

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

“Planejamento de um ambiente virtual de aprendizagem
baseado em interfaces dinâmicas e uma aplicação
ao estudo de potência elétrica”

NILTOM VIEIRA JUNIOR

Orientador: Prof. Dr. Laurence Duarte Colvara

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia –
UNESP – Campus de Ilha Solteira, para
obtenção do título de Doutor em Engenharia
Elétrica.

Área de Conhecimento: Automação.

Ilha Solteira – SP

Novembro/2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação

V658p Vieira Junior, Niltom .
Planejamento de um ambiente virtual de aprendizagem baseado em interfaces dinâmicas e uma aplicação ao estudo de potência elétrica / Niltom Vieira Junior. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2012
232 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2012

Orientador: Laurence Duarte Colvara

Inclui bibliografia

1. Educação em engenharia. 2. Estilos de aprendizagem. 3. Modelos mentais. 4. Tecnologia educacional. 5. Teoria de resposta ao item. 6. Testes adaptativos informatizados.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Planejamento de um ambiente virtual de aprendizagem baseado em interfaces dinâmicas e uma aplicação ao estudo de potência elétrica

AUTOR: NILTOM VIEIRA JUNIOR

ORIENTADOR: Prof. Dr. LAURENCE DUARTE COLVARA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ENGENHARIA ELÉTRICA, Área: AUTOMAÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LAURENCE DUARTE COLVARA
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. SERGIO AZEVEDO DE OLIVEIRA
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dra. MARIA ANGELA DE MORAES CORDEIRO
Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCIUS FANTOZZI GIORGETTI
Departamento de Hidráulica e Saneamento / Escola de Engenharia de São Carlos - USP

Prof. Dr. CARLOS BERNARDES ROSA JUNIOR
Departamento de Computação / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

Data da realização: 09 de novembro de 2012.

DEDICATÓRIA

Ao papai e a mamãe,
Nilton Vieira e Maria Benedita Santos Vieira.

AGRADEÇO...

A Deus por emprestar-me as ferramentas necessárias para realização de mais esta etapa e por permitir que tantos amigos estivessem ao meu lado orientando, auxiliando, apoiando, protegendo e intuindo – aos quais também sou imensamente grato.

Ao Prof. Laurence Duarte Colvara que em 2005 deu àquele que batera em sua porta, pleiteando sua orientação no mestrado, um voto de confiança. Que em 2008 ajudou no que era possível para que este, não mais desconhecido, pudesse ingressar no doutorado independente das dificuldades que a geografia impunha. E que ao longo destes anos, mais do que orientar, deu com seus próprios exemplos importantes ensinamentos que a ciência por si não promove: a conduta, a ética e a responsabilidade.

Ao Prof. Sérgio Azevedo de Oliveira (Grilo) mais um incentivador incondicional deste trabalho. Esta pesquisa deve muito às suas contribuições. Aquele que, presente nas oito bancas ao longo do mestrado e doutorado (seminários, qualificações e defesas), deu ânimo para que frente a algumas críticas ortodoxas – que tiveram sua importância no amadurecimento desta obra – eu pudesse me lembrar de Galileu e, sem tanta pretensão, também murmurar: *Eppur si muove!*

Aos professores Carlos Bernardes, Marcius Giorgetti e Maria Angela que, juntamente com Laurence e Sérgio, dotados de imensa sensibilidade e sabedoria tornaram da defesa um momento único e inesquecível.

A UNESP e a cidade de Ilha Solteira por possibilitar experiências e amizades inesquecíveis como as de Jorge Medeiros, Fernando Sanchez, Danilo Konda e Marcelo Fuly.

Aos especialistas em educação do IFMG, Cláudio Alves Pereira (físico), Márcia Soares de Oliveira (pedagoga) e Viviane Gonçalves da Silva (psicóloga) pelas importantes contribuições na elaboração do novo ILS.

Aos estudantes do IFMG, Antônio Marcos, Christiano Dutra, Elton Pereira, Fernando Polastrini, Lucas Leal e Mateus Leal que, motivados pelo tema, têm se empenhado em novos projetos sobre educação em engenharia dando continuidade a esta causa.

A todos aqueles que durante este período me fizeram, pela dor ou pelo amor, crescer enquanto ser.

Por fim, fica a esperança de que um dia sejamos dignos de títulos morais empregando da mesma dedicação pela qual conquistamos os intelectuais.

Que assim seja.
Obrigado a todos!

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.

Cora Coralina.

RESUMO

Nas últimas décadas a educação em engenharia tem enfrentado crescentes problemas como a desmotivação dos alunos, a evasão escolar e a exigência de novas habilidades. Diversas razões poderiam ser apontadas para justificar estes fatos, como o despreparo didático-metodológico dos professores, o descompasso entre métodos e tecnologia etc.

Neste contexto algumas inovações como a utilização de objetos de aprendizagem têm sido propostas na literatura, entretanto, falhas conceituais no projeto destes recursos são observadas neste trabalho e os insucessos decorridos de sua utilização atribuídos a ausência metodológica no seu desenvolvimento. Como alternativa este trabalho sugere uma nova metodologia construtiva para um AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem) baseada nas ciências cognitivas e defende que esta mudança de paradigma pode favorecer os procedimentos atuais para a tecnologia educacional.

É proposto um algoritmo que monitora em tempo real o comportamento e as características dos usuários perante três variáveis: uma pedagógica, uma cognitiva e uma de desempenho probabilístico – sendo que as duas primeiras são também medidas estatísticas. Os testes que quantificam estas variáveis foram matematicamente construídos e validados. Esta ação de controle permite que interfaces sejam dinamicamente adaptadas e individualizadas possibilitando que características de interesse sejam implícita e gradativamente exercitadas.

