande relevância socio-econômica deste trabalho está na formação de recursos humanos. A mudança dos processos produtivos exige um profissional que tenha desenvolvido novos requisitos intelectuais como: capacidade de apreender, desenvolvimento do raciocínio abstrato e do pensamento lógico-dedutivo. Este indivíduo, para servir à sociedade de forma efetiva, deve ser crítico, criativo, flexível, autônomo e instrumentalizado. O modelo desenvolvido prioriza o desenvolvimento destas competências.

Com relação ao desenvolvimento de um ambiente que permita a construção do espaço projetivo, ele será de grande valia para aqueles que pretendem trabalhar com a relação espaço-forma.

As outras contribuições que o trabalho proporcionará são as seguintes:

- ♦ o desenvolvimento de uma ferramenta didático pedagógica;

- ♦ o desenvolvimento da ergonomia cognitiva.

1.6 Descrição e Organização dos Capítulos

Visando o alcance dos objetivos propostos, foi organizada uma seqüência de conteúdos divididos

em três partes distintas:

- ♦ a primeira parte, que faz uma apresentação do assunto a ser tratado, mostrando a importância do tema, a origem, as limitações, a relevância e os objetivos do trabalho;
- ♦ a parte dois, onde é feita a revisão de bibliografia, constando de dois capítulos;
 - no capítulo II é apresentada a teoria do conhecimento de Piaget e seu estudo sobre a representação do espaço e finalizando com uma abordagem do processo de ensino-aprendizagem fundamentado na teoria de Piaget;
 - no capítulo III foram abordados o ensino à distância que após um breve histórico, procurando definir, sob a ótica de diversos autores, o que é o ensino à distância, suas principais características, os benefícios produzidos, algumas desvantagens, as principais formas de ensino à distância e finaliza com a experiência da Universidade Federal de Santa Catarina nesta modalidade de ensino. Continuando, aborda-se uma das formas deste ensino que são os ambientes hipermídias para aprendizagem. Com relação a este tópico, após uma breve introdução aos sistemas inteligentes de apoio a aprendizagem, faz-se a distinção entre hipertexto e hipermídia, apresenta-se os princípios norteadores para a concepção de hipermídias para a aprendizagem, os aspectos técnicos para a concepção de « software » educativos finalizando com apresentação das principais pesquisas desenvolvidas sobre o assunto;
- ♦ a parte três compreende os capítulos IV, V e VI;
 - no capítulo IV é desenvolvida uma introdução que aborda questões relativas a inteligência artificial, o modelo geral do ambiente interativo para a aprendizagem assistida por computador, sua fundamentação metodológica, as hipóteses e variáveis, os resultados esperados, não trivialidade e contribuição do trabalho;
 - o capítulo V trata do modelo do ambiente inteligente para a aprendizagem assistida por computador, denominado de *VISUAL GD*;
 - o capítulo VI apresenta as conclusões do trabalho e algumas recomendações.

CAPÍTULO II

A TEORIA DO CONHECIMENTO DE PIAGET

2.1 Conceitos Fundamentais

A principal preocupação de Piaget foi o estudo teórico e experimental do desenvolvimento qualitativo das estruturas ligadas ao intelecto. Em sua teoria é imprescindível o estudo das modificações que ocorrem no indivíduo desde a fecundação até a maturidade (mudanças ontogenéticas) e dos fatores hereditários que condicionam o desenvolvimento intelectual.

Para Piaget existem dois tipos de hereditariedade: a hereditariedade específica ou do primeiro grupo e a hereditariedade geral ou do segundo grupo . A **hereditariedade específica** é de ordem estrutural, estando vinculada à formação do sistema nervoso e dos órgãos sensoriais, influenciando na construção das noções mais fundamentais, facilitando ou dificultando o funcionamento intelectual porém não explicando seu funcionamento. As características, que este grupo imprime à inteligência, são estruturas úteis mas muito limitadas se comparadas aos fatores do segundo grupo.

A atividade funcional da razão (o *ipse intellectus* que não provém da experiência) está vinculada, evidentemente, à 'hereditariedade geral' da própria organização vital: assim como o organismo não poderia adaptar-se às variações ambientais se não estivesse já organizado, também a inteligência não poderia apreender qualquer dado exterior sem certas funções de coerência, de relacionamento etc., que são comuns a toda e qualquer organização intelectual. (Piaget, 1987, p. 14)

A **hereditariedade geral** é mais sutil que a anteriormente comentada, e trata do próprio funcionamento da inteligência e não da transmissão de uma determinada estrutura. Se por um lado herda-se limitações estruturais, por outro herda-se condições que permitiram a superação destas dificuldades.

Logo, herda-se a maneira de lidar com tudo aquilo que nos rodeia, o *modus operandi* ou o *a priori*.

Com efeito, se existe verdadeiramente um núcleo funcional da organização intelectual que promana da organização biológica no que ela tem de mais genérico, é evidente que essa invariante orienta o conjunto de sucessivas estruturas que a razão vai elaborar em seu contato com o real; desempenhará assim o papel que os filósofos atribuíram ao *a priori*, quer dizer, imporá às estruturas certas condições necessárias e irredutíveis de existência. ... Logo, o *a priori* não se apresenta sob a forma de estruturas necessárias senão no final da evolução das noções, nunca em seu início: sem deixar de ser hereditário, o *a priori* encontra-se, por conseguinte, nos antípoda do que outrora se chamava 'idéias inatas' (Piaget, 1987, p. 14-15).

As estruturas cognitivas são geradas no decorrer do funcionamento intelectual, tendo como herança biológica seu modo de funcionamento, que permanece constante durante todo o tempo. A este funcionamento invariável chama-se de propriedades fundamentais do funcionamento cognitivo ou simplesmente de **invariantes funcionais**.

As invariantes funcionais básicas são duas: a **organização e a adaptação**, sendo esta última formada por dois componentes inter-relacionados, *a assimilação e a acomodação*. Considerando a inteligência um caso particular de adaptação biológica, supõe-se que ela é essencialmente uma organização que possui a função de estruturar o universo. Biologicamente, a organização e a adaptação são inseparáveis, correspondendo a processos complementares de um mecanismo único, onde a adaptação é o processo externo e a organização o aspecto interno do ciclo. A operação intelectual é sempre relativa a todas as outras e cada *esquema* desta operação está coordenado com todos os outros, constituindo ele próprio um todo formado por partes diferenciadas.

Todo e qualquer ato de inteligência supõe um sistema de implicações mútuas e de significações solidárias. A 'concordância do pensamento com as coisas' e a 'concordância do pensamento consigo mesmo' exprimem essa dupla invariante funcional da adaptação e da organização. Ora, esses dois aspectos do pensamento são indissociáveis: é adaptando-se às coisas que o pensamento se organiza e é organizando-se que estrutura as coisas (Piaget, 1987, p. 19).

Esquema são estruturas inferidas, mentais ou cognitivas, pelas quais os indivíduos intelectualmente se adaptam e organizam o meio, são os correlatos mentais dos mecanismos biológicos de adaptação. Essas estruturas inicialmente são poucas e simples tornando-se, com o desenvolvimento, mais numerosas, generalizadas, diferenciadas formando uma grande rede complexas (Wadsworth, 1992). *Esquema* são padrões de comportamento.

Biologicamente, a adaptação é o equilíbrio entre o organismo e o meio. Com relação ao funcionamento cognitivo, uma adaptação intelectual ocorre, quando há equilíbrio entre a *assimilação e a acomodação*. Existe *assimilação* quando a inteligência incorpora (interpreta) dados externos. Para Wadsworth (1992, p.5), " *assimilação* é o processo cognitivo pelo qual uma pessoa integra um novo dado perceptual, motor ou conceitual aos esquemas já existentes". Entretanto, a *assimilação* nunca ocorre sozinha, pois ao incorporar os novos elementos aos esquemas anteriores, a inteligência modifica estes esquemas para ajustá-los aos novos dados, isto é, faz sua *acomodação*.

Na teoria de Piaget, a inteligência é vista sob dois aspectos, o afetivo e o cognitivo, sendo que este último possui por sua vez três componentes: *o conteúdo, a função e a estrutura*. *O conteúdo* são dados comportamentais brutos não interpretados, são os comportamentos observáveis (sensório-motor e conceitual) que refletem a atividade intelectual, variando com a idade e entre indivíduos. "A *função* refere-se às características da atividade intelectual (*assimilação e acomodação*) que são estáveis e contínuas no decorrer do desenvolvimento cognitivo" (Wadsworth 1992, p.12). *A estrutura* são as propriedades organizacionais inferidas (esquemas) da inteligência, logo explicam a ocorrência de determinados comportamentos e alteram-se com a idade.

2.2 Aquisição do Conhecimento

O desenvolvimento cognitivo ocorre sempre que um novo dado é assimilado à estrutura existente, que ao fazer esta acomodação se modifica, permitindo um processo contínuo de renovação interna. Porém é importante se ter claro, que só se assimila aquilo que as assimilações passadas o prepararam para assimilar, não havendo nunca uma ruptura radical entre o novo e o velho. Pelo exposto, verifica-se que o processo de desenvolvimento cognitivo não é homogêneo do ponto de vista da organização cognitiva. Pela acomodação explicam-se as mudanças qualitativas do indivíduo (desenvolvimento) e pela assimilação suas mudanças quantitativas (crescimento); juntas (acomodação e assimilação) justificam a adaptação intelectual e o desenvolvimento das estruturas cognitivas (Wadsworth, 1992).

Segundo Flavell, (1987, p.57) "as invariantes funcionais constituem o núcleo da inteligência no sistema de Piaget, sendo que as alterações na relação entre elas têm conseqüências importantes para o tipo de funcionamento intelectual que ocorre".

A primeira evolução deste tipo ocorre no período sensório motor, durante os dois primeiros anos de vida, quando o sujeito utiliza o ambiente externo para nutrir seus esquemas hereditários ou adquiridos. Nessa fase a assimilação e a acomodação são indifenciadas gerando a oposição entre elas, e definindo o conceito piagetiano do *egocentrismo*, pelo qual o indivíduo vê o mundo sob um único ponto de vista, o seu próprio, desconhecendo a existência de outros e sem consciência de que é um escravo de si mesmo. "A cognição realmente tem início no limite entre o eu e o objeto e, com o desenvolvimento, invadem o eu e o objeto, a partir desta 'zona de diferenciação' inicial. O conhecimento do eu e o conhecimento dos objetos são os resultantes da diferenciação e da equilibração sucessivas das funções invariantes que caracterizam o desenvolvimento sensório-motor". (Flavell, 1987, p.61)

Na teoria de Piaget, as ações que o sujeito realiza

constituem a matéria-prima de toda adaptação intelectual e perceptual. Durante os dois primeiros anos de vida, tais ações são relativamente manifestas, sensório-motoras: a criança pega e suga os objetos, faz explorações visuais, etc. Com o desenvolvimento, as ações inteligentes tornam-se progressivamente interiorizadas e encobertas. Inicialmente a interiorização é fragmentária e demasiado literal, ... À medida que ocorre a interiorização, as ações cognitivas tornam-se cada vez mais esquemáticas e abstratas, mais abrangedoras, mais reversíveis e organizadas em sistemas estruturalmente isomórficos em relação aos sistemas lógico-algébricos (por exemplo, grupos e reticulados) (Flavell, 1987, p.82).

Todo esse sistema é controlado e regulado internamente determinando o que Piaget denomina de *equilibração*, que é um mecanismo auto-regulador, necessário para garantir uma eficiente integração do indivíduo com o meio. Quando o indivíduo sofre um desequilíbrio, de qualquer natureza, o organismo vai buscar o equilíbrio, isto é, vai assimilar ou acomodar um novo esquema. É desta forma que se processa o crescimento e o desenvolvimento cognitivo, desde o nascimento até a fase adulta.

Para Piaget os fatores de desenvolvimento cognitivo são quatro: *maturação, experiência ativa, interação social e equilíbrio*, sendo porém necessário que haja contínuas interações entre esses fatores para assegurar tal desenvolvimento.

A *maturação* é o mecanismo que estabelece os limites do potencial herdado, isto é, indica se num dado momento (estágio) é possível a construção de uma estrutura. A *experiência ativa* são ações, físicas ou mentais, que resultam em mudança cognitiva. Por *interação social* entende-se a troca de idéias entre pessoas.

"Na medida em que os conceitos são 'arbitrários' ou socialmente definidos, o indivíduo depende da interação social para a construção e validação dos conceitos" (Wadsworth, 1992, p.20).

2.3 Cognição e Afeto

As relações entre desenvolvimento cognitivo e afetivo são importantes, complexas e indissociáveis, tendo o afeto uma profunda influência sobre o desenvolvimento intelectual. Embora o aspecto afetivo possa acelerar ou diminuir o ritmo de desenvolvimento intelectual, ele não gera nem modifica os esquemas, podendo influenciar quais estruturas modificar.

Para Piaget, a atividade intelectual é gerada pela necessidade intrínseca dos órgãos ou estruturas cognitivas de perpetuarem-se através de seu funcionamento. A necessidade de conhecer "é uma propriedade intrínseca que praticamente define a própria atividade de assimilação; é inerente a esta atividade desde o início" (Flavell, 1975, p. 78). Na realidade, sua teoria trata a afetividade como a força energética do comportamento e a cognição como estrutura.

Na teoria Piagetiana o afeto e a cognição se desenvolvem do mesmo modo, sendo que seus mecanismos de construção são os mesmos. À medida que há desenvolvimento cognitivo também, em paralelo, há o desenvolvimento da afetividade e vice-versa. "A afetividade é

responsável pela ativação da atividade intelectual e pela seleção dos objetos sobre os quais agir" (Wadsworth, 1992, p.24).

Segundo Wadsworth, (1992, p.145), "não existe padrão de comportamento, por mais intelectual que seja, que não compreenda padrões afetivos como *motivos*".

2.4 Psicogênese das Noções Espaciais

2.4.1. Considerações Gerais

Segundo Piaget (Piaget & Inhelder 1993, p.17) "a grande dificuldade da análise psicogenética do espaço refere-se ao fato de a construção progressiva das relações espaciais prosseguir em dois planos bem distintos: o plano perceptivo ou sensorio-motor e o plano representativo ou intelectual".

Como em toda a obra de Piaget, o desenvolvimento do espaço no indivíduo tem relação fundamental com o desenvolvimento biológico e com o meio, sendo que as primeiras noções espaciais empregadas pela criança são feitas espontaneamente e somente mais tarde relacionais ao objeto.

Primeiramente as ações das crianças são experiências sobre suas próprias ações, constituindo-se em determinar como essas ações encadeiam-se uma nas outras. Em seguida, é feita a leitura da experiência (tomada de consciência de uma ação que é iniciada pela constatação de seu resultado exterior). Finalmente, esta leitura implica também na coordenação das ações entre si, e determinam umas às outras.

De seus estudos Piaget concluiu que:

... a intuição do espaço não é mais uma leitura das propriedades dos objetos, mas, antes, desde o início, uma ação exercida sobre eles; e é porque essa ação enriquece a realidade física, ao invés de extrair dela, sem mais, estruturas completamente formadas, que ela consegue ultrapassá-la gradualmente, até constituir esquemas operatórios suscetíveis de serem formalizados e de funcionarem dedutivamente de si mesmos (Piaget & Inhelder, 1993, p. 469)

É importante observar, que as operações que constroem o espaço são de caráter infralógico, isto é, geram o objeto por meio de seus próprios elementos determinando objetos totais de diversas ordens (p.e. reunir as partes de um objeto em um todo). Como as operações do espaço são infralógicas não se compõem com as operações lógicas, que ao contrário das primeiras, apoiam-se em objetos individuais invariantes limitando-se a reuni-los, sem considerar o espaço que os separa. Desta forma, se um segmento AB está apoiado na reta 's' que é também suporte do lado do quadrado MNOP, pode-se afirmar que esse quadrado pertence à classe lógica dos quadrados, logo, à dos quadriláteros, porém o segmento AB e a reta 's' não pertencem à classe dos quadrados e dos quadriláteros.

A representação do espaço é uma ação interiorizada realizada segundo etapas muito graduais, o que permitiu a Piaget segui-las passo a passo.

Neste trabalho serão abordados o desenvolvimento do espaço projetivo e passagem do espaço projetivo para o espaço euclidiano tal como o fizeram Piaget e Inhelder (1993).

2.4.2 A Atividade Perceptiva

Segundo Piaget (Piaget & Inhelder 1993, p.31), "a atividade perceptiva não é, sem dúvida, outra coisa senão o prolongamento da inteligência sensório-motora em ação antes da aparição da representação". Após um contato direto com os objetos, a criança toma conhecimento desses objetos, resultando no que Piaget chama de percepção. Por outro lado, a representação consiste em completar o conhecimento perceptivo referindo-se a outros objetos que ainda não foram percebidos, logo prolongando a percepção e introduzindo um sistema de significações, que corresponde a uma diferenciação clara entre o significante e o significado. "A percepção já comporta significações (como a forma de um objeto visto em perspectiva relacionada à forma constante do objeto), mas o significante não passa de índices inerentes ao esquema sensório-motor que lhe serve de significado" (Piaget & Inhelder 1993, p.32).

Somente a nível de percepção o significante e o significado não estão claramente distintos, já a nível de representação eles são bem diferenciados, onde a matéria sensível

(significante) informada pelo movimento torna-se símbolo (índice destacado) ou seja, significado.

Antes que o indivíduo possa imaginar perspectivas ou medir objetos ele já está apto para a percepção projetiva e desta forma estabelecer certas relações métricas implícitas. As formas percebidas pela criança (retas, quadrados, círculos, ...) estão muito avançadas para que ela possa reconstruí-las pelo pensamento representativo, o que só vai ocorrer após os 7-8 anos. As construções perceptivas e representativas possuem em comum a motricidade (fonte das operações), o essencial para a interpretação da intuição espacial em geral. Para que a criança possa passar da percepção para a representação espacial deve resolver dois problemas simultaneamente: o significante e significado, isto é, imagem ou palavras e pensamento ou relações pré-conceituais ou conceituais.

Logo o movimento intervém no início da percepção desempenhando papel cada vez maior devido à atividade perceptiva.

2.4.3 A Imagem

A imagem visual supõe uma representação intuitiva, que acontece quando o objeto está fora do campo visual (p.ex. o rosto da mãe escondido por uma toalha), necessitando de funções mais complexas para resolvê-la, o que só vai ocorrer por volta dos dois anos e meio. Isto mostra que a imagem não é resultado apenas da percepção.

A passagem da percepção para a representação intuitiva é o que Piaget chama de *imagem* e geneticamente é um produto de uma imitação interiorizada. A ação que o sujeito realiza, só poderá ser representada, na medida em que essa ação material possa ser evocada por uma ação anterior constituída pela imagem. A imagem é importante como suporte ou significante, porém não é ela que determina as significações, que são determinadas pela ação assimiladora cuja imagem é seu símbolo. "No caso da imagem, como no da percepção a matéria sensível aparece como o elemento que serve de significante ao passo que os movimentos e suas organizações (sob as espécies de esquemas de assimilação sensório-motora) engendram as relações significadas" (Piaget & Inhelder 1993, p.58).

Até o 5º estágio, fases da imitação sensório-motora não existem imagens, sendo que estas só vão aparecer no 6º estágio (10 a 18 meses) e consistem numa imitação interiorizada, que surge da motricidade e que finda em uma figuração que se fundamenta nos dados sensíveis. Desta fase em diante, "a imagem adquire vida própria e antecede de tal modo a imitação que, ao imitar, o sujeito ignora muitas vezes que copia, como se sua réplica lhe parecesse emanar de si próprio, ou seja, prolongar precisamente as suas imagens interiores, em vez de determiná-las" (Piaget 1978, p.97).

Para interpretar as relações entre imagem e percepção é necessário "considerar, por uma parte a imitação como um simples prolongamento das acomodações do sujeito à inteligência sensório-motora; e, por outra parte, a imagem mental nascente como uma imitação interiorizada" (Piaget 1978, p.97).

A imagem intuitiva utiliza-se da construção perceptiva, que lhe é anterior e que vai do tátil ao visual, culminando quando o sujeito procura retirar uma imagem visual ou gráfica implicando simultaneamente a visão e o movimento.

A motricidade intervém na construção do espaço desde a percepção, sendo deste modo um componente necessário na construção da imagem representativa e conseqüentemente das representações espaciais intuitivas.

A imagem, tal como concebida por Piaget, desempenha papel diferente para as operações espaciais e para as operações lógico-aritméticas. Sendo a classe lógica (classes, seriações, conjuntos numéricos) um conjunto de elementos descontínuos que se reúnem por suas semelhanças, independentemente de suas distâncias no espaço e no tempo, a imagem (símbolo auxiliar do pensamento) funcionará como esqueleto sem conteúdo, ou então apoiar-se-á em um determinado conteúdo e não no conjunto (representará uma parte muito incompleta do sistema). Com relação ao espaço, ele é como um único bloco que engloba todos os elementos que o compõem, logo a imagem (sempre simbólica) nele se apóia como resultado das operações, fazendo uma adequação relativa entre o símbolo e o objeto. A imagem espacial, apesar de sua inexatidão, desempenha papel essencial na intuição

geométrica e no esquema do espaço, cujas operações construtoras são de caráter infralógico.

2.4.4 O Espaço Gráfico

Como as relações elementares influenciam, de forma geral, no espaço representativo, os desenhos infantis vão indicar, sob formas diversas, os estádios construtivos da criança.

Para uma melhor compreensão de como os desenhos são construídos e da influência das relações espaciais em sua formação, exemplificar-se-á, tal como fez Piaget & Inhelder (1993), os três estádios que caracterizam o desenho infantil.

2.4.4.1 Incapacidade Sintética (3 a 4 anos)

Esta fase caracteriza-se pela inabilidade técnica e falta de atenção do sujeito e não havendo percepção espacial os desenhos, geralmente, não correspondem à percepção real do objeto.

As noções de vizinhança, separação, ordem, envolvimento, continuidade e descontinuidade passam a ser utilizadas pela criança, porém como não há domínio pleno destas funções, existirá, nos desenhos, problemas de: vizinhança (não observação de detalhes p. ex. juntar os braços e as pernas à cabeça), separação (não consegue separar os elementos do todo, p. ex. lados de um triângulo), ordem (inversão das relações de direita e esquerda), envolvimento (olhos fora do rosto), continuidade e descontinuidade (com a superposição dos elementos p. ex. chapéu acima da cabeça).

Nesta fase são realizados os primeiros esboços das relações topológicas, não sendo porém observadas as proporções e distâncias (relações euclidianas), bem como as perspectivas, projeções e seções (relações projetivas).

2.4.4.2 Realismo Intelectual

Nesta fase a criança passa a respeitar todas as relações topológicas, quer sejam as figuras simples ou complexas (paisagem, casa ...) e iniciam-se, porém ainda de forma incoerente em suas conexões, as relações euclidianas (aparecem as retas, os ângulos, os círculos e

quadrados porém sem proporções precisas) e projetivas (sem coordenação dos pontos de vista nem coordenadas gerais).

Sendo a criança capaz de realizar a síntese gráfica, ela passa a desenhar não o que vê do objeto, mas

tudo o que 'está ali'. ... A semelhança entre esse gênero de desenho e seu modelo é, pois, de fato, uma espécie de 'homeomorfia' grosseira, isto é, de correspondência biunívoca e bicontínua, mas que permanece puramente intuitiva e essencialmente qualitativa, sem coordenação das relações projetivas nem métricas que, entretanto já se diferenciam no seio desse conjunto topológico. (Piaget & Inhelder 1993, p.66-67).

2.4.4.3 Realismo Visual (8 a 9 anos)

Iniciam-se os desenhos preocupados com proporções, medidas ou distâncias (relações euclidianas) e perspectivas (relações projetivas). Para Piaget & Inhelder (1993) o exame desse realismo visual confirma que as relações euclidianas e projetivas são construídas simultaneamente apoiando-se uma na outra e que estas relações (euclidianas e projetivas) opõem-se às relações topológicas, pois enquanto estas (relações topológicas) surgem progressivamente permanecendo ligadas à figura considerada como um todo sem relação com as demais; as relações projetivas determinam e conservam as posições das figuras, umas em relação às outras e as relações euclidianas determinam e conservam suas distâncias recíprocas (coordenadas).

2.4.5 O Espaço Projetivo

A diferença essencial entre as relações topológicas e as relações projetivas e euclidianas está na maneira de coordenação das figuras entre si. As relações topológicas (de vizinhança, de separação, de ordem, de envolvimento e de continuidade), psicologicamente elementares, não levam à construção de sistemas de conjunto, que agrupam várias figuras em função de suas diversas perspectivas, ou de eixos coordenados. No espaço topológico como foi visto, não existe um espaço que englobe todas as figuras, pois este espaço (topológico) é interior a cada figura, e a única forma de relacionar uma figura com outra é através da correspondência biunívoca e bicontínua, fonte das analogias de estruturas entre as figuras (homeomorfias).

O espaço projetivo e euclidiano, mais complexo que o anterior e por isto de elaboração mais tardia, consideram os objetos e suas configurações uns em relação a outros, como colocados em um único sistema de conjunto, organizado num todo estruturado segundo uma mesma coordenação espacial.

Com relação ao espaço projetivo, esse é iniciado quando o objeto ou sua figura deixam de ser considerados em si mesmo, para serem considerados relativamente a um ponto de vista, o da pessoa que o vê (perspectiva) ou do ponto de vista de outros objetos sobre os quais é projetado. "Assim, desde o início, as relações projetivas supõem uma coordenação entre objetos espaciais distintos, em oposição à análise intrínseca das relações topológicas próprias de cada objeto considerado em si mesmo" (Piaget & Inhelder 1993, p.168).

As operações projetivas (projeção e seção) desempenham papel fundamental na coordenação geral do espaço.

A forma mais simples da organização de um sistema de conjunto, que interliga objetos espaciais, seja através de pontos de vista projetivos, ou de coordenadas, é a reta cuja representação supõe já elaborados o espaço projetivo ou euclidiano.

2.4.5.1 A Reta Projetiva

Apesar da percepção da reta ser precoce, sua representação só acontece após a criança ter realizado a compreensão e construção das relações topológicas mais complexas (de fechamento, de envolvimento a duas dimensões e de encobrimento sobre uma fronteira).

Com relação aos diversos estágios do desenvolvimento e destacando a reta, observou-se que:

- no estágio I (antes dos 4 anos) a criança, apesar de perceber uma reta, sendo capaz de diferenciá-la sem dificuldades de uma curva, não constrói uma reta, mesmo que esta esteja em condições de paralelismo com o modelo, nem desenha as retas que compõem os lados de figuras simples (triângulo, quadrado). Logo, as crianças, nesse estágio, não possuem nenhuma representação clara da reta, e verbalmente ignoram o vocábulo reta, conhecendo

somente o termo fila. Esse estágio caracteriza-se pela ausência de representação da reta e pela excelência da linha topológica, já possuindo construção ordenada, pois seus elementos permanecem próximos uns dos outros; o estágio II (4 a 7 anos) é subdividido em dois níveis IIA e IIB. No primeiro subestádio (IIA), a criança só constrói uma reta (em pensamento ou efetivamente) quando a representação pode apoiar-se na percepção (dado um modelo, basta segui-lo passo a passo). É o caso de se construir uma reta que seja paralela a uma mesa quadrada ou retangular. Modificando-se a situação, como construir uma reta sobre um fundo neutro ou equidistante dos lados de uma mesa, sente-se um maior grau de dificuldade que a criança ainda não consegue transpor, pois para resolver o problema apoia-se em uma imitação interiorizada e diferenciada (Figura 1)

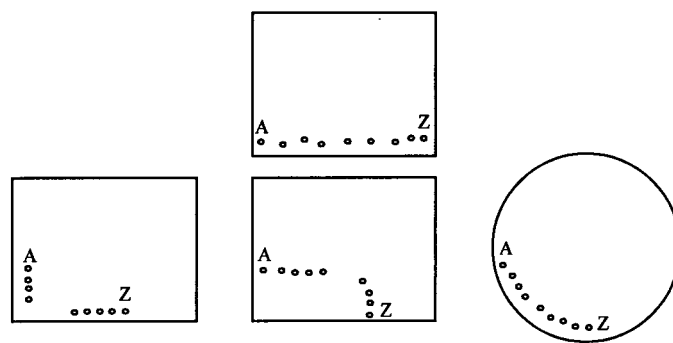


Figura 1 - Desenhos de crianças do subestádio IIA
 Fonte: Piaget & Ingelder, 1993, p. 172

Se o problema consiste na construção de uma reta que está em conflito com as retas percebidas na vizinhança (p. ex. uma reta oblíqua) a criança não consegue superar a dificuldade. Segundo Piaget & Inhelder,

esse resultado é extremamente instrutivo. Ele salienta que existem duas espécies de representações espaciais: uma simplesmente intuitiva, que não passa de uma imitação interior (imagem mental) dos dados anteriormente percebidos e encontra-se, pois, favorecida ou inibida pelas configurações perceptivas atuais, ao passo que a outra (ainda não construída no presente nível) funda-se sobre as operações e libera-se, em consequência, de toda configuração perceptiva (Piaget & Inhelder 1993, p.179).

- no subestágio IIB há uma diferenciação progressiva dos pontos de vista. Em suas experiências Piaget constatou que, ao solicitar a uma criança que faça uma estrada reta com três postes, colocados sobre uma mesa retangular, esta o fez segundo um ponto de vista (não intencionalmente) e construiu uma reta oblíqua aos lados da mesa sem lhe dar atenção. Uma outra criança resolveu o mesmo problema através das relações euclidianas (caminho mais curto, ou manutenção de direção), isto é, intercalou entre os dois pontos A e G outros cinco (BCDEF), deixando-os inicialmente juntos na seqüência de A e imprimindo com as mãos o sentido de direção (Figura 2).

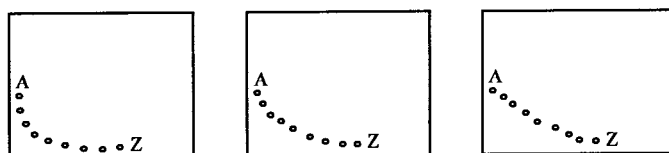


Figura 2 - Desenhos de crianças do subestágio IIB
Fonte: Piaget & Ingelder, 1993, p. 172

Existe a descoberta da reta projetiva no momento em que a criança compreende que dois pontos podem ser colocados em relação a um observador por intermédio do olhar (como se fosse traçada uma linha). As crianças descobrem então, que a visão difere sob diversos pontos de vista.

" A descoberta de um ponto de vista particular, como a tomada de consciência do ponto de vista próprio, no momento ocupado pelo sujeito, é bem mais difícil do que poderia parecer à primeira vista, porque essa descoberta ou essa tomada de consciência supõe em realidade a coordenação de todos os pontos de vista possíveis" (Piaget & Inhelder 1993, p.179) (Figura 3).

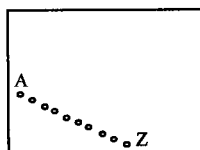


Figura 3 - Desenho do estágio III
Fonte: Piaget & Ingelder, 1993, p. 172

2.4.6 A Perspectiva

Para que os sujeitos possam imaginar como se apresentará um objeto, sob diferentes pontos de vista, duas dificuldades devem ser superadas: a primeira, em fazer o sujeito entender que não são formas euclidianas do objeto, mas se trata de formas aparentes (perspectivas). A segunda, em fazê-lo representar essa forma sem ser impedido pelas dificuldades motoras do desenho.

Para sanar essas dificuldades Piaget fez uso de quatro técnicas, aplicadas simultaneamente duas a duas, onde as duas primeiras têm função de facilitar a compreensão das perspectivas e melhorar a esquematização das formas limites, e as duas restantes referem-se a representação do objeto. A primeira técnica, consistia-se em colocar ao lado da criança um boneco (para representar uma pessoa) indagando da criança como esse boneco vê o objeto; na segunda o objeto é mudado de posição na frente da criança fazendo-a prever como seria a forma do objeto em posições intermediárias; na terceira a criança desenhava a forma do objeto e finalmente na quarta técnica apresentava-se à criança vários desenhos (corretos e incorretos, esses com erros típicos do desenho espontâneo da criança) e lhe era solicitado que indicasse os que correspondiam à posição do objeto. Foram também observadas as quantificações, pois ao se imprimir rotação a um bastão ou uma agulha, a forma reta é conservada diminuindo gradativamente seu comprimento. Esses estudos permitiram estabelecer estádios em correlação com os da representação da reta projetiva.

Até os quatro anos a criança não consegue representar adequadamente as formas geométricas, não havendo compreensão das perspectivas como representação de um objeto.

O estágio II (4 a 7 anos) tem como característica a indiferenciação total ou parcial da construção de um objeto sob diversos pontos de vista.

No subestágio IIA (4 a 5,6 anos), a criança representa o objeto conservando sua forma e dimensões, não levando em consideração a posição do objeto em relação ao observador. Apesar de perceberem e saberem explicar que o que se vê de um objeto difere da posição do

observador, é ao final desta fase que a criança inicia a transição para um desenho com perspectiva (com representação da profundidade) (Figura 4).

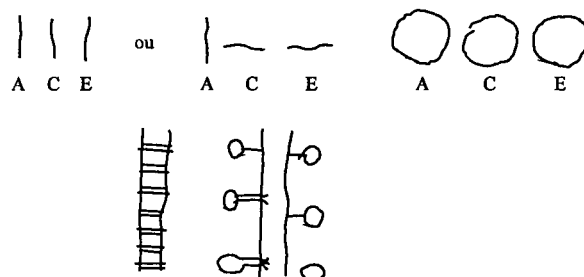


Figura 4 - Desenhos de crianças do subestágio IIA
 Fonte: Piaget & Inhelder, 1993, p. 188

Aí está a diferença essencial que há entre a percepção e a representação das perspectivas. Ver um objeto segundo uma perspectiva dada é olhá-lo de um certo ponto de vista, mas de um ponto de vista do qual não é necessário tomar consciência para percebê-lo.

Representar-se através de uma imagem mental ou representar através do desenho o mesmo objeto visto segundo a mesma perspectiva é, ao contrário, tomar consciência simultaneamente do ponto de vista sobre o qual é percebido e das transformações devidas à intervenção desse ponto de vista. Em oposição à percepção da perspectiva, a representação dessa perspectiva implica, pois, uma coordenação operatória, pelo menos consciente, entre o objeto e o sujeito, enquanto situados no mesmo espaço projetivo, sobressaindo o objeto e compreendendo o sujeito como tal. (Piaget & Inhelder 1993, p.192)

No decorrer do subestágio IIB, já existe o início real da diferenciação dos diversos pontos de vista, principalmente observada quando se dá desenhos previamente elaborados para a criança escolher aquele que representa o objeto. Apesar da criança escolher, para a representação dos trilhos, os fugidios, ela ao desenhá-los o faz, ainda, segundo paralelas. Este fato é explicado por Piaget como tendo a criança atingido um nível operatório, no nível IIIA, em que a representação das perspectivas corresponde a representação de uma transformação e não de um estado estático isolado. Na verdade, a transformação perspectiva ainda não é um sistema de correspondências operatórias regradas por falta de continuidade e de quantificação extensiva, uma vez que o raciocínio da criança limita-se a algumas mudanças de forma qualitativa, sem tomar consciência de todas elas e não ligando-as de modo contínuo. A ausência de quantificação extensiva (regularidade nas

diferenças) é encontrada nas representações onde há a diminuição do comprimento da reta ou da elipse (inclinação progressiva da agulha ou do círculo) (Figura 5)

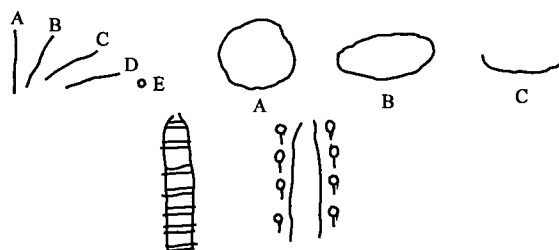


Figura 5 - Desenhos de crianças do subestágio IIIA
 Fonte: Piaget & Inhelder, 1993, p. 188

A descoberta da perspectiva acontece quando inicia-se a diferenciação e a coordenação de diferentes pontos de vista, isto é, a criança se abstém do objeto e toma consciência da relação que liga o objeto ao seu ponto de vista. Para a conclusão dessa construção é necessário que a criança tenha construído um sistema de operações de relacionamento: relações aditivas e correspondências entre relações por multiplicações lógicas, que serão primeiramente elaboradas quantitativamente antes de poderem ser qualificadas.

No subestágio IIIB acontece a generalização operatória das relações descobertas no nível IIIA (que vai permitir ao sujeito dar continuidade às transformações), bem como a quantificação extensiva (que vai permitir matematizar instantaneamente as transformações qualitativas já generalizadas). A forma de ver sob diferentes pontos de vista implica, de forma elementar, nas operações de seção (quando sob um ponto de vista a parte anterior do objeto esconde a posterior) e de projeção (a reta muda, segundo um ponto de vista, de direção e de comprimento, mas conserva sempre a forma retilínea, tendo como limite o ponto).

São essas duas operações elementares, que a criança do nível IIIB libera e generaliza até tirar dela uma construção operatória das transformações perceptivas. ... O duplo processo da seção da imagem projetiva por aquelas que a escondem e da diminuição projetiva das dimensões da imagem com o distanciamento sendo assim formulado, é claro que esses sujeitos, por compreenderem a lei das transformações perspectivas, podem então construir a forma que corresponde a cada ponto de vista em função dos deslocamentos do objeto. As operações

qualitativas sucedem à simples intuição das formas perspectivadas mais características (nível IIIA), graças à continuidade introduzida na lei de transformação (Piaget & Inhelder 1993, p.205).

Por outro lado, após terem sido elaboradas as operações qualitativas de relacionamento e de correspondência, sua quantificação extensiva é possível, pois a criança reconhece a regularidade das mudanças (existe uma diferença constante entre as diferenças), que é descoberta pela criança através da construção gráfica (a construção dos fugidios mostra a relação de decréscimos constantes entre os trilhos) (Figura 6)

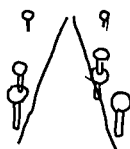


Figura 6 - Desenho do subestágio IIIB
Fonte: Piaget & Ingelder, 1993, p. 188

A criança, ao considerar um objeto sob um ponto de vista, toma consciência da existência de outros elementos à esquerda ou à direita, acima e abaixo desse objeto caracterizando as duas dimensões: de comprimento e altura. Da mesma forma ainda existem elementos situados na frente e atrás do objeto, visto segundo um determinado ponto de vista, e essas novas relações caracterizam a profundidade, determinando a terceira dimensão. Enquanto uma reta caracteriza uma dimensão, feixes de retas constituirão um plano projetivo (espaço tridimensional), capazes de determinar entre si diferentes relações de projeção ou seção.

Como foi colocado anteriormente, é através da reta que chega-se à compreensão da projeção e do espaço projetivo (tridimensional), permitindo que as duas operações essenciais da geometria projetiva, a projeção e a seção, sejam acessíveis à criança.

Piaget faz também referência a projeção das sombras, que obedece as mesmas leis geométricas da representação perspectiva, sendo que neste caso, o foco de luz equivale ao ponto de vista do observador. A criança, através da experiência, verifica que a forma da

sombra depende da forma do objeto e de sua posição com relação a fonte luminosa. Desta forma as etapas de representação das sombras equivalem às das representações da perspectiva.

Aponta ainda, como única diferença, ter a sombra o significado de negativo do ponto de vista da luz, o que não apresenta maiores dificuldades para as crianças, uma vez que são capazes de realizarem a reversibilidade.

2.4.7 As Perspectivas e seu Relacionamento

Após, ter estudado de que forma a criança constrói a representação perspectiva (ou as projeções) de um único objeto em função de diferentes pontos de vista, Piaget ocupou-se da representação perspectiva em relação a um conjunto de objetos, para pesquisar não somente as mudanças de formas e dimensões aparentes dos objetos, mas também a posição relativa dos objetos uns em relação aos outros e cada um em relação a diferentes pontos de vista. Para realizar este estudo Piaget fez uso de uma maquete de três montanhas com alturas diferentes e de cores também diferentes (verde, marrom e cinza) e de três técnicas distintas e complementares para questionamento das crianças (Figura 7).

Na primeira técnica, deu-se para a criança três cartões recortados em formas das montanhas da maquete, mantendo inalteradas suas cores, e solicitou-se que fosse reconstituída a maquete, estando colocada numa posição A (Figura 7). Em seguida com a ajuda de uma boneca, que tomou uma posição C, pediu-se que a criança representasse a fotografia que a boneca poderia tirar. A posição da criança e da boneca foram alteradas para B e D mantendo-se a pergunta (Piaget & Inhelder, 1993).

Na segunda técnica, foram apresentados dez quadros para a criança escolher aquele que representasse a maquete, sob diferentes pontos de vista da boneca.

A terceira técnica é a recíproca da técnica anterior, onde foi solicitado que a criança escolhesse um quadro e a seguir colocasse a boneca na posição correta para tirar aquela fotografia.

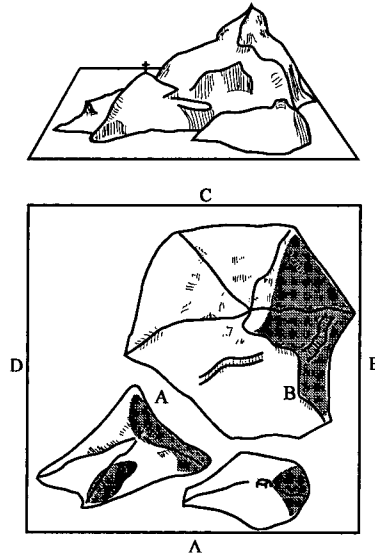


Figura 7 - Conjunto de Montanhas
 Fonte: Piaget & Inhelder 1993, p.225

Para esse estudo Piaget examinou cem sujeitos assim distribuídos: 21 com idades entre 4 e 6 anos e meio; 30 com idades de 6,7 a 8 anos; 33 de 8 a 9 anos e meio e 16 de 9 e meio a 12 anos.

No subestágio IIA as crianças, como já foi colocado, têm a representação centrada no seu próprio ponto de vista e mostram-se incapazes de prever as mudanças aparente de forma, sob outros pontos de vista. Logo, em se lhes aplicando a técnica 1, 2 ou 3 ela só consegue chegar a um resultado, sob o seu ponto de vista.

É no subestágio IIB, que se iniciam, porém sem sucesso, as tentativas de diferenciação dos pontos de vista para qualquer uma das técnicas.

A diferenciação e coordenação crescente das perspectivas acontece no estágio III (7-8 a 11-12 anos). No subestágio IIIA (7-8 a 9 anos) a criança passa por um período "de transição entre as sistematizações egocêntricas próprias dos estádios precedentes (IIA e IIB) e o agrupamento objetivo e completo" (Piaget & Inhelder, 1993, p.247). A criança diferencia algumas mudanças do ponto de vista e que essas acarretam alterações nas relações internas

do conjunto de montanhas porém não há a coordenação do conjunto. Para qualquer uma das técnicas, os resultados são análogos. A perspectiva só vai aparecer no desenho da criança (realismo visual) por volta do nível IIIB (9 a 10). A criança percebe que para cada posição que toma, existe um sistema de relações esquerda - direita e frente - atrás, com relação as montanhas, que é determinado pelas projeções e seções feitas com relação ao seu quadro visual (perspectiva). Descobre também, que entre os diversos pontos de vista perspectivo há uma correspondência, que é traduzida por uma transformação determinada das relações de esquerda- direita e frente - trás.

Deste estudo conclui-se que:

a construção das relações projetivas elementares supõe uma coordenação dos pontos de vista, porque, se tais relações são sempre relativas a um ponto de vista determinado, tornou-se bem claro, que um 'ponto de vista' não poderia existir em estado isolado, mas supõe necessariamente a construção de um sistema total ou coordenação de todos os pontos de vista (exatamente como, no domínio do espaço euclidiano, toda relação e toda distância são solidárias de um sistema de conjunto de coordenadas).

A segunda diferença notável entre as relações projetivas e as relações topológicas refere-se à maneira pela qual as operações intelectuais se superpõem às percepções, ou se se prefere, integram-se aos dados perceptivos. O espaço topológico, sendo inerente ao objeto e formado de relações que se estabelecem aos poucos, corresponde a uma seqüência de percepções possíveis cujo caráter é poder se justapor sem mais, voltado a tarefa própria à operação a reunir os dados em um mesmo todo coerente e ordenado. Ao contrário, no caso de um sistema de relações projetivas ou de pontos de vista perspectivos, as operações não consistem, de modo algum, em reunir sem mais os dados perceptivos, mas essencialmente, em coordená-los segundo relações de reciprocidade. Não consistindo o espaço projetivo em ligar entre si as partes de um objeto, mas as inumeráveis projeções de um mesmo objeto, as percepções às quais podem corresponder essas diversas projeções ou perspectivas não são comparáveis às vistas parciais que necessário justapor, mas vistas completas e tomadas sob ângulos diferentes que é preciso conciliar (Piaget & Inhelder, 1993, p.257- 258).

2.4.8 A Operação de Seção

Sabe-se que a operação de seção acontece tanto na geometria euclidiana ou geometria dos objetos (seções euclidianas, obtidas ao se separar parte do objeto sólido segundo eixos diferentes e utilizando para isto uma faca) quanto na geometria projetiva ou geometria dos pontos de vista (seções projetivas, feitas a partir de um feixe de retas).

Na geometria euclidiana tem-se as relações topológicas (quantifica-se o sólido e o observador é tido como fazendo parte dele) que ignoram os movimentos. " A construção

de um sistema de eixos de coordenadas, que constitui a sistematização fundamental da geometria dos objetos, supõe um relacionamento de cada objeto em relação a todos os outros e em relação a um sistema de pontos de referência ordenados segundo as diversas dimensões" (Piaget & Inhelder, 1993, p.262).

A geometria projetiva estuda os objetos com o observador colocado externamente a ele, e observando-o segundo o seu ponto de vista.

É importante observar que toda representação (gráfica ou figurada) de um volume é uma projeção desse volume sobre um plano. Logo, a operação de seção de um volume é uma operação euclidiana enquanto sua representação necessita de um sistema de projeções e de seções relativas a essas projeções conforme ilustra a figura 8.

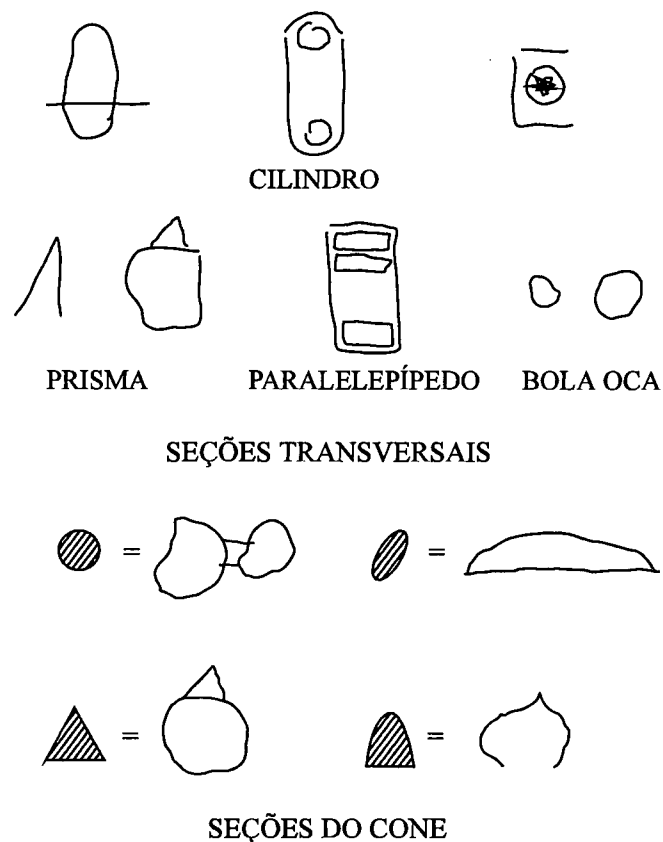


Figura 8 - Seções - Desenhos de crianças do subestágio IIA
 Fonte: Piaget & Ingelder, 1993, p.265

À medida que a criança descobre a seção, acontece uma dissociação gradual entre a geometria euclidiana e a geometria projetiva e ao mesmo tempo uma interação progressiva entre as operações de projeção e de seção perspectiva e as operações de deslocamento e de colocação. Por exemplo para imaginar a forma final de uma superfície de seção de um cone, de um cilindro, de uma espiral, etc., é necessário imaginar o movimento da faca, logo é preciso imaginar esse volume projetivamente. O mesmo acontece para as linhas, como a construção da reta através da interseção de dois planos (seção do plano que pertence o objeto com outro que é a faca).

2.4.9 Os Rebatimentos e Desenvolvimento de Superfícies

A criança em seus desenhos misturam, de forma inexplicável, todos os pontos de vista, como por exemplo no desenho de uma carroça vista de cima com as quatro rodas rebatidas no plano horizontal. Este desenho é reconhecido, por Piaget, como rebatimento espontâneo que acontece antes dos 6-7 anos.

Piaget em suas pesquisas verificou que a criança é capaz de fazer o desenvolvimento de superfícies poliédricas ou ainda de superfícies curvas regradas (cone, cilindro) quando não mais executar os rebatimentos espontâneos. Inicialmente, as crianças entre 8-9anos parecem incapazes de imaginar o desenvolvimento de superfícies, porém quando são estimuladas com exercícios de dobramento e desdobramento de figuras a operação é bem sucedida e adianta-se 2 ou 3 anos em relação as crianças que não realizaram tais ações.

No subestágio IIA (5 a 6 anos) a representação de um cilindro é feita ora como um retângulo, ora como dois círculos ligados um ao outro (às vezes é um círculo único ou ainda uma elipse). Da mesma forma, um cone é reduzido a um círculo ou a triângulo; um cubo é representado como um quadrado e a pirâmide por um ponto, um triângulo ou quadrado. Estes fatos mostram que não existe diferenciação entre o desenho de um volume e o de seu desenvolvimento (Figura 9).

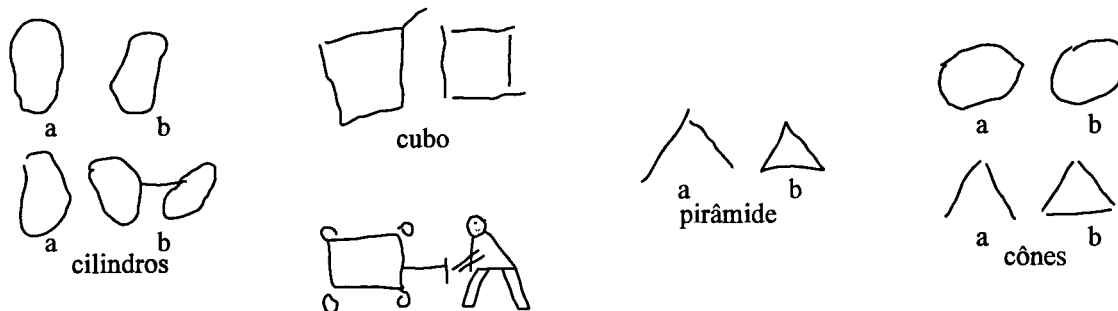


Figura 9 - Desenhos de crianças do subestágio IIA
 Fonte: Piaget & Ingelder, 1993, p. 289

Durante o subestágio IIB inicia-se a "diferenciação entre o desenho dos volumes não desdobrados e dos volumes desdobrados, sob a forma de linhas que indicam a intenção do desdobramento ou de mudanças de direção da figura" (Piaget & Inhelder, 1993, p.294) (Figura 10).

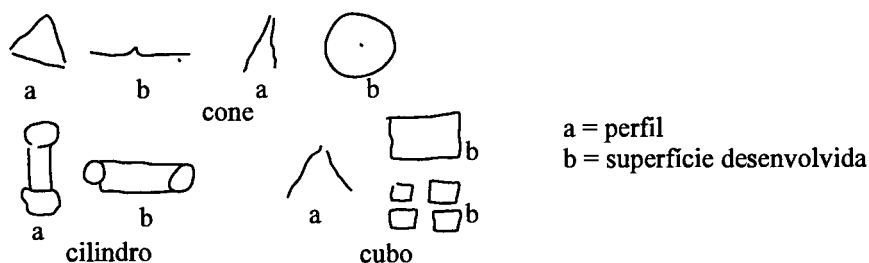


Figura 10 - Desenhos de crianças do subestágio IIB
 Fonte: Piaget & Ingelder, 1993, p. 289

É somente no estágio III que a criança descobre os desenvolvimentos e rebatimentos corretos. No subestágio IIIA a criança representa uma fase do desdobramento: ou ela decompõe (análise) os elementos mas não faz uma recomposição ordenada, ou ela mantém e ordena a vizinhança entre os elementos. A criança intui que as superfícies rebatidas aparecerão planas, mas não consegue ligá-la a um todo de forma coerente. Os fatos dos níveis IIB e IIIA, mostram que não basta que a criança perceba as superfícies do cilindro ou do cone, para imaginá-los quando planificados, isto é, a representação figurada não é um prolongamento da percepção, mas da ação sobre o objeto (Figura 11).

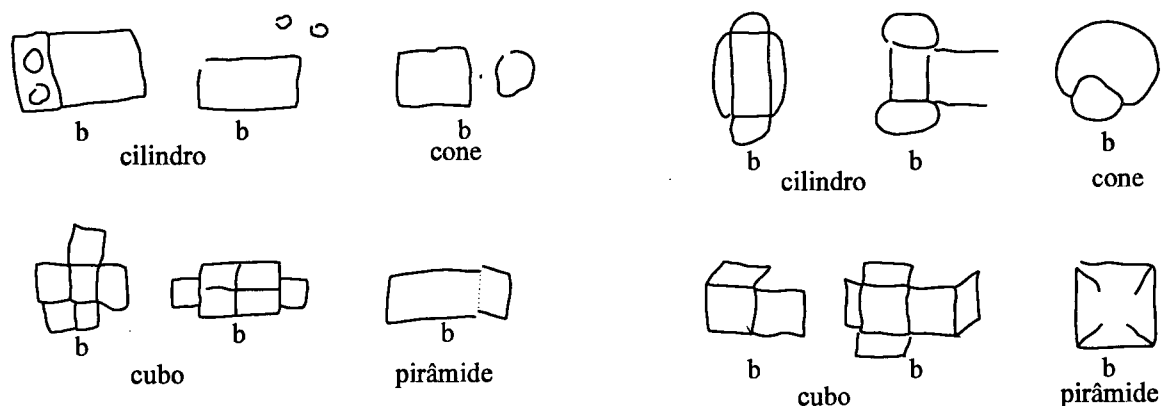


Figura 11 - Desenhos de crianças do subestágio IIIA
 Fonte: Piaget & Inhelder, 1993, p. 290

As primeiras soluções corretas são feitas com o cone e o cilindro, no curso do nível IIIB. Há uma organização operatória com relação ao movimento de rotação, necessário para o desdobramento da figura, e uma « coordenação operatória dos rebatimentos projetivos constituídos pela representação do desenvolvimento e a correspondência dos dois sistemas de operações. Rebater a superfície curva do cilindro e do cone, no mesmo plano de base, é, assim, passar de um ponto de vista a outro diferenciando e coordenando-os ao mesmo tempo. » (Piaget & Inhelder, 1993, p.299-300). As pirâmides e o cubo, apresentam solução correta no estágio IV. Conclui-se que o que interfere na imagem do desenvolvimento de um sólido é primeiramente a percepção de volume e principalmente a antecipação representativa de uma ação não executada. Logo:

a imagem é uma imitação interiorizada, isto é, que ela constitui um decalque, não do objeto, mas das acomodações próprias das ações que se apóiam no objeto. O que a imagem fornece, além da percepção, é, pois, um esquema de ação. ... a imagem, embora procedendo de uma imitação-motriz, representa somente estados e não atos, não sendo estes figuráveis a não ser por uma sucessão de imagens estáticas: uma vez construídas as operações, o conjunto de imagens simboliza os produtos de forma suficientemente móvel para poder antecipá-las sem que essas operações tenham sido efetuadas materialmente. ... É esse conjunto plástico de imagens que os geômetras chamam intuição do espaço, quando essa intuição torna-se racional e ultrapassa o sensível, em oposição às formas elementares às quais reservamos o qualitativo de intuição pré-operatória (Piaget & Inhelder, 1993, p.310-311).

2.4.10 Passagem do Espaço Projetivo ao Espaço Euclidiano

Piaget aponta duas relações que existem entre o espaço projetivo e o euclidiano: ambos resultam do espaço topológico, apesar de o fazerem de forma independente; a segunda relação tem como característica a possibilidade de construir entre eles uma série de elementos de passagem, formados pelas afinidades e semelhanças.

É assim que, do ponto de vista matemático, as afinidades são correspondências projetivas (homologias) que conservam, entre outras, as paralelas; as semelhanças são afinidades que conservam os ângulos, e os movimentos são semelhanças que conservam as distâncias: da homologia projetiva ao deslocamento euclidiano passamos, assim, por uma série de transições ou de especificações sucessivas (Piaget & Inhelder, 1993, p.318).

No início deste estudo, foi mostrado que as noções elementares de natureza topológica apoiavam-se no objeto e nas suas propriedades estabelecidas progressivamente. Verificou-se, também, que essas noções sob diferentes pontos de vista geram formas definidas que conservam a reta e se constituem por relações projetivas. Nasce o espaço projetivo que prima pela coordenação de múltiplos pontos de vista.

Deste momento em diante, tal como o fez Piaget (Piaget & Inhelder, 1993) abordar-se-á a construção dos sistemas de coordenadas estudando primeiramente as coordenações que são a transição entre as noções projetivas e as métricas.

2.4.10.1 O Paralelismo e as Proporções

Para analisar a noção de paralelismo Piaget utilizou-se do losango (e suas transformações), que a criança só desenha corretamente a partir dos 6 - 7 anos. Deste modo, para estudar o paralelismo dos lados opostos do losango, este foi submetido a transformações de afinidade (que conservam as paralelas e as retas ignorando os ângulos). Para tanto utilizou-se da 'Tesoura de Nüremberg' aparelho que obedece às leis das figuras afins apoiando-se nas transformações do losango (Figura 12).

Observou-se que as crianças do estágio I (antes dos 4 anos) não conseguem desenhar o losango e muito menos antecipar qualquer transformação.

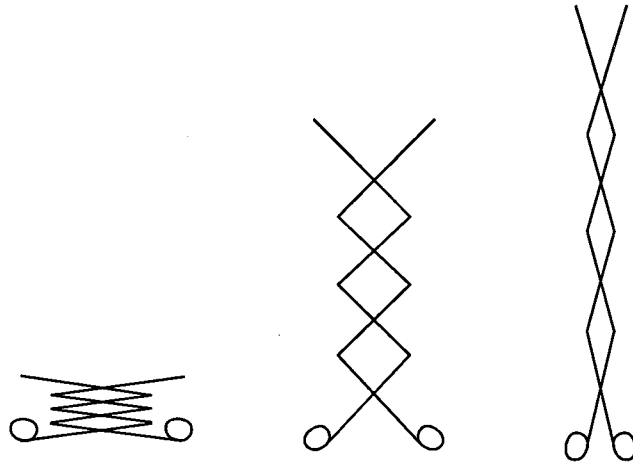


Figura 12 - Tesoura de Nüremberg
 Fonte: Piaget & Inhelder, 1993, p.321

No subestágio IIA , se o aparelho está imóvel, ainda a criança não prevê a transformação. É necessário entreabrir o aparelho para que possam imaginar seu prolongamento como um aumento do número de janelas. As crianças sabem desenhar um losango, mas não conseguem representar sua forma na estrutura de conjunto, limitando-se a desenhar cruces. Somente após a exploração tátil do contorno é que descobrem o losango (Figura 13).

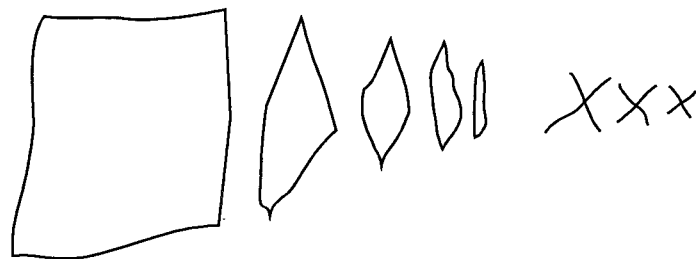


Figura 13 - Desenhos de crianças do Subestágio IIA
 Fonte: Piaget & Inhelder, 1993, p.323.

No decorrer do subestágio IIB (5 e meio a 6-7 anos) a criança desenha o losango, admite mudanças no seu comprimento, inicia-se a antecipação das transformações, mas ainda não há conservação de comprimento dos lados nem atribui aos lados opostos a noção de paralelismo (Figura 14).



Figura 14 - Desenhos de crianças do Subestágio IIB
Fonte: Piaget & Inhelder, 1993, p.323

No subestágio IIIA (7-8 anos) acontece a conservação do paralelismo entre os lados opostos com invariância de seu comprimento. Há uma procura das transformações contínuas da figura e a perfeita compreensão da relação entre o aumento da largura e a diminuição da altura, com ausência de uma "conscientização e uma formulação claras das relações utilizadas na construção concreta efetiva" (Figura 15) (Piaget & Inhelder, 1993, p.324).

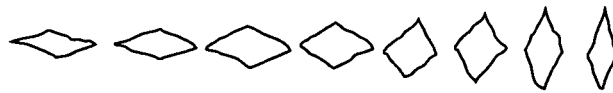


Figura 15 - Desenhos de crianças do Subestágio IIIA
Fonte: Piaget & Inhelder, 1993, p.323.

A partir de 9-10 anos (níveis IIIB e IV), existe a tomada de consciência das transformações da figura. A criança faz uma dedução antecipada do conjunto do processo da transformação.

2.4.10.2 As Semelhanças e as Proporções

A construção puramente geométrica das proporções tem por base as noções de ângulo e de semelhança. De forma análoga às anteriores, a gênese da idéia de proporção é encontrada na percepção das figuras, porém o discernimento perceptivo de figuras semelhantes não implica na construção matemática de uma figura semelhante a um modelo dado.

Piaget, para melhor estudar este assunto, primeiramente o fez nos triângulos, e num segundo momento dedicou seu estudo à semelhança dos retângulos.

2.4.10.2.1 A Semelhança dos Triângulos

Para que a criança pudesse analisar a descoberta de semelhanças dos triângulos, primeiramente foi solicitado que elas analisassem e desenhassem pares de triângulos encaixados, semelhantes ou diferentes, e num segundo momento lhes foram apresentados triângulos de papelão, para que elas, após manipulá-los, o classificassem por famílias (isóceles, escalenos, etc.). Piaget com essas duas técnicas estudou as conexões entre as noções de reta, de paralelas e de ângulos.

As crianças com menos de 4 ou 5 anos, não apresentaram qualquer resultado útil quanto a representação de triângulos ou retângulos.

O estágio II (4-5 a 6-7,6 anos) é caracterizado pela ausência de comparação sistemática e operatória. No decorrer do subestágio IIA (de 4-5 a 6-6,6 anos) os desenhos dos triângulos ainda não levam em conta o paralelismo dos lados nem a correspondência dos ângulos. Na manipulação de figuras (técnica II) as comparações não consideram a correspondência dos ângulos nem a superposição sistemática das figuras. Ao comparar dois triângulos isóceles para verificar se são semelhantes, a criança só leva em consideração uma de suas dimensões (altura do triângulo ou largura de sua base) não observando a relação entre as duas (altura e base). No subestágio IIB (de 6 a 7,6 anos), o desenho dos triângulos encaixados apresenta um paralelismo intuitivo e perceptivamente há progressos na análise da inclinação dos lados. Com relação a técnica II, observa-se o início da análise das inclinações, mas ainda não fazem espontaneamente a descoberta do procedimento de comparação por superposição.

O estágio III (6-7 a 10-11anos) caracteriza-se pela conquista das operações que permitem o paralelismo, a igualdade dos ângulos e os relacionamentos dimensionais simples. No subestágio IIIA, a criança descobre o paralelismo dos lados dos triângulos encaixados (técnica I) e esforça-se para fundamentar a semelhança dos triângulos na igualdade dos ângulos, fazendo superposição das figuras (técnica II). Nesta fase tem início a compreensão de que dois triângulos semelhantes possuem lados paralelos porém não fazem alusão explícita da igualdade dos ângulos. No subestágio IIIB (9- 9,6 a 10-11 anos), com a técnica

I, observou-se que a criança faz a comparação entre os triângulos apoiando-se no paralelismo dos lados e nas relações dimensionais simples e utilizando a técnica II, notou-se o início de correspondência dos três ângulos e o paralelismo dos lados.

O estágio IV (a partir dos 11-12 anos) "é caracterizado pela proporcionalidade de todas as relações dimensionais, junto às relações anteriormente adquiridas" (Piaget & Inhelder, 1993, p.345).

2.4.10.2.2 A Semelhança dos Retângulos

O estudo da semelhança dos retângulos é, por um lado, mais simples que o dos triângulos, uma vez que seus ângulos são todos iguais, e mais complexas no que tange às relações de comprimento e largura, pois não há a possibilidade de apoiarem-se nas transformações dos ângulos. A semelhança dos retângulos implica na compreensão das proporções de dimensão enquanto a dos triângulos baseia-se em operações qualitativas elementares (paralelismo dos lados). Para esse estudo, Piaget utilizou-se de duas técnicas: a comparação perceptiva e a construção gráfica. Na primeira técnica (comparação perceptiva) foram apresentadas, às crianças, folhas brancas, de mesmo tamanho, com desenhos de retângulos deitados horizontalmente nas seguintes dimensões: um retângulo de 3cm de comprimento e 1,5 cm de largura e em outras folhas, outros retângulos aumentados com largura constante (4cm) e variando seu comprimento de 6 a 15 cm (Figura 16).

São apresentadas para as crianças sempre duas folhas, uma com o retângulo de 1,5 x 3cm e uma segunda com o retângulo aumentado e indaga-se se as figuras são < parecidas, sim, não ou mais ou menos > e ainda se o maior tem a mesma forma do menor.

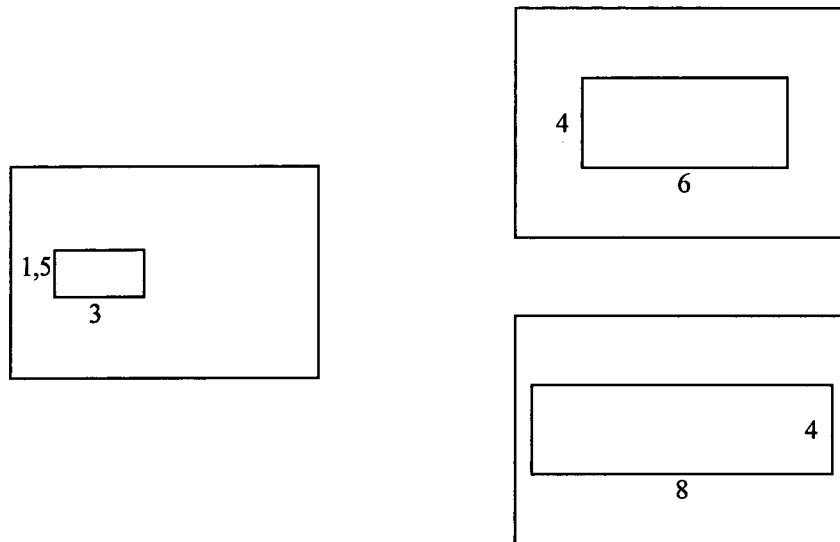


Figura 16 - Desenho das folhas com os retângulos

Na segunda técnica, (construção gráfica) apresentou-se a folha contendo o retângulo de 1,5 x 3cm, e pediu-se para que a criança desenhasse em outra folha o mesmo retângulo em tamanho menor.

Para as crianças do estágio II, quanto mais alongado é o retângulo variável, mas ele é considerado como correspondente ao do modelo. Assim para aumentar um retângulo a x c em outro retângulo semelhante, a criança aumenta muito seu comprimento (c) sem levar em conta sua altura (a). Esses sujeitos apresentam

... equivalência de reação entre os julgamentos perceptivos e as construções intelectuais ou gráficas. ... Há assim transposição, por assim dizer corrigida, da forma de conjunto e não transposição exata das relações dimensionais, o que é acompanhado de uma percepção ainda sincrética ou global, permanecendo a análise incompleta e não se apoiando senão em uma única dimensão privilegiada: o comprimento. ... Não existe naturalmente nenhuma necessidade espontânea de medida, e a medida provocada malogra inteiramente. A noção de proporcionalidade parece destituída de significado para o sujeito, ... (Piaget & Inhelder, 1993, p. 373).

A criança não dá importância à diagonal traçada e não faz ligação que um retângulo seccionado por uma diagonal gera triângulos semelhantes.

Por volta de 7-10 anos, (estágio III) iniciam-se espontaneamente as tentativas de medida, demonstrando que há relacionamento intencional das duas dimensões (a criança nota que a

medida é útil, mas não sabe o que medir). A transposição perceptiva avança sobre a construção gráfica e o raciocínio operatório, assim, primeiro perceptivamente e mais tarde graficamente (IIIB) os sujeitos descobrem a relação entre comprimento (c) e altura (a). Essa relação é, num primeiro momento, resultado de uma diferença ($D = c - a$) e mais tarde sob a forma de relação invariante ($D = a/c$), para as relações simples no estágio III e em todos os casos (inclusive os fracionários) no estágio IV. No subestágio IIIA, nos julgamentos perceptivos, os erros negativos e positivos, calculados sobre o comprimento, são igualmente freqüentes, porém com predomínio, assim como no estágio II, de exagero do comprimento, e ainda não decompõem os retângulos, como um par de triângulos, quando há no desenho uma diagonal. No subestágio IIIB as crianças fazem aumentos iguais às duas dimensões, corrigindo, em seguida, seu desenho a partir das impressões perceptivas, obtendo êxito nas proporções simples de relação 1 a 2. Descobrem que o retângulo aumentado $a \times c$ tem a mesma relação a/c que o modelo de tamanho menor (a/c) onde o comprimento c é o dobro (ou triplo ou quádruplo) da altura a ($c = 2a$). Alguns sujeitos já percebem o papel da diagonal.

É no estágio IV que a criança consegue compreender a proporcionalidade entre as figuras. Neste estágio as crianças generalizam a relação de proporcionalidade e concluem que a diferença entre o comprimento e a altura de um retângulo é uma relação que não varia ($D = a/c$).

2.4.10.3 Os Sistemas de Referência e as Coordenadas

A construção das noções projetivas implicam na coordenação de conjunto que é formado pelas diversas figuras ligadas umas às outras e no relacionamento dos diferentes pontos de vista. Para tanto é necessário coordenar os diferentes objetos, sob a ótica do espaço euclidiano, isto é, fazendo a construção das paralelas, dos ângulos, das proporções ou semelhanças que permitem a passagem de um espaço ao outro. A coordenação dos objetos implica ainda na conservação das distâncias e na transformação de semelhança das figuras do espaço finalizando com a construção dos sistema de coordenadas ou de referência.

Segundo Piaget,

... as coordenadas do espaço euclidiano não são nada mais, em seu ponto de partida, do que uma vasta rede estendida a todos os objetos, e consistem em relações de ordem aplicadas às três dimensões ao mesmo tempo: cada objeto situado nessa rede é, pois, coordenado em relação aos outros, segundo as três espécies de relações simultâneas esquerda x direita, acima x abaixo e frente x atrás, ao longo das linhas paralelas entre si quanto a uma das dimensões e cruzando-se em ângulo reto com as orientadas segundo as duas outras. ... Mas um sistema de coordenadas não é simplesmente uma rede de relações de ordem entre os objetos: ele se aplica tanto às colocações quanto aos objetos colocados, e permite conservar invariantes as relações entre essas colocações independentemente dos deslocamentos de que os objetos são suscetíveis (Piaget & Inhelder, 1993, p. 394).

Desta forma os espaços projetivo e euclidiano referem-se, sobretudo, a sistemas de conjunto opondo-se ao espaço topológico cujas relações são interiores ao objeto considerado.

Para realizar tal estudo é necessário considerar, primeiramente, o sistema de referência natural (direções horizontal e vertical) como um sistema de eixos coordenados. Logo é necessário que a criança domine geometricamente as noções de verticalidade e horizontalidade. Em suas pesquisas Piaget concluiu que somente a partir dos 9 anos é que a criança adquire essas noções, construindo um sistema de conjunto de coordenadas. Um sistema de coordenadas, supõe a coordenação operatória de vários campos entre si, sendo "o ponto de chegada da construção psicológica inteira do espaço euclidiano, ..." (Piaget & Inhelder, 1993, p. 435).

Para que a criança possua a noção de um sistema de coordenadas ela deve possuir um conjunto de relações de ordem que permita seriar os objetos segundo n dimensões (noções topológicas de ordem e dimensões) e as relações euclidianas para aplicar no relacionamento dos objetos entre si.

2.5 O Processo de Ensino-Aprendizagem

Piaget, realizando estudos sobre o sujeito da construção do conhecimento, fez uma parte da caminhada para entender a aprendizagem (Grossi, 1993). Logo, apesar de Piaget não ter desenvolvido nenhuma teoria pedagógica, pretende-se que o processo de ensino-aprendizagem seja fundamentado em sua teoria epistemológica, onde o pensamento é a base em que se fundamenta a aprendizagem. Numa perspectiva piagetina educar pela

inteligência é "provocar permanente busca de novas soluções, estimular as diversões estratégicas, criar situações que exijam a exploração ao máximo das possibilidades procedurais da estrutura de comportamento. ... A educação pela inteligência propõe que o próprio educando construa suas estratégias motoras, verbais e mentais..." (Lima, 1980, p.118-119).

A didática tradicional tem como característica dar ao aluno dados sensíveis à percepção e a observação.

O ensino tradicional limita-se a apresentar os objetos e as operações por meio de *demonstrações* feitas perante a classe. As operações efetivas são executadas somente pelo mestre, ou no máximo, por um aluno chamado diante da classe. Qual é, então, a atividade dos outros? No caso mais favorável, eles acompanham a demonstração que lhes é feita, e, por uma espécie de imitação interior, revivem as ações que desenrolam diante de seus olhos. Entretanto, sua atitude continua sendo de espectadores, interessados, neutros ou completamente ausentes (Aebli, 1971, p.13).

Conforme foi visto, no início desse trabalho (p. 1-5), para Piaget, toda atividade intelectual visa sempre um estado de equilíbrio, isto é, após assimilar conhecimentos novos o indivíduo tende a acomodá-los, modificando suas estruturas mentais (Figura 17).

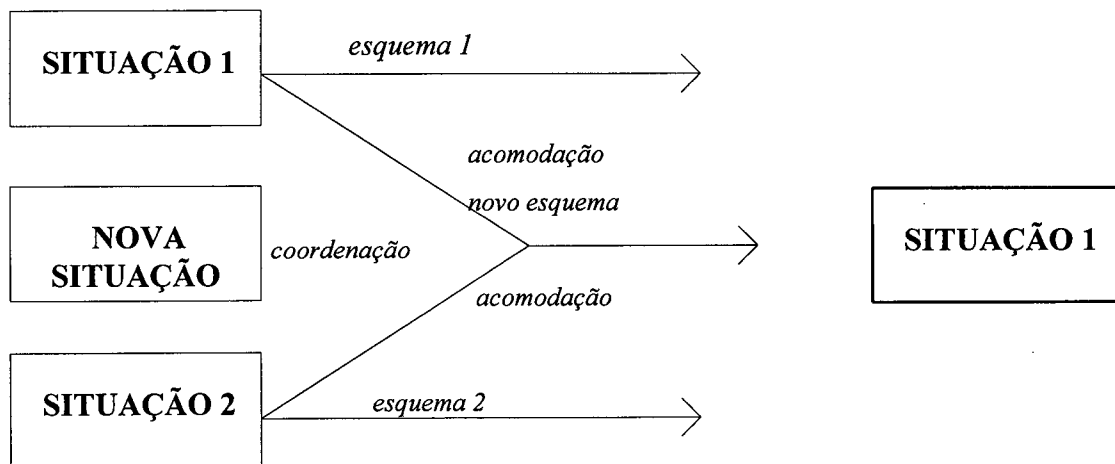


Figura 17 - Esquema de Aprendizagem
Fonte: Brasil, 1979, p.17

Ao contrário do ensino tradicional, onde a construção do conhecimento é rigorosamente dirigida; no ensino pela inteligência o trabalho do professor consiste em levar os alunos a construir eles próprios o novo conhecimento, apelando para os esquemas que o aluno dispõe.

"O mais importante na aprendizagem é o professor encontrar, na mentalidade dos alunos, esquemas de ação acomodáveis às situações que pretende propor para levá-los a determinado conhecimento" (Brasil, 1989, p.21).

Cabe ao professor fazer com que o aluno entenda, por sua reflexão, como foi obtido um determinado resultado. Becker (1993) afirma que um trabalho docente alienado, gera um produto discente alienado, salvo se o aluno, apesar dos obstáculos, conseguir criticar a prática docente. O treinamento, que muitos professores usam como prática escolar, atua no sentido de destruição das condições prévias do desenvolvimento cognitivo, logo da aprendizagem. É desta forma que o professor pode anular o processo de aprendizagem, ou ainda impedir esse processo.

O mestre deve ter em mente que "o que faz um ensino ser inteligente não é o conteúdo, mas a maneira de ensinar" (Lima, 1980, p.35).

A aprendizagem é uma construção, centrada na pessoa que a realiza. O primeiro, e talvez o mais importante, pressuposto que Piaget fez sobre a construção do conhecimento é que o ser humano tem uma pré-disponibilidade para pensar, julgar, argumentar com bases racionais; sendo que há necessidade de desenvolver estas potencialidades no decorrer da vida. Porém é importante lembrar que não há conhecimento como resultado de uma introspecção pura. O conhecimento é produzido na interação com o mundo (coisas e pessoas), pela ação. A figura 18 mostra como deve ser a ação do professor, sob o paradigma piagetiano

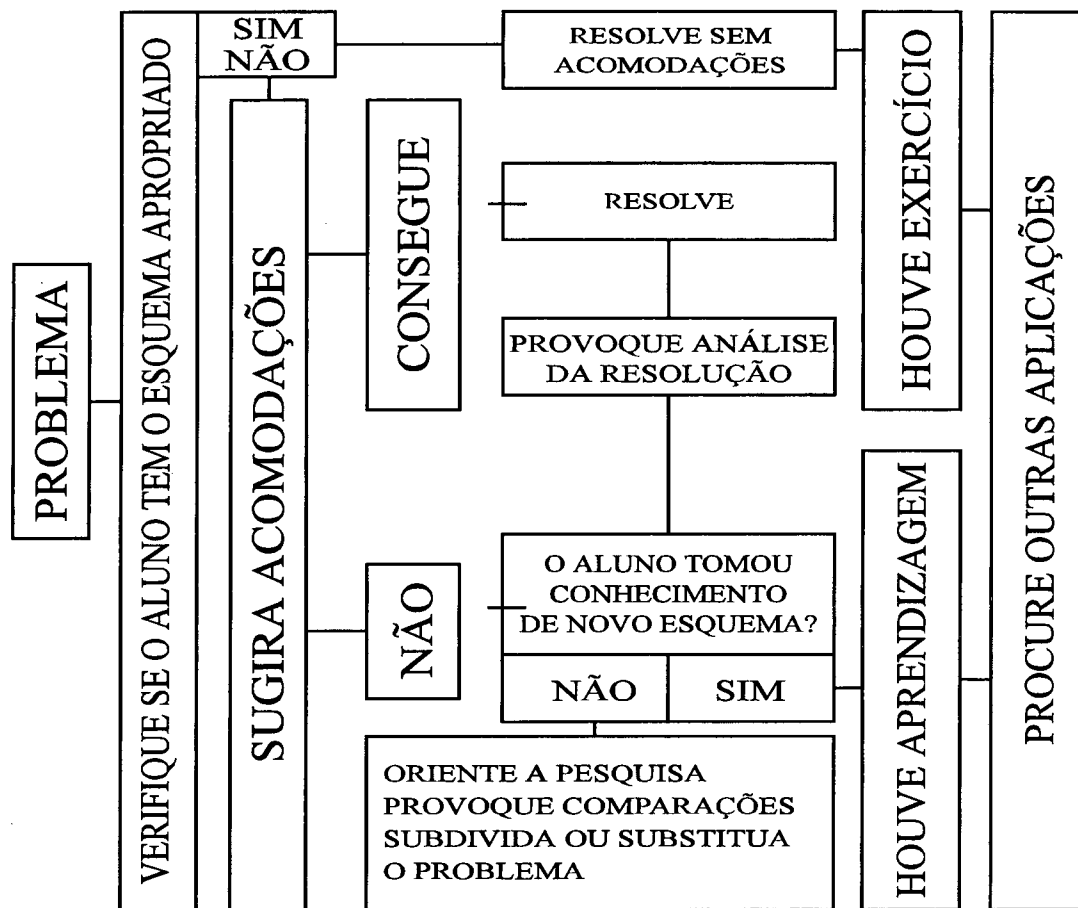


Figura 18 - Esquema de Aprendizagem - Ação Docente
 Fonte: Brasil, 1979, p.29

É necessário mudar o *status* do conhecimento, os alunos devem aprender por si próprios e não porque o professor lhes disse para fazer. Da mesma forma, é preciso abolir da escola a idéia que primeiramente o professor faz (ensina) para só então os alunos o fazerem. É importante que os alunos aprendam a fazer e a descobrir coisas muito antes que o mestre o faça, permitindo a intervenção de seus colegas, pois dessa forma terão a oportunidade de defender suas idéias, interagindo com o meio ambiente.

A figura 19 esquematiza como ocorre a ação do aluno no processo de aprendizagem, sob o paradigma piagetino.

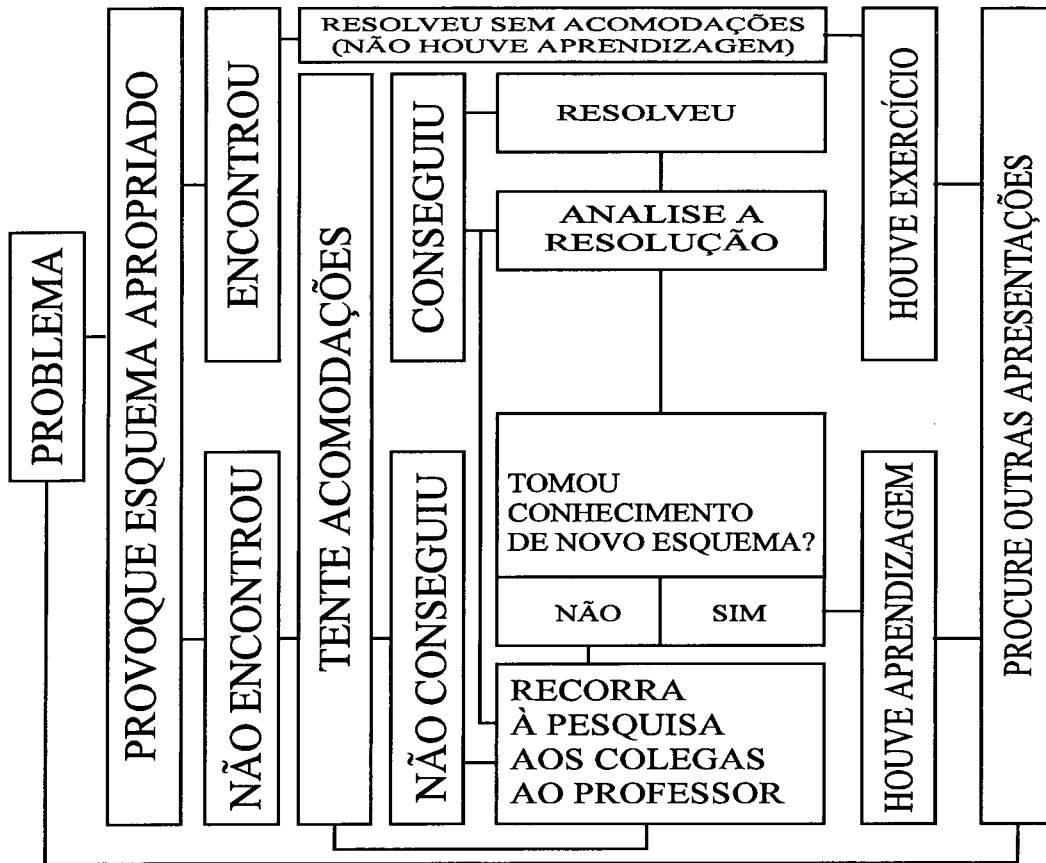


Fig. 19 - Esquema de Aprendizagem- Ação Discente
 Fonte: Brasil, 1979, p.30

2.6 Conclusão

O desenvolvimento deste capítulo foi de extrema importância para o trabalho, uma vez que aborda a teoria cognitiva de Jean Piaget, que é a base metodológica do ambiente de aprendizagem a ser modelado. Este capítulo, norteará a modelagem de um ambiente computacional voltado a uma aprendizagem ativa, que permita ao aluno adquirir uma metodologia de pesquisa que o auxiliará no decorrer de sua vida, aguçando seu senso de curiosidade e sabendo por em funcionamento seu raciocínio.

Por outro lado, foram também abordados os estudos feitos por Piaget com relação à representação do espaço, principalmente com relação ao espaço projetivo que será objeto do desenvolvimento do protótipo. Sabe-se que a representação e o tratamento dos dados espaciais se constituem nas primeiras funções dos grafismos do espaço. As informações de

natureza espacial são indispensáveis para a realização de tarefas como: a fabricação de uma peça mecânica, a orientação em um mapa de uma cidade, a descoberta de uma pane elétrica, etc. Da mesma forma, o desenho permite que engenheiros, arquitetos e técnicos possam elaborar, antecipar, controlar e validar as soluções dos problemas espaciais transformando-os em auxiliares importantes para a ação e a reflexão em diferentes domínios de atividades.

Mostrou ainda, sob o ponto de vista de diversos autores, como o sujeito realiza sua aprendizagem. Desses estudos pode-se concluir que a aprendizagem de uma estrutura lógica não é realizada por reforços externos, mas pela diferenciação e generalização das estruturas iniciais que o sujeito possui. No que se refere à lógica de aprendizagem, ela é resultado da organização dos processos de aprendizagem do sujeito e depende de seu nível operatório. O importante é que a aprendizagem se situe no nível do desenvolvimento natural do sujeito, levando-o a situação de descoberta. Logo, neste ambiente, o professor deverá ser antes de mais nada um pesquisador, que leva o aluno para esta mesma atividade.

CAPÍTULO III

ENSINO À DISTÂNCIA E AMBIENTES HIPERMÍDIA

3.1 Introdução

As mudanças tecnológicas, sociais e culturais impuseram novas necessidades na formação do indivíduo. A partir das crescentes transferências de tecnologia os sistemas produtivos modificaram-se substancialmente assim como os postos de trabalho. A educação continuada passou a ser uma necessidade premente. Por outro lado, no decorrer do dia-a-dia, o indivíduo também necessita mudar a forma de realizar seu trabalho, tendo em vista que as diferentes tarefas a serem executadas exigem modos operativos, às vezes, bastante diferentes.

O documento produzido pelo Comitê Consultivo de Investigação e Desenvolvimento Industrial da Comunidade Européia (IRDAC), mostra que a vida média dos conhecimentos é calculada em 10 anos, tendo o capital intelectual uma depreciação de 7% ao ano, elevando o número de mão de obra desqualificada (López, 1992).

Um outro ponto a ser considerado, são as mudanças ocorridas no trabalho reduzindo as horas destinadas a sua execução e elevando o tempo destinado ao lazer, à cultura e ao desenvolvimento pessoal. O lema de que a vida é aprendizado constante, não possuindo lugar nem tempo determinado, nunca foi tão verdadeiro como agora.

Segundo Piaget (1993), para que um indivíduo aprenda é necessário que ele seja o agente de sua aprendizagem. A aprendizagem é resultado de uma atividade do aprendiz que possui maneiras e técnicas próprias para aprender. Ninguém aprende no lugar de outrem. Sob este ponto de vista, não há aprendizagem que não seja uma auto-aprendizagem.

E uma das inúmeras formas de utilização da auto-aprendizagem é o ensino à distância, que se coloca como um instrumento que vai permitir ao indivíduo controlar seu processo de aprendizagem, com a flexibilidade e liberdade necessária, para que o mesmo possa lograr êxito neste intento.

Para Mata (1995, p.11), o ensino à distância é um « caminho privilegiado de democratização da educação e que muito pode colaborar para a humanização do indivíduo, para a formação do cidadão e para a constituição de uma sociedade mais igualitária e justa. »

3.2 Histórico do Ensino à Distância

Apesar do ensino à distância ser praticado desde o final do século XVIII, somente no século XIX é que ele obteve amplo desenvolvimento, chegando até nossos dias. Este tipo de ensino foi iniciado pelos cursos por correspondência, mas atualmente, esta forma de ensino, utiliza « multimeios que vão desde os impressos aos simuladores on-line, em redes de computadores, avançando em direção da comunicação instantânea de dados, voz-imagem, via satélite ou por cabos de fibra ótica » (Lezana, 1995. p. 3).

Porém o grande salto nesta área aconteceu nos anos 60, quando na Europa (França e Inglaterra) foram institucionalizadas a educação secundária e superior. Em 1969, foi criada a Open University do Reino Unido onde o ensino à distância foi tratado como um verdadeiro sistema educativo. Nesta nova forma os cursos por correspondência se combinavam com reuniões periódicas entre professores e alunos, emissões radiofônicas e materiais impressos. (López, 1992; Vieira 1996).

A Espanha também se mostrou partidária desta modalidade de ensino criando projetos como: UNED (1972); EL INBAD (1975) e CENEBAD (1979). Em 1988, a fundação da Universidade Aberta de Lisboa insere-se neste processo.

Atualmente, mais de 80 países atendem milhares de pessoas, com sistemas de ensino à distância em todos os níveis de ensino em sistemas formais e não formais. Da mesma forma, várias empresas utilizam esta técnica para treinamento.

O reconhecimento maior, por esta modalidade de ensino, foi sentida na comunidade Européia, através das seguintes ações:

- ♦ o Memorando da Educação à Distância elaborado pela Comissão das Comunidades Européias;
- ♦ a recomendação específica do Tratado de Maastricht, intitulado *Educação, formação profissional e juventude* ;
- ♦ o informe, produzido pelo Comitê Consultivo de Investigação e Desenvolvimento Industrial da Comunidade Européia (IRDAC) sobre *A insuficiência de qualificação na Europa* onde está colocado: *que o resultado dos sistemas de ensino e formação é o primeiro determinante do nível de produtividade industrial, logo da competitividade de um país.*

Neste documento são detectados e analisados uma série de fatores econômicos e sociais que afetam a competitividade européia comparando-a com a dos Estados Unidos e Japão (López, 1992).

No Brasil, a partir da expansão da indústria cultural, o rádio, o cinema, a televisão e vídeo passaram a ser utilizados no processo educativo. Assim surgiram os cursos supletivos em fascículos, telecursos e cursos profissionalizantes.

Segundo Lezana (1995), no Brasil os termos, educação à distância, ensino à distância e teleeducação são utilizados como sinônimos. As experiências neste sentido foram iniciadas em 1939, com a fundação do Instituto Rádio-Monitor, sendo seguida em 1941 com a criação do Instituto Universal Brasileiro. Porém, a experiência mais importante foi a criação do Movimento de Educação de Base (MEB), que tinha como objetivo a alfabetização de jovens e adultos através de escolas radiofônicas. Este movimento atuou, principalmente, nas regiões norte e nordeste do país.

No final da década de 60, o governo brasileiro lança o projeto SACI (Satélite Avançado de Comunicações Interdisciplinares), que através da TV colocava à disposição da população os melhores professores, que atuariam como fonte de informações para a comunidade. Este

projeto, porém, sofreu críticas severas, pela visão sistêmica nele embutida, assim como os interesses políticos que possuía (Abreu, 1996).

A partir de 1985, no governo do presidente Sarney, foi lançada nova proposta, agora utilizando as inovações tecnológicas da informática, denominado *Educação para Todos*.

Porém, o que essas diversas iniciativas deixaram transparecer foi o caráter econômico da educação que, ao invés de objetivar formar o aluno como pessoa humana, visava formar o produtor, o consumidor e a mão de obra (Fazenda, 1985).

Atualmente, percebe-se que existe uma corrida para recuperar o tempo perdido. Procurando participar do processo a Universidade Federal de Santa Catarina, através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pesquisa novas estratégias para o ensino à distância. Em 1995, foi criado o Laboratório de Ensino a Distância que objetiva proporcionar um ensino com quatro características básicas: auto-instrução e flexibilidade, ensino de longo alcance e interatividade.

3.3 O que se Entende por Ensino à Distância?

Segundo Vieira (1996), o termo ensino à distância refere-se « ao conjunto de métodos, técnicas e recursos, postos à disposição da população estudantil dotada de um mínimo de maturidade e de motivação suficiente, para que, em regime de auto-aprendizagem, possa adquirir conhecimentos ou qualificações a qualquer nível ».

Para Lezana (1995, p.3), « ensino à distância pressupõe um processo educativo sistemático e organizado que exige não somente a dupla-via de comunicação, como também a instauração de um processo continuado, onde os meios ou os multimeios devem estar presentes na estratégia de comunicação ». Para o autor, o que vai determinar a escolha dos meios e multimeios são: « tipo de público, custos operacionais e principalmente eficácia para a transmissão, recepção, transformação e construção do processo de ensino-aprendizagem ».

Segundo Kaye (apud López, 1992), a educação à distância possui como forma fundamental o estudo independente de material didático, especialmente preparado para este fim e onde a função docente é dividida entre os elaboradores dos cursos (que elaboram o material didático do curso) e os supervisores (que fornecem apoio e avaliação aos estudantes, sendo também mediadores entre a instituição e o aluno).

A Comissão das Comunidades Européias elaborou um memorando de educação à distância onde a define como: qualquer forma de estudo que não se encontre sob supervisão contínua ou imediata de professores, porém que conta com orientação, planificação e instrução de uma organização de assistência educativa (apud López, 1992).

3.4 Principais Características da Educação à Distância

Para Mata (1995, p. 11) a educação à distância possui algumas características principais como prática educativa:

- ♦ é operacionalizada , predominantemente, à distância, ou seja, através de meios, materiais e tutoriais;
- ♦ é mediatizada, e isto exige uma tecnologia entendida como processo lógico de planejamento, de pensar os currículos, métodos, procedimentos e meios, para tornar possível a aprendizagem;
- ♦ é globalizante e integradora com relação aos processos, métodos e técnicas.

Da mesma forma, a nível pedagógico apresenta como características: a separação física entre aluno e professor; a comunicação bidirecional mediatizada; e o uso de tecnologias adequadas.

Quando Mata fala de mediação, chave para o ensino à distância, trata-se de uma mediação pedagógica, que enquanto no ensino tradicional é feita pelo professor, aqui, é feita através de material impresso, meios tecnológicos e tutoriais. Esta mediação pedagógica deve buscar que os protagonistas (alunos) sejam construtores de conhecimento e não meros receptores.

3.5 Benefícios Produzidos

López (1992), aponta alguns benefícios advindos desta modalidade de ensino:

- ♦ a produção de material didático específico que visa facilitar o processo autônomo de aprendizagem, favorecendo a interatividade, a flexibilização e a auto-avaliação;
- ♦ a organização de um sistema tutorial, onde o professor, ao contrário do ensino tradicional, age como animador pedagógico;
- ♦ a flexibilização do processo de ensino-aprendizagem, que se traduz em liberdade de escolha de caminhos, conteúdos, tempo, lugar e ritmo de aprendizagem;
- ♦ a elaboração de materiais multimídias, onde se utilizam diferentes suportes pedagógicos, quer sejam eles impressos, de áudio ou de vídeo e dos sistemas hipermídias.

Os avanços tecnológicos proporcionaram também um outro benefício: o da interatividade, antes inexistente no ensino por correspondência. Esta interatividade é feita sob dois ângulos:

- ♦ entre os materiais e o aluno, mediante o uso de novas técnicas pedagógicas, dos suportes audiovisuais e dos hipermídias;
- ♦ entre o aluno e o professor; conseguido pelo uso do telefone, correio, televisão, o encontro formal entre professor e aluno, a Internet e os ambientes de aprendizagem inteligentes assistidos por computador.

Dentre os avanços tecnológicos, que atualmente estão colocados a serviço desta forma de ensino, destacam-se: os videodiscos interativos (IVD); os leitores de disco compacto (CD-Rom); o videodisco digital interativo (DVI), os discos compacto interativos (CD-I) e os CDTV (Commodore dinámico visión total). Estes últimos se caracterizam pela combinação informatizada de texto, imagem, som, gráficos, animação e simulação, possuindo diferentes níveis estruturados de forma não linear.

Barry (1993) aponta ainda algumas outras vantagens:

- ♦ oportunidade de atingir uma audiência mais ampla;
- ♦ possibilidade de atender a pessoas que não podem participar de aulas convencionais;
- ♦ envolvimento de participantes de fora;
- ♦ possibilidade de ligação com pessoas de diferentes formações sociais, culturais e econômicas.

3.6 Principais Formas de Ensino a Distância

3.6.1 A Videoconferência

Segundo Cruz (1996, p.1-2), o sistema de videoconferência

trabalha com compressão de áudio/vídeo utilizando linha telefônica para transmitir em tempo real para salas remotas que possuam o mesmo equipamento básico: uma câmera acoplada a um monitor de televisão, um computador, « moden », microfone e teclado de comando. ... Neste sistema o professor vai ministrar a aula à distância em uma sala preparada especialmente para isto. Nesta sala, bastante iluminada, ele está sozinho. À frente dele, a câmera que envia sua imagem pode ser programada para quatro ângulos diferentes. Sob a câmera, está um aparelho de televisão, onde se vê uma das salas de aula, e em uma pequena janela na tela, a imagem que é transmitida para todos os alunos em todos os locais. ... Ele conversa com os alunos olhando diretamente para o monitor de televisão e pelo toque dos dedos na tela escolhe que imagem quer transmitir para os telealunos. Estes vêem o professor por um aparelho de televisão e conversam com ele por microfones instalados na sala ou pelo comando móvel que passa de mão em mão. A sala dos alunos geralmente fica numa semi-obscuridade para favorecer a visão da tela da TV. Além dessa aula totalmente à distância, também é possível uma situação mista, em que o professor tem a participação de alunos no local onde se encontra e ao mesmo tempo, transmite dali para as salas remotas. Ali o professor terá duas câmeras, uma para seus movimentos, outra para mostrar os alunos na classe que participarão da aula presencial.

Para Carlson (1996) a vídeo conferência é adequada para instituições que desejam desenvolver programas de formação de redes de ensino e pesquisa, bem como, implantar o ensino à distância.

Segundo Barbi (apud Carlson, 1996. p.4) o uso da videoconferência possui uma série de aspectos favoráveis:

a) representa uma economia de tempo porque evita o deslocamento da instituição de pessoas altamente qualificadas e normalmente muito ocupadas; b) representa uma economia de recursos, por não haver gastos com viagem, o que implica também em uma maior disponibilidade de horários na medida em que os equipamentos estão disponíveis e é mais fácil marcar uma reunião num estúdio do que viajar; c) representa um recurso a mais para a pesquisa porque permite a gravação em fita de vídeo, como registro da reunião ; finalmente, d) a percepção da interface eletrônica praticamente desaparece depois de alguns minutos já que o manuseio do equipamento é de fácil e rápida aprendizagem

Cruz (1996, p.3), ainda aponta que a própria televisão possui outros aspectos favoráveis como: *gratificação sensorial*, pelo bombardeio de estímulos visuais e sonoros; *gratificação mental*, por satisfazer uma necessidade básica do ser humano por fábulas e fantasias e finalmente, uma *gratificação psíquica*, pela libertação catártica provocada pelos processos de identificação e projeção, os quais permitem ao telespectador elaborar seus conflitos internos (os grifos são nossos).

3.6.2 A Teleconferência

Segundo Carlson (1996, p.3), « a teleconferência consiste na geração via satélite da apresentação de expositores com a possibilidade de interação da audiência através de chamadas telefônicas e fax. A transmissão pode ser feita por sinal aberto ou codificado para recepção por antena parabólica ou emissora de sinal aberto »

Arias (1996), coloca que, apesar da teleconferência permitir interação visual e auditiva em tempo real entre o expositor e o estudante, ela não oferece suporte completamente satisfatório ao ensino à distância uma vez que ela tem orientação maior para a difusão de conhecimento que para a formação. O autor destaca ainda o Ensino Assistido por Computador como uma forma mais eficaz de aprendizagem para ser utilizado no ensino à distância. Estes sistemas de ensino devem ser desenvolvidos através de rede de agentes especializados em apoiar a organização, o controle e o desenvolvimento das diversas atividades cooperativas que intervêm num curso.

3.6.3 As Redes de Computadores

As redes de comunicação crescem rapidamente, quer sejam ligadas ao mercado ou à educação.

Segundo Ritto (1995, p. 33)

Se os micros promoveram uma revolução, as redes provocam revolução maior -mudam hábitos, vão mudar paradigmas sociais, vão mudar organizações, vão mudar a relação ensino-aprendizagem.

Networks eletrônicas estão transformando profundamente as instituições, possibilitando formas bem mais flexíveis e ágeis na organização de pessoas e recursos. As hierarquias rígidas estão dando lugar a grupos de trabalho que se formam e encerram orientados para projetos específicos e objetivos bem determinados. Muitos participantes destes trabalhos estão, e estarão, geograficamente dispersos e cooperando em espaços virtuais criados por redes de computadores.

... É evidente que esta é uma mudança profunda e que enfrentará dificuldades de todo tipo, inclusive de ordem legal. Afinal, se apurarmos a vista, perceberemos que se está mexendo na relação capital-trabalho com implicações ainda desconhecidas no comportamento, na forma de remuneração e, sobretudo, nas relações trabalhistas.

Na perspectiva pós-industrial, com o apoio das redes, muda inclusive a idéia de *mercado*. O mercado não é mais um espaço físico para compra e venda; é um conjunto de necessidades a serem atendidas, mais próximo do usuário/cliente/consumidor. A perspectiva industrial é a do produtor; a perspectiva pós-industrial é a do consumidor. O tempo é zero, a engenharia é simultânea e o objetivo é levar o bem (serviço ou produto) para onde o cliente está. Na produção de conhecimentos, as redes flexibilizam a estrutura interna das instituições através da circulação mais ágil, transparente e democrática da informação. Reduzem barreiras entre pessoas, eliminam distâncias viabilizando relacionamentos com maior sinergia.