Para atingir este objetivo foram identificados os modelos mentais, e seus respectivos níveis, para um dos tópicos com o maior número de *softwares* educacionais encontrados na literatura: potência elétrica. A seguir desenvolveu-se e validou-se, a partir de análise fatorial exploratória, uma nova versão de um dos principais instrumentos para identificação de perfis aplicados à engenharia: o Índice de Estilos de Aprendizagem de Felder e Soloman (1991). Por último adaptou-se uma metodologia probabilística, fundamentada na Teoria de Resposta ao Item (TRI), para mensurar o desempenho individual dos usuários perante sua interação com as interfaces propostas. Estabeleceu-se, então, um algoritmo para individualização dinâmica de conteúdos que possibilita mais de 65.000 trajetórias na condução de uma tarefa.

Palavras-chave: Educação em engenharia. Estilos de aprendizagem. Modelos mentais. Tecnologia educacional. Teoria de resposta ao item. Testes adaptativos informatizados.

ABSTRACT

Engineering education has passed through growing problems at the last decades, such as the lack of motivation, the school dropout and the requirement of new abilities. Many reasons could be pointed to justify these facts, as the didactic unpreparedness of teachers, the mismatch between methods and technology etc.

In this context some innovations like the use of learning objects has been proposed in the literature, however conceptual failures on the project of these resources are observed in this work and the unsuccessfulness on its use is presumed to be due to lack of methodology on its development. So this work suggests a new constructive methodology to a LMS (Learning Management System) based on the cognitive sciences and defends that this paradigm change can favour the current proceedings.

It is proposed an algorithm that monitors in real time the behavior and the user's characteristics in respect of three variables: the first one is pedagogical, the second is cognitive and the last one measures the probabilistic performance – the first two are also considered as statistics measures. The tests that quantify these variables were mathematically constructed and validated. This control action allows interfaces to be dynamically adapted and individualized so enabling characteristics of interest to be implicit and gradually exercised.

To achieve this goal the mental models and its progression level were identified, for one of the topics with the largest number of educational software found in the literature: electrical power. In the sequence a better version of one of the main tools to profile identification in engineering, based on exploratory factor analysis, was developed and validated: the Felder and Soloman (1991) Index of Learning Styles. Finally, it was adapted a probabilistic methodology, supported by Item Response Theory, to measure the users individual performance with respect to their interactions with proposed interfaces. An algorithm was established for the dynamic individualization of contents that enables more than 65,000 trajectories on a running task.

Key-words: Computer adaptative testing. Educational technology. Engineering education. Item response theory. Learning styles. Mental models.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Organização da tese.....	18
Figura 02 - Processo tradicional para análise de sistemas de potência.....	24
Figura 03 – Processo melhorado para análise de sistemas de potência.....	25
Figura 04 – Conectividade de barras e linhas.....	27
Figura 05 – Representação de tendências.....	28
Figura 06 – Representações analógicas para magnitude e/ou ângulo.....	28
Figura 07 – Representações clássica e alternativa.....	29
Figura 08 – Editor gráfico.....	30
Figura 09 – Módulo de fluxo de potência.....	31
Figura 10 – Módulo de estabilidade transitória.....	31
Figura 11 – Variáveis de estado.....	32
Figura 12 – Sistema multimáquinas.....	33
Figura 13 – Períodos falta e pós-falta.....	33
Figura 14– Alteração de parâmetros.....	34
Figura 15 – Dados de saída.....	35
Figura 16 – Dispositivos de proteção.....	36
Figura 17 – Adaptação aos estilos de aprendizagem.....	37
Figura 18 – Magnitudes das tensões em <i>New York</i> e <i>New England</i>	38
Figura 19 – Contornos para fluxo em linhas.....	39
Figura 20 – Testando os contornos de tensão.....	40
Figura 21 – Visualização 3D para contingências.....	42
Figura 22 – Visualização 3D alternativa para contingências.....	43
Figura 23 – <i>Display</i> “dígitos com <i>pizza</i> ”.....	44
Figura 24 – <i>Display</i> “setas estacionárias com <i>pizza</i> ”.....	45
Figura 25 – <i>Display</i> PTDF.....	47
Figura 26 – Simulação de fasores rotativos.....	48
Figura 27 – Impedância	49
Figura 28 – Simulador para fluxo de carga.....	49
Figura 29 – Construção de transformadores.....	51
Figura 30 – Circuito equivalente e diagrama fasorial.....	51
Figura 31 – CASPOC dentro da interface.....	52
Figura 32 – Torre de uma planta eólica.....	53
Figura 33 – Tela principal.....	54
Figura 34 – Análogos mecânicos.....	55
Figura 35 – Gráficos 3D.....	55
Figura 36 – Animação das máquinas.....	56

Figura 37 – Resultados de Vieira Junior e Colvara.....	56
Figura 38 – Cores para tensões.....	57
Figura 39 – Resultados.....	58
Figura 40 – Módulo de fluxo de potência.....	59
Figura 41 – Relatório	59
Figura 42 – Curva ângulo <i>versus</i> tempo.....	60
Figura 43 – Animação por linhas.....	60
Figura 44 – Identity no ambiente <i>Moodle</i>	61
Figura 45 – Interface do VR-LRC na <i>web</i>	62
Figura 46 – Exemplo de OA integrado ao projeto <i>Identity</i>	63
Figura 47 – Relação entre expectativa e satisfação.....	64
Figura 48 – Média das notas para os dois grupos.....	64
Figura 49 – Níveis hierárquicos.....	67
Figura 50 – Ações do usuário interagindo com um sistema.....	77
Figura 51 – Engenharia cognitiva e engenharia semiótica.....	78
Figura 52 – Arranjo espacial de material escolar.....	86
Figura 53 – Possibilidades de modelos.....	86
Figura 54 – Exemplo de mapa conceitual do tipo fluxograma.....	90
Figura 55 – Exemplos de figuras utilizadas por Barbosa e Borges.....	98
Figura 56 – Ciclo de Kolb.....	109
Figura 57 – Simulação de notas distribuídas para toda a entrevista.....	119
Figura 58 – Simulação de notas distribuídas para o último nível.....	119
Figura 59 – Resultado para a opção “sensorial” na dimensão sensorial/intuitivo obtido no IFMG.....	127
Figura 60 – Resultado para a opção “sensorial” na dimensão sensitivo/intuitivo obtido na USP.....	127
Figura 61 – Resultado das questões referentes à dimensão sequencial/global obtido na USP.....	128
Figura 62 – Resultado das questões referentes à dimensão visual/verbal obtido na USP...	129
Figura 63 – Resultado das questões referentes à dimensão ativo/reflexivo obtido na USP	129
Figura 64 – Número de fatores a extrair (Critério <i>eigenvalue</i> ≥ 1).....	132
Figura 65 – Carga fatorial dos itens.....	146
Figura 66 – Gráfico da dimensão Ativo/Reflexivo.....	147
Figura 67 – Gráfico da dimensão Sensorial/Intuitivo.....	147
Figura 68 – Gráfico da dimensão Visual/Verbal.....	147
Figura 69 – Gráfico da dimensão Sequencial/Global.....	148
Figura 70 – Tela inicial.....	150
Figura 71 – Interfaces adaptativas.....	151
Figura 72 – O ILS.....	153