Na transmissão de conhecimentos, as redes minimizam restrições de tempo e espaço. A participação dos estudantes pode se dar de acordo com a disponibilidade, em respeito as suas dificuldades - mais tempo - ou facilidades - mais rápido - e de qualquer lugar.

O desenvolvimento das redes, e a popularização dos computadores pessoais, possibilitaram a implantação de serviços educacionais a domicílio, principalmente nos países desenvolvidos. Porém, apesar deste crescimento rápido, as pesquisas com relação ao emprego de redes nos projetos educacionais, ainda é muito recente. O grande desafio neste momento, está na transferência de produtos multimídia.

As redes de computadores, oferecem diferentes possibilidades para criar, armazenar, distribuir, apresentar informações, motivar , interagir e estabelecer relações no âmbito da mediação pedagógica (Mata, 1995)

Segundo Santos (1995), no Brasil o setor privado possui poucas iniciativas com relação ao desenvolvimento da comunicação eletrônica.

As iniciativas têm sido de órgãos governamentais e de fundações ligadas ao Governo e se restringem a operar banco de dados especializados em determinadas áreas. Esse é o caso do IBGE, do IBICT, do SERPRO, da DATAPREV, da Fundação Getúlio Vargas e do Senado Federal, para citar os mais importantes. Há notícias, entretanto, de que grupos empresariais, como a Abril e as Organizações Globo, criaram divisões para explorar esse mercado que vem sendo chamado de *new media*, ou seja, novas mídias ou novos meios de transmitir dados, textos e imagens. ... A UNICAMP e a USP, bem como a maioria das universidades federais, vêm implementando serviços usando modernas ferramentas da INTERNET que se valem de recursos de hipertexto e hipermídia, como é o caso dos servidores WWW (Santos, 1995. p. 31-33).

A INTERNET, definida pelos políticos como *superestrada da informação* e pelos cientistas como *rede de redes*, é sem dúvida uma

forma fácil e barata de fazer com que computadores distantes possam se comunicar Graças ao esforço de instituições como Universidades e empresas ligadas a pesquisa, dispostas a investir dinheiro pessoal para criar e manter os pontos principais da rede - os servidores (computadores de alto desempenho) - é possível conseguir programas de graça e consultar bancos de dados públicos. (Severo, 1996. p.11-12).

Segundo Arias (1996), atualmente, as redes de computadores com a tecnologia de sistemas abertos é uma forma eficaz para apoiar trabalho em grupo, pois possuem o acesso a diferentes fontes de informações.

Vários são os serviços disponíveis na INTERNET, porém pode-se citar como básicos (Santos, 1995):

- ♦ **o correio eletrônico** (electronic mail ou E-mail) - que permite a troca de mensagens entre os usuários da rede, sendo um meio fundamental para apoiar a organização de atividades cooperativas;
- ♦ **tell ou talk** (mensagem interativa) - que possibilita a comunicação « on line » entre usuários facilitando a discussão em grupo ou a participação em conferências;
- ♦ **telnet** - que permite a criação de terminal virtual, compartilhando os recursos de informática;
- ♦ **ftp** - que permite que os computadores conectados a rede, façam transferência de arquivos mesmo que possuam tecnologias diferentes.

Sem sombra de dúvida, a popularização da INTERNET ocorreu pela popularização da ferramenta WWW (Wide-World Web), que surgiu como um mecanismo de padronização de apresentação de documentos. Para tanto foi criada a linguagem HTML (Hyper-Text Markup Language), que permite a visualização de um texto contendo imagens, som, animação, etc., em qualquer computador, bastando utilizar um mostrador (browser) tendo no Netscape o de maior utilização. A linguagem HTML utiliza-se das características do hipertexto, onde os « links » podem ser feitos para qualquer máquina ligada à INTERNET.

A INTERNET vem possibilitando o acesso a bibliotecas, banco de dados e permitindo a expansão do ensino a distância. A pesquisa realizada pela Dra. Bárbara Kurshan, consultora da Educorp Consultants, (apud Santos, 1995. p.34), aponta que o « mercado educacional está atraindo os consumidores dos serviços de redes eletrônicas por causa do tradicional impacto que as crianças têm sobre o padrão de consumo dos pais.»

O uso da Internet no ensino é, antes de mais nada, uma questão pragmática. A invasão dos computadores nos diversos setores da sociedade é algo irreversível. Sendo o computador um instrumento cujo uso se dá pela interação então há uma linguagem entre o usuário e a máquina. Estabelece-se, portanto, a ligação pensamento- linguagem que há muito já é conhecida nas diversas correntes psicológicas. pode-se com a Internet, criar uma micro-sociedade cuja linguagem tem um papel central para a comunicação/organização de idéias Komosinski (1995).

3.6.3.1 A Rede Acadêmica Nacional de Pesquisa - RNP

Segundo Santos (1995), o surgimento das primeiras redes no país, aconteceu em centros universitários, onde os pesquisadores, ao retornarem de seus estudos no exterior, tentaram permanecer integrados às redes mundiais, logo não tiveram qualquer interferência dos órgãos ministeriais.

Em 1988 o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) formou um grupo de trabalho, coordenado pelo CNPq, com representantes do MCT (SEI), da FINEP, do Governo do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e do Governo do Estado de São Paulo (FAPESP), para solucionar os problemas de « articulação e integração das redes acadêmicas do País, que tendiam a seguir em paralelo e independentemente » (Santos, 1995. p. 65).

Em 1991, surgiu a Rede Nacional de Pesquisa (RNP) como um « subprojeto do projeto de Desenvolvimento Estratégico da Informática (DESI), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), empreendimento conjunto do Governo Brasileiro com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) » (Santos, 1995.p.63).

A rede RNP teve como objetivos iniciais o desenvolvimento de:

- uma infra- estrutura de rede (backbone) com pelo menos 20 pontos no país, operando com uma taxa de transmissão satisfatória (64 kbps);
- um Centro de Operações da Rede, um Centro de Informações da Rede e quatro Centros Regionais da Rede (todos instalados e operacionais);
- pelo menos dez redes estaduais em operação (São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Paraná, Bahia, Pará, Pernambuco, Espírito Santo, Paraíba);
- pelo menos quatro redes especializadas funcionando com o suporte da RNP (saúde, educação secundária, desenvolvimento sustentado e informação tecnológica);
- mais de 300 instituições governamentais de ciência e tecnologia conectadas à RNP diretamente, ou através de redes associadas;
- mais de 100 escolas secundárias conectadas em pelo menos 4 estados do país;
- mais de 200 empresas que produzam tecnologia de *software* conectadas;
- pelo menos uma conexão para os EEUU/Europa com transmissão em alta velocidade (128Kbps);
- pelo menos uma conexão para os EEUU/Europa, complementando a principal, e pelo menos, uma conexão direta com um país vizinho da América Latina;
- dois livros na área de redes (cobrindo aspectos técnicos e impactos sociais);
- pelo menos quatro anéis metropolitanos FDDI (100 Mbps) para pesquisa aplicada/experimental;
- 20 bases de dados em áreas especializadas geradas e tornadas uniformemente acessíveis através da Rede;
- quatro repositórios de *softwares* instalados no país;

- conexões (*gateways*) para serviços de correio eletrônico comerciais no Brasil e no exterior (Santos, 1995, p.64 - 65).

Após a primeira fase de implantação (1991- 1993), a implantação do « backbone » foi atualizado por duas vezes e em 1995 o « backbone » da RNP foi implantado com pontos de presença em: Brasília, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Porto Alegre, Florianópolis, Curitiba, Recife e Fortaleza (Santos, 1995).

3.6.3.2 A Rede Acadêmica Catarinense de Computadores - RCT-SC

Os primeiros esforços para a formação da rede acadêmica catarinense de computadores, aconteceu em 1989, quando a UFSC ingressou na rede BITNET, através de conexão com a FAPESP. Após três meses, foi contratada uma linha da rede de comunicação de dados da EMBRATEL e logo em seguida (outubro de 1989) foi criado um nó da rede BITNET na UFSC utilizando o computador IBM 3090 e uma controladora da ITAUTEC, emprestada pelo CIASC.

No decorrer de 1990, a UFSC estabeleceu ligação telefônica dedicada com o CIASC, possibilitando aos usuários da UFSC a utilização de sua máquina virtual, através dos terminais da CIASC, instalados nas diferentes Secretárias de Estado. Desta forma a UFSC entra na rede de comunicação eletrônica do Governo. A partir de 1990, foram desenvolvidos estudos que objetivavam integrar as demais universidades e fundações educacionais.

Em julho de 1991, o Departamento de Estatística e Computação e o Núcleo de Processamento de Dados da UFSC elaboraram um projeto com vista à implantação de uma rede destinada a interligar as instituições de ensino e pesquisa do Estado. O projeto apresentava três alternativas. A primeira, seguia o modelo da RNP, onde cada instituição conecta seus equipamentos aos "portões" de entrada das redes internacionais, ou seja, à FAPESP e ao LNCC. A segunda, definia a montagem de uma estrutura própria, com "nós" regionais correspondentes às universidades de Blumenau, Joinville, Itajaí, Tubarão, Criciúma, Lages, Caçador e Joaçaba. Por último, era apresentada a alternativa de se utilizar a infra-estrutura da rede do Governo Estadual, operada pelo CIASC, que serve às principais cidades do Estado (Santos, 1995).

Em julho de 1992, a UFSC integra-se a RNP, permitindo um acesso mais adequado a INTERNET.

Em agosto de 1993, iniciaram-se as discussões, entre o Governo do Estado, UDESC, UFSC, FIESC e EPAGRI, para a implementação do projeto « Sistema de Informação em Ciência e Tecnologia », sendo priorizada a constituição de uma rede estadual com o papel de braço da RNP. O projeto teve como objetivos, além da integração das instituições de ensino e de pesquisa e instituições produtoras e usuárias de informação em ciência e tecnologia em Santa Catarina, com as redes nacionais e internacionais, também criar condições para o ensino a distância (ibid.).

Segundo Santos (1995), com base nessas discussões, a UFSC, a UDESC, a EPAGRI e a ACAFE, formaram um grupo de trabalho e reapresentaram, no segundo semestre de 1994, a proposta de uma rede estadual acadêmica de computadores que servisse de suporte para o sistema estadual de informação em ciência e tecnologia. Os objetivos dessa proposta eram a integração das instituições de ensino e de pesquisa e demais entidades produtoras e usuárias de informações em ciência e tecnologia de Santa Catarina, possibilitando seu acesso às redes nacionais e internacionais quanto à disponibilização e divulgação de suas informações. A implementação dessa infra-estrutura de rede de computadores em Santa Catarina visava, também, criar condições alternativas da sistemática do ensino a distância.

No início de 1995, o governo do Estado através do FUNCITEC (Fundo Rotativo de Desenvolvimento Tecnológico) e da UDESC, implantou a RCT-SC interligando 14 cidades do Estado, e permitindo a ligação local e regional de todas as entidades usuárias. Visando minimizar os custos de implantação, utilizou-se a infra-estrutura da TELESC, que fornece as linhas de transmissão de dados, enquanto o Governo adquiriu os equipamentos de comunicação e servidores de rede. Outra característica interessante da RCT-SC é a concentração de esforços na montagem da rede suporte, enquanto a rede serviço (banco de dados, repositórios e ensino à distância) ficou a cargo dos agentes usuários da rede, que se desenvolveu ao ponto de alguns serviços terem ótimas perspectivas de se tornarem comerciais

em curto espaço de tempo. Atualmente a RCT-SC , coloca a disposição de seus usuários mais de vinte servidores Web (d.).

Em 1996, foram desenvolvidas as seguintes ações na RCT-SC:

- ♦ implantação do Comitê Técnico Gestor;
- ♦ liberação dos recursos por parte do FUNCITEC;
- ♦ recebimento, testes, pagamento e distribuição dos equipamentos, realizados pela UDESC, envolvendo: « modems » 14.4 Kbps; « modems » 64 Kbps; « modems » 2 Mbps; roteadores; multiplexadores; estações de trabalho; « No-Breaks ».
- ♦ instalação e liberação das linhas por parte da TELESC;
- ♦ gerência da rede UDESC/UFSC/FUNCITEC;
- ♦ início dos testes de rede ATM UFSC/UDESC;
- ♦ treinamentos dos administradores de REDE ;
- ♦ sincronização das linhas da RCT-SC, para viabilizar a Vídeo Conferência multiponto;
- ♦ definição dos Grupos de Trabalho por parte do Comitê Técnico Gestor.

Em dezembro de 1996 os pontos da RCT-SC apresentavam a seguinte situação:

- ♦ pontos em operação a 2 Mbps: TV Anhatomirim, UDESC e TELESC-Florianópolis; UNISUL-Tubarão; UDESC/CAV-Lages; FURB-Blumenau; UNIVALI - Itajaí; UDESC/FEJ - Joinville;
- ♦ pontos em operação a 64 Kbps: FUNCITEC-Florianópolis; ACAFE-Florianópolis; SED- Florianópolis; UNOESC-Chapecó; FEBE-Brusque;
- ♦ pontos em operação com taxas de transferência de dados inferior a 64 Kbps: UNOESC-Joaçaba; UNESC-Criciúma; FEDAVI-Rio do Sul.

Nesta mesma data algumas pendências, por problemas de infra-estrutura, podem ser apontadas nos seguintes pontos: FERJ-Jaraguá do Sul (instalação); UnC-Canoinhas (instalação); UnC-Caçador (instalação); FUNCITEC-Florianópolis (upgrade para 2 Mbps); UNOESC-Chapecó (upgrade para 2 Mbps); UNESC-Criciúma (upgrade para 2 Mbps); FEDAVI-Rio do Sul (upgrade para 64 Kbps); UNOESC-Joaçaba (upgrade para 64 Kbps).

3.7 A Experiência da UFSC na Educação à Distância

O programa de ensino à distância da UFSC, nasceu em 1985, do planejamento estratégico feito pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, tendo como objetivos: « atender o plano governamental estipulado no Programa de Capacitação Tecnológica, no treinamento de recursos humanos, fomentando a interação Universidade/Empresa, de modo que a universidade contribua para a formação, atualização e especialização dos recursos humanos compatíveis com os novos tempos » (Carlson, 1996. p.2).

Pode-se citar como fatores favoráveis para sua implantação:

a) a qualificação de alguns cursos de pós-graduação em Engenharia no país, que atingiram um nível bastante satisfatório, estando atualizados em relação às recentes técnicas e metodologias disponíveis no exterior; b) a necessidade da Universidade participar mais diretamente da solução de problemas sociais e econômicos da população; c) o reduzido impacto dos atuais programas de mestrado e doutorado no país sobre o processo produtivo; d) a dispersão geográfica de grande número de indústrias em relação aos pontos de localização das universidades aptas a oferecerem cursos de pós-graduação e de especialização atualizados e reconhecidos; e) a experiência já acumulada por alguns cursos universitários de ponta no oferecimento de cursos de especialização « in loco » (Carlson, 1996. p.2-3).

Em 1995, a partir da criação do Laboratório de Ensino à Distância (LED), foram produzidos e distribuídos três cursos completos na área de Engenharia de Transportes (Gestão de Frotas, Gestão da Qualidade e Produtividade, Sistemas de Informações Gerenciais), cursos estes que tiveram parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte. Para estes cursos foi utilizado o modelo de tele-educação, com transmissão de vídeo-aulas por satélite, abrangendo 1280 organizações de empresas de transporte rodoviário de carga e de passageiros, estimando-se a participação de 5000 alunos da escala gerencial.

Em 1996, outros 15 cursos de Educação Aberta foram solicitados e estão sendo desenvolvidos, em convênio com o Instituto de Desenvolvimento da Qualidade da Confederação Nacional dos Transportes.

A partir de março de 1996, foram instalados os equipamentos de videoconferência na UFSC e nas demais universidades que integram a Rede Catarinense de Ciência e Tecnologia, (RCT-

SC) que são: UDESC (Florianópolis); FURB (Blumenau); UNIVALI (Itajaí); UNISUL (Tubarão); UNOESC (Chapecó) e FEJ/UDESC (Joinville). São no total, oito salas, interligadas ao mesmo tempo, conectadas por fibra ótica, e de forma totalmente interativa em áudio, vídeo e Internet.

Ainda no mês de março, deste mesmo ano, foi transmitida a primeira teleconferência a nível nacional, tendo como tema *O Uso das Novas Tecnologias no Ensino da Engenharia*, inaugurando o programa REENGE. Esta teleconferência envolveu além da UFSC a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, alcançando mais de 140 faculdades de engenharia do país.

De maio a julho de 1996, o PPGEF participou de quatro eventos com a vídeo conferência. Foram eles: seção de abertura do Congresso Nacional de Informática 96 (Coninfo); Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino (ENDIPE); Encontro Internacional de Ensino à Distância e a Fenasoft 96.

De 02 de agosto a 01 de outubro de 1996, o LED, em parceria com a Secretaria da Educação e do Desporto do Estado de Santa Catarina, realizou o I Ciclo Catarinense de Teleconferências sobre Tecnologia e Educação. Este ciclo, com dez teleconferências, fez parte do programa de capacitação a distância de professores da rede pública, e seus temas foram relacionados ao *Impacto das Inovações Tecnológicas no Ensino*. Beneficiaram-se destes debates as escolas de Santa Catarina e de todo o país.

A partir de setembro de 1996, o LED inicia a ligação da universidade com a empresa, através da transmissão de um curso de atualização, através de videoconferência, para os engenheiros da unidade de produção industrial da Equitel (Curitiba) (Carlson, 1996).

3.8 A escola virtual

Se o uso de computadores na educação modifica a escola, a ligação de computadores em rede muda quase tudo, permitindo que a informação seja mais ágil, transparente e democrática.

Segundo Ritto (1995, p. 39) « A Escola Virtual é, antes de tudo, uma escola; por conseguinte, abriga no espaço virtual praticamente os mesmos atores e papéis que estão presentes na escola tradicional. Todavia, a forma de desempenhar os papéis sofre alterações, sobretudo no sentido da automação de alguns processos e na linguagem de quase todos. »

Este trabalho está inserido na busca de métodos de educação que utilizem os recursos da informática para maximizar a relação ensino-aprendizagem. O ambiente hipermídia modelado, procurará reproduzir o processo de aprendizagem, organização e representação de conhecimentos dos seres humanos. Deverá, ainda, servir para cursos a serem realizados de forma interativa, a distância, « on-line » e com assistência de professores, para aqueles que buscam capacitação em qualquer hora e lugar, bastando para tal possuir um computador com « modem » e se conectar ao curso em questão. Este ambiente de aprendizagem deverá complementar a escola atual, e sua utilização auxiliará aqueles que desejam ver uma outra forma de aprendizagem mas, principalmente, aos que foram excluídos da escola presencial.

Espera-se que o dinamismo da interação no ambiente informatizado e a riqueza do material fornecido gere a motivação necessária para que o aluno possa realizar a construção de seu conhecimento.

3.9 Mídias no ensino: breve histórico

A utilização de mídias no ensino data da década de 60, primeiramente com os sistemas audiovisuais e posteriormente pela televisão, pelo vídeo, pelos laboratórios no ensino de línguas e, mais recentemente, pelo computador. Normalmente as « multimídias » eram formadas de duas partes: uma que compreendia a formação individualizada e a outra a mídia utilizada.

Segundo Baron e Passardièrre (1991), na França, o « Institut Pédagogique National » (IPN), desde os anos 60, difundiu catálogos e repertórios de produções chamadas de « formas de ensino » como: discos falados, seqüência de animação, filmes, diapositivos, montagens fotográficas sonorizadas, e os « radiosvisão ». Também houve a publicação de uma revista denominada « Media » (1969-1978), editada pelo IPN e, a partir de então, como publicação

do « l'Office Français de Techniques d'Enseignement, (OFRATEME) » e pelo « Centre National de Documentation Pédagogique (CNDP) ». Outros projetos foram então lançados como « France face à l'avenir » (OFRATEME 71), que era um programa exposto pelos alunos do ensino elementar e emitido por rádio e televisão abordando aspectos regionais.

Com o desenvolvimento da informática, a partir dos anos 80, as abordagens das mídias na educação foram renovadas, apesar de que desde os anos 70 o computador já aparece como um meio de ensino.

Ainda em 1980, Seymour Papert cria o Laboratório LOGO, que permite ao estudante envolver-se com programação utilizando um estilo mais ou menos livre.

Somente em 1990, foi realizado o primeiro colóquio da OTAN (Designing Hypermedia for Learning), que teve como tema a natureza, a escrita e a leitura dos hipermídias e a pertinência de sua utilização na aprendizagem (Rhéaume, 1993).

3.10 Sistemas Inteligentes de apoio a Aprendizagem

A utilização de computadores na educação teve, inicialmente, uso restrito na elaboração de catálogo de cursos, de testes e no apoio gerencial. Num segundo momento, o computador foi utilizado como assistente do professor, interagindo diretamente com o estudante.

Segundo Silva:

a primeira abordagem, denominada ambiental, é caracterizada pelo Laboratório LOGO de Seymour Papert (1980), a qual levou o estudante ao uso da máquina, com um estilo mais ou menos livre, onde o estudante é envolvido com programação. A segunda abordagem, utiliza jogos e simulações como ferramentas instrucionais. A terceira aplicação é a Instrução ou Ensino Assistido por Computador (CAI - Computer Assisted Instruction), que fazem um esforço explicativo, para instigar e controlar a aprendizagem. (Silva 1994, p.16-17)

Atualmente, as pesquisas estão voltadas para projeto de programas que sejam adaptados ao estudante. Estes sistemas são denominados de sistemas ICAI (Intelligent Computer-Assisted Instruction) ou EIAC (Ensino Inteligente Assistido por Computador) e se utilizam da Inteligência Artificial para melhorar a qualidade e eficiência dos antigos sistemas CAI, criando um novo ambiente de aprendizagem.

Para Nicaud (1993), os sistemas EIAC reagrupam os trabalhos de pesquisa fundamental e de desenvolvimento tendo como objetivos: a formalização dos processos humanos de aprendizagem, a concepção de modelos que representem o conhecimento, e que sejam tanto cognitivos como computacionais, e o estudo da inserção destes sistemas na formação. Para o autor, os sistemas EIAC são um campo da ciência cognitiva que interage com diversas disciplinas como a informática (em particular a inteligência artificial), a didática, a psicologia cognitiva e as ciências da educação.

Para Baron et al (1993) os sistemas EIAC tem seu desenvolvimento ligado aos sistemas à base de conhecimento que são baseados na IA, e que leva em consideração as seguintes exigências específicas:

- ♦ a modelagem dos domínios de conhecimento e de raciocínio com finalidades de comunicação, da resolução de problemas pedagógicos, de gerar a explicitação e a aquisição de conhecimento;
- ♦ a compreensão e a geração da linguagem natural em ligação com a modelagem de um domínio, principalmente em relação aos enunciados de exercícios e às explicações;
- ♦ a comunicação homem- máquina, principalmente com relação à concepção de sistemas interativos onde a interação tem por objetivo tarefas de aprendizagem com aspectos fortemente cognitivos. Os modelos de interação possuem diversos modos de comunicação multimídia (linguagem natural, menus, ícones, gráficos, som, imagem);
- ♦ a planificação e a conduta de uma seção com adaptação dinâmica na medida de seu desenvolvimento;
- ♦ a modelagem de agentes humanos (professores e alunos) levando em consideração o estado de conhecimento e as crenças mais ou menos imperfeitas (informações incompletas, incorretas e incertezas) e evolutivas, assim como as noções sobre aprendizagem;
- ♦ a concepção de sistemas adaptativos e evolutivos, pois um EIAC deve se adaptar a seu usuário num determinado instante, mas também deve levar em conta sua evolução;
- ♦ a arquitetura de sistemas distribuídos que levem em conta a integração e a cooperação eficaz dos diversos módulos.

Balacheff et al (1993) considera que a didática colabora com as pesquisas em EIAE sob dois aspectos: o metodológico e o teórico. No plano teórico as contribuições podem ser feitas quanto à caracterização e à modelagem de situações de ensino, de análise de condutas, na concepção de um modelo de aluno com relação a um determinado conteúdo e em um contexto bem definido e nos estudos da transmissão do saber, do desenrolar dos questionamentos e dos modos de validação. No plano metodológico encontram-se as ferramentas da pesquisa experimental, que contribuirão essencialmente no campo da engenharia e das ferramentas para realizar a observação detalhada das diferentes fases de introdução ou de construção de um procedimento.

Para Dillenbourg et al (1993) as ciências da educação podem contribuir no desenvolvimento de sistemas EIAE em relação aos seguintes pontos:

- ♦ levar os projetistas de sistemas a proporem abordagens pedagógicas globais fundamentadas nas teorias pedagógicas (Bloom, Piaget, Vygotsky,...);
- ♦ auxiliar na definição de objetivos pedagógicos precisos;
- ♦ propor métodos de ensino que correspondam aos objetivos fixados;
- ♦ conceber mecanismos dinâmicos para gestão de curriculum;
- ♦ conceber metodologias de observação e de avaliação em diferentes contextos sociais.

Segundo Corredor (1989) os sistemas ICAI, STI (Sistemas Tutoriais Inteligentes), ou EIAE (Ensino Inteligente Auxiliado por Computador) possuem quatro módulos básicos:

- ♦ **módulo especialista**, que contém o conhecimento a ser transmitido, com capacidade para responder dúvidas, reconhecer a solução errada e apresentar diferentes exercícios com solução comum;
- ♦ **módulo modelo do estudante**, onde são armazenadas as informações sobre o aluno (quantidade de compreensão do assunto, estratégia de ensino preferida, erros cometidos no processo de aprendizagem e estratégia utilizada para a resolução de problemas) e determinando o nível em que o aluno se encontra com relação a um conhecimento específico;
- ♦ **módulo tutor**, que contém as estratégias, regras e processos que orientam as interações do sistema com o estudante. Cabe a este módulo determinar que tipo de problema o aluno deve resolver num determinado momento, controlar e criticar o rendimento do aluno, facilitar ajuda

sempre que solicitado, selecionar material de apoio em casos de erros e permitir ou não um determinado erro do aluno;

- ♦ **módulo interface com o usuário**, encarregado de gerar procedimentos corretos para o estudante, interpretar suas respostas, organizá-las e repassá-las ao sistema. Para este módulo é importante resolver os problemas de compreensão da linguagem natural.

Para Dillenbourg (1992), os ambientes de aprendizagem interativa possuem três componentes básicos:

- ♦ **o módulo especialista**, que possui o conhecimento a ser compreendido;
- ♦ **o módulo de aprendizagem**, que contém o histórico do aluno, seus erros e a reprodução do comportamento do aluno;
- ♦ **o módulo tutor**, que contém o conhecimento necessário para listar e apresentar o conhecimento especialista empregando o conhecimento necessário para rodar estratégias didáticas.

É importante salientar que estas divisões são mais conceituais que concretas.

Considerando que a interação do aluno com o computador é de fundamental importância no desenvolvimento de ambientes de apoio a aprendizagem, mostrar-se-á como a hipermídia desempenha este papel.

3.11 Sistemas Hipermídia

Com o desenvolvimento da informática na segunda metade dos anos 80, muitas foram as pesquisas sobre aprendizagem assistida por computador, dentre as quais estão aquelas que se utilizam de ambientes hipermídias para fazer a interação com o aluno, isto é, combinam o hipertexto com as diversas formas de mídia.

Para Mayes (1993), os hipertextos representam um progresso significativo no desenvolvimento da utilização de computadores na educação.

O *hipertexto*, termo criado por Ted Nelson em 1967, foi usado para falar de uma organização não-linear de informação (Rhéaume, 1993). Ele permite situar assuntos distintos inter-relacionados em diferentes níveis de aprofundamento, proporcionando a personalização do processo de ensino-aprendizagem e permitindo ao aluno trabalhar em seu próprio ritmo, nível e estilo, adequando o estudo às suas características e interesses. Através de sua estrutura flexível, o *hipertexto* faz com que a navegação de um texto seja executada de forma lógica (ao contrário dos livros, onde é feita linearmente), além de permitir a indicação de partes do documento. Com sua estruturação, o hipertexto pode auxiliar o aluno a reaproximar diferentes elementos de informação para compará-los, confrontá-los ou analisá-los, possibilitando ao estudante adquirir diferentes abordagens sobre um mesmo assunto (Martin, 1992).

Num sistema hipermídia « ler » e « escrever » passam a ser operações novas que modificam profundamente a maneira de pensar, pois levam a desenvolver, nos alunos, condutas heurísticas, flexíveis e inovadoras.

Anceaux et al (1993) definem hipertexto como um programa informático que permite criar e apresentar de forma interativa um conjunto de dados textuais e eventualmente sonoros e de vídeo, possuindo três componentes principais:

- ♦ uma base de dados textual;
- ♦ uma rede semântica formada por relações hierárquicas, associativas e analógicas entre diferentes unidades temáticas;
- ♦ ferramentas informáticas que permitem criar e percorrer o texto com o auxílio de uma rede semântica.

A navegação num hipertexto é baseada em ponteiros sinalizados, preferencialmente por ícones, cuja redação está diretamente relacionada com o conteúdo semântico do texto.

Para Nanard (1994) os hipertextos são fundamentalmente compostos de um *conjunto de documentos* e de um conjunto de *conhecimentos*, sendo conectados por ligações denominadas de *links*. Os *documentos* fazem a interação do leitor com o hipertexto. Os *conhecimentos* são um

conjunto de relações específicas destinadas à máquina, e que vai decidir o que apresentar ao usuário em função do assunto corrente. A *linkagem* é a forma de associar livremente o conhecimento ao documento. A rede de conhecimentos « flutua » pelo documento, sem fazer parte do mesmo. Dentro de um sistema, um mesmo conjunto de documentos é utilizado por diversos hipertextos independentes, cada um materializando um conhecimento diferente de informações. Por sua vez o aluno pode continuar a criar outros hipertextos sobre estes documentos. Isto acontece, quando o aluno enriquece o hipertexto com suas anotações e faz a *ancoragem* desta nova informação com as já existentes. Neste sentido é um verdadeiro ambiente de aprendizagem, pois para o aluno realizar estas operações ele deverá ter domínio completo do assunto, pois faz a síntese dos conhecimentos apresentados.

A apresentação computadorizada da informação em forma de *hipertexto*, combinada com a *multimídia* (uso através do computador de textos, gráficos, sons, imagem, animação, simulação, processamento de programas e vídeo), forma a *hipermídia*, poderosa ferramenta na transmissão de conhecimento. O *som* transforma o computador em uma ferramenta mais adaptável e amigável ao usuário, proporcionando satisfação e aumentando sua criatividade, resultando em maior produtividade. Através dele, pode-se realçar pontos e até tecer comentários sobre um documento. A *animação* simplifica dados complexos, facilitando sua compreensão, através da inclusão de seqüência de imagens exibidas em rápida sucessão, provocando a ilusão de movimento (Martin, 1992).

Porém, mesmo com o suporte de diversas mídias, não houve troca da natureza do conceito, que compreende sempre uma rede de informações, uma representação por mapa (map) e por « menu », assim como a forma de leitura e de navegação desta rede (Rhéaume, 1993).

Rhéaume (1993), descreve o termo *hipermídia*, em termos informáticos, como sendo, « uma base de dados textuais, visuais, gráficos e sonoros, onde cada ilha de informação é denominada de nó (noeud) ou quadro (cadre) ». O computador estabelece as ligações entre esses nós podendo ainda criar um movimento rápido nesta massa de informação; uma interface ou um modo de apresentação visual permitindo a interação do usuário com o sistema. Porém, segundo o autor, é como ferramenta semântica pessoal que a *hipermídia* se apresenta com mais força.

Depover (1993), atribui três características principais aos hipertextos:

- ♦ diversidade de possibilidade de acesso à informação;
- ♦ mecanismos de « backtrack » (que permite ir e voltar, sendo uma operação reversível);
- ♦ representação explícita da estrutura de rede.

Normalmente, esses sistemas possuem dois modos diferentes de utilização: *o modo autor* onde cria-se o sistema (nós, âncoras, faz-se modificações e supressões), e o *modo usuári*, onde é permitida apenas a navegação. Por conta desta divisão os sistemas hipermídias usualmente possuem dois programas: *uma caixa de ferramentas* , que contém os editores e *um interpretador* (rotinas) para os usuários finais (Baron e Passardièrre 1991).

Ainda, segundo Nanard (1994), o autor (o professor) ao construir um hipertexto, organiza uma rede de relações entre as informações e cria também os documentos que constituirão o conteúdo do hipertexto. Estes documentos possuem um valor informático intrínseco independente do hipertexto. Por outro lado, o aspecto dinâmico de exploração do hipertexto depende essencialmente da estrutura de conhecimento que é acoplada a estes documentos, permitindo sua reaproximação. É justamente esta superposição de informação de forma não linear (ao contrário da televisão e livros onde é feita linearmente) que causa impactos mais importantes sobre o usuário em detrimento do próprio conteúdo do documento. Esta técnica de apresentação da informação tem um interesse pedagógico importante, na formação contextual em situação de trabalho.

Autores como Nanard (1994) e Rhéaume (1991) destacam diferentes formas de utilização de um sistema hipermídia:

- ♦ explorando uma vasta base de dados;
- ♦ extraindo a informação da base de dados, com um objetivo específico, como é o caso da pesquisa documentária;
- ♦ organizando a informação existente, facilitando seu acesso, melhorando sua apresentação, valorizando-a e personalizando-a;

- ♦ produzindo informações, novas estruturas de conhecimento ou ainda construindo uma base de dados.

A exploração de uma vasta base de dados, é uma exploração a esmo, sem qualquer organização. Este tipo de exploração não favorece a aprendizagem, pois o estudante terá sempre dificuldade em descobrir o que é pertinente. A desarticulação das mensagens e sua multiplicação no tempo e no espaço cria a ilusão de conhecimento, onde a superficialidade é a consequência mais grave. A solução para este problema está no próprio usuário que deve se ater a resolver um determinado questionamento.

Quando esta exploração tem objetivos bem definidos, como é o caso das pesquisas documentais, o usuário é ainda primeiramente um « bisbilhoteiro » e após, um leitor. Ele está mais interessado na rapidez do acesso à informação e na quantidade de informação do que na qualidade da apresentação da informação solicitada. Quanto à arquitetura interna do sistema, esta poderá colocar em funcionamento mecanismos internos da base de conhecimento para calcular as similitudes dos documentos e propor um conjunto de documentos que se relacionem com o assunto selecionado; ou ainda, poderá utilizar-se de relações explícitas entre informações. A base do conhecimento deve ser gerada automaticamente, dado o volume de informações que deve ser colocado à disposição do usuário, e sua organização deve ser formada por muitos documentos estilo « mesa de trabalho » para facilitar a navegação em profundidade. O hipertexto destinado à pesquisa de informação é uma ferramenta pedagógica extremamente flexível e tem um papel formador muito importante, pois ele obriga o usuário a se concentrar em um determinado objetivo. Atualmente existem no mercado inúmeras bases de dados que são distribuídas em CD-ROM. A segunda forma de utilização de um hipertexto, valorizando a informação nele contida é importante para valorizar o produto final (outro hipertexto) e facilitar ao usuário a satisfação de sua curiosidade instantaneamente.

Na qualidade de gerador de informações, ou de conhecimentos, o usuário fará emergir, a partir do conteúdo existente, novas informações ou conhecimentos. Em suma, ele explicitará conhecimentos implícitos no documento. Enquanto a valorização da informação tem como objetivo principal o produto final, aqui o objetivo principal é o processo mental que leva a

surgir uma nova idéia. Para que o sistema de hipertexto permita tal atividade deve dispor de funcionalidades específicas para gerar e manipular facilmente os estados transitórios incoerentes e instáveis que são inerentes ao processo do pensamento. É imprescindível que o sistema possua ferramentas que permitam o processo mental próprio das atividades criativas e que são extremamente importantes para a formação do indivíduo (Nanard, 1994).

Para Mayes (1993) a eficiência dos sistemas hipermídias voltados para a aprendizagem, é proporcional à ajuda que estes sistemas fornecem aos alunos, na realização das tarefas de construção do saber. A interatividade do sistema, deve ser a nível de significação, para fornecer uma aprendizagem em profundidade.

Baude (1991) vê os ambientes hipermídias como sendo excelentes ferramentas de trabalho autônomo, permitindo que os usuários se deparem com situações de ação e de criação. Estes ambientes são, para o autor, importantes fontes de motivação pois vão permitir:

- ♦ a repetição ao acesso de um documento e de seus conteúdos;
- ♦ a intervenção eficaz em tecnologias modernas em toda sorte de conhecimentos (científicos ou não). Não sendo pedagógicos, por si mesmos, os hipermídia voltados a aprendizagem devem ter como preocupação constante a estruturação do trabalho e não a simples compilação de conteúdos.

3.12 Princípios Norteadores para a Concepção de Sistemas Hipermídia voltados a Aprendizagem

Os sistemas hipermídia para atender as necessidades da aprendizagem, onde a tomada de decisão seja uma atividade constante, devem ser flexíveis na integração das informações, pois somente assim poderão responder a situações novas.

Segundo Rhéaume (1993), estas novas tecnologias, quando utilizadas na educação, devem ter antes de mais nada, preocupação pedagógica e devem ser desenvolvidas, procurando-se buscar a representação do pensamento humano. E sob esta ótica, as hipermídia pedagógicas são uma

nova mídia em evolução. Deve-se ter em mente que o importante na aprendizagem é a descoberta das estratégias pedagógicas, e que aprender o funcionamento de um « software » não é uma atividade acadêmica muito avançada. As hipermídia devem ser utilizadas como uma nova ferramenta intelectual, que fornece aos objetos informáticos da linguagem orientada a objetos, como os mapas, os campos e os botões, o comportamento que teriam na vida real. Este tipo de « software » deve permitir as ligações entre os objetos reais, os audiovisuais e/ou textuais. A base de dados destes sistemas funciona através de pesquisas formais e lógicas que permitem encontrar as informações segundo as categorias e as classificações sem que, para isto, tenha ligação entre cada informação. Os hipermídia favorecem a escrita colaborativa, melhorando a comunicação e acelerando os processos da escrita.

Para Anceaux et al (1993) é necessário levar em consideração os conhecimentos referenciais dos usuários, pois estes influenciam na compreensão de texto, na medida que podem ser considerados como tendo ligação na utilização dos conhecimentos anteriores para criar novos conhecimentos.

A aprendizagem, da mesma forma que o pensamento, não se faz com idéias isoladas, mas por relações significativas ou associação de idéias. O sistema hipermídia deverá funcionar como o pensamento, sendo uma ferramenta de estruturação do pensamento, assim como a linguagem.

Segundo Moreira (1991), os hipermídias são ambientes adaptados para levar o estudante a analisar seu funcionamento cognitivo escolhendo a melhor abordagem em função do problema proposto. Devem ser considerados como ferramentas de exercício intelectual, que permitem aos usuários percorrer a informação de maneira tal que levem sua inteligência e criatividade a produzir uma modelagem flexível de conhecimentos, fazendo, a partir do domínio de conhecimento estabelecido, novos agrupamentos originais e significativos.

Entretanto, para ser bem aproveitada, a hipermídia deve possuir certas características de composição, para que o assunto abordado possa ser visto sob formas diversas. Desta forma, cada ilha de informação (nó) deve ser bem explícita e autônoma. Deve conter somente uma idéia bem articulada e identificada por um título. As informações de um nó devem respeitar as

características da memória de curto termo. Assim sendo, as informações devem ser divididas em pequenas unidades ou blocos, cada nó deve conter a informação sob um determinado aspecto. Os blocos de informação devem ser agrupados por sua natureza, de forma que a substituição de um elemento por outro não cause desorientação, e devem ser semelhantes quanto as palavras utilizadas, aos títulos, aos formatos e às seqüências. Por outro lado, as ligações devem estabelecer pertinências entre os nós. A estruturação dos nós de informação e a hierarquização das ligações entre estes nós, exige uma habilidade de composição que ultrapassa a competência habitual de um autor. Os saltos entre os nós devem ser nivelados pelo estudante para ter uma significação pessoal (Martin,1992), (Rhéaume, 1991), (Tricot, 1993).

Nielson (1990, apud Tricot 1993) apresenta algumas ferramentas de ajuda na desorientação dos usuários que são:

- ♦ os « backtracks » (mecanismos de chegada e retorno) difíceis quando muitos mecanismos permitem o retorno;
- ♦ as visitas guiadas, que são fáceis de manusear uma vez que se utilizam de somente uma tecla e são bem adaptadas a uma primeira utilização;
- ♦ o histórico, onde o sistema fornece uma lista dos nós consultados e do tempo passado em cada nó;
- ♦ os « bookmarks » (marcas) onde o usuário marca as telas que o interessaram, permitindo seu retorno;
- ♦ os mapas-sumários, que são sumários em forma de diagrama 3D;
- ♦ os « fish-eye views » sumários com nível de detalhe variável que é possível com um hipertexto estruturado;
- ♦ utilização de pontos de referência no sumário onde o usuário passou;
- ♦ reagrupamento dos nós em classe de nós religados por ligações a partir das heranças de ligações.

Ainda, segundo Tricot (1993), a estrutura do « software » do sistema informático é forçosamente lógica, ainda que seja pouco lógica para o usuário. Logo, é imprescindível

desenvolver uma comunicação entre os dois (usuário e « software »). As interfaces inteligentes abordam o problema sob três pontos:

- ♦ *a representação do sistema*, que deve especificar o que o sistema « sabe », a natureza e a forma dos conhecimentos implementados assim como os tipos das funções que o sistema é suscetível de realizar;
- ♦ *a representação do usuário*, que compreende as modalidades perceptivas, a natureza e a estrutura de seus conhecimentos no assunto considerado, assim como suas formas de acesso. Para fazer esta modelagem é necessário se basear em uma teoria cognitiva , sendo que é imperioso saber descrever as formas de acesso às representações procedurais e declarativas;
- ♦ *o interpretador*, que converte as saídas de um dos dois sistemas de entrada pertinentes para o outro. Ele poderá ser constituído de um processador de dupla saída de itens léxicos ou se comportará como um tradutor.

Rhéaume (1991), considera que, se o trabalho com a informação leva a aprendizagem, então a hipermídia pode contribuir para uma nova pedagogia (da construção, da inovação, da reparação e do agrupamento). Isto pode ser feito de três formas diferentes:

- ♦ justapondo as ilhas de informação;
- ♦ fazendo anotações na base de dados e anexando seus comentários pessoais;
- ♦ criando ligações personalizadas.

Sob este pressuposto a hipermídia não será jamais um produto acabado, pois será antes de mais nada, um lugar de expressão, de memorização e de comunicação em constante evolução. Neste sentido, todo usuário será também um autor. Para que se preserve o documento original e possa ser feita uma correção das falhas deve-se:

- ♦ fazer cópias do documento original;
- ♦ as anotações pessoais devem estar no lugar previsto para esta atividade;
- ♦ pesquisar no hipertexto termos diferentes dos utilizados pelo primeiro autor.

Uma boa utilização da hipermídia é, para a redação de documentos complexos, o tratamento de idéias, sobretudo se a tarefa é feita em grupo.

No contexto de aprendizagem individualizada, esta deve levar o estudante a trabalhar com a informação de forma tal que ele descubra uma nova pertinência ou um novo sentido.

Considerando a flexibilidade do sistema, quanto ao tratamento para com os estudantes, é necessário que ele contenha estratégias pedagógicas diversas, pois enquanto um aluno privilegia a aprendizagem guiada outros preferem encontrar eles próprios a solução de um problema, tirando partido em termos de aquisição de conhecimento. Porém, ao mesmo tempo que o sistema deve permitir a escolha de estratégias pedagógicas, ele deve procurar levar o aluno para abordagens do segundo tipo, permitindo ao estudante desenvolver raciocínio de alto nível (Rhéaume, 1991).

Para Schneider (1993) e Beltran (1991), um ambiente voltado para a aprendizagem, além da multiplicidade de estilos de ensino, deve também possuir múltiplas formas de aprendizagem (experiências, exploração, « coaching » ...), suas interfaces devem permitir a manipulação direta de objetos e devem ser utilizadas técnicas de inteligência artificial para a integração dos módulos especialistas e tutores que auxiliarão na resolução de problemas e na integração das diversas formas pedagógicas.

Baude (1991), aponta que os ambientes hipermídia voltados para a aprendizagem devem encontrar o « bom termo » entre a liberdade total e o tutorial rígido.

Baron (1993), sugere que na concepção de um sistema EIAC a IA entra em colaboração com outras disciplinas a fim de elaborar um modelo bem explícito para ser incorporado num sistema informático como:

- ♦ *modelos gerais* de compreensão, de resolução de problemas, e construção do conhecimento;
- ♦ *modelos específicos* num determinado domínio a ser ensinado, explicitando os aspectos relativos à aprendizagem;
- ♦ *modelos pedagógicos* para conceber a interação sistema-estudante, gerar a aprendizagem, assegurar o encaminhamento da aprendizagem e se adaptar a um determinado aluno.

Mendelsohn et all (1993), consideram que as contribuições da psicologia cognitiva no desenvolvimento de sistemas EIAC pode ser feita sobre diferentes planos como:

- ♦ ergonomia das interfaces homem-máquina (com relação ao número e forma da apresentação das informações...);
- ♦ modelagem do aluno (modelos de estratégias de resolução de problemas e de aquisição de conhecimento);
- ♦ estudo do impacto dos modos de representação mental (espacial, verbal, cinestésica,...) sobre as estratégias de resolução de problemas e sobre os processos de aquisição de conhecimento;
- ♦ metodologia da experimentação da evolução e da validação.

Segundo os especialistas do domínio, no desenvolvimento de ambientes de ensino assistido por computador, diversos aspectos devem ser considerados como os que serão apresentados a seguir.

3.13 Aspectos Técnicos para a Concepção de « Softwares » Educativos

Para a concepção e desenvolvimento de sistemas EIAC é necessário levar em conta três problemáticas principais (Madaule, 1993):

- ♦ fornecer aos autores ferramentas as mais amigáveis possíveis, isto é, integrar no « software » técnicas de IA, utilizar abordagem orientada-objeto, adaptar as noções de hipermídia para aplicações pedagógicas e utilizar interfaces gráficas standardizadas do tipo MS-Windows, X-Windows, ou Smalltalk;
- ♦ definir a engenharia didática;
- ♦ desenvolver e experimentar os « softwares » para o ensino da informática.

Beltran (1991), propõe uma arquitetura para os sistemas hipermídia educativos, que é composta de três sistemas (figura 25):

- ♦ um sistema hipermídia dedicado a apresentação do conhecimento e a pesquisa da informação;
- ♦ um sistema EAC/ EIAC que assegura o controle pedagógico e a seqüência dos nós;
- ♦ um sistema de controle que fará o controle dos dois sistemas precedentes.

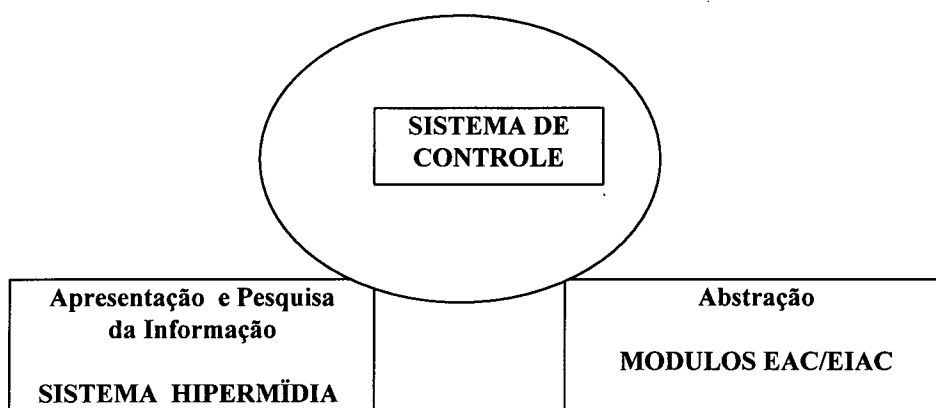


Figura 20 - Arquitetura para um sistema hiperídia educativo
Fonte: Beltran; 1991, p. 98

A separação entre modelo didático e o mediador é interessante para o autor pois vai permitir um estudo em separado dos aspectos mediadores do curso e o comportamento pedagógico do sistema. As ligações pedagógicas não estão definidas a nível de interface, pois elas são geradas e ativadas pelo sistema de controle (caminhos pré-definidos) ou pelos módulos EAC/EIAC (caminhos dinâmicos).

Aponta, ainda, como vantagens para a utilização da arquitetura proposta, os seguintes pontos:

- ♦ arquitetura independente da estrutura interna dos módulos EAC/EIAC, podendo a estrutura interna do « software » educativo ser do tipo clássico ou complexa (tutor inteligente) e, como as funcionalidades do sistema global não estão pré-determinadas, podem ser adaptadas às necessidades dos autores e a diferentes situações de aprendizagem;
- ♦ reutilização pelo autor dos módulos EAC/EIAC ou de partes do hiperdocumento, uma vez que os módulos do sistema EAC/EIAC se comunicam unicamente com o sistema de controle recebendo apenas as informações abstratas (respostas, comportamentos, erros de manipulação...), e não aquelas informações que se referem a interação de baixo nível e a gestão dos elementos da interface (« mouse », teclado, sucessão de texto, seleção de botões ou menus...).

O sistema de controle é formado por uma *base de regras* associada a uma *unidade de aprendizagem*. A base de regras contém os caminhos pré-definidos (regras de prosseguimento) e as regras de « breakpoints » encarregadas de ativar os módulos EAC/EIAC para diagnosticar e definir algumas interações como por exemplo, uma nova orientação do curso. A figura 21 mostra como o sistema de controle desempenha o controle das ações do usuário, fazendo ainda uma interação coerente do ponto de vista pedagógico.