Figura 73 – Tela de exibição.....	154
Figura 74 – Fluxograma parte 1.....	158
Figura 75 – Fluxograma parte 2.....	159
Figura 76 – Modo palestra.....	160
Figura 77 – Probabilidades de acerto conforme a dificuldade do item.....	163
Figura 78 – Teste de nível.....	164
Figura 79 – Exemplo de circuito paralelo envolvendo a 1 ^a . lei de Kirchhoff.....	167
Figura 80 – Exemplo de circuito série envolvendo potência elétrica.....	168
Figura 81 – Convergência do teste de nível.....	169
Figura 82 – Teste de progressão de nível.....	171
Figura 83 – Testes independentes.....	175
Figura 84 – Continuar um curso atual.....	175
Figura 85 – Relatório de desempenho.....	176
Figura 86 – Edição de interfaces.....	177
Figura 87 – “eXe” learning.....	177
Figura 88 – Tópicos de ajuda.....	178
Figura 89 – Dimensão ativo / reflexivo.....	207
Figura 90 – Dimensão sensorial / intuitivo.....	207
Figura 91 – Dimensão visual / verbal.....	207
Figura 92 – Dimensão sequencial / global.....	208
Figura 93 – Evolução dos estilos de aprendizagem ao longo da graduação.....	208
Figura 94 – Evolução dos estilos de aprendizagem considerando-se egressos.....	209
Figura 95 – Scree plot.....	215
Figura 96 – Rotação ortogonal e oblíqua.....	220
Figura 97 – Potência.....	224
Figura 98 – Energia elétrica convertida em energia térmica.....	224
Figura 99 – Energia química convertida em energia elétrica.....	225
Figura 100 – Lei de Ohm e potência.....	225
Figura 101 – Animação interativa sobre o uso da bateria.....	226
Figura 102 – Potência dissipada por um elemento resistivo.....	227
Figura 103 – Potência de uma bateria: (a) fornecida (b) consumida.....	227
Figura 104 – Animação interativa sobre consumo de potência.....	228

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Normas: qualidade de <i>software</i>	20
Tabela 02 – Características: qualidade de <i>software</i>	21
Tabela 03 – Tecnologia instrucional tradicional e emergente.....	23
Tabela 04 – Solução média dos problemas em segundos.....	29
Tabela 05 – Tempo médio das soluções por contingência em segundos.....	40
Tabela 06 – Tempo médio de solução dos problemas em segundos.....	69
Tabela 07 – Número médio de geradores acionados para correção dos problemas.....	69
Tabela 08 – Indicação dos tipos pelas iniciais.....	107
Tabela 09 – Ordem de apresentação dos tipos.....	108
Tabela 10 – Dimensões de Kolb.....	109
Tabela 11 – Perfis de comportamento.....	111
Tabela 12 – Fatos de destaque durante a investigação.....	120
Tabela 13 – Matriz fatorial do ILS.....	133
Tabela 14 – Confronto dos resultados obtidos em cada trabalho.....	135
Tabela 15 – Novo modelo do questionário.....	137
Tabela 16 – Matriz fatorial do ILS novo.....	140
Tabela 17 – Equivalência ordinal dos itens em cada versão.....	141
Tabela 18 – Modelo final do ILS reduzido.....	142
Tabela 19 – Matriz fatorial do ILS novo reduzido.....	144
Tabela 20 – Alfa de <i>Cronbach</i> para a versão final reduzida.....	145
Tabela 21 – Alfa de <i>Cronbach</i> para a amostra de 153 estudantes.....	148
Tabela 22 – Nível hierárquico correspondente à dificuldade/habilidade.....	163
Tabela 23 – Simulação do desempenho real para $\theta=3$ acertando questões $b \leq 4$	172
Tabela 24 – Simulação do desempenho real para $\theta=3$ acertando apenas questões $b > 3$..	172
Tabela 25 – Simulação do desempenho real para $\theta=7$ acertando apenas questões $b \leq 7$	173
Tabela 26 – Aspectos construtivos das interfaces de conteúdo.....	181
Tabela 27 – Os estilos de aprendizagem identificados.....	206
Tabela 28 – Índices do KMO.....	213
Tabela 29 – Exemplos utilizando o cálculo da potência.....	226
Tabela 30 – Exemplos de consumo de energia.....	227
Tabela 31 – Índice de estilos de aprendizagem para o novo ILS.....	229
Tabela 32 – Pontuação do ILS.....	231
Tabela 33 – Escore para o ILS.....	232

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AVA.....	Ambiente Virtual de Aprendizagem
EMS.....	<i>Energy Management System</i>
IEEE.....	<i>Institute of Electrical and Eletronics Engineers</i>
IHC.....	Interface Homem Computador
IHM.....	Interface Homem Máquina
ILS.....	<i>Index of Learning Styles</i>
ISO.....	<i>International Organization for Standardization</i>
LMS.....	<i>Learning Management System</i>
LTSC.....	<i>Learning Technology Standards Comittee</i>
MBTI.....	Myers-Briggs Type Indicator
MOODLE.....	<i>Modular object-oriented dynamic learning environment</i>
OA's.....	Objetos de Aprendizagem
SPSS.....	<i>Statical Package for the Social Sciences</i>
TAI's.....	Testes Adaptativos Informatizados
TIC's.....	Tecnologias da Informação e Comunicação
TRI.....	Teoria de Resposta ao Item

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETOS DE APRENDIZAGEM NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA.....	19
2.1 Qualidade de Objetos de Aprendizagem.....	20
2.2 Interfaces gráficas e objetos de aprendizagem aplicados à engenharia.....	24
2.2.1 Melhoria de interfaces homem-computador para aplicações em sistemas de potência por Azevedo, Souza e Feijó (1996).....	26
2.2.1.1 Conectividade.....	26
2.2.1.2 Estado.....	27
2.2.1.3 Magnitude e tendências.....	27
2.2.1.4 Fluxo de potência.....	29
2.2.2 Um pacote para ensino e treinamento em análise e operação de sistemas de potência por Shin, Lee e Im (1999).....	30
2.2.3 Visualização de estabilidade transitória por Kakinoki, Masuyama, Matsumura, Nakano, Fujita e Yokoyama (2001).....	32
2.2.4 Ensino de estabilidade através do desenvolvimento de softwares por Bretas e Ramos (2001).....	34
2.2.5 Tutoria em sistemas de potência baseada na web por Li, Liu e Damborg (2001)..	35
2.2.6 Novos métodos para visualização de sistemas elétricos de potência por Overbye e Weber (2000).....	38
2.2.7 Fatores humanos nas visualizações com contorno de tensão por Overbye, Wiegmann, Rich e Sun (2003).....	39
2.2.8 Visualizações de contingências em sistemas de potência por Sun e Overbye (2004).....	41
2.2.9 Aspectos humanos na animação de fluxo de potência por Wiegmann, Essenberg Overby e Sun (2005).....	43
2.2.9.1 Primeiro experimento.....	44
2.2.9.2 Segundo experimento.....	46
2.2.10 Elementos básicos de sistemas de potência usando tecnologia <i>web</i> por Mota, Mota e Morelato (2004).....	48
2.2.11 <i>e-Learning</i> na engenharia elétrica por Bauer, Fedák e Hájek (2006).....	50
2.2.12 Aceitação de técnicas de visualização em 3D por Angelov, Smieja e Styczynski (2007).....	53
2.2.13 <i>Software</i> para estabilidade de sistemas de energia por Vieira Junior (2007).....	54
2.2.14 Um <i>software</i> interativo para fluxo de potência por Canossa (2007).....	57
2.2.15 Objeto de aprendizagem para sistemas de energia elétrica por Pereira (2008).....	58
2.2.16 Projeto <i>Identity</i> por Scutaru, Scapolla, Mustica, Sandu e Kristaly (2008b).....	61

2.2.17 Engenharia cognitiva aplicada no <i>design</i> de interfaces para sistemas elétricos de potência por Hoff e Hauser (2008).....	65
2.3 Análise dos OA apresentados.....	68
2.4 Conclusão do capítulo.....	73
3. CIÊNCIAS COGNITIVAS APLICADAS À EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA.....	76
3.1 Ciências cognitivas e modelos mentais.....	80
3.1.1 Modelos mentais e a educação em engenharia.....	85
3.1.2 Investigação dos modelos mentais.....	89
3.1.3 Modelos mecânicos de Kleer e Brown (1983).....	91
3.1.4 Os modelos de eletricidade de Gentner e Genter (1983).....	93
3.1.5 Os modelos de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo de Borges (1998).....	95
3.1.6 Outros modelos investigados no ensino de ciências.....	97
3.1.7 Evolução dos modelos mentais.....	99
3.1.8 Validade dos modelos mentais.....	101
3.1.9 Conclusão parcial.....	102
3.2 Estilos de aprendizagem.....	104
3.2.1 Tipos psicológicos de Carl Jung.....	105
3.2.2 Contribuições de Myers e Briggs.....	107
3.2.3 Modelo de Kolb do aprendizado experimental.....	108
3.2.4 Modelo de estilo de aprendizagem de Felder e Silverman (1988).....	110
3.3 Conclusão do capítulo.....	113
4. CONTRIBUIÇÕES À METODOLOGIA PROPOSTA.....	116
4.1 Uma contribuição quanto aos modelos mentais de potência elétrica.....	116
4.1.1 Resultados.....	118
4.2 Validade do Índice de Estilos de Aprendizagem (ILS) de Felder e Soloman (1991).....	123
4.2.1 Diferentes contextos.....	125
4.2.2 Uma nova versão do ILS de Felder e Soloman (1991).....	130
4.3 Conclusão do capítulo.....	146
5. PLANEJAMENTO DE INTERFACES EDUCACIONAIS PARA O ENSINO DE ENGENHARIA.....	150
5.1 O novo ILS (N-ILS).....	153
5.2 Testes adaptativos informatizados (TAI's).....	161
5.2.1 Teste de nível.....	164
5.2.2 Teste de conteúdo.....	170
5.2.3 Aspectos complementares.....	174
5.2.4 Conteúdos para o estudo de potência elétrica.....	180
5.3 Conclusão do capítulo.....	180

6. CONCLUSÃO	184
REFERÊNCIAS.....	188
ARTIGOS PUBLICADOS DURANTE O TRABALHO.....	205
APÊNDICE A.....	206
APÊNDICE B.....	210
APÊNDICE C.....	223
ANEXO 1.....	229

1. INTRODUÇÃO

As concepções tradicionais de ensino refletem conceitualmente um modelo organizativo e disciplinador. A transmissão do conhecimento segue padrões pré-elaborados, sendo os principais artifícios as aulas expositivas e a utilização de livros-texto. O professor explica os conteúdos, os alunos fazem suas anotações com rara participação em aula e estudam para prova que, em alguns casos, avalia apenas a capacidade de memorizar e repetir os conceitos vistos em exercícios de fixação (VIEIRA JUNIOR; COLVARA, 2007a).