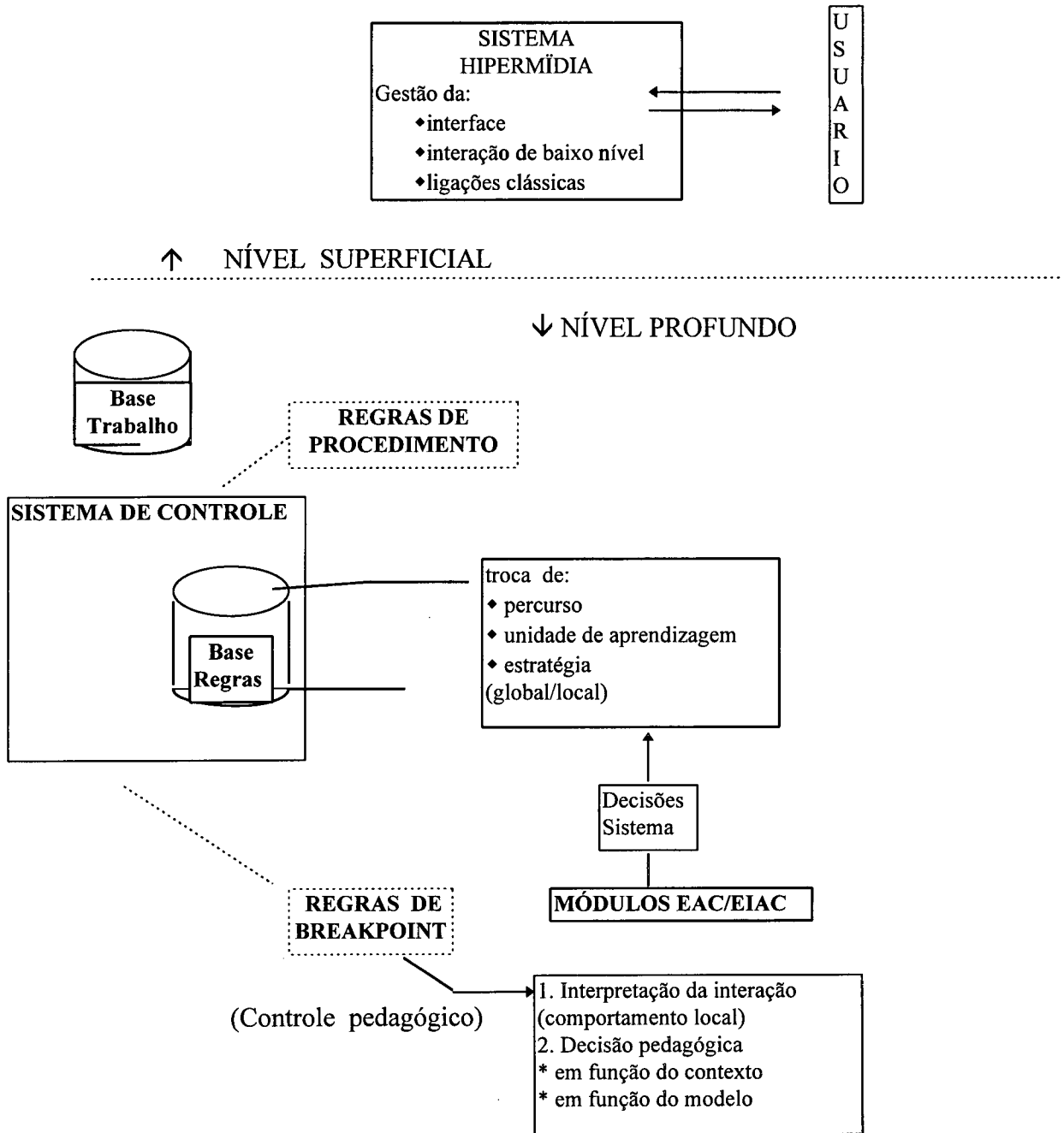


Figura 21 - O controle da interação
 Fonte: Beltran; 1991, p.99

Para Beltran (1993), alguns objetos da interface estão encarregados de colocar em circulação os resultados que caracterizam a interação com o aluno. A partir destes resultados (que por sua vez contêm os resultados do diálogo e que são independentes dos detalhes da interface) as regras podem ser disparadas. Se uma regra é ativada, um novo nó é apresentado ao aluno (caminho pré-definido), assim como ao se ativar uma regra de « breakpoint », os módulos EAO são chamados para interpretar a interação podendo gerar uma nova orientação (caminhos dinâmicos). Se nenhuma regra é ativada, o sistema tem como resultado que o nó corrente não deve ser trocado.

Este mecanismo baseado nos resultados, permite ao sistema de controle apenas considerar a interação que é interessante sob o ponto de vista pedagógico.

O sistema de controle é composto dos módulos EIAC (que asseguram a análise e a sequência pedagógica da seção) e por um módulo de controle das interações (Beltran, 1993) (Figura 22).

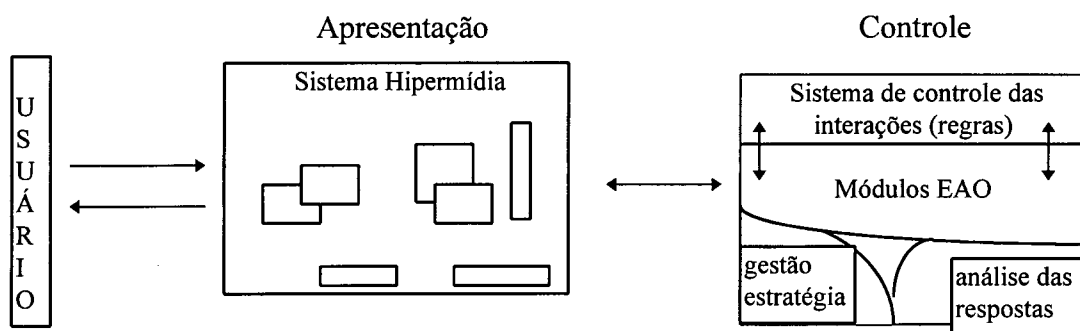


Figura 22 - Arquitetura geral para um sistema hipermídia educativo
 Fonte: Beltran, 1993, p.170

Neste tipo de arquitetura, existe ao nível da interface ‘entidades de diálogo’ encarregadas de gerar a interação com o aluno e de enviar os resultados obtidos ao sistema de controle sem que para isto ative diretamente uma ligação. Para tanto, uma ‘entidade de dialogo’ é composta de um *conjunto de elementos interativos* e de um outro *conjunto de respostas virtuais* que são disponíveis para o sistema. Cada ‘entidade de diálogo’ é criada a partir de uma classe que determina a organização e o comportamento dos elementos interativos, isto é, a partir do tipo

de diálogo gerado pela entidade, e gera a interação com o usuário em função de sua classe (prosseguimento de textos, seleção de caixas a marcar, deslocamento de objeto, seleção de zonas, entrada de texto...) fornecendo um resultado sempre que necessário. A resposta fornecida pelo sistema vai depender da interação e da estratégia de resposta do sistema, que por sua vez é determinada através de uma zona (multimídia ou não) que contém os comentários sobre a interação (conselhos, explicações) e das ligações regulares (definições, complementos, sequência do curso...). As entidades de diálogo são desenvolvidas numa abordagem orientada a objeto, onde as últimas classes da hierarquia são instanciadas e as demais classes fatorizam os comportamentos comuns.

Além das ligações clássicas (ligações de referência, entre dois nós, e as ligações hierárquicas, entre grupos de nós) foram definidas outras duas que vão permitir a gestão da aprendizagem. As ligações clássicas serão utilizadas num percurso de um domínio fechado (seguir - retornar, definição, exemplo, detalhe...) pois elas não são controladas e deixadas à iniciativa do aluno.

As ligações pedagógicas são submetidas ao sistema de controle, considerando que múltiplas bases de dados sejam previstas, a fim de modificar o comportamento do sistema sem alterar a interface.

- ♦ as ligações de seqüência pedagógica é ativada pelo aluno mas o autor a previu para um determinado percurso (Figura 23);

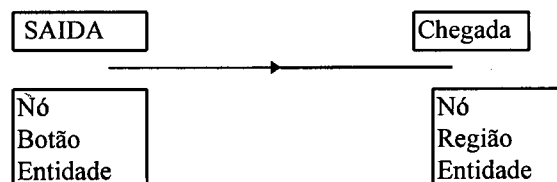


Fig. 23 - Representação gráfica das ligações de seqüência pedagógica
 Fonte: Beltran; 1991, p. 101

- ♦ as ligações de referência « condicionais » são aquelas que devem satisfazer uma condição para que possam ser ativadas;

- ♦ as ligações de resposta , são aquelas em que as ligações de partida contêm um ou muitos objetos interação (questões, zonas sensíveis, elementos interativos...) com os quais o aluno deve se comunicar. A interação com cada um desses elementos pode provocar o envio de uma resposta;
- ♦ as ligações de desvio são unicamente utilizadas pelo sistema para guiar a aprendizagem do usuário e são disparadas quando algumas condições são verificadas.

A figura 24 mostra como as ligações estão divididas na arquitetura proposta.

Ligações Clássicas Comandadas pelo sistema - Ligações virtuais	Ligações Específicas do Sistema EIAC
Ligações de referência (entre dois nós)	Ligações de encaminhamento pedagógico
Ligações Hierárquicas (entre grupos de nós)	Ligações de referência condicionais
	Ligações de respostas (simples ou múltiplas)
	Ligações de desvios (simples ou múltiplas)

Figura 24 - Tipos de ligações utilizadas em um hiperdocumento EAC/EIAC
Fonte: Beltran; 991, p.103

Na realidade, Beltran (1993) propõe uma arquitetura híbrida, na qual a exploração da informação é combinada com sequências diretas, com o objetivo de guiar e controlar a aprendizagem.

Em um hiperdocumento com finalidade didática as funções devem permitir que sejam ativadas pelo sistema ou pelo aluno. Para o autor existem duas maneiras de especificar o comportamento do sistema: definindo a base de regras de controle, isto é, as ligações pedagógicas e aquelas que são as ações tutoriais que devem ser privilegiadas (Beltran, 1993).

3.14 Pesquisas Desenvolvidas no Campo de Conhecimento Considerado

Fundamentadas na teoria apresentada, diversas pesquisas foram desenvolvidas, e dentre elas citar-se-á aquelas que nos pareceram mais importantes e que apresentam algum tipo de afinidade com a proposta formulada

3.14.1 STRATHTUTOR - Instituto para Aprendizagem Assistida por Computador - Heriot-Watt University, Edinburgh (Mayes, 1993)

StrathTutor consiste em um conjunto de quadros textuais ou gráficos, sobre um determinado assunto, que o estudante vai explorar. Cada quadro possui o tamanho de uma tela do computador. As conexões entre os quadros são informatizadas sobre uma base de distribuição de códigos com 60 atributos definidos anteriormente pelo autor. Cada « ponto de ancoragem » do texto ou gráfico que foi selecionado será desta forma codificado. O sistema informatiza a relação entre o quadro utilizado e os demais quadros ou com a âncora. O aluno pode navegar pelos quadros conectados oferecidos pelo sistema, ou pode ter acesso a qualquer quadro que ele deseje.

No StrathTutor foi implementado um hipertexto tradicional no qual as âncoras ligam-se explicitamente às janelas que apresentam material explicativo. Entretanto, o sistema permite aos alunos testar hipóteses sobre o sentido de um atributo e suas relações recíprocas. Um estudante pode interrogar o sistema designando uma combinação de atributos que lhe parecem significativos e o sistema reage fornecendo ao aluno um « tour acompanhado » de todos os quadros codificados com este subconjunto particular de atributos.

As principais instruções vizinhas incorporadas no StrathTutor são aprendidas por desafio. Apesar de seu aspecto tradicional (ele está baseado em quadros elementares) ele pode ser visto como um sistema gerador de questões, pois ele oportuniza ao aluno criar uma visão do espaço conceitual subjacente.

O StrathTutor possui as seguintes características:

- ♦ aprendizagem por descoberta utilizando a « broutage »; isto é: exploração ao acaso, ou por leitura desconectada;
- ♦ ligações temporais;
- ♦ exploração das diversas técnicas de « broutage »;
- ♦ facilidade de elaboração;
- ♦ estilo lúdico.

3.14.2 ARCADE - Laboratório de engenharia informática - Grenoble-França (Guéraud et all, 1993)

O laboratório ARCADE é um conjunto integrado de « softwares » destinado a facilitar o ensino e a aprendizagem de algoritmo. A metáfora espacial do laboratório se apresenta como um conjunto de prédios nos quais é necessário entrar para desenvolver as diversas atividades. O nome de cada edifício corresponde ao algoritmo que ele trata (« Tris, Récursivité, Graphes, Spécifications »). Os edifícios denominados « Informações » e « Biblioteca » desenvolvem estas atividades. No interior de cada edifício existe uma sala que oferece diversas atividades, que visa uma participação ativa do estudante e que permite a manipulação, a observação e o divertimento.

Em seu estado atual, o laboratório ARCADE oferece vinte temas algorítmicos (em Pascal) que cobrem cinquenta horas de trabalho do aluno, além de possuir quatro desenhos animados. O laboratório foi desenvolvido, primeiramente, para o Apple Macintosh com todos seus componentes integrados pelo HypercardTM e uma maquete foi desenvolvido com o auxílio do ToolBookTM considerado pelo autor um sistema mais completo e mais coerente que o HyperCardTM.

3.14.3 MEMOLAB-ETOILE - Faculdade de Psicologia e das Ciências de Educação- Universidade de Genebra-Suíça (Scheneider, 1993)

Pesquisadores desta universidade, desenvolveram um protótipo de um ambiente de aprendizagem avançado MEMOLAB e que faz integração com um hipertexto ETOILE. A equipe pretende desenvolver ambientes de aprendizagem ricamente concebidos, que respeitem diferentes estilos de aprendizagem .

A concepção de ambientes de aprendizagem assistidos por computador é vista sob duas abordagens fundamentais:

- ♦ abordagem *micro-mundo*, baseada na exploração pelo estudante de uma situação-problema bem definida;

- ♦ abordagem *tutorial*, baseada na implantação de agentes dotados de uma especialidade, que pode ser relativa ao conteúdo a ser ensinado ou à pedagogia.

Por sua concepção, o hipertexto se integra facilmente à abordagem micro-mundo pois seu princípio de base é a exploração de um mundo finito num ambiente de linguagem de comandos sucintos. Na realidade, o hipertexto é apenas um exemplo particular de micro mundo.

Estas duas abordagens estão fundamentadas em diferentes teorias de aprendizagem que, segundo o autor, não são excludentes, mas auxiliarão a esclarecer o complexo processo da aprendizagem sob um determinado ângulo. O construtivismo é a base para a abordagem micro-mundo e o comportamentalismo « evolutivo » ou abordagem sociocultural para o modo tutorial. Para criar um sistema deste tipo, um autor deve, primeiramente, determinar um currículo em forma de rede de objetivos a alcançar. Em seguida, deve criar os especialistas do domínio, que serão capazes de resolver os problemas associados a um objetivo pedagógico específico e criar os micro-mundos (interfaces). Neste contexto, o hipertexto tende a favorecer a articulação entre as duas abordagens feita em dois níveis:

- ♦ *integração da organização pedagógica* de um ambiente de misto aprendizagem;
- ♦ *integração da arquitetura informática* de um ambiente de aprendizagem orientado-objeto.

A função do hipertexto difere nas duas abordagens. Na abordagem micro-mundo (interface), o hipertexto é explorado livremente pelo aluno enquanto que no modo tutorial é o tutor que seleciona os nós do hipertexto que o estudante deverá ler. Em um ambiente misto, deve haver simetria de funcionalidades oferecidas ao estudante e aos agentes informáticos (tutores, especialistas,...) que farão a interação com o aluno. Os tutores e os alunos, na manipulação do hipertexto, utilizam-se de uma linguagem funcionalmente equivalente porém sintaticamente diferente: um mesmo comando será para o tutor uma expressão em linguagem de programação (no caso LISP) enquanto que para o aluno será um elemento da interface (botão ou menu). Num sistema formado por vários tutores, cada um deles é composto por uma base de regras que determina e supervisiona a interação do aluno com o especialista do domínio.

Por sua vez, um especialista do domínio contém o conteúdo específico da aprendizagem e é também uma base de regras capaz de resolver os problemas que são submetidos aos alunos. Esta arquitetura permite que os tutores contenham regras pedagógicas independentes do conteúdo a ser ensinado e desconheçam os conteúdos dos nós do hipertexto. O tutor manipula as relações entre diversas representações do conteúdo a ser ensinado em dois níveis de granularidade:

- ♦ cada objetivo que compõe o currículo do sistema é associado a um nó elevado do hipertexto;
- ♦ certas regras do especialista estão associadas aos nós do hipertexto que descrevem de forma mais clara a micro-competência codificada na regra.

3.14.4 SIMUL - sistema de ensino multimídia em gestão de empresas - Universidade de tecnologia de Compiègne, França (Verger, 1991)

O SIMUL é um sistema EIAC que tem por objetivo formar os estudantes em gestão de empresas e particularmente assimilar os mecanismos que regulam o bom funcionamento de uma sociedade (marketing, finanças, gestão de pessoas e máquinas ...) Verger (1991).

Este sistema é composto de duas partes:

- ♦ um ensino guiado, onde o estudante faz estudo de caso;
- ♦ um ensino inteligente, onde o aluno assume as funções de chefe da empresa.

O estudo guiado é composto de várias etapas:

- ♦ através de seqüência de vídeo lhe são comunicadas várias informações que o aluno deve separar e registrar. O aluno pode interromper a seqüência para colocar questões bem definidas (que lhe são propostas num « menu »), ou ainda para consultar suas anotações colocando termos que não tenha compreendido. Com estas informações o aluno modifica seu modelo. Ao final da seqüência é feita uma primeira avaliação do aluno (respostas exatas, falsas ou incompletas);
- ♦ um curso que utiliza vídeo com animações gráficas é colocado no computador, destinado a definir um certo número de conceitos essenciais para a cultura geral do estudante. Este curso

pode ser proposto automaticamente em função do avanço do aluno, pode ser solicitado pelo aluno ou pelo professor. O curso, assim como os exercícios estão adaptados ao nível do aluno, fornecido pelo modelo do estudante. O curso é seguido de pequenos exercícios de aplicação que vão permitir julgar a capacidade de assimilação e compreensão do aluno. O modelo é atualizado em função dos resultados que o aluno obteve nos exercícios, do nível do curso e das ocorrências no desenvolvimento do curso;

♦ uma caixa de ferramentas que fornece ao aluno os « softwares » necessários para efetuar cálculos, documentos normalizados, tratamento de texto, um faxmodem... Um « hôteesse » (desenhado no monitor) assegura o encaminhamento do estudante para um outro em função das experiências passadas (estudo de caso, curso ...).

O módulo tutorial inteligente faz apenas a análise da parte que diz respeito a especialidade dos mecanismos que registram o bom funcionamento da empresa que foi modelizada.

A maquete do SIMUL foi desenvolvida em HyperTalk™ em linguagem pseudo-objeto de Hypercard™ sobre Macintosh IIfx da Apple e visa mostrar o esqueleto e o funcionamento geral que poderá ter a futura aplicação. Para cada módulo de aplicação foi desenvolvido um botão de ajuda.

3.14.5 CABRI -GÉOMÈTRE e DEFI, interação micromundo/tutor em geometria - Université Joseph Fourier, Grenoble, França. (Baulac, 1991; Almouloud, 1993)

Baulac (1991) define o Cabri-géomètre como um caderno de rascunho interativo. Na tipologia dos « softwares » educativos, segundo seu modo de interação com o educando ele é um micromundo de construção e exploração de figuras geométricas.

Por sua vez o DEFI é um tutor para a fase de exploração e de pesquisa de uma demonstração. A interação do Cabri-géomètre e do DEFI permitirá que seja feita uma descoberta guiada da geometria. Para o autor, o Cabri-géomètre é um instrumento à disposição do aluno, mas não é um guia. Para que o aluno realize uma aprendizagem, com este « software », é necessário que ele pesquise e saiba pesquisar.

Com o Cabri-géomètre, o estudante tem possibilidade de criar macro-construções ou ainda macro-cálculos.

O DEFI é uma ferramenta que auxilia a descoberta da solução de um problema assim como sua organização dedutiva, sendo eficaz na revelação das técnicas utilizadas pelos alunos para realizar as concepções de raciocínio (Almouloud, 1993).

O DEFI foi desenvolvido com os seguintes princípios didáticos (Baulac, 1991):

- ♦ colocar os alunos em verdadeira atividade de resolução de problemas;
- ♦ integrar, na resolução do problema, um trabalho de natureza heurística sobre a figura;
- ♦ reagir em tempo real, aos erros de tipo lógico;
- ♦ neutralizar ao máximo as variáveis de natureza lingüísticas;
- ♦ fazer que o aluno reflita sobre a atividade que está desenvolvendo;
- ♦ trabalhar mais a nível de representação de conhecimento do que em torno de estratégias mais ou menos algorítmicas da solução.

Para sua realização foram desenvolvidos essencialmente dois módulos:

- ♦ *um módulo demonstração*, que manipula os passos da demonstração impondo uma estrutura e fazendo uma validação;
- ♦ *um módulo exploração da figura*, que é de natureza e de funções essencialmente heurísticas. Este módulo é um mini sistema especialista que coloca as questões mais ou menos ordenadas de acordo com a hipótese, partindo de um objetivo terminal (Baulac,1991; Almouloud, 1993).

As respostas dos alunos possuem dois encaminhamentos:

- ♦ uma postura de resgate da exploração;
- ♦ uma declaração de capacidade de fornecer sua prova, registrando-a, resumidamente, em um rascunho.

Segundo Almouloud (1993), uma das principais características do DEFI é ter substituído a demonstração geométrica por tarefas elementares que devem ser acessíveis à maioria dos alunos. As decisões que o DEFI toma foram feitas a partir do conhecimento especialista e são anotadas no histórico do aluno. O modelo do aluno do sistema EIAC possui diversas funcionalidades como:

- ♦ *corretiva*; no módulo demonstração do DEFI existe uma lista de « bugs » do ponto de vista didático, e que tem por objetivo conduzir o estudante a assimilar a estrutura de uma demonstração e não somente fornecer correções imediatas a certas faltas julgadas importantes;
- ♦ *elaborativa*, que visa completar os conhecimentos ou a concepção do aluno para que ele seja capaz de resolver o problema. Daí a necessidade de integrar o DEFI com o Cabri-géomètre;
- ♦ *diagnóstico*; a leitura dos resumos dos passos das demonstrações feito por professores que não estão familiarizados com o processo didático estabelecido, é diferente da do « software ». O modelo do aluno deve conduzir a regras mais detalhadas (finas) do que o simples percorrer de uma lista. No DEFI são utilizados na versão atual três tipos de passos;
- ♦ *predicativa*, que determina a escolha dos problemas e aqueles que todo aluno deve imperativamente terminar;
- ♦ *evolutiva*.

Os dois « softwares » foram desenvolvidos em ambiente Macintosh e a interação utiliza os meios multitarefas deste sistema.

A interface de comunicação é realizada por um *módulo exterior* às aplicações e por *um arquivo de mensagens* que tem a preocupação de preservar a prioridade das mensagens e:

- ♦ o funcionamento normal do programa em ausência do módulo externo;
- ♦ a possibilidade de interação futura com outros programas;
- ♦ um funcionamento independente das evoluções constantes dos « softwares ».

Cada um dos « softwares » pode ser servidor e ou cliente de dados e ferramentas. Neste caso específico o DEFI é o cliente do Cabri-géomètre, pois primeiramente o aluno constrói as figuras com a ajuda do Cabri e após a construção o DEFI intervém para possibilitar a demonstração dessa construção. A figura 25 mostra o protocolo de comunicação do DEFI que vai permitir o acesso aos dados, às ferramentas e à interface do Cabri-géomètre.

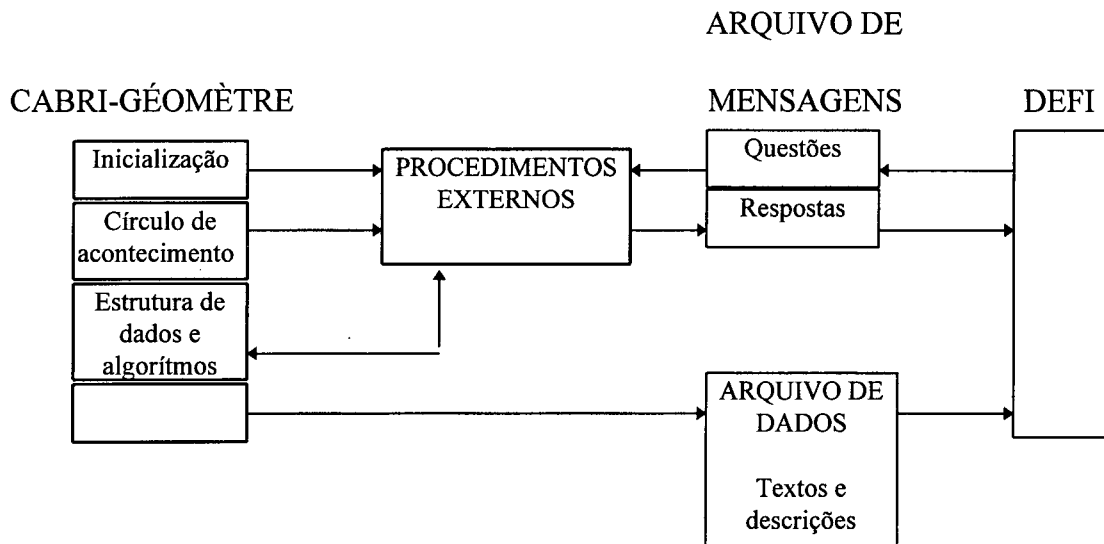


Figura 25 - A comunicação entre o Cabri-géomètre e o DEFI
 Fonte: BAULAC; 1991, p.17

Os dados conhecidos pelo Cabri-géomètre desde seu registro sob forma de arquivo são transformados em forma de texto que pode ser utilizado por outro programa.

Os « softwares » podem utilizar as estruturas de dados de outros « softwares » assim como seus algoritmos. O procedimento utilizado permite modificar algumas características das interfaces, permitindo a passagem de uma aplicação a outra.

O Cabri-géomètre pode responder às questões sobre a veracidade de certas propriedades, respeitando o ponto de vista particular ou genérico da figura.

3.14.6 MENTONIEZH - Universidade de Rennes -França (Py, 1991)

O projeto desenvolvido foi de um tutorial de ajuda na resolução de problemas de geometria elementar, e que possui quatro fases:

- ♦ aquisição da figura;
- ♦ transformação da figura;
- ♦ exploração da demonstração;
- ♦ redação da demonstração.

O aluno traça a figura geométrica sobre uma mesa gráfica e o sistema faz a verificação de sua exatidão. Após o aluno faz a demonstração passo a passo e o sistema, apoiando-se nos resultados de um demonstrador automático, valida as etapas corretas e rejeita as incorretas, fornecendo uma explicação ao erro. À medida que o aluno vai avançando na demonstração do problema, o sistema lhe apresenta uma lista de objetivos a alcançar (iniciando com a conclusão) e uma lista de propriedades demonstradas (iniciando com a hipótese). O aluno indica na lista de objetivos a propriedade que ele procura demonstrar e o tutor « chama » diversos teoremas, deixando que o aluno utilize aqueles que lhe pareçam mais pertinentes. O tipo de demonstração utilizada é a de forma descendente, isto é, parte-se da conclusão que é considerada demonstrada e procura-se as hipóteses que as satisfaçam. A fim de concretizar os objetivos, o tutor mostra a cada etapa da demonstração, a árvore de provas. Esta árvore tem como raiz a conclusão a demonstrar e como folhas os sub-objetivos a atender. Seus nós são, nos níveis pares, as propriedades geométricas e nos níveis ímpares, os teoremas ou definições. Cada teorema tem por «filho» suas hipóteses e por « pai » sua conclusão.

A linguagem de descrição das hipóteses utilizada foi uma linguagem lógica, denominada H.D.L. (Hypotheses Description Language). O tutorial foi desenvolvido em Prolog/Mali.

3.14.7 LAFORIA -Um modelo especialista na resolução de problemas de geometria - Universidade de Paris 6 (Bazin, 1993)

O objetivo do trabalho foi o de estudar e modelizar os mecanismos do especialista em fase de resolução de problema. Partindo do princípio que um especialista após a leitura de um

enunciado de problema, tem uma melhor visão do problema que um iniciante, Bazin (1993) propõe dividir este processo de enriquecimento em três etapas:

- ♦ primeira etapa, constituída de reflexos e automatismos que são usados no traçado da figura;
- ♦ uma segunda etapa, na qual o especialista coloca o problema em um capítulo do programa do curso, que foi denominado de *etiquetagem*;
- ♦ e finalmente na terceira etapa o especialista faz o enriquecimento do problema com os conhecimentos contidos no capítulo correspondente ao problema.

Para Bazin (1993) a leitura estruturada, a extração de sub-figuras e a geração de conjunturas são mecanismos imediatos e espontâneos que se desenvolvem a partir da leitura de um problema. A construção da representação interna do problema pode ser considerada como a passagem progressiva da fase da análise reflexiva para uma fase de contextualização do problema, na qual o especialista utiliza seus mecanismos conscientes, necessitando da intervenção de seus conhecimentos e dos seus meta-conhecimentos. O autor denomina esta segunda fase de representação enriquecida do problema. O autor parte do princípio que a formação profissional do especialista mobiliza em seu campo de vigilância todos seus conhecimentos e meta-conhecimentos associados a etiquetagem do problema. A diferença entre o iniciante e o especialista está no fato de que o especialista ao realizar a etiquetagem conecta, não somente os teoremas, como faz o iniciante, mas também o saber-fazer, as heurísticas e os métodos.

No computador a hierarquia das etiquetas é representada sob a forma de grafo orientado onde os nós são as etiquetas e a essas está associado um conjunto de regras. As etiquetas mais especializadas são as folhas terminais do grafo. A cada etiqueta está associado um conjunto de conhecimento. Os diferentes processos de enriquecimento são representados por cinco grupos de regras, a saber:

- ♦ *as regras de construção*, que decompõem a figura em objetos elementares e constrói a representação interna da figura, que do ponto de vista informático corresponde a uma lista de segmentos e uma lista de vértices;
- ♦ *as regras de exploração*, que têm por objetivo modelizar a fase de extração de sub-figuras.

Estas regras moldam a representação interna da figura, procurando as representações características às quais está associada uma etiqueta, fornecida pelo conceptor do sistema sob forma de regra;

- ♦ *as regras de etiquetagem*, que se utilizam da hierarquia das etiquetas com o objetivo de guardar apenas as etiquetas mais especializadas;
- ♦ *as regras de chamada de conhecimento*, que buscam para cada etiqueta todo o conhecimento associado a seus ascendentes;
- ♦ *as regras de representação do conhecimento do curso*, que são acessíveis somente por intermédio da etiqueta e são chamadas pelas regras de troca de conhecimento.

Todas as regras anteriormente apresentadas podem ser classificadas como regras de conhecimento (regras de construção da representação interna da figura, regras que representam o conhecimento em curso, os diversos métodos e as heurísticas) e regras de meta-conhecimento (regras de exploração da figura, regras de etiquetagem, regras de chamada de conhecimento).

Para o autor este método de exploração da figura, prioriza um dos aspectos mais fascinantes da geometria que é a passagem do concreto para o abstrato.

3.14.8 A integração do computador no ensino e o desenvolvimento da geometria utilizando cenários - Dep. de matemática, Northfield USA (Allen et all, 1991)

No decorrer do último decênio, os professores dos Estados Unidos chegaram à conclusão que era necessário reformular o ensino e a aprendizagem da geometria. A Associação Nacional dos Professores de Matemática (National Council of Teachers of Mathematics) em documento publicado em 1989 (Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics, Allen, 1991) recomenda que o ensino e a aprendizagem da geometria tenha o engajamento ativo do aluno, dando prioridade para a pesquisa e descoberta, ao contrário do que era feito anteriormente, que privilegiava a simples memorização. O documento recomenda ainda que seja dedicado mais tempo e atenção para a geometria tridimensional, para as abordagens analíticas e transformacional, para a modelagem e aplicações concretas, para a reconstrução dos argumentos lógicos na forma de parágrafo e para a utilização do computador.

O autor acrescenta que nos Estados Unidos o programa de matemática só contempla a geometria a partir da 6ª série (seconde) quando o aluno aprende a geometria euclidiana e a arte de fazer demonstrações formais.

No documento anteriormente citado, é solicitado que seja dada especial atenção ao desenvolvimento da intuição geométrica e que o ensino da geometria informal seja feito anteriormente ao da geometria formal.

Como consequência, nos últimos anos houve o desenvolvimento de numerosos sistemas de « softwares » educacionais que o autor classifica em três categorias:

- ♦ de demonstração automática de teoremas;
- ♦ os tutores (GEOMETRY PROOF TUTOR, GEOMETRY I&II, DEFI);
- ♦ os micromundos (SUPPOSERS, RENÉ'S PLACE, GEOMETER'S SKETCHPAD, CABRI, MENTONIEZH).

O autor dá ao seu trabalho uma abordagem que se define para o desenvolvimento e utilização de cenários, isto é, um conjunto de materiais compostos de planos de lições especializadas prevendo uma série de etapas no ensino de um tema em particular, acompanhados de uma ampla documentação escrita (fichas destinadas ao uso dos alunos), afim de integrar o computador como ferramenta didática.

Os cenários auxiliam o professor de geometria em:

- ♦ usar a tecnologia para propiciar um ensino que leve a resolução de problemas;
- ♦ aumentar e amplificar a ajuda do computador nas construções tradicionais e outras experiências manipuláveis permitindo a visualização e a manipulação de objetos tridimensionais;
- ♦ desenvolver a intuição geométrica dos alunos.

Os professores antes de passar para a criação e desenvolvimento dos cenários utilizam diversos « softwares » como: GEOMETER'S SKETCHPAD; GEOMETRIC SUPPOSERS; GEOMETRY I&II; GEOMETRY PROF TUTOR E RENE'SPLACE.

Na aplicação dos « softwares » a maioria dos professores (num total de 11) concorda que o uso do computador melhorou a aprendizagem dos alunos. Comparando suas atividades de magistério antes do uso do computador e após a introdução dos cenários, no ensino de um tema determinado, chegaram às seguintes conclusões:

- ♦ o tempo destinado ao aprendizado foi o mesmo, ou um pouco maior do que em situação tradicional, visto a necessidade do aluno de aprender o « software »;
- ♦ aumento da motivação dos alunos;
- ♦ aprendizagem mais significativa.

Para os professores, os pontos mais relevantes na aprendizagem dos alunos foram, em ordem decrescente de importância:

- ♦ as atividades concretas de construção;
- ♦ a visualização e o desenvolvimento das capacidades espaciais dos alunos;
- ♦ as atividades que precedem a demonstração;
- ♦ a congruência de triângulos;
- ♦ as medianas;
- ♦ as alturas;
- ♦ as mediatrizes.

A maioria dos professores constatou que os alunos tornaram-se mais independentes e autônomos na resolução dos exercícios e que a ajuda dos colegas foi um elemento chave após os ensinamentos.

3.14.9 Contribuição de um simulador e de um gerador de exercícios na realização de um tutor inteligente - LAFORIA -Universidade P. e M. Curie , Paris (Benhouhou, 1993)

O projeto está voltado para a formação de oficiais bombeiros, que trabalham a nível de decisão. O processo de ensino foi decomposto em várias tarefas principais, como:

- ♦ apresentação do problema ao aluno;
- ♦ aquisição e análise da resposta;
- ♦ evolução do nível de conhecimento;
- ♦ encadeamento sobre uma outra situação.

Cada etapa do processo pedagógico, coloca em funcionamento um módulo particular. Assim a apresentação do problema é feita por um *simulador*, a análise da resposta é feita por *analisador*, que vai submeter o resultado da avaliação ao *gerador de exercícios*, que, em função do objetivo pedagógico fixado vai gerar um novo exercício.

Para Benhouhou (1993), o simulador vai contribuir para melhor diferenciar a ação pedagógica do conjunto de artifícios que conduzem esta ação. O simulador será encarregado de determinar, modificar e evoluir o cenário apresentado ao aluno para levar a uma ação pedagógica. A ação pedagógica se focalizará sobre o tipo de raciocínio e a evolução das reações dos alunos. A introdução de um simulador em um tutor inteligente vai permitir que:

- ♦ seja separada a ação pedagógica dos suportes que vão permitir sua realização;
- ♦ exista distinção entre a coerência do processo pedagógico e a coerência do suporte;
- ♦ se realize uma avaliação mais precisa do aluno sem interveniência das informações superficiais que caracterizam o suporte;
- ♦ se avalie de forma autônoma a coerência do suporte e valide sua pertinência em proporção ao objetivo pedagógico;
- ♦ seja melhorada a ergonomia das interfaces dos tutores.

O protótipo do sistema, denominado de TILT!, (Figura 26), foi desenvolvido em uma estação Unix/Sun, usando o SmallTalk 80/V4.

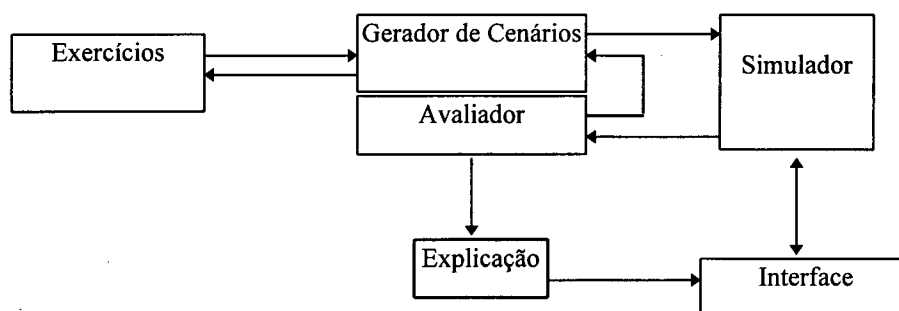


Figura 26 - Arquitetura do sistema TILT!

Fonte: Benhouhou, 1993, p.47

3.14.10 Um quadro experimental para o estudo das estratégias cognitivas de navegação- Universidade de Provence, França (Tricot, 1993)

Na pesquisa o eixo escolhido foi o de medir a capacidade de tratamento dos sujeitos em função da estrutura do hipertexto, que é definida segundo duas dimensões: o comprimento dos caminhos (seqüência de cartas) e o número de botões por carta. Procurou-se então medir uma eventual competência sintática.

A medida foi feita utilizando-se duas estratégias de navegação diferentes:

- ♦ a exploração, que é uma pesquisa superficial de todos os elementos da estrutura visando a globalização;
- ♦ o aprofundamento, que faz o encadeamento das seqüências de questões ligadas pelas exigências lógicas sobre os domínios focalizados.

Todos os sujeitos utilizaram alternativamente os dois tipos de navegação. A estratégia utilizada era de aprofundar os itens já conhecidos em detrimento de explorar zonas novas.

Para chegar a modelizar os processos cognitivos que o usuário utiliza na navegação, mediu-se:

- ♦ o número de cartas abertas em uma seqüência, isto é o nível de aprofundamento {A2 especifica A1, A3 especifica A2 que especifica A1, etc.}. Ao final de um certo tempo (nível 3), o sujeito não sabe mais remontar o encadeamento de especificação, isto é: ele não sabe mais precisar sobre qual elemento está a especificação Ai. Este trabalho coloca em evidência a

necessidade de uma dupla estratégia de tratamento (nível central-mais profundo, e nível das relações entre o centro);

- ♦ o número de ancoragem partindo de uma carta de origem, que será um problema de capacidade da memória de trabalho;
- ♦ uma eventual relação entre estes dois fatores.

Para uma pré-experimentação utilizou-se 24 sujeitos, divididos em três grupos, que deveriam consultar o hipertexto sobre um só conteúdo. Um grupo utilizou uma rede simples (poucas ligações, caminhos curtos), um segundo grupo utilizou-se de uma rede intermediária (mais ligações e caminhos mais compridos) e o terceiro grupo utilizou de uma rede complexa.

A aprendizagem foi medida pela diferença de boas respostas entre um pré-teste e um pós-teste. A análise de variância não mostrou nenhuma diferença significativa nos três grupos.

3.14.11 CORREL: um tutorial destinado ao ensino de Física no ensino superior- Universidade de Provence, França (Coste, 1993)

Partindo da premissa que as situações de aprendizagem passam primeiramente pela problematização e somente após para a resolução do problema, foi desenvolvida esta pesquisa que leva em consideração a natureza dos processos cognitivos utilizados no desenrolar destas situações. O autor mostra que uma estrutura hipertextual permite o exame e a modelagem de algumas articulações entre o nível teórico e o nível prático no desenvolvimento de situações de aprendizagem. Sua preocupação principal é a organização e a gestão dos conteúdos de aprendizagem, quando é utilizado um hipertexto. Na realidade, o autor procura colocar em primeiro plano, uma atividade de análise, de interpretação e de reformulação do problema. Ora, uma atividade deste tipo, está, muitas vezes, relacionada a diferentes campos de estudo, para o qual o hipertexto se presta de maneira singular.

O Tutorial CORREL pode ser utilizado na aprendizagem de três formas diferentes:

- ♦ como apoio na apresentação de um determinado conteúdo;
- ♦ para descobrir ou refazer um conteúdo de formação;

- ♦ integrado numa estrutura pedagógica, onde vai permitir a definição e a tradução dos objetivos de formação.

Ele foi concebido para permitir a gestão de diferentes estratégias de acesso à informação, como: estratégias livre, guiada, segundo a demanda e as necessidades de formação. O conteúdo está constituído por inúmeras pilhas com diferentes funcionalidades, permitindo gerar atividades diversas como: exploração, análise, modelagem e reformulação teórica. Para tanto, foram propostas diferentes formas de acesso à informação, que estão relatadas a seguir:

- ♦ do tipo sumário, onde a apresentação do conteúdo é feita em capítulos, onde um clique sobre um título dá acesso ao sub-título;
- ♦ sob a forma de rede de relações, que apresenta, juntamente com os temas, as relações entre eles.

Neste tipo de acesso, os botões indicam as ligações entre os nós da rede e fornecem uma informação que permite conhecer a significação destas ligações. Esta forma de apresentação e a anterior são homólogas e reforçam a coerência das representações dos conteúdos;

- ♦ sob a forma de um conjunto de temas desenroláveis, onde o desenvolvimento do plano precedente permite abrir a representação estruturada dos conteúdos e colocar em evidência a posição de cada um dos elementos da estrutura. Enquanto a forma de apresentação anterior permite uma representação estruturada dos conteúdos, assim como coloca em evidência a posição de cada um dos elementos na estrutura, a forma de acesso à informação apresentada neste ítem possui além dessas uma outra particularidade, a de poder restaurar, em qualquer momento, o percurso feito, pois os botões que correspondem a uma pilha questionada aparecem em vídeo inverso;
- ♦ como uma mesa de estratégias que dá acesso a um conjunto de mapas temáticos, a partir do qual está predefinido um certo número de relações cronológicas ou transversais (associação, analógica, etc). A definição deste conjunto de mapas constituirá uma estratégia guiada sobre o tema considerado;
- ♦ em forma de filmes realizados sobre um conjunto de temas;
- ♦ como um índice temático e alfabético permitindo a pesquisa em uma pilha;

- ♦ como uma função de pesquisa de palavra que permita redescobrir um tema, quer seja feita em um mapa qualquer, quer seja dentro de um índice como os precedentes;
- ♦ como uma outra pilha que trate das relações entre os conteúdos. Este tipo de acesso é particularmente útil para representar uma propriedade transversal, ou um conceito com diferentes níveis de informação.

Esta variedade de formas para acesso à informação, permite ao usuário se encontrar segundo seus próprios esquemas associativos, em função do problema específico que o motive. Esta ferramenta permitirá que cada pessoa elabore suas próprias representações e que reconstrua o sentido da questão; contrariamente ao que acontece no caso de percorrer uma estrutura arborescente, onde a multiplicidade de nós de relações e de ramificações pode ser um obstáculo no acesso à informação. Na forma apresentada, a multiplicidade das relações disponíveis participa da representação da informação e os diversos botões não vão causar dificuldades ao usuário, uma vez que as significações que são reconstruídas podem orientá-lo na pesquisa.

Vê-se, então, que é possível estabelecer um conjunto de relações significantes entre níveis muito diferentes. Ao mesmo tempo que é feita referência a uma teoria e a seus desenvolvimentos, faz-se também referência a um conjunto de atividades e de contextos explícitos partindo dos resultados: contexto teórico (elementos do curso ou de trabalho dirigido), contexto de trabalho prático (certos fenômenos são experimentados), referências ao mundo físico e às suas representações.

Num mesmo movimento, o dispositivo apresenta segundo a sequência estabelecida, a modelagem de diferentes fenômenos físicos, a produção material destes modelos (através de simulação), a modelagem e a interpretação dos procedimentos de medida, a interpretação das simulações (comentários de ajuda referentes à simulação ou questões colocadas ao usuário), os contextos de elaboração e as representações de conhecimento.

3.14.12 CHYPRE: um auxílio ao raciocínio não linear na geometria-Universidade de Nancy I, França (Bernat, 1993)

O autor do experimento tem como princípio que o ensino das matemáticas e mais particularmente da geometria no 1º e 2º graus (collège et lycée) é a aprendizagem do raciocínio. O raciocínio é uma atividade intelectual que corresponde a um mecanismo complexo e a demonstração é a forma lógico-dedutiva do resultado do raciocínio.

Uma das primeiras atividades que levam ao raciocínio em geometria é a pesquisa da configuração de base que permite a liberação do nível de detalhe para se fixar a procura do plano de resolução. A primeira tarefa consiste em traçar a figura para depois analisá-la. É evidente que o raciocínio em geometria é favorecido pela presença de uma figura que permite uma saída global do problema e auxilia na criação de imagens mentais.

Logo, o esquema de base contém a figura que lhe está associada, as conseqüências assim como as condições necessárias para obter esta configuração. A pessoa que vai resolver o problema procura, num primeiro momento, todos os esquemas para em seguida estabelecer as relações entre eles.

Este princípio foi colocado no CHYPRE, que é um « software » desenvolvido para PC e está em experimentação. Ele é composto de um módulo de construção de figura, bastante parecido ao do CABRIGÉOMETRE, e de um módulo de resolução que permite a construção da rede associada ao raciocínio. A construção da rede é feita em pequenas porções de forma não linear, baseada na figura e nos fatos observados.

Sendo CHYPRE um micro-mundo para a aprendizagem do raciocínio, é necessário deixar o aluno construir seus próprios modelos e então explicar sua escolha, isto é, deve dialogar com o « software ». No CHYPRE o dialogo é utilizado com dois objetivos:

- ♦ fazer o aluno refletir sobre seu raciocínio;
- ♦ determinar o interesse do aluno por um determinado objeto.

O sistema estabelece o diálogo, construindo uma explicação hipotética sobre o raciocínio do aluno em cada etapa. O sistema interrompe o estudante em caso aparentemente paradoxal e o interroga sobre suas intenções, transformando a explicação em função das respostas. O sistema dirige o diálogo a partir do conhecimento do aluno. A tarefa do aluno será a de guiar o sistema na elaboração de uma explicação.

3.14.13 GI-EPS : Jogo de Empresas - Laboratório de Jogos de Empresas, do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil (Hermenegildo, 1996)

O GI-EPS (Gestão Industrial da Engenharia de Produção e Sistemas) é um modelo de simulação empresarial, cuja primeira versão surgiu em 1987, sob coordenação do Prof. Dr. Bruno Hartmut Kopittke. A partir de 1988, o GI-EPS foi aplicado no ensino de graduação e no Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção.

Segundo Hermenegildo (1996, p. 33-34) os objetivos inicialmente fixados foram:

- verificar as múltiplas conseqüências das decisões empresariais em termos contábeis, financeiros, econômicos, entre outros;
- promover uma integração entre os participantes combinados a uma identificação das principais variáveis comportamentais atuantes no exercício da gestão empresarial;
- integrar os conhecimentos de diferentes áreas necessárias na administração industrial; tomar decisões, em um clima de incertezas, sobre estratégias empresariais e verificar imediatamente os resultados da empresa e da concorrência;
- aplicar no decorrer da simulação os princípios básicos da boa administração.

Além destes aspectos a proposta do GI-EPs, era de proporcionar aos participantes a possibilidade de enfrentarem durante a simulação, muitos dos problemas enfrentados pelos executivos brasileiros de modo geral. Pois o modelo simulado buscava também dar ênfase aos seguintes pontos:

- negociações internas e externas à empresa (sindicatos e bancos);
- avaliação do valor da informação;
- elaboração de planilhas de custos, de caixa, etc.;
- elaboração de estratégias e táticas empresariais;
- justificativas de decisões tomadas;
- « feedback » comportamental;
- reação frente ao casuísmo das ações governamentais.

O GI-EPS foi programado em microcomputador IBM-PC, sendo dada ênfase na animação. O modelo considera as principais funções empresariais, sem no entanto, fazer detalhamento de nenhuma em particular. O modelo leva em conta variáveis estocásticas, isto é, os resultados diferem segundo o desempenho das diversas equipes.

O fluxo de informações ocorre da seguinte forma: os participantes recebem o 'manual do jogador' onde estão detalhadas as regras do jogo, os relatórios emitidos pelo « software » e um teste sobre o manual. Após a leitura, o animador do jogo responde a perguntas dos participantes e as equipes são formadas. Em seguida é distribuído o relatório da situação inicial e o jornal do jogo denominado de GI-Informações. Neste jornal são divulgadas as decisões tomadas pelo animador do jogo, que é o condutor do jogo. Os relatórios e o jornal são editados pelo animador sendo os elementos básicos para a tomada de decisão das equipes. No decorrer do jogo é distribuído um material complementar com: dicas para ganhar o jogo, texto sobre cálculo de custos, objetivos, etc.

Segundo Hermenegildo (1996), desde o início da aplicação do GI-EPS várias melhorias, nos procedimentos de simulação, foram feitas. Seu primeiro « software » foi programado em linguagem Pascal, e depois convertido para o uso da ferramenta Delphi. Atualmente seu ambiente de trabalho é o DOS, porém já foi iniciado a programação para ambiente « Windows ».

Em sua forma atual, é previsto um « conjunto de possibilidades para a execução do modelo: a) somente o animador do jogo acessa o sistema informatizado, alimentando as informações e dados necessários ao desenvolvimento da simulação; b) os participantes preenchem as suas decisões em diskettes; c) os participantes utilizam o computador para apoio a decisão usando hipermanual e SAD entre outras aplicações em desenvolvimento. » (Hermenegildo, 1996, p. 35)

O jogo GI-EPS simula um setor industrial, onde todas as empresas produzem um mesmo bem de consumo durável e o vendem em diversos mercados. No jogo, cada empresa deve ser formada por uma equipe de quatro a cinco pessoas. Cada membro da equipe deve ter uma função específica na administração da empresa. Essas funções são relativas à administração financeira, comercial, de produção e geral.

... A simulação estimula os administradores da empresa, a elaborarem uma política de compra de matéria prima, de modo a atender às necessidades da produção. Essa política não deve permitir que haja excesso de matéria prima em estoque, assim como não deve haver escassez deste tipo de insumo.

Hermenegildo, 1996, p. 35

O GI-EPS é simulado trimestralmente, sendo que vários destes trimestres da administração de uma empresa acontecem em um intervalo de horas.

3.15 Principais Problemas Encontrados na Concepção dos Sistemas Hipermídias

Segundo Baude (1991), um dos grandes problemas que os sistemas hipermídias devem resolver é o problema da socialização, uma vez que ela é essencial para a aprendizagem.

A navegação nos sistemas hipermídia determina, em seus usuários, diferentes estratégias cognitivas que devem ser modelizadas para a concepção destas ferramentas. Sua estrutura não linear leva a uma dupla carga cognitiva, uma vez que é necessário tratar o conteúdo do que se está lendo e relacioná-lo com diferentes conteúdos inseridos no interior de uma estrutura (Tricot, 1993). Em seu estudo, o autor identifica os principais problemas de navegação nos hipermídia, que, segundo ele, são:

- ♦ os objetivos de quem os concebe;
- ♦ o campo de conhecimento abordado;
- ♦ o tempo (particularmente o de adaptação do usuário ao sistema);
- ♦ os conhecimentos anteriores e a capacidade de tratamento da informação do usuário;
- ♦ a estrutura e a lógica do sistema.