O problema desta sequência de ações é que por vezes o aprendizado pode efetivamente não ocorrer, sendo o aluno avaliado e aprovado por sua habilidade em se adequar a um processo simples e mecânico de transpor informações, tal qual demonstrado em um estudo sobre a aprendizagem de conceitos fundamentais de matemática, realizado por Vieira Junior e Colvara (2010b), em que se evidenciou que o melhor desempenho cognitivo nem sempre representava as melhores notas observadas em avaliações convencionais.

Em um passado pouco distante os conhecimentos transmitidos durante a formação acadêmica eram aplicáveis por quase toda a carreira e hoje devido a relação mais estreita entre a engenharia e o avanço tecnológico esta condição não é mais assegurada. Por outro lado os cursos de engenharia, principalmente em relação às estratégias de ensino, não se diferem de décadas atrás, uma vez que os professores não são levados a esta reflexão e acabam ensinando da forma como aprenderam (VIEIRA JUNIOR; COLVARA, 2006). Assim, caracteriza-se um descompasso evolutivo entre tecnologia e educação.

Alunos das novas gerações esperam que lhes sejam apresentados ambientes dinâmicos e interativos que despertem o interesse e motivação para aprender, propiciando maior envolvimento com o conteúdo, fator essencial para construção do conhecimento.

A não conformidade entre os anseios (dos alunos) e as metodologias (dos professores) tem contribuído com novos problemas à sala de aula, sendo um deles a evasão escolar. O Ministério da Ciência e Tecnologia apresentou em 2008 dados referentes ao alto índice de evasão nos cursos de engenharia. Anualmente cerca de 320 mil alunos se matriculam nestes cursos no país, porém, deste total apenas 10% aproximadamente chegam ao final da graduação e pouco mais de 1% concluem o mestrado ou doutorado (MINISTÉRIO DA

CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT, 2008). Para o Ministério, tais índices em uma área estratégica ao desenvolvimento da nação são preocupantes.

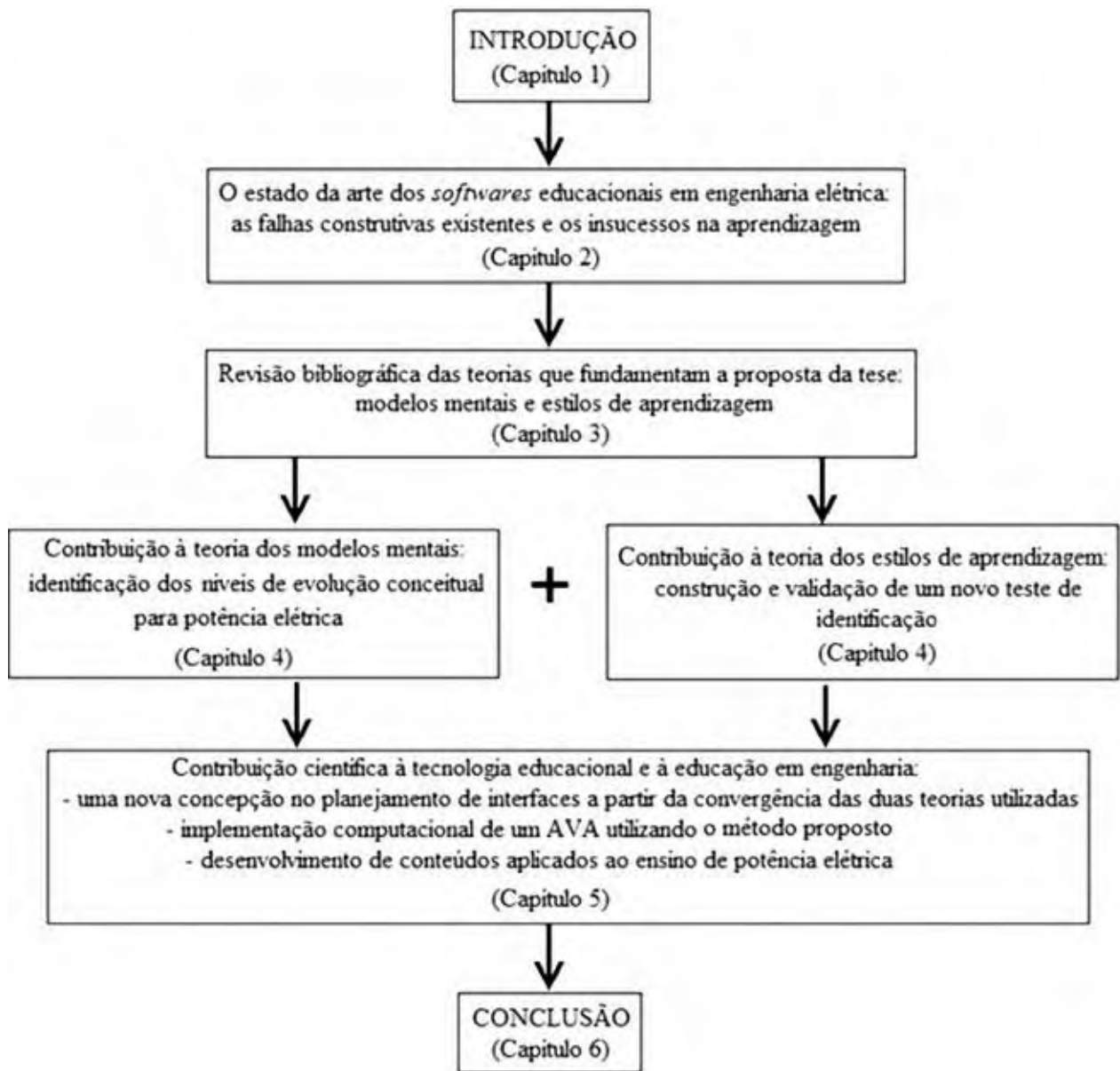
Contudo, para contribuir nestes aspectos, algumas iniciativas inovadoras têm sido apresentadas na literatura de educação em engenharia, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento de objetos de aprendizagem como *softwares* educacionais e similares. Entretanto estes recursos são, na sua maioria, fundamentalmente desprovidos de estratégias didático-pedagógicas e metodologias construtivas. Em consequência disto, algumas análises de sua utilização no ensino têm apresentado resultados insatisfatórios.