Com relação ao aspecto cognitivo Tricot (1993), aponta alguns estudos que devem ser desenvolvidos como:

- ♦ o duplo nível de tratamento (dos conteúdos e das relações entre estes conteúdos) que requerem soluções diferenciadas;
- ♦ a identificação de estruturas que facilitam a navegação e sua possibilidade de evolução em função da familiaridade do usuário;
- ♦ a evolução das capacidades de tratamento dos usuários nos ambientes não lineares;
- ♦ a modelização dos conhecimentos a estocar (que requerem uma descrição mais sutil que « simples », « complexa », « lógica » ou « não lógica »).

Para Schneider (1993) uma das dificuldades encontradas, no desenvolvimento de um ambiente misto de aprendizagem, está em integrar o hipertexto ao funcionamento dos tutores. Esta dificuldade está em determinar em qual momento o tutor deve abrir o hipertexto ao aluno e qual parte permitirá que seja lida; ou ainda quando se possui vários hipertextos, o tutor deve saber qual deles abrir.

Balacheff et all (1993), considera que a realização de um sistema EIAC e sua integração em situação de aprendizagem introduz uma nova complexidade no campo da didática, mas é também uma ocasião de haver um novo desenvolvimento teórico que permita abordar o problema da modelagem computacional dos processos didáticos. Os conhecimentos construídos pelo aluno na interação com um dispositivo informático terá características diferentes da mesma construção realizada em outro contexto.

Allen (1991) levantou alguns problemas que foram observados na utilização dos cenários como:

- ♦ a utilização do « software » teve uma importância muito grande;
- ♦ deterioração da disciplina dos alunos;
- ♦ distorção dos objetos geométricos apresentados na tela do computador, como o caso da perpendicularidade;
- ♦ atividades pouco estruturadas;
- ♦ divisão de alguns cenários julgados muito longos.

Para Guéraud et all (1993), os « softwares » como o HypercardTM e o ToolBookTM, para desenvolvimento de ambientes hipermídias apresentam como metáforas a « pilha » ou o « livro », que fornecem ao usuário a idéia de ordem seqüencial ao contrário da filosofia dos hipermídias. O autor faz outras críticas referentes à gestão das ligações entre as cartas ou páginas como as que seguem :

- ♦ a localização física (página seguinte, página precedente, primeira página...) de uma página não tem muito significado, pois pode ser modificada a qualquer momento, bastando fazer a

inserção de outras páginas. Logo o autor deve apenas proceder desta maneira quando for gerar ligações num subconjunto de páginas cuja leitura seja obrigatoriamente linear;

- ♦ a identificação numérica das páginas é gerada unicamente pelo « software » sem qualquer participação do autor, tornando qualquer modificação a ser feita assaz difícil;
- ♦ o nome lógico que o autor dá ao objeto não possui nenhuma forma de verificação de unicidade feita pelo « software ».

Da mesma forma, o autor faz críticas à linguagem associada aos « software » (HyperTalk para o Hypercard™ e OpenScript para o ToolBook™) pois elas apresentam limites de poder de expressão como limites de representação, tais como:

- ♦ os parâmetros passados unicamente por valor;
- ♦ variáveis locais ou globais. No HyperTalk uma variável será ou local, ligada a um procedimento ou global ligada a todas as pilhas ativas, quando o interessante seria definir variáveis locais a todo um « script » de um objeto, caracterizando o estado de um objeto. No ToolBook estas variáveis são melhor geradas;
- ♦ a estruturação não tem boa informação, pois as estruturas de quadros, as listas encadeadas e os registros não estão explicitamente disponíveis para o autor;
- ♦ ausência da noção de classe e subclasse de objetos.

3.16 Vantagens da Utilização de Sistemas Hipermedia na Aprendizagem

O uso de computadores na educação representa uma transformação no modo de pensar e educar e implica na redução dos custos da educação, viabilizando sua democratização.

Acredita-se que o sistema EIAC possibilite melhoria:

- ♦ na capacidade do aluno para a solução de problemas (Segre, 1992);
- ♦ na criatividade (na medida em que os estudantes compreendam que as regras que lhe são ensinadas não passam de hipóteses que devem ser examinadas, comparadas e adaptadas a novas situações (Davis, 1991);
- ♦ na otimização do processo de aprendizagem pelo aluno (desenvolvido pelo fato do aluno ser consciente de seu próprio processo de aprendizagem);

- ♦ na qualidade de ensino (pois uma vez organizado o conteúdo, este não sofreria interferência das mudanças a que o ser humano está sujeito);
- ♦ na democratização do ensino (uma vez que diferentes escolas, independentes de sua localização ou suporte econômico, poderiam dispor do sistema);
- ♦ na motivação do estudante (uma vez que a máquina os fascina) despertando mais interesse e curiosidade pelo assunto a ser tratado;
- ♦ na redução de custos e barreiras geográficas quando conectados a uma rede de comunicações;
- ♦ na supressão da hora e lugar de estudo;
- ♦ na redução do tempo de estudo, (uma vez motivados, os alunos aprenderiam mais e melhor);
- ♦ na qualidade do material instrucional a ser apresentado.

3.17 Conclusão

Este capítulo procurou mostrar como a junção das diversas tecnologias como: teleconferência, videoconferência, ensino assistido por computador, redes de computadores, sistemas abertos, sistemas multimídia, inteligência artificial e redes de agentes trabalhando cooperativamente na solução de problemas, podem contribuir para o êxito de um ensino à distância mais efetivo tanto na sua extensão como em sua interação .

Da mesma forma, coloca-se a importância na utilização de redes como um recurso indispensável para a pesquisa científica contemporânea assim como para o ensino à distância. O desenvolvimento tecnológico que oportunizou as redes de computadores, abre um novo espaço na busca de uma reflexão pedagógica criando novos paradigmas educacionais que utilizem todas as possibilidades que estes instrumentos permitem.

Definiu ainda, o que diversos autores entendem por sistemas EIAC, fornecendo os princípios fundamentais para a concepção destes sistemas bem como os aspectos técnicos que devem ser considerados na concepção de “softwares” educacionais.

Da mesma forma, a citação de pesquisas desenvolvidas mostra como os pesquisadores abordaram os problemas relativos a ambientes de aprendizagem informatizados.

Finalizando, são também listados os principais problemas encontrados no desenvolvimento de sistemas EIAC, que são um alerta para aqueles que se preocupam com este campo de trabalho.

Neste trabalho será modelado um sistema fundamentado nas teorias construtivistas de aprendizagem, onde as atividades que o aluno deve desenvolver são o centro desta atividade. Assim a concepção de « software » EIAC deve se apoiar na análise situacional. Corresponde ao que na língua inglesa é chamado de « Interactive Learning Environments » e na francesa « Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur ».

O ambiente de aprendizagem objeto deste estudo, deverá, após a prototipagem, ser utilizado em rede permitindo uma auto-aprendizagem que não prioriza a memorização mas o trabalho intelectual do estudante. O desenvolvimento deste ambiente de aprendizagem, permitirá que o conhecimento seja aplicado na evolução do próprio conhecimento, contribuindo para o desenvolvimento de um verdadeiro sistema de ensino-aprendizagem a distância.

CAPÍTULO IV

CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO: UMA PROPOSTA DE TESE

4.1 Introdução

A escola deste século não conseguirá competir com a realidade do século XXI, porém cabe a ela preparar o cidadão do futuro. O uso de computadores como instrumento auxiliar do professor é uma necessidade incontestável, restando determinar de que forma deve ser essa utilização.

Na concepção de Piaget, para que um indivíduo construa determinados conceitos é necessário que haja interação com objetos do ambiente, propiciando o desenvolvimento de esquemas mentais e, portanto, o aprendizado.

Sob este paradigma, o computador deve ser uma "ferramenta" através da qual o indivíduo constroi seu próprio conhecimento. O fato de se construir algo de seu interesse, para o qual se está bastante motivado, torna a aprendizagem mais significativa.

Segundo Valente,

o uso do computador requer certas ações que são bastante efetivas no processo de construção do conhecimento. Quando o aprendiz está interagindo com o computador ele está manipulando conceitos e isso contribui para o seu desenvolvimento mental. Ele está adquirindo conceitos da mesma maneira que ele adquire conceitos quando interage com objetos do mundo, como observou Piaget. ... O processo de refletir sobre o resultado de um programa de computador pode acarretar uma das seguintes ações alternativas: ou o aluno não modifica o seu procedimento porque as suas idéias iniciais sobre a resolução daquele problema correspondem aos resultados apresentados pelo computador, e, então, o problema está resolvido; ou depura o procedimento quando o resultado é diferente da sua intenção original. A depuração pode ser em termos de alguma convenção da linguagem Logo, sobre um conceito envolvido no problema em questão (o aluno não sabe sobre ângulo), ou ainda sobre estratégias (o aluno não sabe como usar técnicas de resolução de problemas) (Valente, 1993, p.33-34).

Para este autor a criação de ambientes de aprendizagem computacionais construtivistas deve facilitar as atividades de descrição, reflexão e depuração. O uso de computadores na educação deve estar aliado a novos conceitos como:

promover a aprendizagem em vez de ensino, que coloca o controle do processo de aprendizagem nas mãos do aprendiz, e que auxilia o professor a entender que a educação não é somente a transferência de conhecimento, mas um processo de construção do conhecimento pelo aluno, como produto do seu próprio engajamento intelectual ou do aluno como um todo (Valente, 1993, p.40)

O uso de computadores no processo de ensino-aprendizagem pode, se convenientemente trabalhado, mudar o paradigma pedagógico do instrucionismo, bastando para tanto, utilizá-lo como "ferramenta" facilitadora da expressão do raciocínio, sua reflexão e sua depuração.

Neste mesmo sentido, coloca Almeida: "a utilização de micros, ao invés de computadores de grande porte, traz a possibilidade de menor controle massivo e uma interação mais inteligente, espontânea e criativa homem-máquina, que é mais adequada aos fins educacionais." (Almeida, 1988, p. 39)

Neste contexto, para desenvolvimento de ambientes voltados para a construção do conhecimento, conta-se com o apoio da Inteligência Artificial (IA) que segundo Rich, "é o estudo de como fazer os computadores realizarem tarefas em que, no momento, as pessoas são melhores." (Rich, 1988, p.1)

Os programas desenvolvidos sob este paradigma (realizar tarefas como as pessoas o fazem) podem ser divididos em dois grupos: no primeiro estão os problemas que necessitam de grande memória, onde uma grande rede de informações é construída e armazenada, cabendo ao computador determinar a resposta; e a segunda são aqueles que realmente tentam modelar o desempenho humano. Para Rich (1988), dentre as razões para o desenvolvimento desses programas podem ser citados como necessidades :

- ♦ a testagem de teorias psicológicas do desempenho humano;
- ♦ a simulação dos processos do raciocínio humano, como por exemplo a capacidade de ler um texto e responder a uma pergunta do tipo < porque isto aconteceu? >;
- ♦ a compreensão, pelo homem, do raciocínio imposto à máquina, quando facilitará o aceite do raciocínio desenvolvido;
- ♦ a exploração do conhecimento que uma pessoa detém, para facilitar, por exemplo, a realização de uma tarefa.

Primeiramente, a IA procurou resolver problemas, como o de jogos e prova de teoremas. Na medida em que os estudos nesta área do conhecimento progrediram outras tarefas foram sendo abordadas como: a percepção (visão e fala, que seriam o reconhecimento de padrões e a compreensão de imagens mais flexíveis), a compreensão da linguagem natural e a resolução de problemas em domínios especializados (sistemas especialistas).

Atualmente, os pesquisadores desta área do conhecimento dividem-se em duas grandes correntes: *conexionista ou neuronal* e a *simbólica*.

Segundo Pomian (1993), a IA *conexionista ou neuronal* considera que é impossível estudar a inteligência humana sem se aprofundar no estudo do cérebro humano. Os pesquisadores desta corrente utilizam-se dos resultados das pesquisas de neurobiologia para construir máquinas neuronais. Estas máquinas têm por objetivo simular o cérebro, isto é, reproduzir na medida dos meios técnicos disponíveis, sua organização interna e os fluxos das informações que nele transitam.

A IA *simbólica* é formada por um grupo de pesquisadores, atualmente majoritário, que consideram que as funções cognitivas (mesmo aquelas de alto nível) devem ser compreendidas independentemente de seu funcionamento cerebral. Eles partem do pressuposto que as funções cognitivas se fundamentam em tratamentos muito abstratos e na manipulação da representação do mundo, ou seja, dos símbolos que nos rodeiam. Esta corrente considera, por exemplo, que o diagnóstico médico de uma doença não é simplesmente resultado do efeito de ligações cerebrais entre os neuronios, mas é, antes de mais nada, o resultado de anos de estudo e da experiência acumulada que vai permitir ao médico fazer o diagnóstico.

É desta forma, segundo Pomian (1993), que os homens manipulam as descrições elementares do mundo, relativas a tudo que os rodeia, desde os mais simples objetos aos conceitos mais abstratos. Esta descrição fundamenta-se sobre uma representação dos conhecimentos, traduzidos por formalismos especializados e manipuláveis por um

programa informático. Por outro lado, estas representações são realizadas através de símbolos, que simulam ou reproduzem o comportamento humano.

A noção de IA *simbólica* provocou debates sobre a natureza dos símbolos utilizados. Sabe-se que o computador trata apenas de signos, uma vez que se prende apenas à forma, não tendo a percepção direta da realidade. Apesar desta restrição, a IA trata de símbolos e não de signos, uma vez que trata da realidade concreta que os signos representam como suas ligações com as percepções e as lembranças que provocam (Pomian, 1993).

A IA *simbólica* se interessa pelas funções cognitivas de alto nível, como a compreensão da linguagem, a aprendizagem, a resolução de problemas, o raciocínio procurando leis gerais, extraídas da análise das tarefas efetuadas pelo homem, que vão permitir sua descrição assim como a do mundo que nos cerca.

A IA é amplamente utilizada em programas que realizam tarefas de raciocínio, que necessitam de muito conhecimento especializado, que só um especialista na área possui, como por exemplo, tarefas de diagnóstico médico, análise científica, projeto eletrônico, etc e que são denominados de sistemas especialistas. Estes sistemas, pertencem a um dos ramos de aplicação da inteligência artificial cujo desenvolvimento e uso têm demonstrado resultados positivos em diferentes áreas.

O processo de construção destes sistemas é conhecido como *engenharia do conhecimento*, e tem como principal característica uma grande base de dados.

Segundo Corredor, (1989, p.46) os sistemas especialistas são programas de computador com capacidade para processar grande quantidade de informação simbólica, realizar processos de inferência e busca heurística, justificar respostas e perguntas durante um processo de consultas e dar respostas como o faria um especialista no assunto. Estes programas possuem cinco componentes básicos conforme é mostrado na figura 27.

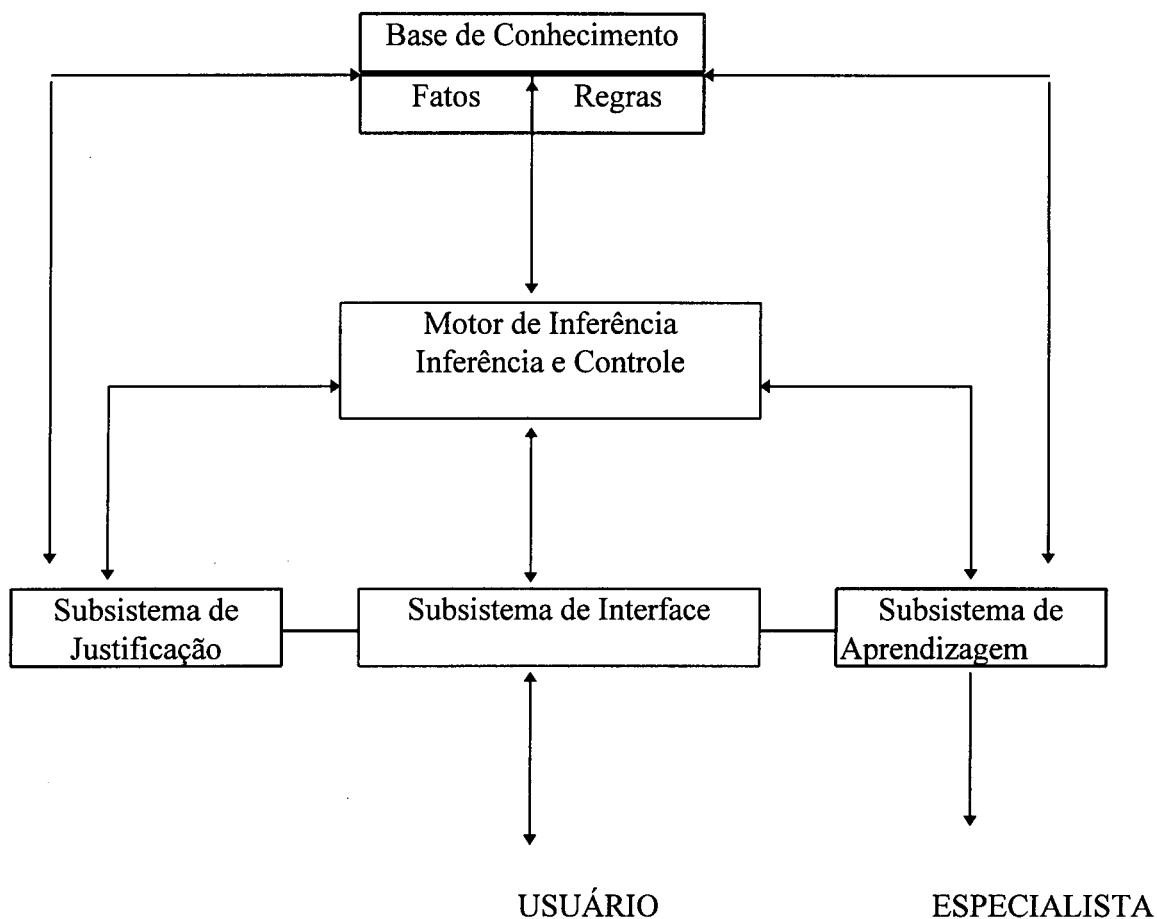


Figura 27 - Arquitetura de um Sistema Especialista
 Fonte: Corredor, 1989, p. 45

As funções destes componentes podem ser descritas como seguem (Corredor, 1989, p.46; Silva, 1994, p.26; Casas, 1994, p.174):

- ♦ *base de conhecimento* que contém todo o conhecimento do assunto a ser tratado e que é organizado em *base de regras* e *base de fatos*. Na *base de regras* estão os conhecimentos e heurísticas do especialista. Na *base de fatos* estão os conceitos conhecidos, os pressupostos de partida, suas propriedades conhecidas e as que são desenvolvidas a partir de regras associadas ao conhecimento e a heurística do especialista;

- ♦ *motor de inferência* que possui o mecanismo lógico de raciocínio e as estratégias de controle para deduzir respostas e justificar soluções obtidas. Segundo Pomian (1993, p.76), « uma *inferência* é um ciclo mínimo de raciocínio, que permite deduzir um fato novo

graças às informações disponíveis e a uma forma de raciocínio. *Um motor de inferência* é a forma de encaixar as diversas inferências. »

- ♦ *subsistema de justificação* encarregado de explicar como se obteve uma determinada resposta, o porque de determinado procedimento e da necessidade de mais dados durante o processo de inferência;
- ♦ *subsistema de interface* permite a comunicação com o usuário quer seja respondendo as suas perguntas, quer seja solicitando-lhe dados ou justificando soluções;
- ♦ *subsistema de aprendizagem* encarregado de interagir com o especialista com o objetivo de atualizar a *base de conhecimento*.

Segundo Sperandio (1988), as ligações entre IA e ergonomia são múltiplas, uma vez que a IA situa-se na junção das ciências que tratam da inteligência humana, como a lógica, a psicologia, a lingüística e a neurofisiologia. A IA tem como objetivo a construção de sistemas informatizados capazes de realizar tarefas onde o ser humano é melhor que a máquina, e onde estes processos não foram ainda modelizados por um algoritmo.

A IA considera apenas o comportamento humano como modelo para construir os programas. É necessário reconhecer que para inúmeras tarefas ou na resolução de problemas complexos não existe concorrente para o modelo humano. Desta forma para a IA é uma necessidade a análise e a modelização do comportamento humano ainda que exista inúmeras dificuldades na análise dos comportamentos operatórios, do saber e do saber-fazer dos especialistas.

A ergonomia pode fornecer para a IA um auxílio metodológico na análise do trabalho, particularmente para a extração e análise do conhecimento especialista. É preciso identificar os especialistas de forma objetiva (pois nem todos os operadores são especialistas em seu domínio) reconhecer seus bons e maus comportamentos, assim como seus conhecimentos, filtrando os conhecimentos reais, os latentes ou explícitos. A partir destes dados faz-se a representação destes conhecimentos em um formalismo adequado permitindo formas de verificar se estes conhecimentos não sofreram transformação.

Desenvolvido o programa, é importante levar em consideração as características ergonômicas do « software » (funcionalidades, representação mental, diálogos, código das trocas) bem como suas qualidades próprias. Enfim, como última etapa a ergonomia pode ser útil à IA na avaliação do « software ».

Por sua parte a IA fornece uma contribuição importante no melhoramento das interfaces homem-máquina, como por exemplo, o desenvolvimento do reconhecimento de imagens permite que novos conceitos destas interfaces sejam estudados. Por outro lado, a IA pode fornecer uma ajuda ao operador em tarefas intelectualmente complexas, como naquelas onde ele se confronta com numerosas informações ou ainda informações muito complexas, das quais um « software » inteligente pode fazer a triagem. Um outro auxílio importante que a IA presta é na assistência ao operador na sala de controle de processos, como na filtragem 'inteligente' de alarmes ou mesmo de dados pertinentes a uma determinada fase do trabalho, ou ainda para facilitar o diagnóstico ou a tomada de decisão. A IA pode ser também utilizada no melhoramento da apresentação das informações e na robótica no que se refere ao controle de « robots » autônomos ou telemanipuláveis (Sperandio, 1988).

4.2 Proposta de tese: um ambiente interativo para a aprendizagem assistida por computador

A proposta de tese a ser desenvolvida, é baseado no modelo proposto por Mielke (1991) com estudos desenvolvidos por Ulbricht (1992; 1993; 1994; 1995; 1996) e está centrado no tripé *hipermídia, inteligência aplicada e ergonomia* (principalmente a ergonomia cognitiva e de interfaces).

A *hipermídia* fará a interação do usuário com o sistema, da forma como já foi explicitado no capítulo III.

A *inteligência aplicada* irá dotar o sistema de "inteligência", permitindo que, a partir das respostas dos estudantes, o sistema identifique o que um determinado aluno conhece a respeito de um conteúdo específico, indicando aprofundamento de estudo nos tópicos onde existe deficiência, e ainda, detectando o que foi e o que não foi compreendido do conteúdo proposto.

Determinará também, as características deste estudante, principalmente no que se refere às características cognitivas (capacidade de memorização, atenção e raciocínio). No modelo proposto, a Inteligência Aplicada será utilizada na avaliação do conhecimento do estudante, na adequação de seu ritmo de estudo e das estratégias de ensino empregadas (Mielke, 1991). A importância da inteligência aplicada está aliada ao desenvolvimento de sistemas que ensinam e aprendem, necessitando interagir com pesquisas de Engenharia do Conhecimento, para desenvolver um ambiente de aprendizagem assistido por computador, que prime pelo desenvolvimento integral do aluno.

A *ergonomia* tem como principal objetivo a adequação das exigências da tarefa ao homem." Em sistemas informatizados é necessário que sejam consideradas as habilidades e capacidades perceptivas e cognitivas humanas, assim como os aspectos ligados à tarefa a ser desenvolvida. Levando-se em consideração estas características é possível conceber sistemas e "software" adaptados aos usuários e suas tarefas." (Ulbricht, 1993)

Assim, num sistema inteligente de ensino auxiliado por computador, por exemplo, a ergonomia pode ser empregada: "no momento da concepção do sistema, na escolha de suas interfaces e nas condições de utilização desse sistema." (Santos, 1990).

Segundo Goutaz (1990), o modelo conceitual é uma representação mental, que depende estreitamente do conhecimento já adquirido e da compreensão da situação a ser representada. Este modelo é incompleto e impreciso, apesar de ser um guia essencial do comportamento e evolui com a experiência. O autor distingue duas formas de modelo, na utilização de uma ferramenta não informatizada: o *modelo de concepção* e o *modelo do usuário*. No caso de a ferramenta ser um computador um outro modelo pode intervir que é o caso do *modelo que um «software» inteligente elabora para representar o usuário*. Este modelo será a base das interfaces capazes de evoluir dinamicamente em função das características e do estado mental do indivíduo.

O *modelo de concepção* é o modelo conceitual da ferramenta, que tem como objetivo principal auxiliar o usuário a desenvolver uma série de tarefas. Este modelo é resultado de um estudo aprofundado das necessidades, possibilidades e limitações do usuário.

O *modelo do usuário*, é uma representação mental, que o usuário elabora, a respeito da ferramenta, e é resultado da interpretação que o usuário faz da imagem da ferramenta. A imagem de uma ferramenta é sua representação física, ou seja, sua interface de utilização. Cabe ao projetista definir uma imagem que seja explícita, coerente e inteligível, permitindo ao usuário a construção, no decorrer da interação com a ferramenta, de um modelo compatível com o modelo de concepção.

A figura 28 situa as diversas classes de modelos conceituais e mostra a função central da imagem, passagem entre o mundo físico do sistema informático e o mundo psicológico do usuário, que são expressos por uma linguagem específica. É a imagem que vai permitir a passagem entre estas duas linguagens, o que não é, na maioria das vezes, feita de maneira fácil.

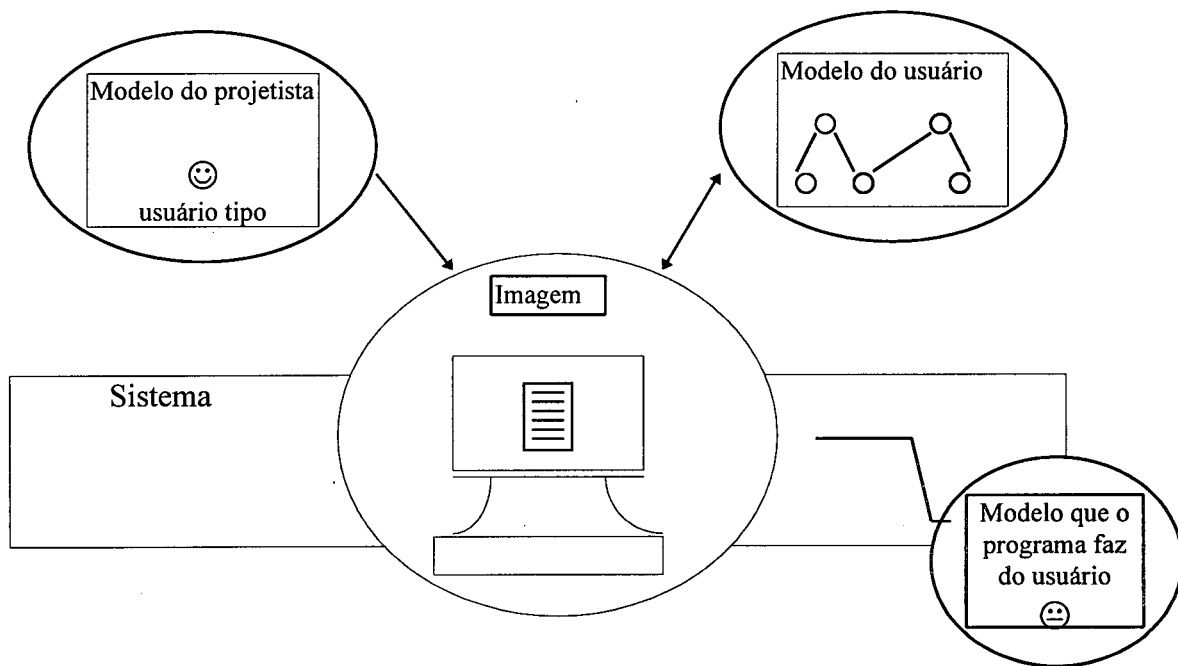


Figura 28 - Modelos conceituais e noção de imagem
Fonte: Goutaz, 1990, p. 45

Será função da *ergonomia cognitiva* analisar as características internas do "software", otimizando o esforço despendido pelo aluno ao realizar um estudo. Num sistema EIAC os conceitos mais relevantes que devem ser considerados são:

- flexibilidade na utilização do "software", permitindo que vários alunos o utilizem corretamente, desde os iniciantes aos mais especialistas;
- simplicidade nas respostas fornecidas ao estudante, melhorando desta forma a eficiência do sistema;
- distinção entre as tarefas prescritas das realizadas pelo aluno, levando-se em conta as características cognitivas individuais;
- utilização das características da memória de curto termo, permitindo o encadeamento das ações;
- desenvolvimento de automatismo para a utilização do "software", a fim de que o estudante utilize de forma muito reduzida seus processos conscientes, liberando-os para as tarefas mais complexas da aprendizagem. (Ulbricht, 1993)

Caberá à *ergonomia de interfaces* o estudo de como as informações serão apresentadas ao estudante. Com relação à parte externa do "software", também vários aspectos devem ser considerados:

- como um sistema é, na maioria das vezes, desenvolvido por mais de uma pessoa, é importante que sejam observadas regras de homogeneidade para as interfaces, de forma que o diálogo com o estudante não apresente variações;
- é necessário que seja levada em consideração a lógica de utilização do estudante, feita a partir da tarefa que será realizada;
- tratamento de erros com relação à utilização do sistema, enviando mensagens que possam tirar as possíveis dúvidas, auxiliando a encontrar a resposta correta.

Como a ergonomia procura garantir produtos e sistemas adaptados às habilidades de quem os utiliza e apropriados à tarefa que as pessoas desempenham, tem como objetivo último um compromisso entre a eficiência e desempenho do sistema de um lado e saúde e satisfação dos usuários por outro. Para garantir este objetivo, torna-se necessário realizar uma análise da atividade que o aluno desenvolve. Na prototipagem, coloca-se o estudante realizando suas tarefas e das observações "in loco" recolhem-se dados de como as informações são utilizadas, sua ordem, as que faltam, as inúteis e as que eventualmente induzem a erros. Da mesma forma são colhidas informações sobre as operações efetuadas, seu encadeamento, suas dificuldades, tipos, frequências, além de possíveis causas dos erros cometidos. Com estes dados faz-se a identificação da lógica de utilização do sistema, baseada na representação do ambiente de trabalho. (Ulbricht, 1993)

É importante distinguir a ergonomia do « software » da ergonomia da programação. A ergonomia dos «software » ocupa-se da interação entre o « software » e seus usuários, enquanto a ergonomia da programação, trata do trabalho mental realizado pelos programadores, onde um de seus objetivos é a determinação de métodos eficazes para aprender a programar bem como analisar o trabalho dos programadores para detectar as principais dificuldades, quer para os iniciantes como para os especialistas.

Um « software » ergonômico não é necessariamente um « software » que apresente bonitas telas mas é aquele que está o mais adaptado possível para o desenvolvimento das tarefas as quais é destinado, bem como para atender as características dos usuários.

Segundo Sperandio (1988) pode-se distinguir quatro níveis de compatibilidade, quer seja em relação à tarefa como aos usuários:

- ♦ as funções que o « software » deve possuir;
- ♦ adequação aos modelos de representação mental dos usuários;
- ♦ as modalidades de diálogos com o usuário;
- ♦ a codificação das informações (notadamente a apresentação na tela do monitor).

Para o autor uma das principais dificuldades para se otimizar um « software » é a definição do usuário-tipo. Diversos tipos de usuários, desde os mais especialistas àqueles que nada conhecem sobre o assunto, ou ainda sobre informática, podem utilizar o mesmo « software », e o vão fazer de forma completamente diferente. Por outro lado, um mesmo « software » pode ser utilizado para tarefas e finalidades diferentes.

Para avaliar o grau de compatibilidade de um « software » com relação à tarefa e ao usuário, diferentes critérios devem ser considerados como:

- ♦ duração das tarefas que o usuário deve e pode efetuar com o sistema;
- ♦ duração da aprendizagem necessária para efetuar um conjunto de tarefas dadas;
- ♦ a facilidade de utilização sem aprendizagem;
- ♦ a tolerância do sistema aos erros dos usuários;
- ♦ a facilidade de modificação das ações já iniciadas;
- ♦ o tempo necessário para a execução de um conjunto de tarefas;
- ♦ o número e a gravidade dos erros feitos pelo usuário;
- ♦ adaptabilidade para novas tarefas;
- ♦ aceitabilidade pelo usuário. (Sperandio, 1988)

De forma análoga, diferentes critérios servirão para avaliação e escolha de « software », podendo-se distinguir diferentes níveis:

- ♦ o plano das *funcionalidades*, que é o mais profundo referindo-se principalmente a adaptação à tarefa. O primeiro objetivo de uma intervenção ergonômica com relação a um « software », deve ser a de contribuir para identificar o conjunto de tarefas que este « software » deverá atender assim como as facilidades que irá proporcionar. Seu grau de compatibilidade está em função da execução das tarefas que o usuário poderá efetuar com o sistema;

- ♦ o plano de adequação às *representações mentais* dos usuários, diz respeito ao modelo do « software » e da tarefa. A utilização de um « software » não deve exigir que o usuário tenha uma representação exata e exhaustiva da melhor forma de utilização do programa. O ideal, é um sistema que permita uma utilização sub-ótima para os não informáticos e usuários ocasionais e uma utilização ótima para os usuários experientes. Uma representação parcial pode entretanto se revelar insuficiente para atender a certos objetivos. É necessário guiar os neófitos passo a passo, mas não impor este tratamento aos demais. As funções e ajuda « on line » não devem ser apenas páginas de um livro que aparecem no monitor, mas devem ser verdadeiros diálogos com o usuário em dificuldade;

- ♦ o terceiro nível é o das *modalidades de diálogo* entre o usuário e o computador via « software ». « Menus » de múltipla escolha, deslisantes ou não, arborescentes, designação por ícones, janelas, diálogos dirigidos pelo computador, formato livro, etc. são formas de apresentação da informação com vantagens e inconvenientes. A melhor escolha dependerá do tipo de tarefa, do treinamento dos usuários e de suas habilidades anteriores. O ideal (nem sempre possível) é oferecer sistemas ótimos para diferentes categorias de situações ou de pessoas. Alguns princípios básicos devem ser seguidos para a otimização dos diálogos:

- o usuário deve poder sempre retomar o controle das ações em curso;

- toda ação feita pelo usuário deve poder ser anulada sem perigo de perda do trabalho em curso, remetendo o sistema para o estado anterior;

- proteger o usuário contra suas ações destrutivas ou ao menos o alertar que o comando utilizado destruirá dados;

- os « menus » não devem ter solução universal;

- os « menus » não devem ser muito longos nem muito arborescentes;

- os tempos de atendimentos longos e sobretudo irregulares são fatores de erros;
- se um tempo de atendimento longo é inevitável, explicá-lo por uma mensagem explícita.

Os recursos dos ícones facilitam a compreensão das entidades manipuladas e diminui o esforço da aprendizagem inicial;

♦ o último nível apresentado e o mais aparente é aquele da *codificação das substituições*. Para designar as entidades manipuláveis, é necessário escolher um vocabulário adaptado às tarefas e aos usuários, os figurinos devem possuir significação para os usuários. As abreviações utilizadas no sistema não devem ser difíceis de compreensão e nem devem induzir confusões. Os códigos especiais como « beep » sonoros, o pisca-pisca, etc. tiram a atenção mas podem ser utilizados para a obtenção de eficiência. A utilização de cores deve ser cautelosa pois nem todos usuários as vêem da mesma forma. É necessário reduzir o número de cores utilizadas simultaneamente e evitar as cores situadas nas extremidades do espectro. A forma de estruturar a apresentação das informações também é muito importante: uma boa apresentação (zonas bem escolhidas, bem separadas e bem dispostas uma em relação a outra) facilita a aprendizagem e diminui o tempo de exploração visual, resultando em ganho de tempo e menor fadiga. Sempre que possível, deve ser mantida a coerência e a homogeneidade de uma parte com as diferentes apresentações, bem como de uma página com relação à outra. Da mesma forma deve ser mantida a coerência com relação ao vocabulário, aos gráficos e às cores utilizadas (Sperandio, 1988).

Sob esta ótica foi proposto por Mielke (1991) o Modelo Teórico que é composto por quatro módulos, conjunto de nós, arquivo de controle, avaliação do estudante, modelo do estudante e um programa de controle (figura 29).

4.2.1 As Linhas Gerais da Fundamentação Teórica do Ambiente Proposto

A influência e emprego da informática no ensino tendem a crescer, necessitando incorporar, urgentemente, princípios teóricos e metodológicos adequados a uma teoria de aprendizagem pela e para a inteligência.

Acredita-se que a educação tem por objetivos:

- ♦ formar pessoas capazes de fazer algo de novo, isto é, pessoas criativas, inventivas e descobridoras;
- ♦ formar mentes críticas, capazes de não aceitar tudo o que lhes é dito.

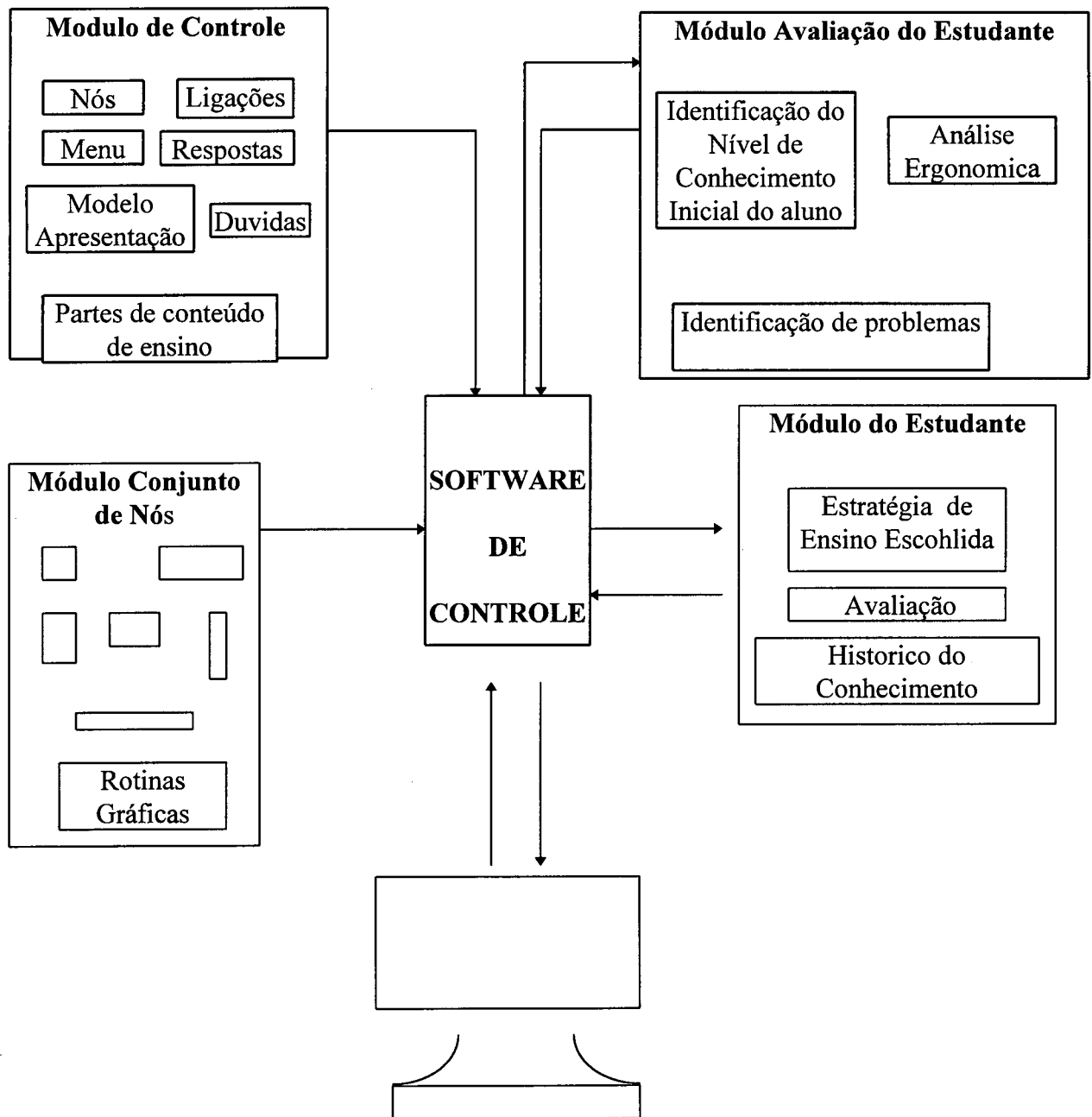


Figura 29 - Modelo do sistema EIA
Fonte: Ulbricht, 1992, p.87

Partindo dessas premissas, o conhecimento mais importante no ensino é aquele produzido pelo aluno, tendo o professor a função de levar o educando a refletir em níveis cada vez mais elevados. O ensino terá um bom nível, quando estimular o aluno a pensar, raciocinar e resolver problemas, sendo seus erros tratados como hipóteses que devem ser testados e analisados, verificando onde houve o desvio do pensamento lógico.

Apesar de Jean Piaget não ter desenvolvido nenhuma teoria pedagógica, propõe-se que os sistemas EIAE tenham como fundamento sua teoria epistemológica, onde o pensamento seja a base em que se fundamenta a aprendizagem.

Segundo Aebli (1971), para Piaget a atividade intelectual visa sempre um estado de equilíbrio. Após assimilar conhecimentos novos o indivíduo tende a acomodá-los, modificando suas estruturas mentais. "A tarefa do mestre consiste, então, em criar situações psicológicas tais que o aluno possa construir as operações que deve adquirir. Deve apelar para os esquemas anteriores de que dispõe o aluno, e a partir destes, desenvolver a nova operação". (Piaget & Inhelder, 1993)

É importante ter-se claro que, o que um indivíduo pode aprender e como ele aprende está intimamente ligado aos modelos que tem disponíveis, e a forma de como aprendeu estes modelos.

No modelo proposto será levado em consideração a integração do processo de aprendizagem e o que está sendo aprendido.

É necessário deixar claro que esta proposta não pretende abolir as aulas práticas, pois isto implicaria retirar do aluno a possibilidade de desencadear as ações que culminam na construção de seu conhecimento, nem tampouco substituir o professor pelo computador, pois seu papel de orientador, intervindo nos momentos necessários, só pode ser feito por um ser humano. O que se pretende é introduzir o computador como ferramenta auxiliar na tarefa do professor, que deve ser utilizado principalmente para o auto-nivelamento do aluno e no ensino à distância.

A utilização da hipermídia como *ferramenta cognitiva* « baseia-se na visão holística do conhecimento e de suas características de interconectividade e de interdependência de domínios. Do ponto de vista pedagógico, pressupõe que o raciocínio intuitivo, a exploração, a participação ativa e o controle sobre este processo sejam condições essenciais para a formação do pensamento produtivo. Rejeita a idéia do aluno como receptáculo dos conhecimentos e experiências do professor e assume a não linearidade do processo de aprendizagem » (Ritto, 1995, p. 75).

Para a modelagem do ambiente hipermídia voltado a aprendizagem diversas hipóteses foram estabelecidas.

4.2.2 Hipótese Geral

O modelo do ambiente hipermídia proposto auxiliará o aluno na construção do espaço projetivo.

4.2.3 Hipótese Subjacente

O desenvolvimento tecnológico exige que o ser humano tenha cada vez mais habilidade cognitiva para operação em sistemas complexos, o que implica também no desenvolvimento de seu espaço projetivo.

4.2.4 Hipóteses de Trabalho

O ambiente hipermídia para a construção do conhecimento em Geometria Descritiva deve possuir as seguintes características:

- ♦ atende as diferenças individuais;
- ♦ melhora a qualidade da aprendizagem de Geometria Descritiva;
- ♦ possibilita ao estudante a construção de seu próprio conhecimento de forma facilitada;
- ♦ facilita o desenvolvimento do raciocínio espacial.

4.3 Metodologia para a Modelagem do Ambiente

A metodologia utilizada para a concepção do modelo do ambiente hipermídia para a construção do conhecimento em Geometria Descritiva passou pelas etapas seguintes:

- ♦ revisão da literatura, onde foram abordados três temas: a teoria do conhecimento de Piaget, onde pode-se destacar a psicogênese das noções espaciais; os ambientes hipermídia para a aprendizagem; e o ensino à distância. Estes temas forneceram a fundamentação teórica do modelo proposto;
- ♦ definições conceituais do ambiente hipermídia, bem como as definições sobre a estrutura e forma de apresentação da hipermídia (fluxograma, telas iniciais, metáfora utilizada, apresentação do programa, etc.) que serão apresentados no capítulo VI;
- ♦ planejamento e desenvolvimento da interface do ambiente, que procura atender aos seguintes fatores: consistência, simplicidade, orientação precisa e liberdade de ação;
- ♦ desenvolvimento do sistema especialista para determinar o conhecimento inicial do estudante com relação aos conhecimentos básicos da Geometria Descritiva (Ulbricht, 1993, 1994);
- ♦ desenvolvimento do conteúdo relativo a Projeção Cilíndrica Ortogonal, num ambiente hipermídia, uma vez que é o item inicial dos conteúdos básicos de Geometria Descritiva (Ulbricht, 1992).

4.3.1 Identificação das variáveis

Para atingir as metas propostas determinou-se quatro variáveis:

- ♦ Qualidade de conhecimento
- ♦ Variabilidade intra e inter-individual.
- ♦ Construção do próprio conhecimento
- ♦ Desenvolvimento do raciocínio espacial.

Sendo estas variáveis de difícil mensuração, outras variáveis foram estabelecidas e identificadas por classes e dizem respeito às questões propostas aos estudantes. Desta forma serão consideradas as seguintes classes:

- ♦ *variáveis relativas à existência* de uma sub-figura, possuem uma propriedade característica e tratam sobre a existência de pontos, retas paralelas, retas concorrentes, ponto de interseção, reta interseção, etc.;

- número de acertos sobre a existência de um ente geométrico;
- número de erros sobre a existência de um ente geométrico;

- ♦ *variáveis determinantes* são aquelas que tratam da determinação de uma instância, como por exemplo: ponto de concorrência, reta interseção, reta paralela a uma reta, etc.;

- número de acertos com relação à determinação de um ente geométrico;
- número de insucessos com relação à determinação de um ente geométrico;

- ♦ *variáveis de comprometimento* são aquelas determinadas por questões do tipo « você sabe determinar a interseção destes planos? », « você sabe fazer a é pura da figura? », « você é capaz de mudar a posição desta reta ? » (Nota: para estas três categorias de variáveis será identificado o intervalo de tempo que separa o momento do questionamento ao da resposta do aluno (sim ou não);

- número de acertos sobre o real comprometimento do aluno ;
- número de respostas negativas sobre o real comprometimento do aluno;

♦ *variáveis relativas à significação da resposta* (por vezes uma resposta afirmativa do aluno significa uma negação, como quando o problema é devolvido ao aluno). Estas variáveis são:

- tempo de acesso feito pela primeira vez, «sim » significativo;
- tempo que separa duas respostas « sim-não » relativo ao comprometimento do aluno;
- número de retorno imposto pelo sistema;
- número de retorno à exploração da figura (voluntário ou não).

4.3.2 Definição conceitual e operacional das variáveis

A qualidade do conhecimento será verificada pela capacidade do aluno de realizar a generalização do conhecimento adquirido. Sua medida será realizada, levando-se em consideração os exercícios relativos a identificação de épuras e de vistas ortográficas, comparando, nestes exercícios, o número de acertos sobre a existência de um ente geométrico, o número de acertos com relação a determinação de um ente geométrico, e o número de retorno voluntário à exploração da figura.

As diferenças individuais serão medidas pela comparação do número de acertos e erros com relação à existência e à determinação de um ente geométrico, e principalmente com relação ao real comprometimento do aluno, o número de retorno imposto pelo sistema, número de retorno involuntário à exploração da figura, tempo que separa duas respostas « sim-não ».

A construção do conhecimento será observada por seu desenvolvimento com relação ao assunto abordado (Geometria Descritiva), sendo medida pelo número crescente de acertos, quer seja com relação às variáveis relativas à existência de uma sub-figura, ou em relação às variáveis determinantes e às variáveis de comprometimento.

O desenvolvimento do raciocínio espacial será verificado pela agilidade de raciocínio e pela capacidade de fazer a reversibilidade (espaço- épura; épura-espaço)., sendo medido pelo número de consultas à operação inversa daquela que o aluno está realizando.

4.4 Originalidade

A revisão bibliográfica realizada mostrou que a maioria das pesquisas nesta área, desenvolve tutoriais que têm como preocupação maior a transmissão de um determinado conteúdo. Porém existe um número menor de pesquisas, que sendo fundamentadas nos trabalhos de Piaget, buscam desenvolver no aluno: a capacidade de aprender; o pensamento abstrato e o pensamento lógico dedutivo.

Destas pesquisas, aquelas que mais atenção chamaram, e que deram embasamento a este trabalho foram as de: Beltran (1991; 1993); Scheneider (1993); e Baulac (1991). O modelo do que será apresentado no capítulo seguinte procurou incorporar as três pesquisas. Possui a arquitetura geral do sistema hipermídia, proposta por Beltran (1993) onde foi acrescentado no sistema de controle, na unidade relativa à aprendizagem, cinco agentes pedagógicos. Incorporou do MEMOLAB-ETOILE (Scheneider, 1993) o modelo de descoberta guiada como intermediador entre o tutor e o micromundo. Por último, de Baulac (1991) utilizou o módulo demonstração e o módulo exploração da figura.

Ao unir as três pesquisas, procurou-se definir um ambiente hipermídia de construção do conhecimento em sua totalidade e não somente partes isoladas deste. A definição dos princípios norteadores de tal ambiente, facilitará sobremaneira o desenvolvimento do protótipo.

Com relação à Geometria Descritiva, as pesquisas em andamento são raras e referem-se ao desenvolvimento de instrumentos que possam auxiliar a visualização espacial ou ainda ao resgate de conteúdos que se perderam no tempo. Não existe, segundo a pesquisa bibliográfica realizada, qualquer trabalho que vise o desenvolvimento de um ambiente computacional construtivista que permita a elaboração do espaço projetivo e, conseqüentemente, da visualização espacial.

4.5 Contribuição no Campo do Conhecimento

O trabalho contribuirá em dois campos distintos:

- ♦ primeiramente, na compreensão e no desenvolvimento da representação do espaço, principalmente do espaço projetivo, imprescindível para aqueles que trabalham com a relação espaço-forma;
- ♦ num segundo momento, no desenvolvimento de ambientes hipermídia de aprendizagem com suporte cognitivista, permitindo que sejam utilizados em sistemas de ensino à distância, cada vez mais voltados ao estudante e à construção do conhecimento.

CAPÍTULO V

O DESENVOLVIMENTO DO MODELO PROPOSTO: A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO EM GEOMETRIA DESCRITIVA

5.1 Introdução

Como foi visto no capítulo III, a grande maioria dos ambientes de aprendizagem assistidos por computador, que estão sendo desenvolvidos, procuram realizar um ensino individualizado, adaptando o ambiente ao estudante, sendo que para tanto elaboram um modelo de aluno que contém as informações próprias a este aluno. Nestes ambientes este modelo é estático, uma vez que o sistema não pode modificar seu conteúdo.