Parte do insucesso nas metodologias de ensino e no desenvolvimento destas ferramentas deve-se ao perfil acadêmico do educador em engenharia que, ao contrário dos licenciados em outras áreas das ciências exatas, não recebe durante sua formação preparação para a atividade docente. O fato repete-se nos cursos de pós-graduação *stricto sensu* que, além de suas especificidades, em raras exceções oferecem disciplinas de formação pedagógica.

Considerando o exposto, este trabalho se dedica ao problema conceitual referente a produção de *softwares* educacionais com uma aplicação ao ensino de engenharia elétrica. O Capítulo 2 se reserva à necessidade de criar novas ferramentas no ensino de engenharia; as métricas, normas e características construtivas; a evolução das principais técnicas utilizadas para visualização de fenômenos em sistemas elétricos; e uma recente proposta da psicologia cognitiva que pode mudar o foco das pesquisas neste domínio. O Capítulo 3 apresenta a influência das ciências exatas no desenvolvimento das ciências cognitivas e a importância de sua reciprocidade para fomentar o ensino de engenharia. Detalha, também, a teoria dos estilos de aprendizagem utilizada neste trabalho e a teoria dos modelos mentais que, entrelaçadas, convergem para uma nova proposta no desenvolvimento de interfaces educacionais. No Capítulo 4 apresentam-se as contribuições referentes à validação fatorial do índice de estilos de aprendizagem utilizado e os modelos mentais identificados para o tema “potência elétrica”. Os Capítulos 5 e 6 destinam-se a propor uma nova estratégia para o planejamento de interfaces educacionais para engenharia e à conclusão deste trabalho, respectivamente.

A Figura 1, a seguir, esboça os capítulos da tese e as suas respectivas motivações.

Figura 1 – Organização da tese.



Fonte: o próprio autor.

A extensão desta obra justifica-se por se tratar de um trabalho multidisciplinar cujas áreas envolvidas não necessariamente apresentam-se combinadas em outras pesquisas. Este fato objetiva tornar este material uma fonte, a princípio, suficiente de consulta que permita a compreensão fundamental de todos os temas envolvidos.

2. OBJETOS DE APRENDIZAGEM NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Ao longo das últimas décadas vários fatores como, por exemplo, a convivência tecnológica tem modificado características e respostas a estímulos externos em diversos processos humanos, dentre eles a aprendizagem. Neste sentido, Vieira Junior e Colvara (2006 e 2007) têm apontado a necessidade da melhoria no ensino de engenharia a partir de posturas reflexivas quanto aos métodos de ensino, participação ativa do aluno com os conteúdos, estreitamento das relações entre teoria e prática, interpretação crítica do conhecimento e utilização de novos recursos de aprendizagem.

Estas concepções buscam beneficiar a formação em engenharia que de longa data vem sendo criticada por diversos autores (BAZZO, 1998; BOARETTO JR., 1996; KURI, 1998; LINSINGEN et al., 1999; NAKAO, 2000; FEDÁK; BAUER, 2005 etc.). Segundo eles, para estar apto a enfrentar os desafios e problemas da vida profissional é preciso uma atualização do perfil de engenheiro que, dentre outras habilidades, possua sólido conhecimento e domínio de métodos aprimorados na resolução de problemas.

Desta forma o desenvolvimento e a aplicação de novos recursos de ensino, aliados às metodologias usuais, torna-se de grande auxílio aos professores e alunos no processo de ensino-aprendizagem (VIEIRA JUNIOR; SILVA; VIEIRA, 2009).

Existem muitas definições para os chamados Objetos de Aprendizagem (e muitos outros termos utilizados), sendo este conceito ainda considerado vago por não haver uma concepção universalmente aceita (MUZIO; HEINS; MUNDELL, 2001). Este fato resulta em confusão e dificuldade de comunicação, o que se justifica por tratar-se de um campo relativamente novo de estudo (WILEY, 2000). O *Learning Technology Standards Committee* (LTSC) do *Institute of Electrical and Eletronics Engineers* (IEEE) define Objetos de Aprendizagem (OA's) como qualquer ferramenta, digital ou não, a ser utilizada no aprendizado apoiado por tecnologia, sendo esta a interpretação utilizada neste trabalho.

No que diz respeito as suas funcionalidades, Gibbons e Nelson (2000) apontam a existência de uma área de convergência onde artefatos conceituais e físicos são ligados a fim de transmitir informações específicas. Simon (1996) descreve esta zona de convergência entre os mundos abstrato e concreto como a chave para atividades tecnológicas em geral, neste caso

educação em engenharia, onde a eficiência de uma interface em conectar conceitos e realidades pode auxiliar os objetivos de ensino.

Ainda que indiscutível a importância (e para algumas áreas a carência) deste material, seu desenvolvimento e disseminação nem sempre atendem a requisitos ou padrões sugeridos, uma vez que, mais se escreve sobre os objetos do que, propriamente, sobre a sua construção. É a este problema e às aplicações específicas destes instrumentos que este trabalho se dedica.

2.1 Qualidade de Objetos de Aprendizagem

No que diz respeito a qualidade de um produto não basta que ela exista, é preciso que seja reconhecida por alguma certificação oficial emitida com base em um padrão. Como exemplo de organismos normalizadores podem ser citados: *International Organization for Standardization (ISO)*, *Institute of Electrical and Eletronics Engineers (IEEE)* e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Em geral, os certificados de maior peso avaliam além de um produto simplesmente o seu processo de produção. No que diz respeito ao desenvolvimento de *softwares* observam-se na Tabela 1 as principais normas da área.

Tabela 1 – Normas: qualidade de *software*.

ISO 9126	Características da qualidade de produtos de <i>software</i> .
NBR 13596	Versão brasileira da ISO 9126.
ISO 14598	Guias para a avaliação de produtos de <i>software</i> , baseados na utilização prática da norma ISO 9126.
ISO 12119	Características de qualidade de pacotes de <i>software</i> (<i>software</i> de prateleira, vendido como um produto embalado).
IEEE P1061	<i>Standard for Software Quality Metrics Methodology</i> (produto de <i>software</i>).
ISO 12207	<i>Software Life Cycle Process</i> . Norma para a qualidade do processo de desenvolvimento de <i>software</i> .
NBR ISO 9001	Sistemas de qualidade - Modelo para garantia de qualidade em Projeto, Desenvolvimento, Instalação e Assistência Técnica (processo).
NBR ISO 9000-3	Gestão de qualidade e garantia de qualidade. Aplicação da norma ISO 9000 para o processo de desenvolvimento de <i>software</i> .
NBR ISO 10011	Auditoria de Sistemas de Qualidade (processo).

Continuação da Tabela 1 – Normas: qualidade de *software*.

CMM	<i>Capability Maturity Model</i> . Modelo da SEI (Instituto de Engenharia de <i>Software</i> do Departamento de Defesa dos EUA) para avaliação da qualidade do processo de desenvolvimento de <i>software</i> . Não é uma norma ISO, mas é muito bem aceita no mercado.
SPICE ISO 15504	Projeto da ISO/IEC para avaliação de processo de desenvolvimento de <i>software</i> . Ainda não é uma norma oficial ISO, mas o processo está em andamento.

Fonte: Barreto Júnior (200-).

Uma das primeiras normas para qualidade de *software*, de ampla abrangência, é a ISO 9126 ou sua equivalente brasileira NBR 13596 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1996), as quais listam um conjunto de fatores que atestam a qualidade de um *software* a partir de seis diferentes características (Tabela 2).

Tabela 2 – Características: qualidade de *software*.

Característica	Sub características	Definição
Funcionalidade Satisfaz as necessidades explícitas ou implícitas?	Adequação	Possui funções apropriadas para tarefas especificadas?
	Acurácia	Gera resultados corretos?
	Interoperabilidade	Interage com os sistemas especificados?
	Conformidade	Está em acordo com normas e leis?
	Segurança de acesso	Evita o acesso acidental a programas e dados?
Confiabilidade Mantém o nível de desempenho sob condições estabelecidas?	Maturidade	Apresenta falhas frequentes por defeito?
	Tolerância a falhas	Mantém o desempenho especificado em caso de falhas?
	Recuperabilidade	Recupera dados em caso de falhas?
Usabilidade Qual esforço necessário para utilizá-lo?	Inteligibilidade	Qual esforço para entender o conceito lógico e sua aplicabilidade?
	Apreensibilidade	Qual esforço para aprender utilizá-lo?
	Operacionalidade	Qual esforço para seu controle e operação?

Continuação da Tabela 2 – Características: qualidade de *software*.

Eficiência Qual a relação entre desempenho e a quantidade de recursos usados (<i>software</i> e <i>hardware</i>)?	Tempo	Qual seu tempo de resposta (processamento)?
	Recursos	Quais recursos usa e por quanto tempo para executar suas funções?
Manutenibilidade Qual esforço para fazer modificações especificadas (melhorias ou adaptações)?	Analisabilidade	Qual esforço para identificar falhas ou melhorias necessárias?
	Modificabilidade	Qual esforço para remover falhas e adaptá-lo?
	Estabilidade	Qual risco de efeitos inesperados ocasionados por modificações?
	Testabilidade	Qual esforço para testá-lo após modificações?
Portabilidade Qual a capacidade de transferência de ambiente (organizacional, <i>hardware</i> ou <i>software</i>)?	Adaptabilidade	Pode ser adaptado facilmente a ambientes diferentes (especificados)?
	Capacidade para ser instalado	É fácil instalá-lo em um ambiente especificado?
	Conformidade	Atende a padrões de portabilidade?
	Capacidade para substituir	Pode substituir facilmente outro <i>software</i> em ambiente estabelecido para este outro?

Fonte: ABNT (1996).

Não existe um sistema de classificação amplamente aceito, portanto algumas métricas devem ser definidas em casos específicos. Por exemplo, a confiabilidade é mais importante em sistemas críticos, a eficiência em sistemas em tempo real, a usabilidade em relação ao usuário para *softwares* interativos e assim por diante (ABNT, 1996).

No que diz respeito a conteúdos especificamente educacionais surge ainda o chamado *design* instrucional, que se dedica a uma mediação pedagógica de todo material didático em termos visuais, sensoriais e cognitivos. De acordo com Casas, Bridi e Fialho (1996) as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) que oferecem recursos como hipertexto, hipermídia e realidade virtual, propiciam flexibilidade, interação e qualidade no ensino.

Por definição, hipertexto é uma forma não-linear de apresentar informações (texto eletrônico) cuja manipulação depende da ciência e interesse do leitor. Seus dados podem ser acessados de maneira aleatória, por intermédio de *links*, dando ao estudante a liberdade de buscar informações conforme suas necessidades. Hipermídia é a combinação de diversos

formatos de apresentação (hipertexto, sons, animações, recursos interativos etc.) em um suporte computacional, ou seja, um recurso de comunicação que utilize mais de um canal para seus objetivos. A realidade virtual apresenta como principal característica a imersão, onde o usuário percebe (a partir dos sentidos) ou introduz (a partir de interfaces específicas) dados no computador em um mundo tridimensional artificial. Outras duas ideias fundamentais ainda são encontradas na realidade virtual: a interação do usuário com o ambiente, que entre outros aspectos controla o ritmo e características do trabalho; e o envolvimento obtido através do estímulo dos sentidos: visão, tato e audição (COSTA; CARVALHO; ARAGON, 1998).