Neste trabalho procurar-se-á trabalhar com modelos dinâmicos, onde o sistema, através da interação com o aluno, permita a aquisição de novos conhecimentos, modificando seus conhecimentos anteriores.

Para alcançar este objetivo, diferentes formalismos de Inteligência Artificial podem ser utilizados, como redes semânticas, regras de produção, planos, algoritmos, assim como outros formalismos. A escolha do tipo de representação que deve ser utilizada vai depender do tipo de conhecimento que se quer transmitir (factual ou operatório) e do tipo de interação do sistema com o estudante.

Considerando o nível do processo de resolução de tarefa, procurar-se-á construir um dispositivo adaptado à aprendizagem e a uma determinada situação. Parece trivial afirmar que é mais fácil aprender alguma coisa que possui uma significação para aquele que aprende. O professor deve dar um sentido ao conteúdo que deseja que seja compreendido pelos estudantes, isto é, deve seguir três princípios apresentados a seguir (Gaonac'h, 1995):

- ♦ *deve apresentar as informações de forma organizada*, para que a informação possa ser integrada na rede conceitual, sendo melhor compreendida, estudada e memorizada;
- ♦ *deve ligar as novas informações aos conhecimentos já adquiridos*, determinando o grau de explicitação das informações, pois muitos detalhes pode fatigar ou entediar e poucos detalhes podem levar à incompreensão, uma vez que impossibilitam a ligação das novas informações aos pré-requisitos adequados, ou pior que ativam representações errôneas. Dessa forma os mal entendidos se instalam e podem durar muito tempo;
- ♦ *deve devolver as informações para que elas possam ser conectadas a outras informações e serem utilizadas em outros contextos*. Muitos de nossos conhecimentos estão inertes, sem qualquer ligação com outros conhecimentos que possam permitir uma utilização flexível em novos contextos.

As técnicas pedagógicas que se fundamentam nestes princípios são:

- ♦ *os esquemas*, que são conhecimentos (notadamente aqueles que utilizam uma representação relacional ou hierárquica dos conceitos) estocados na memória de longo termo e mobilizáveis em tarefas como ferramenta cognitiva para guiar os tratamentos de informação. Existem diversos tipos de esquemas, como: os « *scripts* » (esquemas de situações, que são ativados na memória quando um certo número de elementos corresponde a uma situação, facilitando a elaboração da informação que falta; e *as super estruturas textuais* (esquemas que descrevem as relações entre diversos protagonistas, um objetivo a atender e os resultados das ações desenvolvidas para alcançar o objetivo. Por experiência o indivíduo constrói um conhecimento canônico dos diferentes componentes do relato.);
- ♦ *as analogias*, que são um tipo de raciocínio que consiste em « chamar » uma situação conhecida tida como análoga da situação a tratar. A situação conhecida é a *fonte* e a situação a tratar é o *alvo ou objetivo*. Neste tipo de raciocínio são consideradas as inferências válidas na situação fonte para serem transferidas à situação alvo;
- ♦ *utilização sistemática de organizações avançadas*, informações iniciais que levam a uma orientação preliminar , permitindo incorporar os novos conteúdos nos esquemas já estruturados.

A nível de processo o problema abrangerá a modelagem de um agente pedagógico que se assemelha ao trabalho do aluno ao mesmo tempo em que concebe um processo de construção de um modelo de aluno.

Para a concepção da interface utilizar-se-á de metáfora que, segundo Coutaz (1990), na interação homem-computador é considerada como estimulante de inferências, que permite a identificação de elementos comuns, e também das diferenças entre noções conhecidas e as menos conhecidas. Segundo esta autora, as interfaces que reproduzem o mundo real são, provavelmente, facilitadoras da aprendizagem (uma vez que se aceite a hipótese de que o pensamento acontece por metáforas) e sem sombra de dúvida definem um estilo de interação, constituindo-se na unidade de coerência geral para a imagem.

O desenvolvimento de ambiente de aprendizagem auxiliado por computador não é somente um problema de engenharia, uma vez que procura contribuir para a compreensão e a modelagem dos processos de aprendizagem, determinando as condições que favorecem esta aprendizagem. Este trabalho, considerará a evolução dos conhecimentos de referência.

A escolha da melhor representação a ser utilizada no sistema vai depender do tipo de conhecimento a transmitir e do tipo de interação que será estabelecida entre o aluno e o sistema.

No presente caso o aluno deve adquirir conhecimentos de Geometria Descritiva, logo trata-se de um conhecimento de natureza operatória, onde o aluno deverá saber aplicar os teoremas e definições da geometria plana e espacial.

5.2 O VISUAL GD

VISUAL GD é a denominação dada ao modelo do ambiente de aprendizagem auxiliado por computador aplicado à Geometria Descritiva, que tem como objetivo principal o desenvolvimento do raciocínio espacial no estudante, permitindo que o aluno construa seu conhecimento relativo aos conceitos básicos da disciplina.

Para garantir a coerência da interface deste ambiente e torná-lo o mais amigável possível, logo, mais próximo da vida profissional que os estudantes terão após concluírem seus cursos, utilizou-se a metáfora de escritório de projetos. Assim o **VISUAL GD** desenrola-se em um escritório de projetos, onde os profissionais ligados a área, deverão desenvolver o projeto solicitado pelo cliente. O estudante assume o papel de um destes profissionais e procura satisfazer a demanda que é um problema da área de estudo do aluno. Assim, se um aluno é do curso Engenharia Civil, o problema proposto é um projeto arquitetônico, se por outro lado, estiver cursando a Engenharia Mecânica o projeto será o de uma peça mecânica. No ambiente proposto, foram previstas 7 áreas de atuação (Eng. Civil, Eng. Mecânica, Eng. Elétrica, Arquitetura, Design, Matemática e Outros). O aluno ao preencher seu cadastro, fornece sua área de atuação e o sistema o encaminhará para a área de seu interesse (figura 30).

Figura 30 - Tela do cadastro no **VISUAL GD**

Ainda no cadastro, o sistema pergunta, ao estudante se ele já estudou Geometria Descritiva. Se o aluno responder negativamente será encaminhado para o início do estudo. Em caso contrário responderá a uma Sondagem de Conhecimentos de Geometria Descritiva, que é um sistema especialista que fornecerá ao sistema os conteúdos que o aluno domina. Desta forma o **VISUAL GD** sugere ao aluno por onde poderá iniciar seu estudo. A decisão de seguir ou não a orientação do programa fica a critério do aluno.

À medida que as dúvidas surgem o aluno procura resolvê-las, revisando ou adquirindo os conceitos relativos ao conteúdo básico da Geometria Descritiva, consultando a biblioteca e realizando os exercícios que complementam o conhecimento.

No escritório estão os elementos comuns ao ambiente (biblioteca, prancheta, instrumentos de desenho, mesa, telefone, computador, etc.). A tela do monitor assume a forma de uma prancheta, com régua paralela, e será sobre a prancheta que o projeto será desenvolvido sem que o aluno necessite desenhar. Na régua paralela estarão os botões para seguir para as páginas seguinte e anterior, impressão, sair e retorno ao escritório além de uma caixa de ferramentas. Na caixa de ferramentas o aluno terá à disposição alguns botões que o auxiliarão na tarefa em curso. (Figura 31 e Figura 32).

Num primeiro momento, bastará que o estudante correlacione épura e espaço. Em um segundo momento o aluno poderá utilizar « software » CAD para o desenvolvimento do projeto solicitado. Neste estágio caberá ao professor fazer a correção do exercício. O terceiro estágio será permitir que o sistema faça a correção do desenho, quando então o sistema estiver dotado de conhecimento suficiente para realizar esta tarefa.

5.3 Sistema Especialista para detectar o conhecimento inicial do aluno frente aos Conteúdos Básicos da Geometria Descritiva

Para que o sistema possa realizar a análise do comportamento do estudante é necessário que seja determinado seu conhecimento inicial com relação aos conteúdos de Geometria Descritiva para que, a partir destes conhecimentos, possa ser avaliada a evolução do aluno.

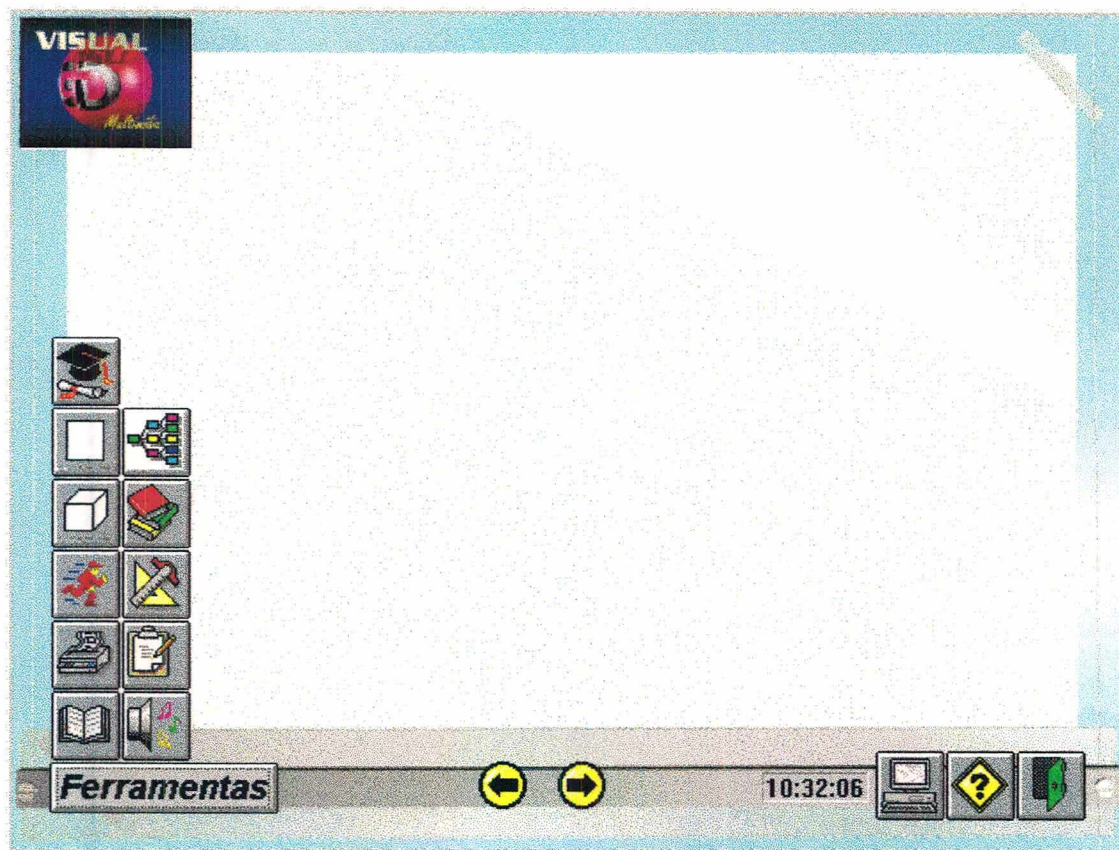


Figura 31- Metáfora da prancheta

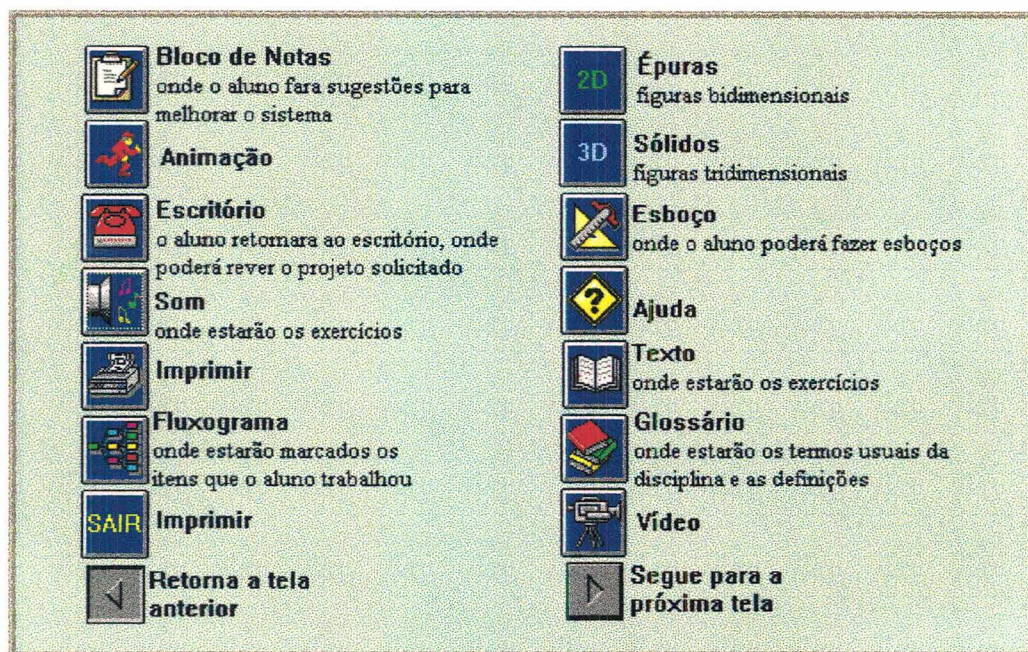


Figura 32- Significado dos botões

Para tanto, foi desenvolvido um sistema especialista denominado de *Sondagem* (Ulbricht, 1993, 1994).

No desenvolvimento do protótipo do sistema especialista, *Sondagem*, utilizou-se, como ferramenta auxiliar, o « software » Kappa.

As informações utilizadas foram modeladas de acordo com a taxonomia de "Frames" apresentada na figura 33, além de 37 regras elaboradas com o objetivo de avaliar o desempenho do aluno.

Na *Sondagem*, primeiramente, foram solicitados o nome do aluno e o curso ao qual pertence. A seguir foram feitas perguntas sobre os conceitos básicos de Geometria Descritiva. Sucessivamente, o aluno forneceu respostas sobre: projeção cilíndrica ortogonal, épura, linha de terra, diedro, linha de chamada, verdadeira grandeza, planos de projeção, pertinência de ponto a reta, plano e traço de plano. Além disso, foram questionados seus conhecimentos sobre características dos planos, conceitos de paralelismo, concorrência e reversibilidade de retas e traço de reta.

Uma vez respondidas estas questões, foi possível estabelecer um diagnóstico do aluno em questão, assim como o seu desempenho. Desta forma, obtém-se um conjunto de conhecimentos iniciais a respeito do estudante que, quando adaptado ao ambiente hipermídia completo, poderá detectar evoluções de seu comportamento e dirigir o processo de aprendizagem.

Utilizando-se o encaminhamento para frente, o processo de inferência avalia o desempenho do aluno, que pode ser: ótimo, bom, fraco ou medíocre, dependendo das respostas fornecidas ao sistema. O aluno terá desempenho ótimo quando o número de acertos estiver no intervalo [9,11], será bom quando seu escore pertencer a um intervalo [6,9), fraco quando seu escore estiver no intervalo [4,6) e, finalmente, medíocre quando seu escore estiver no intervalo [0,4), sendo que foi feito um total de 33 questões.

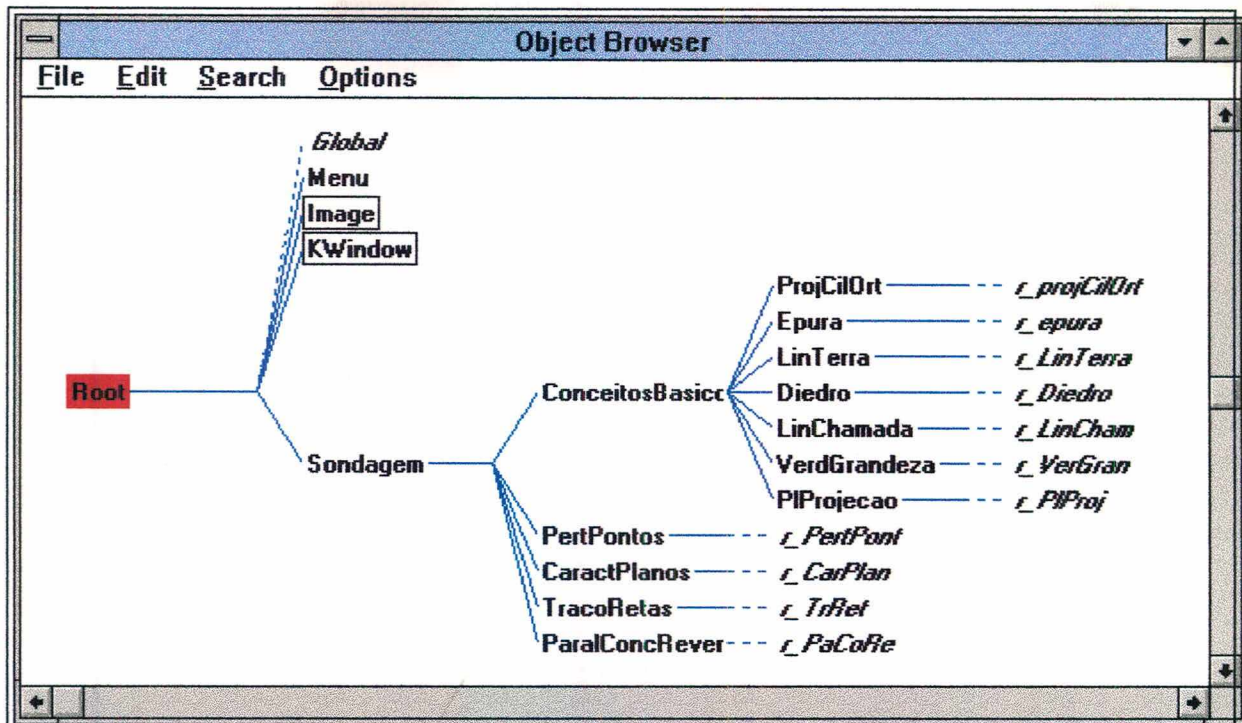


Figura 33 - Taxonomia de frames da *Sondagem*

Visual GD - Avaliação de Desempenho

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO USUÁRIO

Nome do Aluno: José Soares Neto

SONDAGEM

<p>Questão 1:</p> <p>A: Certo</p> <p>B: Certo</p> <p>C: Errado</p> <p>D: Errado</p> <p>E: Certo</p>	<p>Questão 2:</p> <p>A: Certo</p> <p>B: Errado</p> <p>C: Certo</p>	<p>Questão 3:</p> <p>A: Certo</p> <p>B: Certo</p> <p>C: Certo</p>	<p>Questão 4:</p> <p>Certo</p>
<p>Questão 5:</p> <p>Errado</p>	<p>Questão 6:</p> <p>Errado</p>	<p>Questão 7:</p> <p>A: Errado</p> <p>B: Certo</p> <p>C: Certo</p>	<p>Score Obtido:</p> <p>11/17</p> <p>Desempenho:</p> <p>Bom</p>

Visual GD logo

Menu Anterior Próxima Sair

Figura 34 - Tela do *VISUAL GD* com avaliação do aluno



Figura 35 - Tela do **VISUAL GD** com a avaliação da turma

Baseando-se no desempenho, fornecido pela etapa de sondagem, o sistema recomenda ao aluno o nível em que deverá iniciar seu estudo. Também apresenta ao professor o perfil da turma de alunos que mostra as deficiências da turma em termos numéricos: para cada tipo de erro cometido são apresentados quantos alunos o cometeram na sondagem, permitindo a reavaliação das questões.

Na *sondagem*, utilizou-se um ambiente híbrido para o desenvolvimento de Sistemas Especialistas, baseado em "Frames" e Regras de Produção.

Os "Frames" foram usados para modelar as informações sobre as questões formuladas aos alunos. Suas instâncias representam as respostas dos alunos àquelas questões. As Regras de Produção, por sua vez, foram utilizadas para inferenciar o desempenho do aluno. Para exemplificar, mostra-se a seguir o "Frame" Projeção Cilíndrica Ortogonal e a Regra de Produção relativa a este conceito:

```

Frame ProjCilOrt {
    superclasse = ConceitosBasicos
    atributo 1 = item 1, valor [ desconhecido, falso, verdadeiro ]
    atributo 2 = item 2, valor [ desconhecido, falso, verdadeiro ]
    atributo 3 = item 3, valor [ desconhecido, falso, verdadeiro ]
    atributo 4 = avaliação, valor [ errada, correta ]
}

```

Onde item 1, item 2 e item 3 representam os enunciados das questões sobre Projeção Cilíndrica Ortogonal.

```

Regra de Produção
If:
    r_projCilOrt : item1 != verdadeiro and
    r_projCilOrt : item2 != verdadeiro and
    r_projCilOrt : item3 != verdadeiro;
Then:
    r_projCilOrt : avaliação = correta;

```

Com relação ao protótipo pode-se afirmar que ele reproduziu satisfatoriamente a forma de avaliação dos alunos, tendo boa receptividade por parte dos professores e um substancial aumento de motivação por parte dos alunos, que desejavam, antes de mais nada, utilizar o computador.

Para a implementação da *Sondagem* no **VISUAL GD**, devido à incompatibilidade dos programas, optou-se por implementá-la no ToolBook TM utilizando para tanto a linguagem Open Script

5.4 Modelos implementados no **VISUAL GD**

A nível mais geral foram implementados três modelos:

- ♦ *organizacional*, que descreve a organização na qual deve ser inserido o sistema;
- ♦ *funcional*, que descreve o funcionamento do sistema na organização;
- ♦ *conceitual*, que exprime a nível de conhecimento, os objetos, as interferências, as tarefas e as estratégias do sistema.

Como o ambiente proposto visa, sobretudo, a resolução de problemas, vários outros modelos foram considerados:

- ♦ *de concepção*, expresso dentro do formalismo informático;
- ♦ *da situação*, no qual o **VISUAL GD** deverá intervir explicitando sua função (modelo geral e descritivo);
- ♦ *de comunicação*; entre o **VISUAL GD** e o aluno, onde deve ser indicado como vai se processar a comunicação e definindo as linguagens de comunicação (modelo detalhado e descritivo).
- ♦ *relativo ao domínio dos problemas*, definindo objetos, conceitos, interferências, problemas, soluções (modelo detalhado e executável);
- ♦ *do agente pedagógico* (modelo detalhado e executável);
- ♦ *do aluno* (modelo detalhado e descritivo).

Deverá ser ressaltado o caráter cognitivo de cada um desses modelos o mais precisamente possível.

5.4.1 Modelo Organizacional

O ambiente proposto deverá ser primeiramente implantado na disciplina de Geometria Descritiva do Departamento de Expressão Gráfica (EGR), do Centro de Comunicação e Expressão (CCE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Esta disciplina é de primeira fase, logo os alunos que estarão nela matriculados acabaram de prestar o Concurso Vestibular (salvo os repetentes) estando em uma faixa etária de 17 a 19 anos (Ulbricht, 1988).

Este trabalho vai complementar a pesquisa desenvolvida no Departamento de Expressão Gráfica, de 1980 a 1984 que, apesar de proporcionar benefícios como: diminuição considerável do número de reprovações, maior autonomia do aluno, melhor qualidade no ensino (pois procurou-se desenvolvêr os aspectos relacionados ao desenvolvimento do raciocínio espacial dos alunos), maior criatividade na resolução de problemas e a modificação da atitude de alunos e professores frente ao ensino da matéria, não conseguiu motivar suficientemente o estudante nem diminuir o tempo necessário para o estudo do assunto. (Ulbricht, 1985).

Sabe-se, pela mesma pesquisa, que estes estudantes pertencem a uma faixa econômica média-alta. Porém ainda não se tem levantamento, se estes alunos já tiveram ou têm hábito de usar o computador em suas tarefas acadêmicas ou em suas vidas cotidianas. Logo o sistema deverá satisfazer os usuários iniciantes e aqueles com alguma experiência, quer seja com relação ao uso do computador ou com relação ao conteúdo a ser assimilado.

5.4.2 Modelo Funcional

O *VISUAL GD* pretende suprir as deficiências, com relação aos conteúdos básicos da Geometria Descritiva, dos alunos que ingressam nos Cursos de Engenharia, Arquitetura e Matemática da UFSC. Não se pretende abolir as aulas práticas, onde o estudante adquire os conhecimentos da disciplina com uso de modelos, fazendo experimentação e graficando com lápis e papel o conteúdo construído. O sistema funcionará como suporte, permitindo que o aluno utilize a ferramenta para suprir suas deficiências com relação ao assunto tratado e mesmo permitindo um desenvolvimento maior destes conteúdos.

Em um primeiro momento, durante a prototipagem, o aluno utilizará o laboratório criado para tal fim, mas no menor espaço de tempo possível o *VISUAL GD* será colocado na rede UFSC permitindo que o aluno o utilize sempre que sentir necessidade ou esteja motivado a prosseguir na aprendizagem dos conteúdos de Geometria Descritiva.

5.4.3 Modelo Conceitual

A fundamentação do modelo conceitual insere-se nos trabalhos que consideram que os ambientes hipermídias manipulam informações e conhecimento (Nanard, 1991; Beltran, 1991; Mayes, 1993; Rhéaume, 1991; Martin, 1992). A informação é o objetivo do aluno e o conhecimento corresponde aos dados e aos procedimentos informáticos que permitem chegar às informações.

A arquitetura do *VISUAL GD* é composta de três ambientes:

- ♦ hipermídia, encarregado de fazer a interação com o aluno, apresentando o conhecimento e realizando a pesquisa de informação. Este ambiente fará a interação de baixo nível e a gestão

dos elementos da interface como: « mouse »; teclado; sucessão de textos; seleção de botões; seleção de menus; etc.;

- ♦ dos tutores relativos ao conhecimento, que vai realizar o controle pedagógico e assegurar a seqüência de nós. Este ambiente se comunica unicamente com o ambiente de controle e recebe as informações abstratas (respostas, comportamentos, erros);

- ♦ um controle geral, que vai controlar os dois ambientes e é formado por:

- uma base de regras que contém as regras de prosseguimento (caminhos pré-definidos) e as de « breakpoints » que ativam os tutores a fim de diagnosticar e definir decisões importantes como por exemplo uma nova orientação pedagógica do curso;

- e uma unidade de aprendizagem que conterá os princípios básicos dos diferentes agentes pedagógicos (agente pedagógico I, II, III e IV), conforme esquematiza a figura 36.

A hipermídia foi gerada com o auxílio do « software » Asymetrix Multimídia Toolbook™ sob duas etapas sucessivas:

- a criação da rede de conhecimentos estrutural, que se assemelha a um sumário detalhado em uma estrutura « top-down », é apresentado em diagrama de chaves (Ulbricht, 1992; 1996) e cujo diagrama geral está representado pela figura 37.

Cada item deste diagrama corresponde a um nó (nó estrutural do hipertexto). As *âncoras*, são os títulos e subtítulos bem como os termos usuais da matéria (que estão no glossário). A principal maneira de *navegar* é ascender aos nós ‘seguinte’ e ‘precedente’, noções que são utilizadas na seqüência natural de qualquer obra impressa;

- a criação de uma rede conceitual baseada na semântica do texto e não somente em sua estrutura hierárquica.

Na prática a rede conceitual se superpõe à rede estrutural. O *nó de referência* de um conceito é o *nó estrutural* onde está sua definição.

A navegação entre os nós é feita por ligações que podem ser:

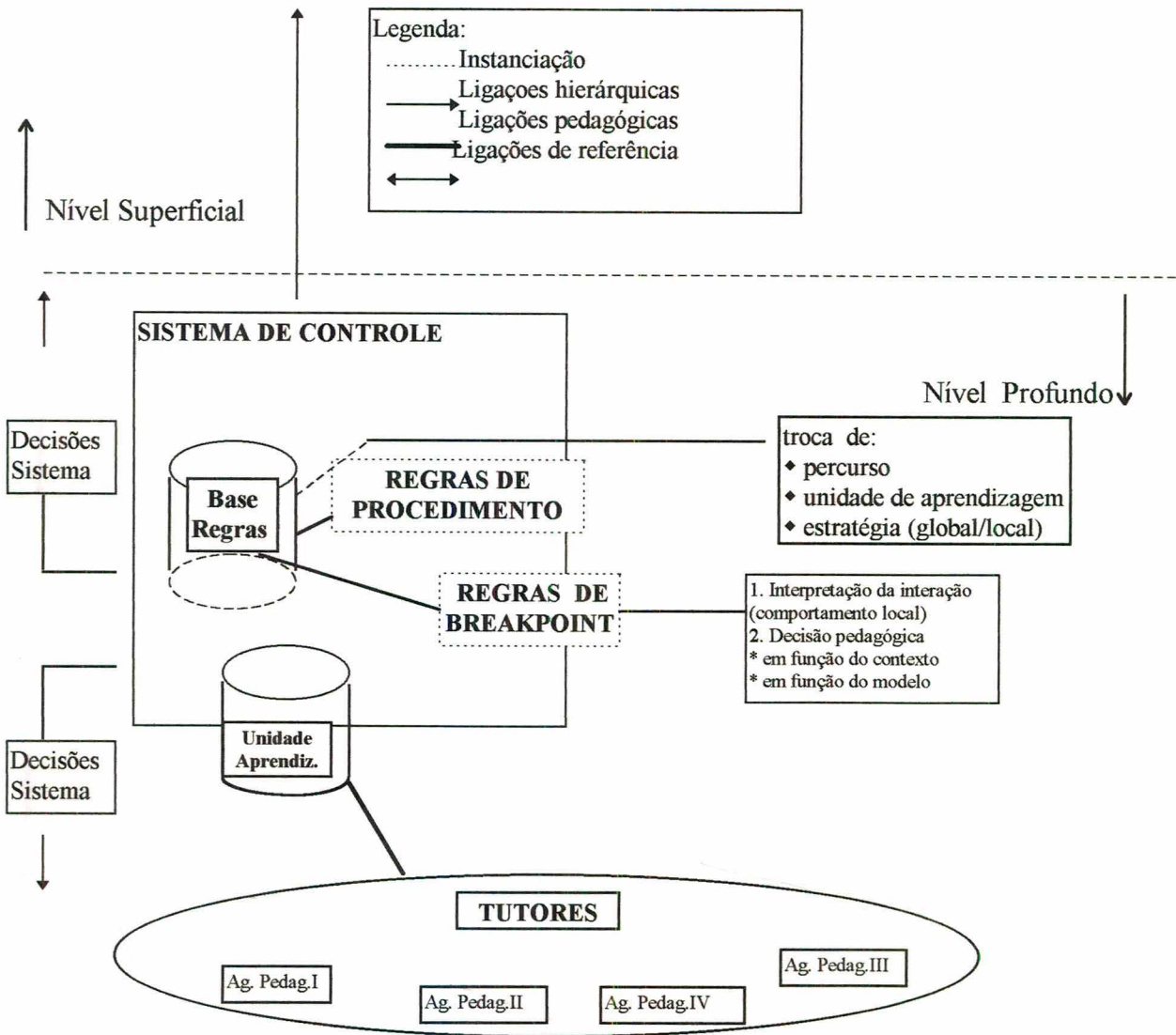
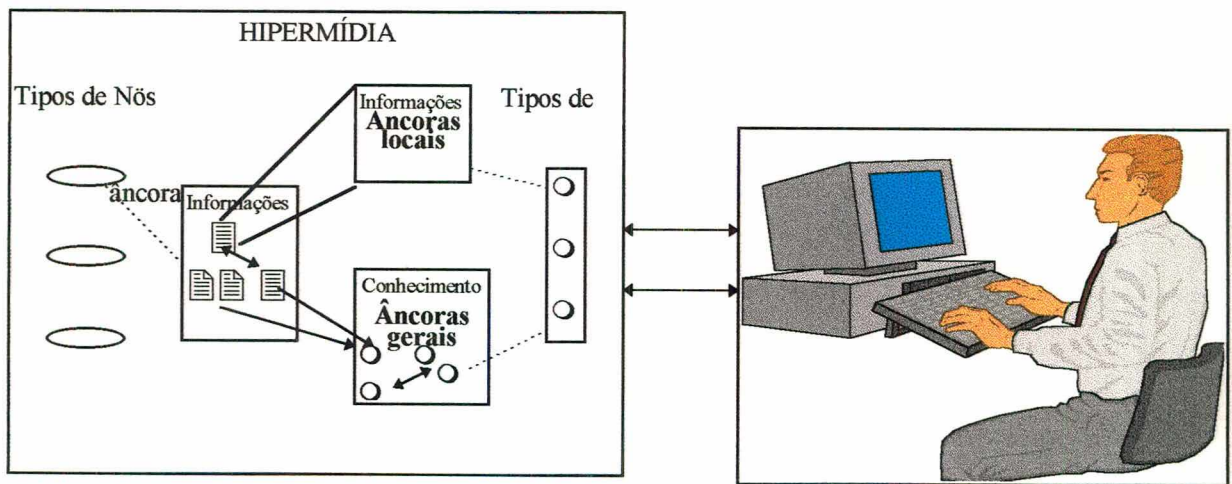


Figura 36 - Arquitetura do VISUAL GD

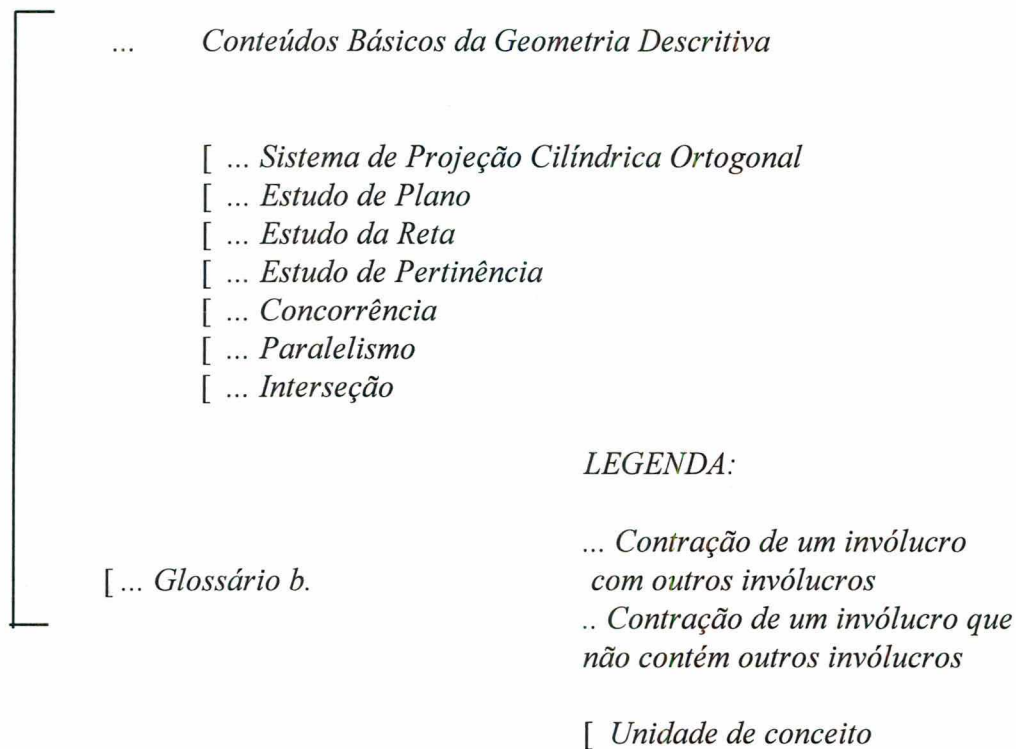


Figura 37 - Diagrama mais externo dos Conteúdos Básicos da Geometria Descritiva

- ♦ *clássicas* que são comandadas pelo sistema (ligações virtuais) e que se subdividem em ligações:
 - de referência, entre dois nós
 - hierárquicas, entre grupos de nós;
- ♦ *específicas do VISUAL GD* que são subdivididas em ligações:
 - pedagógicas , que realizam seqüência pedagógica sendo ativada pelo aluno mas prevista pelo autor para um determinado percurso e que pode obter diferentes efeitos;
 - referências condicionais que devem satisfazer uma condição para serem ativadas;
 - de resposta, que contém diversos objetos de interação (questões, elementos interativos, etc.);
 - de desvio, utilizadas somente pelo sistema para guiar a aprendizagem do aluno, e são acionadas quando determinadas condições são satisfeitas.

Os conhecimentos associados às palavras *âncoras* poderão ser definidos a nível geral ou local. As *âncoras locais* representam o conhecimento contextual a um nó da informação. Será o caso do auxílio em um determinado problema. As *âncoras gerais* conterão o conhecimento que pode ser utilizado em vários nós de informação. No ambiente as palavras âncoras foram colocadas em azul como mostra a figura 38.

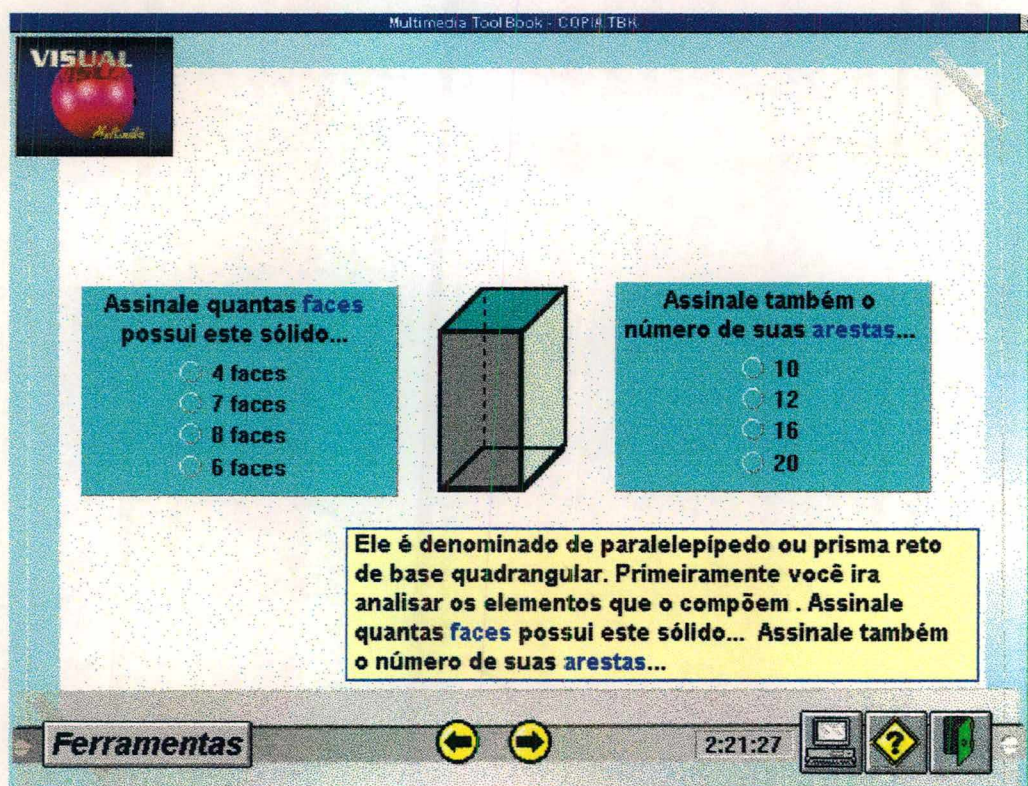


Figura 38 - Algumas âncoras

Os nós de informação do tipo exercício, permitirão a avaliação do aluno, sempre realizada em função do objetivo pedagógico. Estes nós serão questões clássicas de múltipla escolha, ou questões mais elaboradas como a de desenvolver uma demonstração.

Sabe-se que o modo autor dos ambientes hipermídias é muito mais rico para a construção e aquisição do conhecimento que o modo leitor. A fim de permitir que o aluno integre também o ambiente do modo autor tomou-se as seguintes iniciativas:

- acoplado aos nós de informação estará um caderno onde o aluno poderá propor correções ou melhoramentos;
- anexar os nós assim criados, bem como suas ligações, à versão utilizada pelo aluno. Será na realidade feita uma outra cópia para uso do aluno. Os objetos assim criados serão diferenciados tipograficamente e através de cor.

5.4.4. Modelo de Concepção

Com relação à parte informática, procurar-se-á solucionar os problemas de cooperação entre os diversos módulos através da modelagem destes módulos como sistemas multi-agentes da Inteligência Artificial Distribuída. Os agentes são sistemas inteligentes que contam com capacidade própria de solução de um determinado problema, tendo ainda a capacidade de cooperar com outros agentes.

Segundo Coutaz (1990), os modelos multiagentes estruturam um sistema interativo em um conjunto de agentes especializados que reagem e produzem eventos.

Um *evento* pode ser definido como equivalente a um estímulo que pertence a uma classe determinada. A informação por ele veiculada depende desta classe. Ele é produzido por um emissor e detectado por receptores.

Um agente é um sistema de tratamento de informação completo dotado de memória, de um estado, de um processador e de receptores-emissores para obter e produzir eventos. Ele reage aos eventos externos aos quais seus receptores são sensíveis. Sua memória possui dois níveis: uma para registrar os eventos detectados pelos receptores e outra para memorizar um estado. A sensibilidade de um receptor depende do estado do agente e se exprime através de um filtro. Ele possui ainda um processador cíclico especializado no tratamento de uma ou muitas classes de eventos, ainda que este processador trate apenas um evento por vez. Assim que um emissor produz um evento, os receptores responsáveis por aquela classe de evento são ativados onde são também registrados. O evento é, desta forma, tratado por cada agente que o registra. O resultado de um tratamento é determinado, geralmente, por uma troca de estado do agente e pela produção de um novo evento. Dentre as informações que compõem sua dinâmica do

comportamento cabe ressaltar o filtro, que determina, em cada momento, as classes de eventos às quais o agente é sensível.

O modelo multiagente se caracteriza por uma organização modular dos tratamentos executados em paralelo e uma comunicação por evento.

No modelo multiagente, uma *classe* define uma categoria de agentes onde:

- os *operadores* de uma classe são o repertório de instruções do agente processador, e a interface de uma instrução;
- os *atributos* são os elementos da memória que representam o estado do agente;
- as *pressões* especificam a semântica das instruções do processador, e uma pressão de pré-condição, que reage ao ser ativada pelo usuário, pode ser vista também como um filtro;
- a chamada do usuário ou o envio de uma mensagem modelizam a emissão de eventos (Coutaz, 1990).

Em relação à modularidade e à comunicação, o modelo multiagente é inspirado na abordagem de objetos.

Resumindo, para Coutaz (1990), o modelo multiagente substitui o servidor dicotômico seqüencial (próprio do modelo linguagem, onde o servidor de diálogo é decomposto em duas unidades: o controlador e a apresentação) por uma organização de atores que trabalham em paralelo e que cooperam entre si. Ao invés da gestão centralizada do estado de interação e da apresentação, existe uma total repartição dos encargos. Este paralelismo e esta repartição de encargos são as condições necessárias levadas em consideração nos métodos de resolução dos usuários. Esta repartição de encargos apresenta outros dois aspectos interessantes: a de uma forte modularidade e o início para os tratamentos fisicamente distribuídos. É o agente que define a granularidade e a modularidade, logo é possível modificar um comportamento em particular sem interferir no funcionamento do conjunto. O agente possui também a propriedade de definir a unidade de execução, isto é, pode realizar uma operação em uma máquina fisicamente distante (mas conectada ao sistema), propriedade esta essencial para a

realização de interfaces realmente repartidas. Desta forma, o modelo multiagente estrutura um sistema interativo em unidades de tratamento que cooperam com uma conduta de interação.

5.4.5 O Modelo da Situação

Os problemas de Geometria Descritiva, a nível de aprendizagem, são abordados nas primeiras fases dos cursos de engenharia, arquitetura e matemática. A aprendizagem é feita, por um lado, observando as resoluções que estão nos livros; ou feitas no quadro por um professor ou por um aluno sob controle do professor. Por outro lado, diz-se que a aprendizagem é realizada pelo aluno quando este resolve os problemas propostos.

O que se apresenta durante e após uma resolução de um problema é uma seqüência de passos que se iniciam pelo enunciado e buscam solução. Não é comum que se indique as transformações efetuadas e muito mais raramente que se dê as informações de ordem estratégica. Numerosos erros são efetuados pelos alunos na resolução de um problema: a resolução espacial, a transposição dos dados espaciais para a épura e erros de resolução, principalmente quando é necessário utilizar elementos auxiliares para a construção.

É freqüente ser feita a correção do problema proposto no quadro, onde é mostrada a melhor forma do professor resolver um determinado problema e aos alunos é permitido determinar seus erros ou parte deles. As correções individuais, passo a passo, ocorrem raramente. Na maioria das vezes, são abordados problemas que não possuem dificuldades estratégicas.

A função que se dará ao **VISUAL 90** é de contribuir na aprendizagem da Geometria Descritiva, priorizando a visão espacial e as operações reversíveis.

A visão ou inteligência espacial é, segundo Nogueira (1996, p.38),

a capacidade, que as pessoas possuem, de reconhecer componentes inatos de um mesmo elemento; de reconhecer ou de operar transformações e modificações a partir de um elemento inicial; de recriar mentalmente aspectos de uma experiência visual, mesmo na ausência de estímulos físicos relevantes; sensibilidade às várias linhas de força que se aplicam à imagem como tensão, balanço, composição; capacidade de discernir a similaridade de procedimentos em diferentes áreas do conhecimento.

As operações reversíveis são épura-espaco; espaco-épura, isto é, transformar um desenho bidimensional em modelo tridimensional e vice-versa.

A parte essencial do conhecimento sobre o tema, será feita de forma interativa, utilizando-se sempre que possível animações, com possibilidade de ativar um comentário de ajuda, que são a materialização da teoria. O objeto real assim criado forma o objeto-modelo da teoria tal qual o da realidade. As imagens articulam-se entre si, constituindo-se como uma tradução entre níveis heterogêneos: entre a realidade da experiência, os conceitos que a modelam e a linguagem corrente que vai permitir conceber e exprimir a realidade e seus conceitos. Pode-se, então, afirmar que trata-se de uma linguagem intermediária, que não somente permite a representação entre diferentes níveis, mas que faz a articulação entre estes níveis. A tradução nesta linguagem intermediária induz um trabalho de interpretação: trabalho de análise de percepção e exploração visual, que lê e relê as informações e representações. O objetivo principal será o de priorizar a percepção tridimensional.

O sistema, após ter avaliado que o aluno concluiu bem a estratégia de solução do problema, o liberará dos traçados (uma vez que o micromundo será dotado de macroconstruções) e das construções básicas. Desta forma o aluno ficará concentrado na estratégia de solução, permitindo uma aprendizagem mais eficaz, e a própria manipulação da interface solicitará do aluno a compreensão perfeita do problema para determinar a seqüência correta das construções que darão lugar à solução em épura.

Desta forma eliminar-se-á as construções por acaso, onde não é exigida nenhuma atividade cognitiva. Neste ambiente as funções de ajuda darão acesso a todas as soluções possíveis. A análise do comportamento do aluno será feita em função dos objetivos alcançados.

5.4.6 O Modelo para a Comunicação

No *VISUAL GD* os conhecimentos básicos da Geometria Descritiva serão apresentados em hipermídia que conterà: um banco de imagens (épuras e figuras espaciais), as definições dos termos usuais da matéria e as abreviações usuais utilizadas, para a partir destes

conhecimentos desenvolver os exercícios de manipulação e os questionamentos. Terá ainda um ambiente para *resolução de problemas* e um outro para *aprendizagem pela ação*.

No *resolvedor de problemas* o aluno escolherá o assunto em uma base de dados ou entra pelo teclado, ou com o auxílio do « mouse ». O resolvedor apresenta o modelo espacial e a *épura* correspondente, correlacionando os elementos da *épura* e do espaço. Em caso de problemas complexos, será permitido ao aluno subdividir o problema para melhor compreensão. Um problema é caracterizado por um conjunto de proposições, chamadas de dados, e um objetivo ou conclusão final. Resolver um problema consiste em fazer passar o objetivo em um conjunto de propriedades demonstradas, aplicando sucessivamente teoremas ou definições. A aplicação de um teorema tem a propriedade de modificar as regras de algumas proposições.

Exemplo:

Sejam as retas concorrentes a e b definindo um plano α perpendicular a π_1 e as retas paralelas c e d definindo um β paralelo a π_1 . Determinar a interseção destes planos.

Dados:

α é um plano perpendicular a π_1 , e definido por retas concorrentes

β é um plano paralelo a π_1 e definido por retas paralelas

Objetivo:

Determinar $\alpha \cap \beta$

Demonstração:

Se $\alpha \perp a \pi_1 \Rightarrow \alpha$ pode ser um plano \angle ou $//$ a π_2 ou ainda \perp a π_2

Se α é definido por retas concorrentes a e $b \Rightarrow$ as retas têm projeção em π_1 coincidentes

Se $\beta // a \pi_1 \Rightarrow \beta \perp a \pi_2$

Se β é definido por retas $// \Rightarrow$ as retas têm projeção em π_2 coincidentes

Caso 1º :

$\alpha \perp a \pi_1 \Rightarrow \alpha$ é um plano \angle a π_2

$\beta // a \pi_1 \Rightarrow \beta \perp a \pi_2$

$\alpha \cap \beta$ é uma reta que $\in a \alpha$ e $a \beta$

$\alpha \perp a \pi_1$ e $\angle a \pi_2 \Rightarrow$ que se denomina vertical e \subset as retas vertical, qualquer e horizontal

$\beta // a \pi_1 \Rightarrow$ se denomina de horizontal e \subset as retas horizontal, fronto-horizontal, e topo

Solução:

$\alpha \cap \beta$ é uma reta horizontal

Caso 2º :

α é \perp a π_1 e \parallel a $\pi_2 \Rightarrow$ que se denomina de *frontal* e \subset as retas vertical, fronto-horizontal e frontal

β é \parallel a $\pi_1 \Rightarrow$ se denomina de *horizontal* e \subset as retas horizontal, fronto-horizontal, e topo

Solução:

$\alpha \cap \beta$ é uma reta fronto-horizontal

Comentários:

Ao fazer este raciocínio o aluno estabelece um plano de ação. A partir da leitura do enunciado ele retira os dados e a conclusão do problema. Ele demonstra que domina os teoremas e definições que devem ser aplicados para resolver o problema proposto e faz um encadeamento de raciocínio preciso. Resta ainda determinar as ações para atingir a solução. Após realizado o raciocínio correto, o aluno contará com o auxílio de figuras espaciais e de épuras que devem ser bem escolhidas para dar a solução do problema.

No *ambiente de aprendizagem pela ação*, o aluno resolve o problema e o agente pedagógico analisa suas respostas. Se a resposta estiver incorreta o agente retroage a solução para o ponto onde o aluno incorreu no erro e através da descoberta guiada levará o aluno a boa solução. Por outro lado, se a resposta for considerada correta, o aluno será poupado de realizar a solução passo a passo, e o sistema passará a apresentar a solução do problema em questão.

Neste ambiente o aluno deverá indicar o término da solução, para que o agente pedagógico possa realizar a avaliação.

Cada problema é considerado como um nó ou um item do diagrama de chaves. O aluno tem a liberdade de escolher um assunto a sua escolha, mas no decorrer da solução do problema deverá demonstrar que conhece os assuntos anteriores. Em caso negativo o sistema poderá agir de duas formas:

- ♦ fará um diálogo com o aluno, partindo do erro, e levando o aluno à concluir que seu raciocínio estava incorreto;
- ♦ retroagirá ao assunto onde ocorreu o erro, e o aluno deverá resolver o problema anterior pois somente assim terá acesso a outro nó do sistema.

A ajuda do **VISUAL GD** tem por objetivo auxiliar o aluno a compreender a situação, que lhe foi colocada, e a tomar a decisão de ação, sempre considerando o sujeito, e não o sistema informático, como elemento central na realização do trabalho. No presente caso, a ajuda deverá induzir as descrições das possíveis soluções segundo o interesse do aluno. Ela não efetua a solução do exercício, nem coloca o aluno no caminho de uma determinada solução. Ela tem por base os princípios gerais da estratégia de resolução, e deverá indicar as diversas direções de pesquisa possíveis. Na verdade a ajuda permite uma melhor aprendizagem do conteúdo estudado.

É necessário deixar claro que a concepção do sistema de ajuda deve ter como base a análise da atividade dos alunos, que fornecerá detalhes de seus raciocínios, ainda que esta análise seja feita em situação de laboratório. Isto só será possível na prototipagem.

5.4.7 Modelo Relativo ao Domínio dos Problemas

Este modelo compreende dois módulos: *o módulo exploração da figura e o módulo demonstração.*

5.4.7.1 Módulo Exploração da Figura

Em se tratando de Geometria Descritiva o modelo espacial é essencial para a resolução do problema. Este módulo sugere o estudo da figura sob determinados pontos de vista, com o objetivo de decomposição do problema permitindo ao aluno chegar à solução correta. Esta decomposição é feita por uma seqüência de questões ordenadas partindo da conclusão conforme mostra a Figura 39

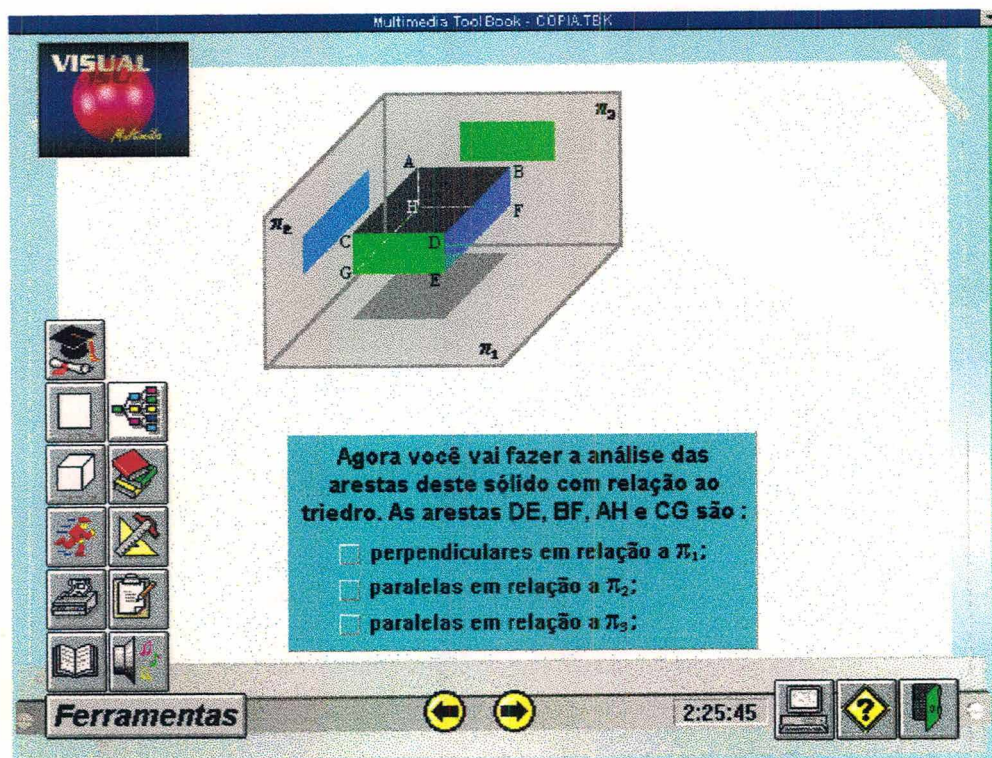


Figura 39 - Exercício relativo ao módulo Exploração da Figura

Este módulo tem por objetivo o ensino de uma metodologia interrogativa sobre as relações entre as entidades geométricas que estão envolvidas para a resolução do problema. Ele permite que os alunos estejam em verdadeira atividade de resolução do problema, integrando, nesta resolução, um trabalho de natureza heurística sobre a figura em jogo. Após esta fase o aluno passa à solução do problema. Esta fase heurística é feita através de uma exploração guiada.

A estratégia de resolução de um problema vai depender da situação e das respostas que o aluno fornece ao sistema ainda na fase de exploração da figura. Para tanto, o sistema faz o registro do diálogo (as questões fornecidas pelo « software » e as respostas dos alunos) entre o sistema e o estudante para que possa ser consultado e analisado posteriormente.

Não é necessário que a exploração da figura leve a um resultado satisfatório. Em caso de insucesso o sistema convida o aluno a uma nova exploração da figura, fazendo uma comparação de sua figura com as hipóteses do problema.

A exploração de uma figura num ambiente computacional, evidencia duas formas de tratamento da informação. A primeira é aquela que permite ao aluno constatar as relações entre os entes da figura feita por questões do tipo « existe ... ? » e a segunda é quando o aluno se diz capacitado a realizar o exercício feita por questões do tipo « você sabe resolver este problema? ou você sabe demonstrar que...? »

5.4.7.2 Módulo Demonstração

Este módulo está apoiado nas seguintes hipóteses:

- ♦ a demonstração não é necessariamente um processo de validação mesmo que ela seja compreendida;
- ♦ a demonstração é um objeto cultural;
- ♦ fazer o aluno trabalhar, ainda que seja da maneira mais simples (desdobramento linear das hipóteses utilizando lógica mínima);
- ♦ reagir, em tempo real, aos erros do tipo lógico (enviando mensagem de erro);
- ♦ neutralizar ao máximo os operadores de natureza lingüística, (uso dos termos de ligação como: « e », « ou », « então », « por », etc.), na estruturação da solução do problema.

A nível de estrutura interna do módulo, uma demonstração é um processo interativo que parte de uma lista (L_0) de dados do problema para uma segunda lista (L_i) onde está uma etapa que se soma à conclusão de um passo da demonstração correta (P_i). É o conhecimento do domínio que o « software » possui, conforme esquematiza a Figura 40.

5.4.8 Modelo do Agente Pedagógico

As funções pedagógicas do ambiente levaram em consideração diferentes usuários (iniciantes e especialistas) e diferentes estratégias de ensino.

Dentre as diversas teorias da aprendizagem serão destacadas aquelas centradas sobre: *a similaridade das tarefas; a atividade do indivíduo no estabelecimento de uma significação; abordagem sócio-construtivista e o modelo da descoberta guiada .*

Multimedia Tool Book - COPIA.TBK

VISUAL

Assim você pode deduzir que em projeção duas retas paralelas podem estar:

- Paralelas entre si
- Pontuais
- Coincidentes

$C_2 = D_2$ $C_3 = D_3$
 $E_2 = G_2$ $G_3 = E_3$

$C_1 = G_1$
 $D_1 = E_1$

Opção 1

$C_2 = D_2$ $E_2 = G_2$ $C_3 = G_3$ $D_3 = E_3$

$C_1 = G_1$
 $D_1 = E_1$

Opção 2

$C_2 = D_2$ $C_3 = D_3$
 $E_2 = G_2$ $G_3 = E_3$

$C_1 = G_1$ $D_1 = E_1$

Opção 3

Ferramentas 2:34:11

Figura 40 - Exercício utilizando o módulo Demonstração

5.4.8.1 Agente pedagógico I (teorias associacionistas e behavioristas)

As teorias centradas sobre a *similaridade das tarefas* são expressas pelo número de elementos em comum. A aprendizagem é produzida sobre o conjunto de elementos da situação na qual ela se desenrola e sua extensão é feita por generalizações a situações que estão próximas. Elas têm por base as teorias associacionistas e behavioristas, para as quais a mente é composta de idéias relacionadas e a aprendizagem se fundamenta no estabelecimento de novas relações. Sob este ponto de vista o objetivo da aprendizagem é o estabelecimento destas relações, e tem como fundamento a lei da contiguidade. Segundo esta lei as associações são formadas entre as experiências ou as tarefas realizadas pelo sujeito, entre os estímulos percebidos ou entre as respostas fornecidas pelo sujeito, quando estes elementos estão próximos uns dos outros quer seja no tempo ou no espaço. No plano do funcionamento cerebral, o *princípio da excitação contígua* é equivalente a esta lei. Este princípio afirma que quando dois processos cerebrais

elementares possuem atividades simultâneas ou em sucessão imediata, então sua reativação ulterior terá tendência de provocar a excitação de outro.

Thorndike, (apud Gaonac'h, 1995) foi o precursor das teorias de aprendizagem behaviorista, com o desenvolvimento de uma concepção de aprendizagem denominada de *ensaio e erro*. Sob sua ótica, a aprendizagem consiste em estabelecer uma ligação entre uma resposta particular a uma situação, sendo que esta ligação é realizada segundo duas leis; a lei do exercício e a lei do efeito.

Segundo a lei do exercício, as conexões entre situação e resposta são reforçadas pelo exercício e enfraquecidas quando o exercício cessa.

A lei do efeito estabelece que uma conexão é reforçada ou enfraquecida pelo efeito de suas conseqüências, que podem corresponder a um estado de satisfação ou a uma situação que se procura evitar.

Nas teorias behavioristas é o ambiente do sujeito que controla os comportamentos, logo a aprendizagem. O « motor » da aprendizagem é assim exterior aos mecanismos da aprendizagem. Fala-se de motivação para aprender na medida que uma modificação dos comportamentos satisfaz às necessidades fundamentais do sujeito através de suas interações com seu ambiente físico ou social.

No ambiente proposto o agente pedagógico I « aciona » os programas, pois são estímulos do tipo sinal.

5.4.8.2 Agente Pedagógico II (teorias da gestalt e teorias cognitivas)

Nas teorias centradas sobre a *atividade do indivíduo*, a aprendizagem acontece através da confrontação à situações novas levando em consideração as características específicas das situações. Tiram partido das aprendizagens anteriores, para pesquisar de maneira ativa os elementos que permitirão considerar a nova situação.

Para a gestalt, na aprendizagem, os elementos não possuem maior significado, o que importa são as *relações entre os elementos, também chamadas de estruturação da situação*. Esta estruturação é feita, segundo Koehler (apud Gaonac'h, 1995), bruscamente, originada pelo *insight* que nada mais é do que uma compreensão direta da situação, resultante da organização interna espontânea de uma percepção ou de uma representação. A retenção do conhecimento vai depender da forma do conteúdo apresentado. Em toda situação de aprendizagem o estudante constrói uma representação global da situação, sendo sobre esta representação que poderão ser construídos os comportamentos. Do ponto de vista da gestalt, a aprendizagem necessita de ambientes ricos de situações onde o aluno possa escolher e estabelecer as relações que levem a uma estruturação eficaz. Logo: *Aprender é primeiramente realizar, em uma situação que pode ser complexa, uma atividade de identificação dos índices pertinentes*. Resumindo, a aprendizagem é uma atividade mental do indivíduo que resulta em uma organização. A aprendizagem é aqui vista como um processo de organização dos elementos de uma situação. Sua extensão se faz sobre a *variabilidade das situações*, necessárias para desenvolver os mecanismos que permitirão a identificação dos elementos pertinentes aquela situação da aprendizagem.

A aprendizagem, sob o ponto de vista da gestalt, repousa em situações nas quais é difícil dissociar as atividades da aprendizagem propriamente dita, das demais atividades mentais (percepção, raciocínio etc.), que embora não sejam seu objetivo principal têm necessariamente conseqüências sobre a aprendizagem realizada pelo sujeito. Esta é a abordagem que é feita pelas teorias cognitivas. Seria o aprender a aprender.

Na teoria da gestalt o conceito de motivação não ocupa lugar central. Para os gestaltistas o que determina a aprendizagem são os mecanismos internos, como por exemplo, as características estruturais do material memorizado.

No modelo proposto, o agente pedagógico II « acionará » as regras do tipo *se/ então*, em função de experiências anteriores que foram vivenciadas. São estímulos do tipo « signo » pois contêm um fundo semântico que deve ser decodificado pelo estudante, quando ele é confrontado a novas situações.

5.4.8.3 Agente Pedagógico III (teorias representativas, teorias cognitivas e as teorias de aprendizagem social)

Nas teorias centradas sobre o *estabelecimento de uma significação*, aprender é formar uma estrutura representativa da situação. O que determina a proximidade das tarefas é a significação dos elementos pertinentes. Deve-se verificar se duas tarefas tem a mesma orientação, isto é, se seus objetivos são semelhantes e executáveis dentro de um contexto com mesma estrutura. A aprendizagem acontece estabelecendo uma relação significativa entre os elementos que constituem uma situação. A transferência de aprendizagem se dá quando as situações possuem estrutura idêntica.

A *teoria de aprendizagem social*, está associada ao nome de Albert Bandura, que aceita os princípios das teorias behavioristas, mas considera também os fenômenos das influências sociais na aprendizagem. Pode-se dizer, sob este ponto de vista, que esta teoria é uma articulação entre behaviorismo e cognitivismo.

Aproveitar-se da experiência de outrem é uma forma corriqueira de aprendizagem. Pode-se levar em consideração os sucessos e insucessos de nossos congêneres para ajustar nosso comportamento. A aprendizagem leva em consideração os comportamentos que os estudantes podem observar, denominado de aprendizagem vicariante. Um aspecto deste tipo de aprendizagem está em situações nas quais muitos sujeitos aprendem juntos alguma coisa.

A aprendizagem tendo como referência modelos é muito usada em situações quotidianas, como a publicidade.

Os modelos podem ser dos congêneres, como já foi dito, mas podem também corresponder à símbolos com valor social agregado a ele como: as palavras, as idéias que têm valor social, as imagens dos acontecimentos, filmes etc.

Pode-se listar alguns fatores que favorecem a aprendizagem social:

- ♦ **chamar a atenção**; a aprendizagem vicariante supõe que o sujeito, primeiramente, atenta para um aspecto privilegiado do ambiente. Para a criança é a imitação do adulto e para o

adolescente é a referência constante aos modelos sociais valorizados pelas mídias. Numa sala de aula o problema está no professor saber escolher o modelo (um fato, um acontecimento, um personagem, um conceito já apreendido) para um determinado conteúdo de aprendizagem, de tal sorte que o aluno faça dele um ponto de apoio;

- ♦ **facilitar a memorização;** o modelo deve ser assimilado logo primeiramente memorizado e em seguida permanecer ativo;
- ♦ **permitir a produção de comportamento;** é necessário que o sujeito assimile e admita que ele pode possuir determinado comportamento;
- ♦ **consolidar a experiência.**

Uma das hipóteses associadas à noção de adaptação social está na auto-regulação. A pedagogia por objetivos, leva em conta este aspecto da aprendizagem, onde um motor essencial para a aquisição é a possibilidade do sujeito construir as representações assegurando-se que elas lhe aguardam e percebendo seu progresso nas diversas experiências. *As teorias cognitivas da aprendizagem* centram-se na psicologia cognitiva, onde o conhecimento é uma atividade cognitiva, e na noção de representação.

As atividades mentais agem sobre os dados resultantes das atividades perceptivas, dando-lhes uma significação a partir dos conhecimentos pré existentes, elaborando respostas em termos de representação estocadas em memória e ou em termos de comportamentos observáveis.

De maneira sucinta pode-se distinguir três categorias de atividades cognitivas:

- ♦ *as atividades perceptivas*, que transformam os sinais que são percebidos pelos órgãos dos sentidos (estímulo visual, tátil, auditivo, etc.) em informação;
- ♦ *as atividades motoras*, que planificam, executam e controlam os movimentos;
- ♦ *as atividades mentais*, que atuam na interpretação e decisão.

Quatro conceitos são comuns na análise destas atividades, sendo consideradas como noções centrais da psicologia cognitiva. Destes conceitos, o primeiro conceito importante é o da *representação*. Por *representação* entende-se toda construção mental realizada num

determinado momento em um contexto bem determinado. Estas representações podem possuir naturezas diversas como: as *imagens mentais* (que auxiliam a responder perguntas do tipo: quantas janelas tem sua casa?) e as *representações conceituais* (quando responde-se a perguntas do tipo: para que serve uma janela? onde necessita-se além da imagem da janela os conhecimentos relativos ao seu conceito).

O segundo conceito importante é o de *tratamento das informações*. Entende-se por *tratamento de informações*, os fatos que agem sobre as representações. A maioria das atividades desenvolvidas possuem diferentes níveis de tratamento como : construção, transformação, enriquecimento e a estocagem das representações. Os tratamentos caracterizam-se como: de baixo nível mais automatizados podendo ser realizado em paralelo a um outro e de alto nível que necessitam de atenção, são mais controlados e demandam mais esforço cognitivo.

Os tratamentos automatizados são rápidos, demandam pouco esforço cognitivo, não inibem outros tratamentos, permitindo o tratamento em paralelo, e os quais não se pode parar.

Por sua vez, os tratamentos controlados são lentos, demandam esforço cognitivo, inibem outros tratamentos e é possível evitar sua ativação voluntariamente.

É necessário deixar claro que não há equivalência, como poder-se-ia considerar a partir de uma abordagem mecanicista dos comportamentos humanos, entre atividades mentais simples e tratamento automatizado nem entre atividades complexas e tratamentos controlados. A característica de automatismo ou de controle de um processo cognitivo não depende apenas de sua natureza, mas também da característica da tarefa na qual ele será utilizado. Fato este demonstrado pelo *efeito Stroop*.

Stroop em 1935, (apud Gaonac'h, 1995) publicou uma pesquisa que media o tempo que uma pessoa levava para realizar três atividades, bem como o número de erros cometidos em cada uma delas. As tarefas foram:

- ◆ ler uma lista de nomes de cores escritas num quadro negro;
- ◆ nomear a cor de uma sucessão de manchas de tinta em cores diferentes;

- ♦ nomear a cor da tinta utilizada para escrever uma lista de palavras de cor, onde cada nome estava escrito em uma cor diferente daquela que a palavra designava (vermelho escrito em azul, verde em amarelo, etc.).

Foi verificado que a terceira situação teve mais dificuldade de realização, apesar de não ser objetivamente diferente da segunda, pois em ambas a tarefa era para nomear as cores. Entretanto, na última situação, a tarefa ganhou um tratamento léxico (a referência da significação da palavra escrita e a ativação da representação fonológica correspondente). Assim, pode-se afirmar que o tratamento da cor dos objetos supõe um tratamento cognitivo. Atualmente a psicologia cognitiva ocupa-se da distinção entre tratamento controlado e tratamento automatizado, pois eles possuem características de funcionamento muito específico, atuando em diversos aspectos do funcionamento de todo o sistema de informação.

Os últimos conceitos importantes para a psicologia cognitiva são os de *plano e estratégia*. Toda atividade complexa, mesmo as mais comuns como deslocamento em uma cidade, coloca em ação objetivos que de maneira antecipada vão guiar esta ação. O sujeito possui dados na memória que o auxiliam a elaborar um plano, isto é, *representações que organizam as operações mentais*. Porém, freqüentemente, existem diversas maneiras de atingir o mesmo objetivo e o sujeito escolhe entre muitas *estratégias*, aquela que para ele é a melhor para a realização da tarefa. As estratégias são subdivididas em *algorítmicas* (exploração sistemática que cobrem todas as possibilidades) e *heurísticas* (estratégias, que partem de conhecimento anterior, fundamentadas nas possibilidades de sucesso).

Na psicologia cognitiva, assim como na gestalt, a motivação não ocupa lugar de destaque. Como em toda teoria cognitiva o princípio fundamental está baseado em que a atividade de aprendizagem é guiada pelas representações que o sujeito faz dele mesmo e da própria situação de aprendizagem. Tem como hipótese central que todo indivíduo tem necessidade de manter uma imagem positiva de si. Logo, as atividades do sujeito levam-no a satisfazer seus próprios modelos, independente das reações do ambiente.

No modelo o agente pedagógico III « acionará » os conceitos que permitem a representação simbólica do sujeito. São estímulos do tipo « símbolos » pois além de um conteúdo semântico, característico dos « signos », são baseados num formalismo teórico, estruturados em léxicos e dotados de pragmáticas.

5.4.8.4 Agente Pedagógico IV (teorias socio-construtivistas)

A abordagem socio-construtivista do desenvolvimento cognitivo repousa sobre a origem social da inteligência e no estudo dos processos socio-cognitivos de seu desenvolvimento. Os trabalhos sobre estes processos se fundamentam na teoria de Vygotski relativa aos processos físicos superiores.

Vygotski distingue duas formas de funcionamento mental: os processos mentais elementares (que corresponde ao estado da inteligência sensório-motora de Piaget) e os processos mentais superiores.

Para Vygotski, o desenvolvimento dos processos mentais superiores se projeta através de três princípios fundamentais, totalmente interdependentes:

- ♦ abordagem entre educação, aprendizagem e desenvolvimento;
- ♦ a função da mediação social nas relações entre o indivíduo e seu meio (mediação por ferramentas) e na atividade física intra-indivíduo (mediação por sinais);
- ♦ a passagem do inter-físico ao intra-físico nas situações de comunicação social.

5.4.8.4.1 Educação, aprendizagem e desenvolvimento

Para Vygotski, não existe separação entre psicologia do desenvolvimento e psicologia da educação. Para ele, o desenvolvimento não pode ser examinado independentemente das situações educativas e de aprendizagem do qual ele resulta. Em outras palavras, o desenvolvimento é considerado como uma consequência das aprendizagens que o sujeito é confrontado e seu estudo passa necessariamente pela análise das situações sociais graças às quais o indivíduo constrói seu físico.

Vygotski faz uma ruptura total com a concepção behaviorista do desenvolvimento e está também distanciada da concepção piagetiana que considera o desenvolvimento cognitivo sob a influência de três tipos de fatores: maturação, experiência e meio.

Piaget reconhece que os fatores do meio, dentre os quais a educação, influenciam o desenvolvimento, mas contrariamente a Vygotski ele não considera o desenvolvimento cognitivo dependente dos processos construtores integrantes das variáveis sociais.

Da mesma forma nas abordagens piagetiana e cognitivista, os processos construtores do aparelho cognitivo iniciam de modelos binários concernentes às interações indivíduo-objeto. Para Piaget, o motor do desenvolvimento cognitivo é o trabalho de acomodação necessário ao amadurecimento dos conflitos intra-indivíduo, podendo resultar na tomada de consciência de uma diferença entre antecipação do resultado esperado e o resultado efetivo da ação do sujeito. Trata-se, assim, de um processo binário de natureza estritamente intra-indivíduo. O desenvolvimento do processo pode ser influenciado por variáveis sociais externas (dentre os quais os estímulos educativos familiares ou escolares), mas que não fazem parte do processo.

Na abordagem socio-construtivista, os construtores do desenvolvimento cognitivo são modelos ternários que dizem respeito às interações indivíduo-objeto-contexto social. Nesta perspectiva, a dimensão social é considerada como parte integrante do processo. Para Vygotski, o funcionamento cognitivo superior está diretamente ligado às relações sociais por transformação do processo interpessoal em processo intra-pessoal. Nesta teoria, o desenvolvimento resulta da aprendizagem que se fundamenta no que Vygostki chama de *zona proximal de desenvolvimento*. Esta zona é definida como a diferença entre o nível resolução de problemas sob a direção e com a ajuda dos adultos (ou de crianças mais avançadas) e aqueles que a percebem sozinhos. Isto significa que não existe desenvolvimento cognitivo sem aprendizagem e educação e que os processos dos quais ele depende advêm de uma análise ternária das relações entre indivíduo-tarefa-transformação no decorrer da interação.

♦ *A função da mediação social nas relações entre o indivíduo e seu meio (mediação por ferramentas) e na atividade física intra-indivíduo (mediação por sinais)*

Vygotski insiste sobre o caráter consciente de todas as funções mentais superiores (atenção, memória, vontade, pensamento verbal, etc.) próprias da espécie humana, sendo que o sujeito as controla durante sua execução. Para ele a atividade humana deve ser socialmente mediatisada em se tratando de uma atividade exterior, diz respeito às relações do homem com a natureza, ou de uma atividade interior, que trata da atividade física. Estas duas atividades são socialmente mediatisada, isto é, instrumentadas, estruturadas e transformadas por procedimentos ou ferramentas socialmente elaborados. É precisamente a apropriação dos instrumentos (ferramentas técnicas e sinais) que restabelecem os bens socio-culturais que marcam a passagem das atividades elementares para as atividades superiores.

Por outro lado, o homem não age diretamente sobre a natureza. Sua atividade é mediatisada por ferramentas elaboradas à partir da experiência das gerações anteriores. Mas a mediação por ferramentas tem também duas funções importantes sobre a ação. Ela modifica a atividade, lhe dá uma outra forma, e as modificações operadas evoluem com as transformações da ferramenta e da criação de novas ferramentas. Logo a primeira função da mediação por ferramenta é a de *transformação da atividade*. Mas por outro lado a ferramenta representa a atividade que ela transforma, *função de representação ou significação*, sendo esta a segunda função da mediação.

De forma análoga, a atividade física (atividade interior) é também mediatisada, por sinais ou sistema de sinais constituídos dos instrumentos psicológicos elaborados por gerações anteriores. Os sinais, são então instrumentos sociais da atividade psíquica da mesma forma que os instrumentos são instrumentos sociais do trabalho. Os sinais e os sistemas de sinais assumem também as funções de representação e de transformação, porém eles não transformam o desdobramento das funções psíquicas, eles representam ao mesmo tempo os objetos (no sentido mas amplo), suas propriedades, e as transformações feitas. É assim explicado a mediação semiótica que tendo as propriedades dos sinais e sistemas de sinais que lhes confere sua especificidades atividades mentais superiores.

♦ *A passagem do inter-físico ao intra-físico nas situações de comunicação social.*

Para Vygotski, a ontogênese (por quais processos o indivíduo se apropria dos sinais e sistemas de sinais de seu aparelho físico) do funcionamento mental superior tem origem social e acontece pela transformação do processo interpessoal (capacidade de perceber e fazer distinções entre outros indivíduos, entre seus temperamentos, humores, motivações e intenções) em processo intra-pessoal (capacidade de compreender o desenvolvimento dos aspectos internos da pessoa; domínio das afeições e emoções, capacidade de fazer discriminações desses sentimentos de modo a facilitar o entendimento do próprio comportamento). A linguagem egocêntrica é uma manifestação típica desta passagem. A função comunicativa dos sinais é a origem de sua função intelectual.

O processo fundamental do desenvolvimento individual das funções mentais superiores é um processo de sócio-gênese por ocasião das práticas sociais da comunicação.

5.4.8.5 - Agente Pedagógico V (« default »)

O *VISUAL GO* adotará como « default » o *modelo de descoberta guiada*, que fará o papel de intermediador entre o *tutor* e o *micromundo*.

O *tutor* está baseado na implementação de agentes dotados de especialidades relativas ao assunto tratado. A pedagogia utilizada terá como objetivo fornecer ao aluno um ambiente de aprendizagem que fará a avaliação, decidindo por qual diagrama o aluno iniciará um determinado conteúdo e o momento que poderá passar para outro diagrama. Será também dotado de ambiente de simulação.

O *micromundo*, baseado na exploração pelo estudante de uma situação problema bem definida, possuirá um conjunto de ferramentas primitivas que possibilitarão a construção de objetos complexos e produzirá um « feedback » baseado nas decisões e ações dos alunos.

Por outro lado, segundo Dillenbourg, 1993, o hipertexto se integra facilmente à abordagem micro-mundo, pois seu princípio de base é a exploração de um mundo finito num ambiente de

linguagem de comandos sucintos. Na realidade, o hipertexto é apenas um exemplo particular de micro mundo.

Estas duas abordagens estão fundamentadas em diferentes teorias de aprendizagem que, segundo o autor, não são excludentes, mas auxiliarão a esclarecer o complexo processo da aprendizagem. O construtivismo é a base para a abordagem micro-mundo e o comportamentalismo « evolutivo » ou abordagem sociocultural, para o modo tutorial. Para criar um sistema deste tipo, primeiramente deve-se, determinar um currículo em forma de rede de objetivos a atender. Em seguida, deve criar os especialistas do domínio, que serão capazes de resolver os problemas associados a um objetivo pedagógico específico e criar os micro-mundos (interfaces).

Na modelagem do processo didático será importante obter respostas aos questionamentos: « quando intervir? » e « com qual conteúdo? », sempre considerando um aluno determinado.

O principal ponto, nesta modelagem, é a ligação entre concepção e problema. A modelagem de um processo didático não se limita a representação dos conhecimentos e de funções de decisão do tutor, ele deve considerar o intercâmbio do sentido das diversas situações que o dispositivo informático procura organizar.

5.4.9 Modelo do aluno

Para modelar a performance do estudante, utilizou-se de uma metodologia que permitiu construir e manter o modelo cognitivo de suas estruturas de conhecimento e dos seus processos de raciocínio. Esta modelagem advém da observação do comportamento do estudante frente à resolução de problemas. A fim de tratar estas informações será utilizado o raciocínio não-monótono que fará incrementos e refinamentos no desenvolvimento do modelo do estudante. Neste contexto, o modelo faz suposições sobre os possíveis pontos de vista do estudante e gera hipóteses sobre o seu raciocínio. A capacidade para gerenciar diversas hipóteses sobre a representação do aluno é outro importante aspecto deste modelo, pois utiliza descrições alternativas do possível conhecimento do estudante.

O estudo das interações de um ambiente inteligente para a aprendizagem, está baseado na identificação e em uma interpretação dos comportamentos do aluno frente a este sistema. A complexidade de tal tratamento a ser feito levou ao desenvolvimento, na arquitetura do sistema, de um módulo especializado que integre funções de reconhecimento com funções de diagnóstico.

A modelagem do aluno será o resultado de uma função de diagnóstico, na qual se distinguem dois níveis: *nível comportamental e nível epistêmico*.

♦ *Nível comportamental*

Considerando que a modelagem do aluno passa obrigatoriamente pelo comportamento observável, o desenvolvimento deste ambiente, passa pela construção de um conjunto de « condutas observáveis » chamadas de « comportamento ». A partir destes comportamentos será construído o modelo de conhecimento. Este modelo será sempre uma construção teórica que o pesquisador elabora, procurando representar a maneira de pensar do aluno. Sua validação experimental poderá apenas confirmar seu valor operatório para um determinado problema, ou ainda ver seu valor explicativo para um quadro teórico bem determinado, mas ele não poderá ser legitimado como reconstrução da estrutura mental efetiva do aluno.

♦ *Nível epistêmico:*

A nível epistêmico procurou-se atribuir um significado a estes comportamentos. A distinção entre estes dois níveis está fundamentada nos critérios de validação que lhes são atribuídos. Desta forma, a validação do modelo para uma determinada classe de problemas deve verificar se: o modelo permite reproduzir a nível de interface o comportamento do aluno e se a máquina consegue dar o mesmo tratamento que o professor daria a um aluno, baseado em seu comportamento observável.

A modelagem do comportamento exige um primeiro nível de interpretação, que consiste em organizar o que se percebe. O nível epistêmico exige um trabalho de interpretação sobre os dados produzidos a nível comportamental, sendo esta modelagem feita por uma função de diagnóstico.

Segundo Balacheff (1994), a relação entre estes dois modelos comportamentais (interno e externo) apresentará um homomorfismo de comportamento se para o observador externo, o modelo interno reproduzir fielmente a aprendizagem. Para tanto, o modelo comportamental construído pela máquina deve levar em conta não somente o produto, mas a organização dos comportamentos.

Por outro lado, apresentará uma relação de epistemomorfismo, se o modelo epistêmico, constituído pela máquina, levar em consideração as propriedades estruturais e conceituais descritas pela concepção atribuída ao aluno em termos de análise didática.

A fim de facilitar a representação do conhecimento em um ambiente de aprendizagem com computador, é conveniente distinguir dois tipos de modelagem epistêmica, segundo a natureza das entidades que a constituem:

- ♦ A primeira seria a modelagem procedural, que na verdade é muito próxima do modelo comportamental, na medida que um procedimento poderia ser identificado como um comportamento, mas que se distinguiria dele pelas interpretações muito estimuladas, onde atribuir-se-á ao aluno objetivos ou estratégias.
- ♦ A segunda seria uma modelagem conceitual que considera os conhecimentos do aluno para escolher e controlar um determinado procedimento. (figura 41)

Estes dois tipos de modelagem são necessariamente integrados às descrições operatórias de uma conceituação e logicamente ao nível da modelagem epistêmica. Estas divisões permitirão que se organize a avaliação destes ambientes levando em consideração o ponto de vista do aluno. Determinará também, qual o nível de granularidade permitida na descrição dos comportamentos. Dever-se-á levar em conta as intenções, que são eventualmente necessárias, para decidir a pertinência de um fato que implique nos conhecimentos subjacentes. Da mesma forma poderá precisar sua capacidade de simular efetivamente o aluno.

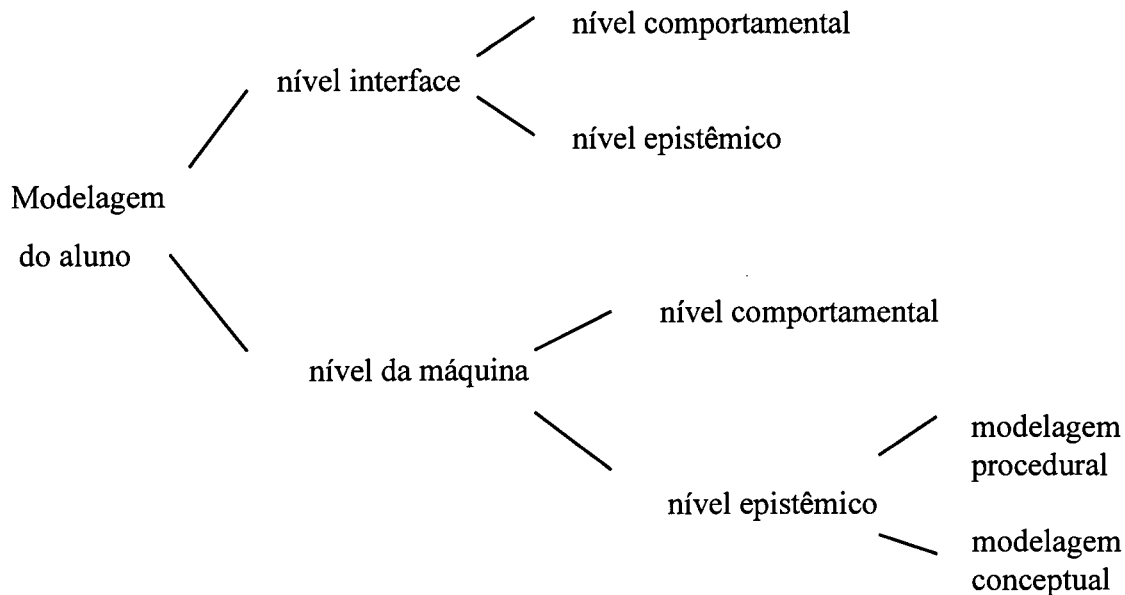


Figura 41 - Esquema da modelagem do aluno

A atividade do aluno poderá ser vista como a geração e execução de um plano de ação, isto é, o encadeamento de ações bem determinadas que procuram atingir um objetivo determinado. A tarefa do aluno se constituirá em formar um plano de ação para atingir um certo objetivo e executar as ações que lhe permitirão atingi-lo. Neste caso, uma ação é considerada um passo da demonstração e um plano de ação será uma demonstração.

O que se espera do aluno é que ele seja capaz de: descobrir as relações entre os entes da figura; decompor o problema em subproblemas e se necessário decompor a figura; se comprometer com os enunciados que ele declara saber demonstrar.

Para realizar a tarefa de aprendizagem o estudante deverá realizar diferentes operações: operação de transformação (que permite que um objeto mude de estado) e operação de identificação e seleção (onde procura as condições para realizar a ação).

A análise do comportamento do aluno é realizado através das variáveis descritas no capítulo anterior. Elas permitirão que seja estabelecida ligações entre: a atividade de exploração e a reflexão antes que o aluno esteja em situação de fazer escolhas; a qualidade da figura traçada

pelo aluno e a frequência de retomadas ao problema; e a exploração rápida mais superficial da figura e o retorno rápido.

Outro problema a ser observado é a identificação e o tratamento do erro, considerando aqui que o erro não é um fato, mas a leitura de um fato e, como todo observável, pode e deve ser identificado.

Como o erro só existe a nível de modelo comportamental, é importante que este nível tenha elementos, comportamentos, ou ausência de comportamento que levem a sua identificação.

O ambiente proposto tem um determinado grau de liberdade. Todavia, não tem um « feedback » sistemático a cada erro do aluno, mas contém regras que permitem o planejamento da interação com o aluno, em função da avaliação do seu comportamento.

5.5 Breve simulação do trabalho do aluno no VISUAL GD

Para entrar no ambiente o aluno o faz pela tela de apresentação. Se desejar informações do sistema segue para a próxima tela senão vai para a tela da senha. Se for a primeira vez que utiliza o programa deve se cadastrar. No cadastro além das perguntas usuais (nome, endereço, etc.) é solicitada sua área de atuação e se já estudou Geometria Descritiva (apresentado na figura 30).

De acordo com estas respostas o sistema o direciona para:

- ♦ se não estudou Geometria Descritiva deve iniciar o programa pelo escritório 1 (início) de acordo com sua área de estudo (1 Eng. Civil, 2 Eng. Mecânica, 3 Arquitetura, 4 Eng. Produção, 5 Matemática, 6 Designer, 7 Outros). Este encaminhamento vai permitir que todo o trabalho do aluno seja direcionado para sua área de interesse aumentando seu comprometimento com a aprendizagem e facilitando a compreensão do conteúdo;
- ♦ se o aluno afirma que conhece o assunto a ser trabalhado, é necessário que o sistema identifique quais são estes conteúdos e para tanto o encaminha para a Sondagem. A partir de

então o sistema tem condições de sugerir por qual ítem o aluno deve iniciar seu estudo, deixando ao aluno a escolha de seguir ou não.

Se o aluno já tiver senha o programa o questiona se deseja prosseguir de onde parou ou se deseja rever algum item (figura 42). Desta forma o ambiente se adequa aos diferentes usuários, respeitando seu interesse e atendendo suas diferenças individuais.

Após esta primeira identificação do usuário, o sistema se dirige ao escritório de projetos. Lá o aluno tomará conhecimento do projeto que deve ser desenvolvido. Neste primeiro momento, como o aluno é do curso de Engenharia Civil, seu primeiro projeto será: « *projetar uma casa popular, com área máxima de 50m², com dois quartos, uma pequena sala, cozinha, banheiro. Esta casa deverá compor um novo núcleo habitacional que será lançado* ».

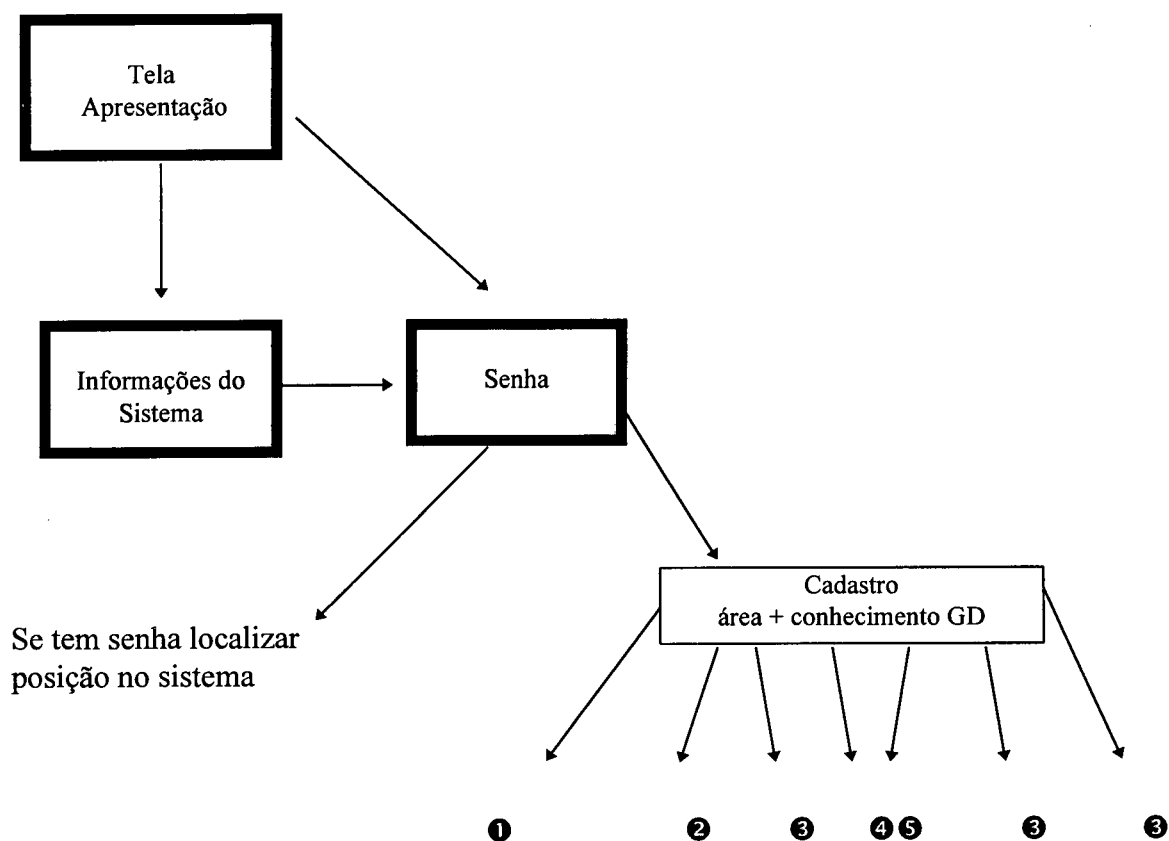


Figura 42 - Fluxograma do percurso inicial do aluno

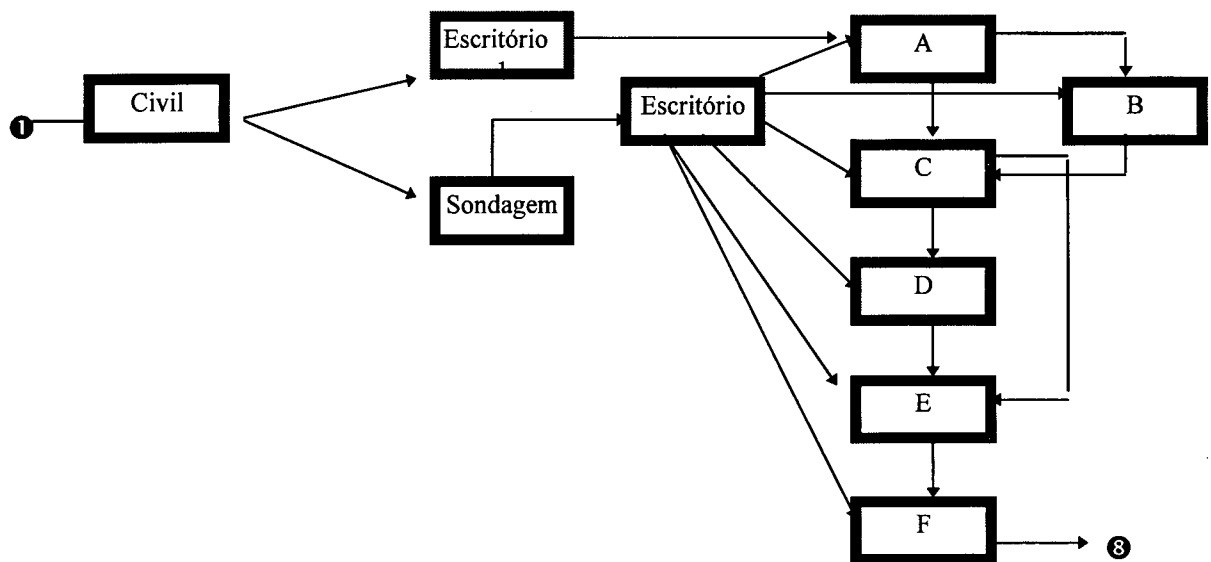


Figura 43- Fluxograma do percurso do aluno fase 2

O futuro projetista se dirige para a prancheta e vislumbra um projeto simples. Aparece para o estudante a maquete eletrônica de uma casa, com corte na altura de 1,50m para a retirada do telhado, permitindo que o aluno possa « ver » o interior da maquete, para efetuar as vistas da casa.

Esta simulação foi desenvolvida com o “software” 3D Studio. Para fazer um projeto o sujeito deve se colocar de tal forma que possa « ver » a peça sob diversos ângulos. É necessário que o projetista tenha antes de iniciar o projeto tenha uma imagem global do que deseja fazer, para então se colocar em posições pré determinadas, que permitam a geração das plantas baixa, de frente e lateral.

Em seguida, se o aluno não tiver qualquer conhecimento de como projetar, o sistema o encaminha para A e faz outra simulação, do ato de projetar. Para auxiliar nesta simulação, utilizou-se um paralelepípedo com as faces coloridas. Este sólido foi escolhido por ser bastante conhecido dos usuários e por sua simplicidade.

Esta primeira unidade é abordada segundo a figura 44 .

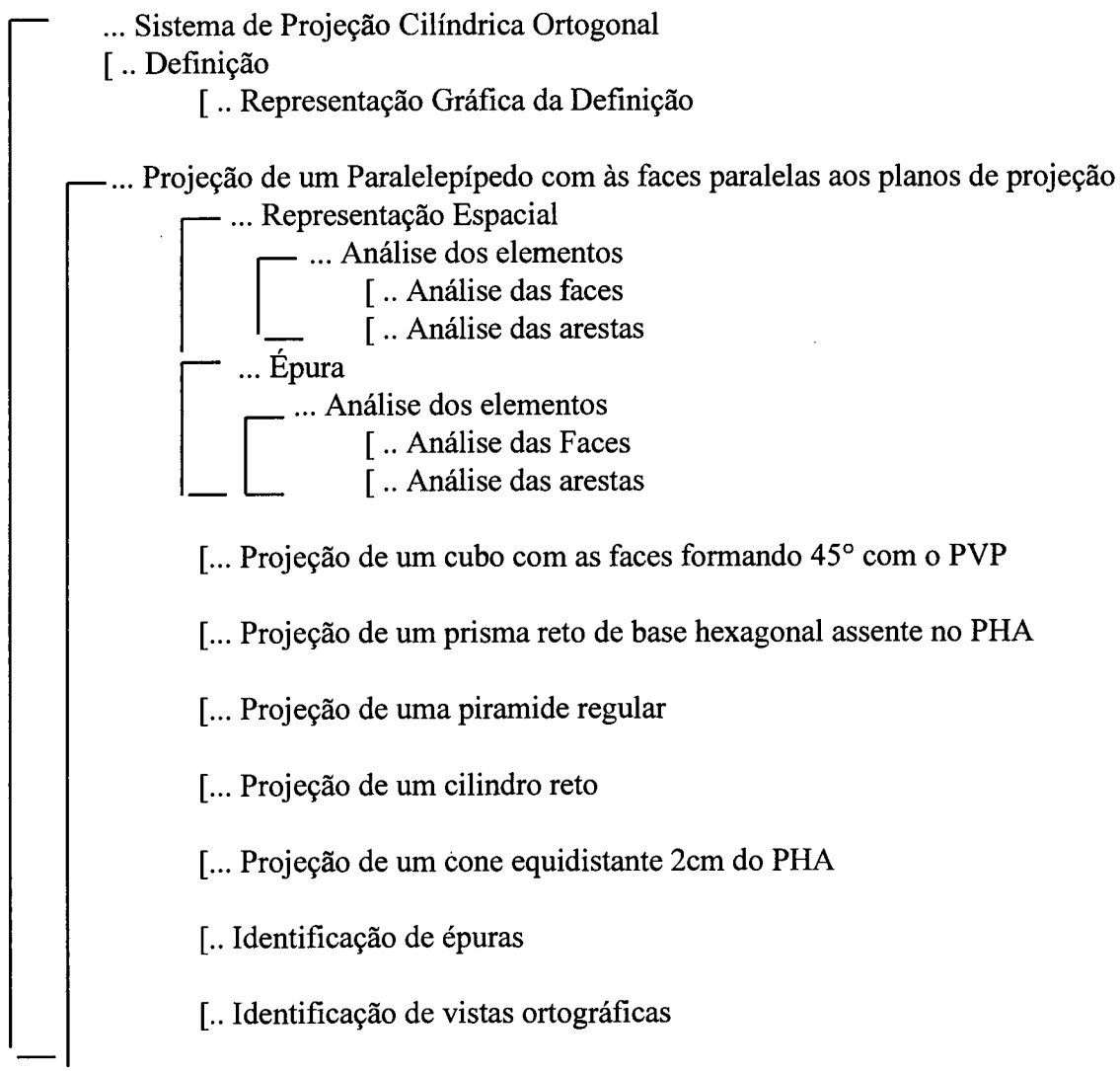


Figura 44 - Detalhamento do Conteúdo de Projeção Cilíndrica Ortogonal

Após estas simulações o aluno passará para a fase de exercícios. Estes exercícios foram estruturados partindo-se da análise do sólido para então decompô-lo em faces e arestas. Em cada fase do exercício o estudante realizará operações de síncrese, análise, síntese e nos exercícios finais realizará a generalização e transferência de conhecimento.

Exemplo: Observe o sólido que lhe apresentamos. Ele é denominado de paralelepípedo ou prisma reto de base quadrangular. Primeiramente você irá analisar os elementos que o compõem.

Assinale quantas faces possui este sólido

4 faces[] 7 faces[] 8 faces[] 6 faces[]

assinale também o número de suas arestas

10 [] 12 [] 16 [] 20 []

Operação realizada: análise do sólido sem levar em consideração sua posição em relação ao triedro.

Você tem agora um triedro e um paralelepípedo (figura 45). Pegue o sólido e coloque-o com a face azul paralela ao π_2 e a face cinza paralela ao π_1 . (Para mover o paralelepípedo clique sobre ele.)

Operação realizada: síncrise quando coloca o sólido em relação ao triedro.

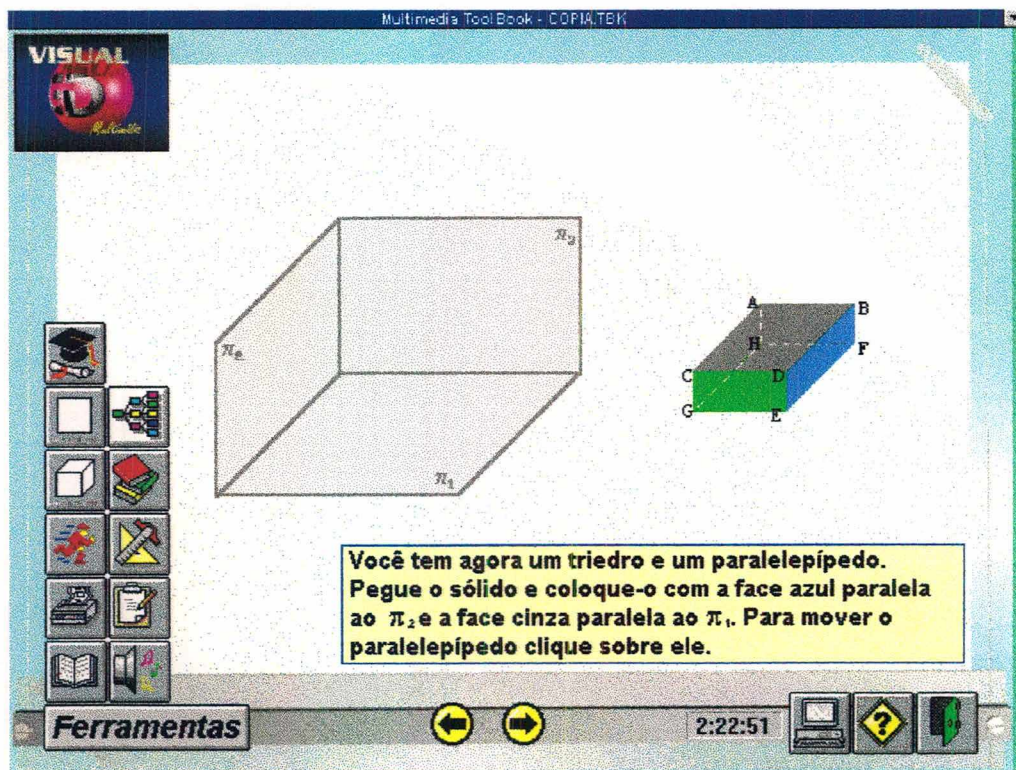


Figura 45 - Representação espacial do paralelepípedo e do triedro

Primeiramente você vai analisar os elementos do paralelepípedo em relação ao triedro. Assinale as faces que estão paralelas ao plano π_1 :

ABCD [] AHBF [] AHCG [] DEFB [] DEGC [] HFEG []

Operação realizada: síncri-se quando correlaciona o sólido em relação ao triedro e análise quando assinala as faces paralelas ao π_1 .

Se estas faces estão paralelas ao plano π_1 então:

- todos os seus pontos guardam uma mesma distância do π_1 ;
- possui alguns pontos que guardam uma distância constante do π_1 ;
- nenhuma das respostas.

Operação realizada: síntese

Assinale as respostas correlacionadas à posição desta face em relação aos planos π_2 e π_3 :

- formam um ângulo agudo com estes planos;
- são perpendiculares a estes planos;
- são paralelas a estes planos;
- formam um ângulo de 90° com estes planos;
- nenhuma das respostas anteriores.

Operação realizada: síncri-se, análise e síntese

Agora você vai fazer a análise das arestas deste sólido com relação ao triedro:

As arestas DE, BF, AH e CG são:

- perpendiculares em relação a π_1 ;
- paralelas em relação a π_2 ;
- paralelas em relação a π_3 ;

Operação realizada: síncri-se, análise

Verifique como estas arestas se projetam em relação ao plano π_1 .

- segmentos de reta;
- segmentos de reta em V.G.;
- pontuais;
- nenhuma das respostas.

Operação realizada: síncri-se, análise e síntese

Assinale como estas mesmas arestas se projetam em relação aos planos π_2 e π_3

- segmentos de reta de mesmo tamanho;
- em forma de pontos;
- segmento de reta de tamanho diferente do espaço;

A partir dos exercícios realizados, você pode enunciar três teoremas fundamentais para a teoria da projeção cilíndrica ortogonal.

Toda reta perpendicular a plano projeta-se neste plano como

- ponto ?
- reta ?
- em VG?

Da mesma forma toda reta paralela a um plano projeta-se neste plano como:

- reta ?
- ponto ?
- VG ?

Projeções de retas em verdadeira grandeza (VG) têm seu comprimento:

- menor do que seu comprimento original;
- maior do que seu comprimento original;
- igual a seu comprimento original.

Operação realizada: síncriese, análise, síntese e generalização

A transferência de conhecimento é realizada com os exercícios relativos a vistas ortográficas, onde o aluno vai correlacionar uma face ou aresta do sólido nas três vistas, conforme mostra a figura 46.

Preencha a tabela :

	V.A.	V.S.	V.L.E.
A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F 11 - 12
B	<input type="checkbox"/>	F 18 - 19	<input type="checkbox"/>
C	A 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D	<input type="checkbox"/>	A 15 - 16	<input type="checkbox"/>
E	<input type="checkbox"/>	A 15 - 20	<input type="checkbox"/>
F	F 1 - 2 - 3 - 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G	<input type="checkbox"/>	F 21 - 17	<input type="checkbox"/>
H	<input type="checkbox"/>	A 19	<input type="checkbox"/>
I	F 7 - 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
J	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A 12 - 13

Figura 46 - Exercício de vistas ortográficas

Para realizar com sucesso este tipo de exercício o aluno deverá realizar com desenvoltura a passagem da é pura para o espaço e vice-versa. Por ser um exercício que exige boa visão espacial não se espera que os alunos o realizem plenamente nos contatos iniciais com a Geometria Descritiva. O que se pretende é dar início ao exercício mental, que deverá atingir sua plenitude ao final da aprendizagem.

Este é um exercício básico do Desenho Técnico, daí a importância de sua correlação com a Geometria Descritiva. Conforme foi mostrado, o sistema guia o aluno na construção dos conceitos e teoremas relativos ao conteúdo abordado, permitindo que o estudante construa um sólido corpo de conhecimento.

Após ter desenvolvido com sucesso os exercícios básicos, correlaciona-se os exercícios com a atividade de projeto, conforme é apresentado na Figura 47.

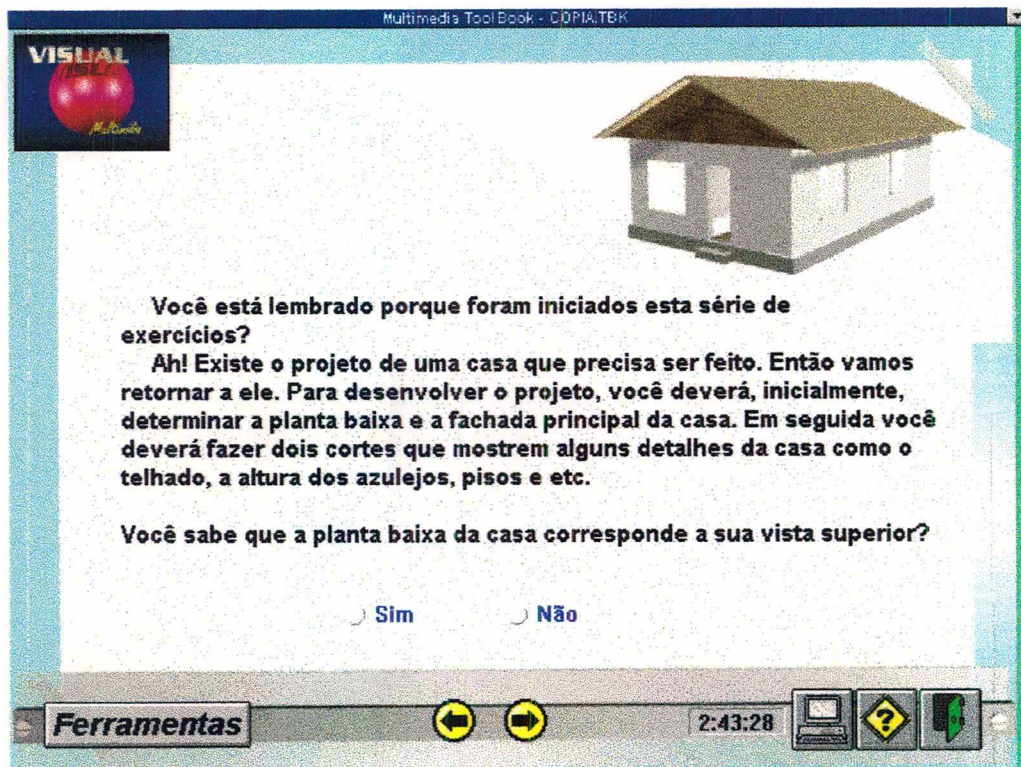


Figura 47- Retorno ao projeto solicitado

Nesta etapa dos exercícios, o aluno faz a generalização de seus conhecimentos para a área de projeto.

Após finalizar esta primeira série de exercícios o sistema fará uma avaliação do aluno e mostrará seus erros. Conforme o escore o aluno poderá seguir para a parte **B**, referente ao estudo do plano. Em caso de o aluno não ter conseguido construir de forma satisfatória o conceito de Projeção Cilíndrica Ortogonal então o sistema o convida para escolher um outro exercício.

5.6 As ferramentas de auxílio no *Visual GD*

Para auxiliar os alunos com relação a possíveis dúvidas ocasionadas por falta de compreensão dos termos usuais utilizados, foi desenvolvido um glossário em forma de “viewer” exemplificado na figura 48 e 49.



Figura 48 - Glossário

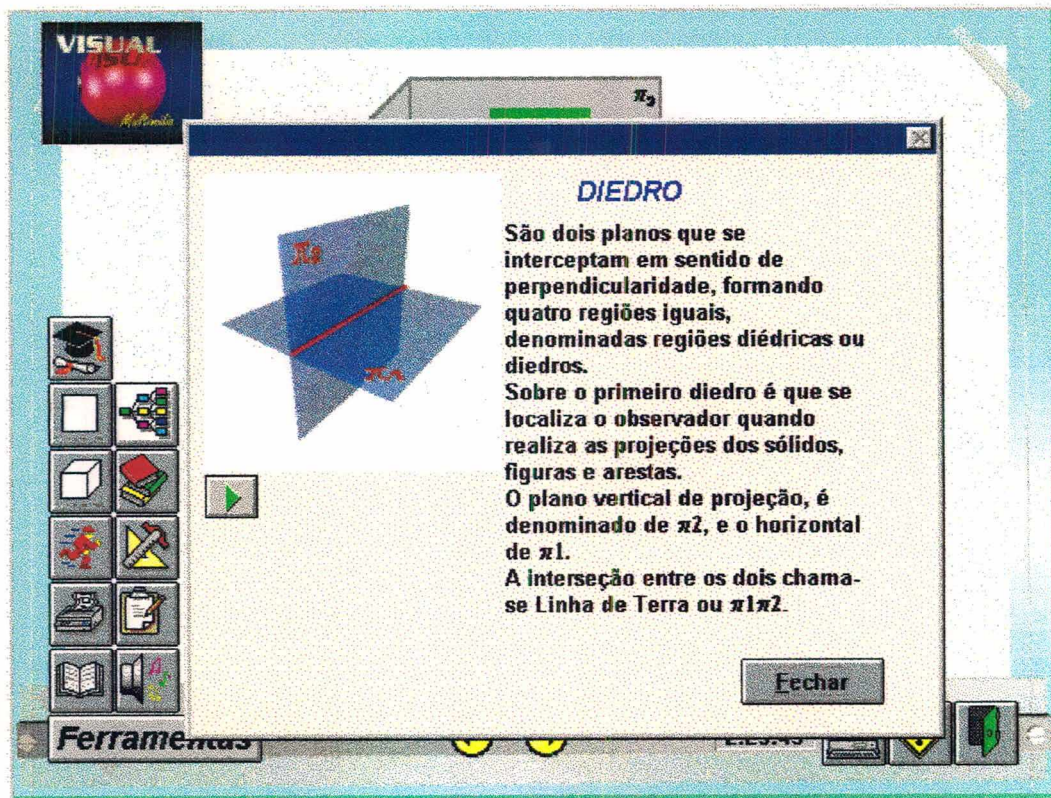


Figura 49 - Definição de diedro

Outro recurso que o ambiente possui, é a visualização da operação inversa com a qual o aluno está trabalhando. Na figura 50 o aluno está trabalhando com sólido. Se desejar verificar sua *épura*, ele o faz por intermédio do botão correspondente e a *épura* do paralelepípedo lhe será mostrada.

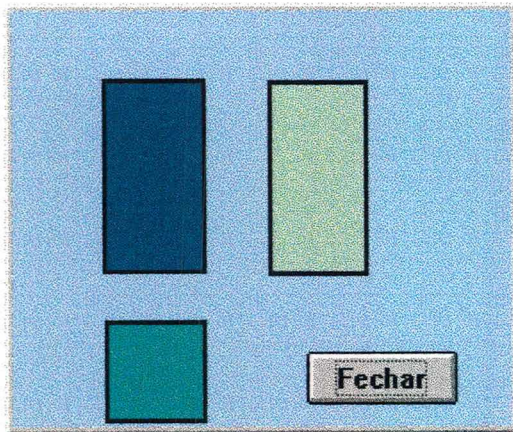
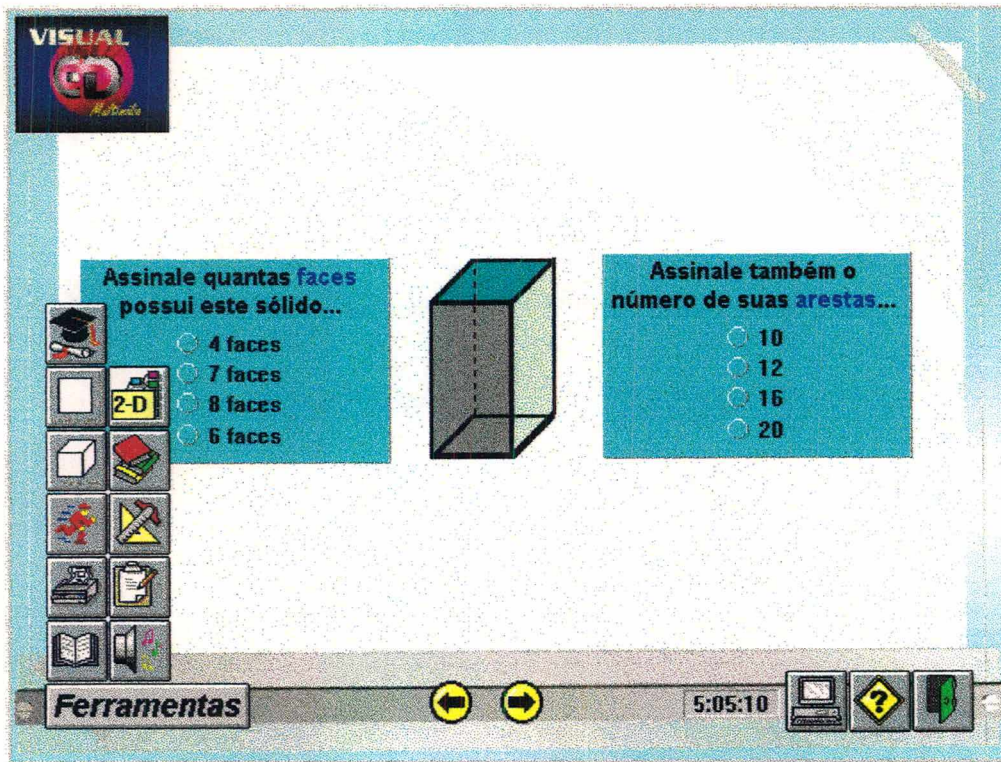


Figura 50 - Operação reversível

O aluno poderá ainda utilizar-se do fluxograma para acessar os conteúdos exemplificado na Figura 51.

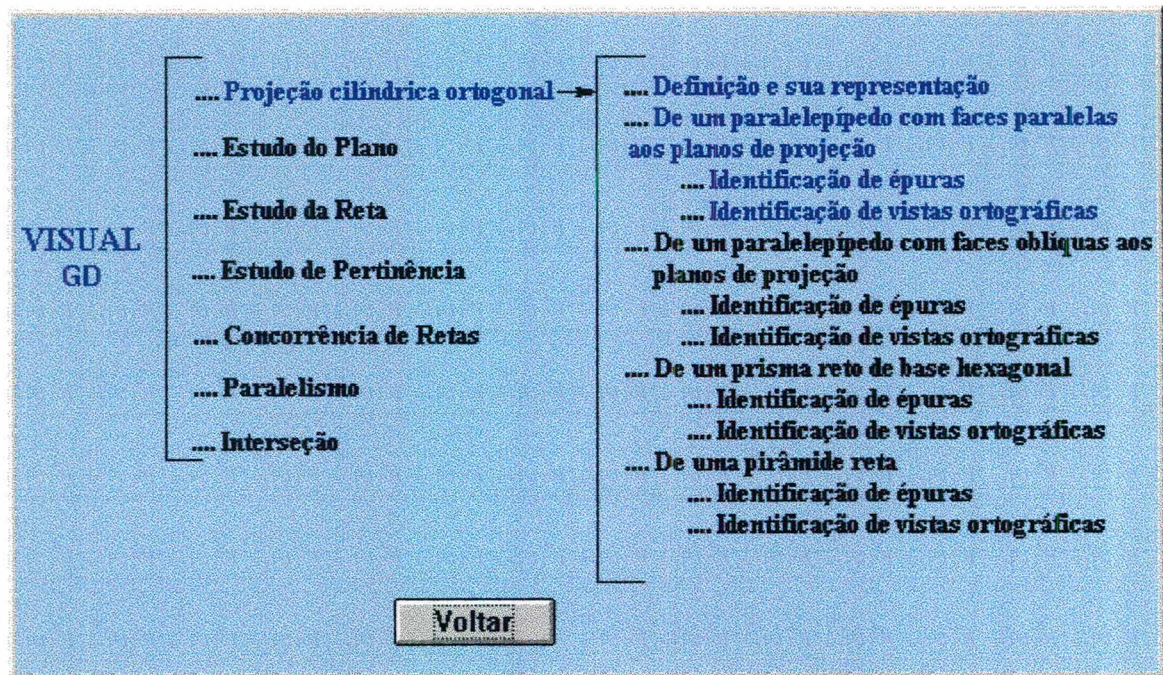


Figura 51 - Fluxograma

5.7 O módulo avaliação do *Visual GD*

Para que o professor possa avaliar seus alunos ou as turmas com que ele trabalha, foi desenvolvido um módulo de avaliação. Neste módulo foram levantados as variáveis apresentadas anteriormente e que permitirão fazer uma análise detalhada do comportamento do aluno ao trabalhar com o *Visual GD*.

As figuras 52, 53, 54, 55 mostram algumas telas deste módulo.

5.8 Conclusão

O *VISUAL GO* é um ambiente que visa a construção pelo aluno dos conceitos fundamentais de Geometria Descritiva, priorizando a visão espacial. Ele oferece ainda funcionalidades como: liberdade de ação; liberdade de percurso; fazer anotações e sugerir alterações no documento. O ambiente foi concebido para ser um ambiente rico na construção do espaço projetivo, estimulando a realização das operações reversíveis, objetivo primeiro desta disciplina. Alguns pontos ainda não foram concretizados, como o tratamento de erro e a ajuda, ainda que estejam modelados em linhas gerais. Acredita-se que para tal, é necessário colocar o estudante interagindo com o ambiente para então iniciar sua prototipagem. Acredita-se, que o uso de simulações e a presença da operação reversa no desenvolvimento dos exercícios auxiliem os alunos que possuem dificuldades de visualização.

Apesar de que o ambiente tem, em seu modelo pedagógico, a atuação de cinco agentes, a primeira prototipagem está sendo desenvolvida com a atuação do agente pedagógico V, que através da descoberta guiada faz a comunicação entre o tutor e o micromundo. Acredita-se que para cada agente pedagógico o conteúdo deve ser abordado de forma diferente, daí a escolha de um agente para este primeiro protótipo. Optou-se pela divisão do ambiente em vários modelos, com o objetivo de permitir uma maior compreensão do problema e auxiliar no desenvolvimento do protótipo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

A relação do saber é uma relação indireta que necessita socialização e mediação. Nesta perspectiva pode-se colocar a hipermídia como mediadora entre o sujeito e o objeto do saber, como uma unidade de materialização do conhecimento, ou ainda como o lugar onde os conceitos são expressos e onde a aprendizagem acontece em um universo finito.

Enquanto tecnologicamente a hipermídia é definida como um conjunto de nós e de ligações, pedagogicamente pode-se defini-la como um ambiente interativo de aprendizagem, isto é, um espaço de interação entre o sujeito e um saber conceitualizado, apresentado sob a forma de páginas de informação, ligadas umas às outras ou a uma situação problema, que o aluno deve resolver.

Este trabalho tem como premissa que o sujeito elabora seus conhecimentos na realização da tarefa, e a hipermídia está colocada como uma modalidade concreta de realização desta tarefa.

O estudo realizado permitiu que fosse modelado um ambiente de aprendizagem auxiliado por computador onde está contemplado este princípio, além de permitir que vários sujeitos, iniciantes e especialistas, o utilizem com sucesso. Tal ambiente foi denominado de **VISUAL GD** pois procura facilitar ao máximo a visualização espacial na aprendizagem da Geometria Descritiva.

Este « software » educativo está fundamentado nos princípios da ergonomia, inteligência aplicada e hipermídia, diferindo dos tutoriais inteligentes pelos seguintes princípios:

- o conhecimento não é construído a partir do modelo do aluno, uma vez que é obtido pela navegação;
- o conhecimento é individualmente construído;
- encadeamento não linear da atividade de aprendizagem.

A arquitetura proposta possui algumas vantagens como:

- ♦ ser independente da estrutura interna dos módulos dos tutores (módulo analisador de respostas, módulo representação do perfil do estudante, etc.) , permitindo que as funcionalidades do sistema global não sejam pré-definidas podendo ser adaptadas às necessidades dos autores e às diferentes situações de aprendizagem;
- ♦ ser reutilizável em diferentes partes do documento;
- ♦ as ligações pedagógicas não serem definidas a nível de interface, mas geradas e ativadas pelo sistema de controle (caminhos pré-definidos) ou pelos tutores (caminhos dinâmicos, realizados através das regras de produção);
- ♦ a separação entre os dois módulos básicos, possibilita estudar separadamente os aspectos de mediação do curso e o comportamento pedagógico do ambiente.

Tendo como base de seu agente pedagógico a teoria de Piaget, no ambiente modelado o aluno centra em si mesmo, a atividade de aprendizagem ao fazer uso de novos hábitos como: a pesquisa de informação; a utilização de ferramentas de navegação; a inserção de notas e sugestões; a gestão de sua aprendizagem; etc.

Seus módulos exploração da figura e demonstração são ambientes que, através da ação mental, levam o aluno a construção dos conhecimentos com relação a Geometria Descritiva . Na teoria cognitiva de Piaget, a ação é o ingrediente central do funcionamento intelectual. Assim ao efetuar as operações reflexivas ou lógicas, o aluno está desenvolvendo aspectos cognitivos e afetivos, na medida que a energia deflagrada, quando o objeto afeta o usuário, leva-o a operar sobre o objeto. Ao adquirir um conhecimento novo, o aluno, faz aquisição de

estruturas cognitivas, que acontecem através da análise do exercício, chegando a síntese, para poder ser generalizada e transferida, nos exercícios referentes a vistas ortográficas e nos relacionados ao projeto.

No **VISUAL GD** a aprendizagem é operacionalizada segundo estruturas cognitivas a partir do processo assimilativo e da acomodação dessas estruturas, às estruturas do conhecimento assimilado. Desta forma, a aprendizagem ocorre no tempo adequado às diferenças individuais, quanto à velocidade na construção dessas estruturas, esperando que todos os usuários que estejam no mesmo nível sejam capazes de ajustar suas estruturas mentais às estruturas do conhecimento em tempo hábil, regulável segundo as exigências individuais.

O ambiente proposto, dispõe ainda de uma grande autonomia de trabalho, pois cabe a ele a escolha de que atividade tratar e qual documento deve consultar. O aluno poderá se deslocar no « software » a sua vontade, retornar a uma etapa precedente, tratar um outro tema, imprimir seu histórico, redigir seu caderno pessoal ou ainda deixar o « software ». Desta forma o estudante poderá adquirir um « saber-fazer » através de atividades mais ou menos difíceis, seja para um complemento de informação (função biblioteca); seja para um reforço de conhecimento através de exercícios (função atividade) ou ainda para sua auto-formação (função aprendizagem).

Acredita-se que a utilização das tecnologias de IA, juntamente com as da hipermídia deve ter prioridade na educação à distância, muito mais que no ensino presencial, uma vez que a vida útil de um curso à distância através de videoconferência e teleconferência, para certos domínios de conhecimento em constante evolução, é muito curta. A integração das tecnologias disponíveis permitirá que os cursos à distância sejam objetos facilmente remodelados para que se adaptem a uma determinada situação, além do que o uso de ferramentas que representem os conhecimentos e os possam tratar inteligentemente vai permitir a construção de ambientes facilitadores da aprendizagem.

Resumindo, acredita-se que este trabalho tenha contribuído para a concepção de um « software » educacional que se integre à escola que hoje temos, mas ao mesmo tempo, a modifique, tornando-a mais autônoma e versátil, permitindo o crescimento global de seus alunos.

Para finalizar far-se-á algumas recomendações para a realização de futuros trabalhos. A partir deste trabalho pode-se propor que sejam desenvolvidas pesquisas que envolvam:

- ♦ a integração de « software » CAD ao **VISUAL 9D** para o desenvolvimento de exercícios (épuras, modelos espaciais), incorporando conhecimento suficiente para fazer sua avaliação;
- ♦ o desenvolvimento dos demais módulos com os diversos conteúdos fundamentais da Geometria Descritiva com a orientação fornecida pelo agente pedagógico V;
- ♦ o desenvolvimento dos módulos do conteúdo de Geometria Descritiva, prevendo como se dará o acompanhamento do estudante com orientações diferentes para cada agente pedagógico I, II, III, IV, conforme previsto neste modelo;
- ♦ a concepção do sistema de ajuda que deverá ter como base, a análise da atividade dos alunos.
- ♦ a realização da prototipagem e o refinamento do modelo;
- ♦ realização de estudos ergonômicos com relação à parte interna do « software » e com relação a apresentação das informações;
- ♦ implementação e validação o modelo;
- ♦ o comprometimento do aluno com a disciplina;
- ♦ o rendimento dos alunos « versus » tempo (problema crucial da disciplina);
- ♦ o grau de interferência do professor no processo de aprendizagem;
- ♦ estudo comparativo entre o ensino clássico e aquele realizado utilizando o **VISUAL 9D** como ferramenta auxiliar ;
- ♦ estudos para integrar o **VISUAL 9D** na rede UFSC, permitindo que o ambiente de aprendizagem ultrapasse os limites atualmente impostos.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA

- ABREU, Aline F.; GULARTE, D.; BITTENCOURT, D. F.; FARIAS, R. O ensino a distância e a representação da Linguagem. Apostila do P.P.G.E.P., UFSC, Florianópolis, 1996.
- AEBLI, Hans. Didática Psicológica. São Paulo: Nacional, 1971.
- ALLEN, Richard; CEDERBERG Judith; WALLACE, Martha. L'intégration de l'ordinateur dans l'enseignement de la géométrie par le développement et l'utilisation des scénarios. In: *Actes Deuxiemes journées EIAO de Cachan*, Cachan: ENS, 1991. p. 33-44.
- ALMEIDA, Fernando J. Educação e Informática: os computadores na escola. São Paulo: Cortez, 1988.
- ALMOULOU, Saddo Ag; GIORGIUTTI, Italo. Sur la modélisation de l'élève: le cas de DEFI. In: *Actes environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur*, Paris: Eyrolles, 1993. p. 15-26.
- ANCEAUX, F; AYLING, R.; ZEPHIR-BEUSCART, M.C.; LHOMME, C.; DEVOS, P. Hypertextes d'apprentissage: conception et évaluation première approche. In: *Actes hypermédias et apprentissages*, Paris: INRP, 1993. p.63-77.
- ARIAS, Víctor Germán. La Educación a Distancia, una nueva area multidisciplinaria de Investigación y desarrollo. In: <http://xalapa.lania.mx/spanish/publicaciones/newsletters/winter94/ar-ne10.html> . (acessado em 09/08/96), 1996.
- BALACHEFF, Nicolas; GRAS, Régis. EIAO: points de vue des disciplines. In: *Actes environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur*, Paris: Eyrolles, 1993. p. 9-10.

- BALACHEFF, Nicolas; VIVET, Martial. Didactique et Intelligence Artificielle. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1994.
- BARON, George-Louis; LA PASSARDIÈRE, Brigitte de. Médias, multi et hypermedias pour l'apprentissage: points de repere sur l'emernce d'une communaute scientifique. In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, p. 7-15, 1991.
- BARON, Monique; GRANDBASTIEN, Monique. EIAO: points de vue des disciplines. In: *Actes environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur*, Paris: Eyrolles, 1993. p. 8-9.
- BARRY, Willis. Distance Education: A Practical Guide. 1993.
- BAUDE, Jacques. Association Enseignement Public et Informatique (EPI). In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, 1991. p. 215-216.
- BAULAC, Yves; GIORGIUTTI, Italo. Interaction micromonde/tuteur en géométrie: le cas de Cabri-géomètre et de DEFI. In: *Actes Deuxièmes Jounées EIAO de Cachan*, Cachan: ENS, 1991. p. 11-18.
- BAZIN, Jean Michel. Un modèle d'expert en résolution de problème de géométrie. In: *Actes environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur*, Paris: Eyrolles, 1993. p. 27-51.
- BECKER, Fernando. Ensino e construção do conhecimento: o processo reflexionante. *Educação e Realidade*. Porto Alegre, v.1, n. 18, jan/jun., 1993.
- BELTRAN, Thierry. Une architecture pour la surveillance et le guidage de l'apprenant dans un hypermedia éducatif. In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, 1991. p. 95-110
- BELTRAN, Thierry. Hypermédias Éducatifs: de la theorie a la pratique. In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, 1993. p. 169-181.
- BENHOUHOU, Amel. Contribution d'un simulateur et d'un générateur d'exercices à la réalisation d'un tuteur intelligent. In: *Actes environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur*, Paris: Eyrolles, 1993. p. 39-51.
- BERNART, Philippe. CHYPRE: Pour une aide au raisonnement non linéaire basée sur la prégnance. In: *Actes environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur*, Paris: Eyrolles, 1993. p. 53-64.

- BRASIL, Luiz Alberto dos Santos. Experiências Pedagógicas Baseadas na Teoria de Piaget. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1979.
- BRUILLARD, Eric; VIVET, Martial. Concevoir des EIAO pour des situations scolaires approche méthodologique. In: *Didactique et Intelligence Artificielle*, Grenoble: La Pensée Sauvage, 1994, p. 275-302.
- CARLSON, R.; BARCIA, R. M.; BOLZAN, A.; CRUZ, D. M.; VIANNEY, J.; BOLZAN, R.; RODRIGUES, R. O impacto da Universidade Virtual no Desenvolvimento Científico e Tecnológico dos Cursos de Engenharia: a experiência da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1996. (apostila do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção).
- CASAS, Luis A. A. Ensino Assistido por Computador: Modelagem de um Gerador de Materiais Educativos Computadorizados num Ambiente de Multimídia. Florianópolis, 1994. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina).
- CORREDOR, Martha Vitalia M. Sistemas Tutoriales Inteligentes. In: *Boletim de Informática Educativa*. Colombia, v.2, n.1, p. 41-49, 1989.
- COSTE, Jean-Paul. Strategies Hypertextuelles et Metaphores de Strategies. In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, 1993. p. 153-168.
- COUTAZ, Joëlle. Interfaces homme-orinateur. Paris: Dunod, 1990. 455 p.
- CRUZ, Dulce M.; BARCIA, Ricardo M. A espetacularização da sala de aula: novas tecnologias transformam o professor (e a classe) num programa de televisão. In: *Anais do XIX Congresso Brasileiro dos Pesquisadores da Comunicação/INTERCOM*, Londrina: 1996.
- D'AMBROSIO, Ubiratan. Computadores, Escola e Sociedade. São Paulo: Scipione, 1988.
- DAVIS, G., SCOTT, J. Estrategias para la Creatividad. Buenos Aires: Parios, 1991.
- DEVOPER, Christian; QUINTIN, Jean-Jacques; De LIÈVRE, Bruno. Elements pour un modele pedagogique adapte aux possibilites d'un environnement hypermedia. In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris, INRP, 1993. p. 49-62.
- DILLENBOURG, P. et all. Intelligent Learning Environments. *Report from the project « les systèmes explorateurs intelligents. »* Switzerland: 1993, p.1-34.

- DILLENBOURG, Pierre; BARON, George-Louis. EIAO: points de vue des disciplines. In: *Actes Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur*, Paris: Eyrolles, 1993. p. 12-13.
- DILLENBOURG, P; SCHNEIDER, D.; BORCIC, C.; HILARIO, M.; MENDELSON, P. Intégration d'un hypertexte dans un environnement d'apprentissage à initiative mixte. In: *Actes du Colloque, Hypermédias Et Apprentissages*, Paris, INRP, 1993.
- DILLENBOURG, P. , SELF, J. A. A Computational Approach to Socially Distributed Cognition. In: *European Journal of Psychology of Education*, v. VII, n. 4, p. 353-372, 1992.
- FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. Educação no Brasil, anos 60, o pacto do silêncio. São Paulo: Loyola, 1985.
- FLAVELL, John H. A Psicologia do Desenvolvimento de Jean Piaget. São Paulo: Pioneira, 1975.
- GAONAC'H, Daniel; GOLDRER, Caroline. Manuel de Psychologie pour L'enseignement. Paris: Hachette, 1995.
- GOMEZ, Victor Manuel C. La formación en Informática y Sociedad como Formación Integral en Informática. In: *Memorias del Congreso Computadoras, Educación y Sociedad*, 1992, Santo Domingo, p. 7-26.
- GRAS, Régis; ALMOULOU, Saddo Ag. Le temps, analyseur de comportements d'élèves dans l'environnement DEFI. In: *Didactique et Intelligence Artificielle*, Grenoble; La pensée Sauvage, p. 252-274, 1994.
- GROSSI, Esther P. e BORDIN, Jussara. Construtivismo Pós-Piagetiano. Petrópolis: Vozes, 1993.
- GUÉRAUD, V.; PEYRIN, J.P., DAVID, J.P.; PERNIN, J.P. Environnements logiciels pour une intégration quotidienne de l'E.A.O. dans l'enseignement, In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, 1993. p. 123-137.
- HERMENEGILDO, Jorge Luiz Silva. A utilização da padrnização como ferramenta da qualidade total no gerenciamento do jogo de empresas. Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina).

- KOMOSINKI, Leandro - J. Utilização da Internet no ensino. [online] In: <http://www.ml.ufsc.br/~leandro/ensiwww> (acessado em 16/10/96) 10p. 1996.
- LEZANA, A. R. ; CRUZ, D. M.; BOLZAN, R.; RODRIGUES, R. Educação a distância: o estado da arte. Florianópolis: UFSC, (apostila do Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção), 1995.
- LIMA, Lauro de Oliveira. Piaget para Principiantes. São Paulo: Summus, 1980.
- LÓPEZ, Maria Jesús. La educación a distancia en el futuro. In: *Anais I Congresso Galego de Ensinanza a Distancia*. 1992.
- MADAULE, Françoise. EIAO: points de vue des disciplines. In: *Actes environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur*, Paris: Eyrolles, 1993. p. 13-14.
- MATA, Maria Lutgarda. Educação a distância e novas tecnologias: um olhar crítico. In: *Tecnologia Educacional*, São Paulo: v. 22 (123/124), 1995. p. 8-11.
- MARTIN, James. Hiper documento e como criá-los. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- MAYES, Terry. Hypermedias et outils cognitifs. In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, 1993. p. 39-47.
- MENDELSON, Patrick; NGUYEN-XUAN, Anh. EIAO: points de vue des disciplines. In: *Actes environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur*, Paris: Eyrolles, 1993. p. 11-12.
- MIELKE, Fernando. Ensino Assistido por Computador: Algumas Considerações Teóricas da Ergonomia e da Inteligência Artificial num Ambiente Hipertexto. Florianópolis, 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina).
- MOREIRA, António. Didactique et Hypermedias en situation de resolution de probleme: principes de conception des didacticiels hypermedias. In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, 1991. p. 37-44.
- NANARD, Marc. L'apport des travaux de recherche: dans les hypertextes aux techniques éducatives. In: *Actes Hypermédias, Education et Formation*, Paris, 1994.
- NICAUD, Jean-Francois. EIAO: points de vue des disciplines. In: *Actes environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur*, Paris: Eyrolles, 1993. p.7-8.

- NOGUEIRA, Luís Lindolfo. Educação a Distância. In: *Comunicação e Educação*, São Paulo: (5), jan./abr.1996. p. 34-39.
- PAPERT, Seymour. Logo: Computadores na Educação. São Paulo: Brasiliense, 1980.
- PIAGET, Jean. O Nascimento da Inteligência na Criança. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.
- PIAGET, Jean. A Formação do Símbolo na Criança. Rio de Janeiro: Guanabara, 1978.
- PIAGET, J. INHELDER, B. A Representação do Espaço na Criança. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.
- PY, Dominique. L'exploration de la démonstration dans le projet Mentoniez. In: *Actes Deuxièmes Journées EIAO de Cachan*, Cachan: ENS, 1991. p. 19-31.
- PY, Dominique. Reconnaissance de plan pour la modélisation de l'élève. In: *Didactique et Intelligence Artificielle*, Grenoble; La pensée Sauvage, p. 113-138, 1994.
- POMIAN, Joanna. L'Intelligence Artificielle. Paris: Pocket, 1993.
- RHÉAUME, Jacques. Hypermedias et strategies pedagogiques. In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, 1991. p. 45-58.
- RHÉAUME, Jacques. L'enseignement des hypermédias pedagogiques. In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, 1993. p. 139-150.
- RITTO, Antonio Carlos de A.; MACHADO FILHO, Nery. A Caminho da Escola Virtual: um ensaio carioca. Rio de Janeiro: Faculdade Carioca, 1995.
- SANTOS, Marcílio Dias dos. A Internet em Santa Catarina: Implantação da Rede Catarinense de Ciência e Tecnologia. Florianópolis, 1995. Dissertação. (Mestrado em Sociologia Política) - Curso de Pós-graduação em Sociologia Política.
- SANTOS, Neri dos. Ergonomia cognitiva. Apostila do P.P.G.E.P., UFSC, Florianópolis, 1990.
- SCHNEIDER, Daniel; BORCIC, Boris; DILLENBOURG, Pierre; HILARIO, Mélanie; MENDELSON, Patrick. Integration d'un hypertexte dans un environnement d'apprentissage a initiative mixte. In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, 1993. p. 13-20.
- SEGRE, M. Lidia, SANTOS Neide dos. Informática na Educação e Incorporação das Novas Tecnologias da Informação nos Processos de Trabalho. In: *Memorias del Congreso Computadoras, Educacion y Sociedad*, Santo Domingo, 1992. p. 27-43.
- SEVERO, Caíque. INTERNET: como criar home pages. Porto Alegre: L&PM, 1996.

- SILVA, Júlio César da. Sistema Especialista Conjugado a um Sistema CAD para Avaliar e Diagnosticar os Conhecimentos de um Estudante sobre Cotagem no Desenho Técnico. Florianópolis, 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina).
- SPERANDIO, Jean-Claude. L'ergonomie du travail mental. Paris: Masson, 1988. 140 p.
- TRICOT, André. Strategies de navigation et strategies d'apprentissage: pour l'approche experimentale d'un problème cognitif. In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, 1993, p. 21-33.
- ULBRICHT, Vania R Modelagem Cognitiva em vista da Concepção do Módulo Avaliação do Estudante de um Sistema de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador para a Geometria Descritiva. Florianópolis: UFSC, 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.
- ULBRICHT, V. R.; SANTOS, Neri, dos. A Introdução da Ergonomia na Concepção do Protótipo de um Sistema de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador. In: *Anais do Segundo Congresso Latino Americano e Sexto Seminário Brasileiro de Ergonomia*, Florianópolis, 1993. p. 306-308.
- ULBRICHT, V. R.; FIALHO, F. A. Computer's Interference in the Learning of Descriptive Geometry. In: *Proceedings of 6th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry*, Tokyo, 1994. p. 272-274.
- ULBRICHT, V.R.; SANTOS, Neri dos; GONTIJO, Leila A. L'ergonomie dans le processus d'apprentissage. In: *Actes XXXème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française*, Biarritz, 1995. p. 716-723.
- ULBRICHT, V.R.; PEREIRA, A.T.C.; WAZLAWICK, R.S., SANTOS, Neri dos. Expert System Techniques for Modelling an Intelligent Computer Assisted Learning System. In: *Proceedings IEA WorldConference*, Rio de Janeiro, 1995. p. 323-326.
- ULBRICHT, V.R.; PEREIRA, A.T.C.; SANTOS, Neri dos, GONTIJO, Leila A.; ROSA, S.B. The basics of Descriptive Geometry organised for Hypermedia environment. In: *COMPUGRAPHICS' 95*, Alvor, 1995. p. 69-74.

- ULBRICHT, V.R.; PEREIRA, A.T.C.; WAZLAWICK, R.S., SANTOS, Neri dos. A proposal for the user of an intelligent computer assisted learning system. In: *COMPUGRAPHICS' 95*, Alvor, 1995. p. 75-80.
- ULBRICHT, V.R.; WAZLAWICK, R.S.; SANTOS, Neri dos. Representação do conhecimento de Geometria Descritiva através de redes semânticas. In: *Anais GRAPHICA 96*, Florianópolis, UFSC, 1996. p. 309-315.
- ULBRICHT, V.R.; ULBRICHT, S.M.; SANTOS, Neri dos, GONTIJO, Leila A.; ROSA, S.B. Teaching Descriptive Geometry in Brazil: historical research. In: *Proceedings of 7th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry*, Cracow, 1996. p. 478-481.
- ULBRICHT, V.R.; PEREIRA, A.T.C.; WAZLAWICK, R.S., SANTOS, Neri dos. Ambiente Hipermídia para a Geometria Descritiva: abordagem teórica. In: *Anais GRAPHICA 96*, Florianópolis, UFSC, 1996. p. 373-382.
- ULBRICHT, V.R.; ULBRICHT, S.M.; SANTOS, Neri dos, GONTIJO, Leila A.; ROSA, S.B. Considerations sur un environnement d'apprentissage assisté par ordinateur pour la Géométrie Descrptive. In: *Actes Ergonomie et Informatique Avancée*, Biarritz, 1996. p. 407- 415.
- ULBRICHT, V. R.; CRUZ, Terezinha Rosa; GUIMARÃES, M. M.; MADUELL, M. A. Rey; FÁVERE, L. F.; PEREIRA, J. H. Geometria Descritiva pelo Método dos Instrumentos Operacionais. In : *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, (53): 1985. p.53 - 60.
- VALENTE, José Armando. Computadores e Conhecimento: repensando a educação. Campinas: Unicamp, 1993.
- VERGER, Guy. SIMUL: un environnement multimedia d'enseignement en gestion d'entreprise. In: *Actes Hypermédias et Apprentissages*, Paris: INRP, 1991. p. 59-73.
- VIEIRA, M. Conceitos e princípios relacionados com o ensino a distância. Aspectos teóricos. In: <http://www.ugr.es/~ri/wh11g-15.htm>. (acessado em 09/08/96) 2p. 1996.
- WADSWORTH, Barry J. Inteligência e Afetividade da Criança na Teoria de Piaget. São Paulo: Pioneira, 1992.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AMALBERTI R., MONTMOLLIN M., THEAUREAU J.. Modèles en Analyse du Travail. Liège: Pierre Mardaga, 1991.
- BAPTISTA, S. A., COSTA, L. P., MELO, F. G. On the use of multimedia in training and education. In: *First International Conference on Graphics Education and Third International Conference on Computacional Graphics and Visualization Techniques*. Lisboa: p. 1-5, 1993.
- BARR, Feigenbaum. The Handbook of Artificial Intelligence. California: W. Kaufmann Inc., v. II, p. 225-294, 1982.
- BARROS, Jorge P. D., D'AMBROSIO, Ubiratan. Computadores, Escola e Sociedade. São Paulo: Scipione, 1988.
- BOY, Guy. Assistance a L'operateur: Une approche de l'intelligence artificielle. Paris: Teknia, 1988.
- BOWERMAN, Chris. Writing and the computer: an Intelligent Tutoring Systems Solution. In: *Computer Assisted Learning*, v.18, n.13, 77-83, 1992.
- BUCHAMAN, Bruce G., FORSYTHE, E. Diane. Knowledge Acquisition for Expert Systems. Some Fitfalls and Suggestions. *IEEE Transactions and Systems, Man and Cybernetics*. v. 19, n. 3, May/June, 1989.
- CHIBANA, Kokichi, et al. Effect of a Descriptive Geometry course on the score of mental cutting test remodeled by anaglyphic representation. In: *6th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry*. Tokyo: v. 3, p. 781-785, 1994.
- COBURN, Peter et al. Informática na Educação. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos, 1988.
- DOLLE, Jean-Marie. Pour comprendre Jean Piaget. Toulouse: Privat, 1991.
- EZAKI, Takemi et al. The analysis of a CAI tutor module's effect on student performance of graphics transformation problems. In: *6th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry*. Tokyo: v. 1, p. 262-266, 1994.

- FAJARDO, Francisco Ruida. Informática e Inteligência. In: *Boletim De Informática Educativa*. Colombia, v.2, n.1, 1989.
- FATH, L. Janet et al. An ICAI Architecture for Troubleshooting in Complex, Dynamic Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, v.20, n.3, p.531-558, May/June, 1990.
- FIALHO, F. A.P., ULBRICHT, V. R., VIEIRA, M. H. Cognitivism and the teaching of Descriptive Geometry. In: *6th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry*. Tokyo: v. 1, p. 244-246, 1994.
- FIELD, Bruce W. A course in Spatial visualization. In: *6th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry*. Tokyo: v. 1, p. 257-261, 1994.
- BOWERMAN, Chris. Writing and the computer: an intelligent tutoring systems solution. *Computer Assisted Learning*, v.18, n.13, p.77-83, 1992.
- GARCIA, Carlos Holmes Trujillo. Informática Educativa como Factor de Desarrollo. In: *II Informática Educativa*. Colombia, v. 4, n. 3, p. 201-206, 1991.
- HILGARD, E. R. Teorias da Aprendizagem. São Paulo: EPU, 1975. 692 p.
- IKEUTI, Masayuki. Teaching evaluation by cadets on graphic science course at the national defence academy of Japan. In: *6th International Conference on Engineering Computer Graphics And Descriptive Geometry*. Tokyo: v. 3, p. 835-839, 1994.
- JONG, de Ton, JOOLINGEN, Wouter R. Van. Modelling Domain Knowledge for Intelligent Simulation Learning Environments. *Computer Assisted Learning*. v. 18, n. 13, p. 29-37, 1992.
- KAJIYAMA, Kiichiro. Design of computer assisted learning system for reading a drawing. In: *6th International Conference On Engineering Computer Graphics And Descriptive Geometry*. Tokyo: v. 1, p. 267-271, 1994.
- LINDAY, Petutt et NORMANN, Donald A. Traitement de l'Information et Comportement Humain. Canadá: Vigot, 1980.
- MEDEIROS, Egberto. Analyse des mecanismes de resolution de Problemes en vue de la conception d'un cooperatif D'aide a la prise de decision: cas du diagnostic par telephone. Paris: Conservatoire National des Arts et Metiers, 1992. (These presentée pour l'obtention du Doctorat d'Ergonomie)

- MITCHELL, David P. et al. How Can Intelligent Cal Better Adapt to Learners? *Computer Assisted Learning*. v. 18, n. 13, p. 23-28, 1992.
- NORMA BRASILEIRA REGISTRADA. Referências Bibliográficas-NBR 6023 . São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas, ago. 1988.
- NORMA BRASILEIRA REGISTRADA. Sumário-NBR 6027 . São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas, mai. 1980.
- NORMA BRASILEIRA REGISTRADA. Numeração Progressiva das Seções de um Documento -NBR 6024 . São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas, mai. 1980.
- NORMA BRASILEIRA REGISTRADA. Apresentação de Citações em Documentos-NBR 10520 . São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas, out. 1988.
- OHTSUKI, Nobuo et al. Using the mental cutting test (MCT) to evaluate the effectiveness of Descripve Geometry course. In: 6th *International Conference on Engineering Computer Graphics And Descriptive Geometry*. Tokyo: v. 3, p. 806-809, 1994.
- PADILHA, Heloisa M. F. A representação do espaço através do desenho. *Psicologia Escolar*. Rio de Janeiro: UFRJ, p. 39-54, 1990.
- PARDO, Vitor Giraldo et al. Consideración sobre la concepcion y realización de sistemas inteligentes para la enseñanza assistida por computadora. In: *Memorias del Congreso Computadoras Educación y Sociedad*, 1992, Santo Domingo, p. 914 - 323.
- PEREIRA, Alice T.C. A CAAD Expert Help System. Londres: University of Sheffield, 1992. (Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy).
- PIAGET, Jean. Où va l'éducation. Paris: Folio, 1994.
- RICH, Elaine. Inteligência Artificial. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.
- RICHARD, Jean-François. Les Activités Mentales. Paris: Armand Polin, 1990.
- RILEY, D. et al. Authoring and Evaluation of Hipermedia for Education. *Computer Assisted Learning*. v. 18, n. 13, p. 171-177, 1992.
- RYU, Joonseok. Knowledge-Based Approach Computer Aided Urban Design. Londres: University of Sheffield, 1991. (Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy).
- STACHEL, Hellmuth. Descriptive Geometry, the art of grasping spatial relations. In: 6th *International Conference On Engineering Computer Graphics And Descriptive Geometry*. Tokyo: v. 2, p. 533-535, 1994.

- STAHL, M. Marimar. Software Educacional: Características dos Tipos Básicos. In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 1990, Rio, p. 34-43.
- SATO, Jinichiro. Computerised Descriptive Geometry in a small class. In: *6th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry*. Tokyo: v. 2, p. 453-457, 1994.
- SUZUKI, Kenjiro. Reestructuring of graphic science courses at japanese universities. In: *First International Conference on Graphics Education and Third International Conference On Computacional Graphics and Isualization Techniques*. Lisboa: p. 117-126, 1993.
- ULBRICHT, Sergio M. Análise dos Conceitos Fundamentais do Desenho Técnico Face a Implementação Parcial de um Modelo Teórico de Ensino Inteligente Auxiliado por Computador. Florianópolis: UFSC, 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.
- ULBRICHT, Vania R., FIALHO, Francisco A. P. Computer's Interference in the learning of Descriptive Geometry. In: *6th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry*. Tokyo: v. 1, p. 272-275, 1994.
- VALMAYOR, Alfredo Fernandez et al. Educacional and Research Utilization of a Dynamic Knowledge base. *Computer Assisted Learning*. v. 18, n.13, p. 51-651, 1992.
- VERGARA, Walter Hernande. Resolução de Problemas baseados no conhecimento humano: as contribuições da Psicologia e de Inteligência Artificial a Ergonomia Cognitiva. Florianópolis: UFSC, 1990. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 1990.
- VÉRILLON, Pierre; BESSOT, Annie. Espaces Graphiques et Graphismes D'Espaces. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1993.
- ZAMBRANO, Lioranni Seni. Los objetos Estructurados para el Diseño y Desarrollo de Sistemas de Ejercitación y Práctica. In: *Boletim De Informática Educativa*. Colombia, v. 2, n.1, p. 29-40, 1989.
- WATERMAN, D.A. A guide to expert systems. Addison-Wesley Publishing Co., 1986.

WAZLAWICK, Raul Sidnei. Um modelo operatório para construção de conhecimento.
Florianópolis: UFSC, 1993. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.