Para Campos, Rocha e Campos (1998) os melhores *softwares* educacionais devem promover as habilidades do pensamento e não memorização de fatos. Segundo Hossain (1996) este fato remete a mudança de concepção dos projetistas, uma vez que a tecnologia instrucional emergente revoluciona o processo ensino-aprendizagem, enquanto a tradicional baseia-se em um relacionamento linear e hierárquico (Tabela 3).

Tabela 3 – Tecnologia instrucional tradicional e emergente.

	Tecnologia Instrucional Tradicional	Tecnologia Instrucional Emergente
Papel do professor	Especialista	Facilitador
Papel do aluno	Receptor passivo	Colaborador ativo
Ênfase instrucional	Fatos e aprendizagem dirigida	Pensamento crítico
Avaliação da aprendizagem	Retenção	Assimilação e interpretação de fatos
Método de ensino	Exercício e prática	Interatividade e colaboração
Acesso ao conhecimento	Acesso limitado ao conhecimento e informação	Acesso ilimitado ao conhecimento e informação via tecnologia

Fonte: Hossain (1996).

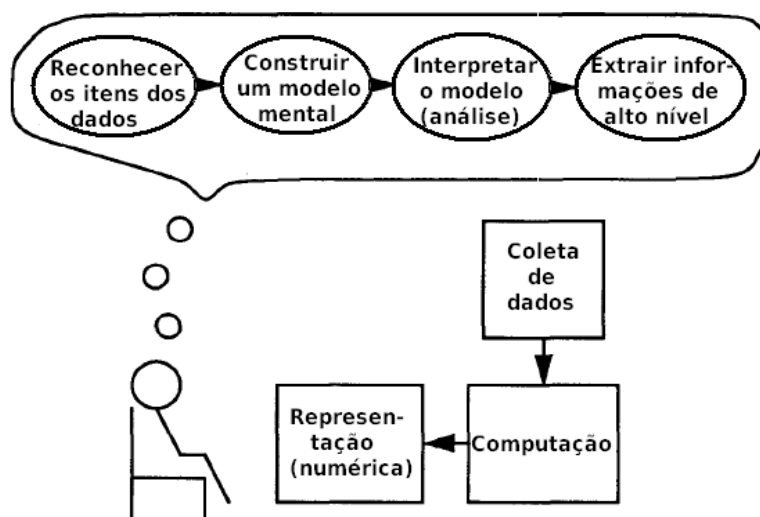
Para Byrne (1996) a tecnologia emergente na criação de ambientes educacionais possui potencial para desempenhar um papel definitivo na educação, tendo como um dos fatores mais importantes para aprendizagem a interatividade. Tais ideias, portanto, também se aplicam ao ensino de engenharia.

Conhecidas algumas recomendações para se desenvolver conteúdos educacionais os tópicos a seguir apresentarão outras especificidades para ferramentas dedicadas ao ensino de engenharia elétrica.

2.2 Interfaces gráficas e objetos de aprendizagem aplicados à engenharia

A quantidade de dados provenientes das respostas numéricas em análises de sistemas elétricos de potência dificulta a visualização de fenômenos, uma vez que alguns métodos de representação não oferecem rápida interpretação qualitativa das informações. Sabe-se que os métodos computacionais e algoritmos utilizados para gerar tais séries contém informações importantes para o controle e operação de sistemas de potência, entretanto não possuem um alto nível de abstração similar ao usado nos processos de solução mental de problemas (MAHADEV; CHRISTIE, 1993). Assim, o processo de entendimento pode se tornar complexo e demorado, como proposto na Figura 2.

Figura 2 – Processo tradicional para análise de sistemas de potência.



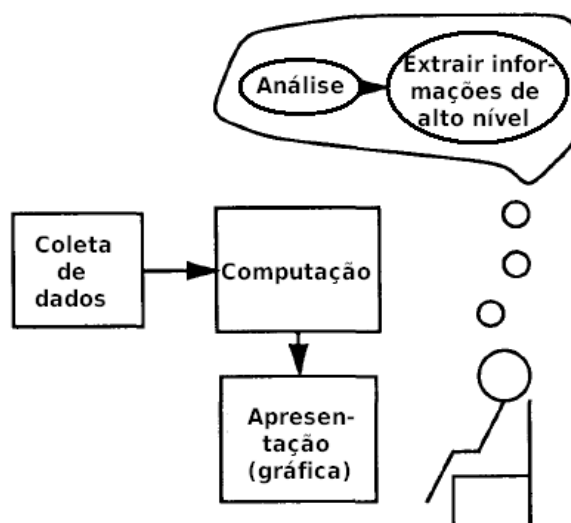
Fonte: Mahadev e Christie (1993).

Mahadev e Christie (1993) foram uns dos primeiros autores a se preocuparem com esta questão, propondo a utilização de animações interativas e outros aspectos de organização visual como apresentar dados de linhas de transmissão próximos aos dados dos seus barramentos terminais, gerar *logs* com dados ordenados por prioridade de parâmetros (por exemplo: níveis de tensão), adotar alarmes indicando limites excedidos e utilizar gráficos, possibilitando uma visualização ampla de todos os dados, o que não seria possível na forma de dígitos.

É evidente que para informações específicas, como a tensão de um barramento particular, um único valor numérico atende a interpretação, todavia, ilustrar graficamente os

principais fenômenos de uma rede propicia um entendimento global mais dinâmico, o que possibilita uma melhoria no processo de análise humana (Figura 3).

Figura 3 – Processo melhorado para análise de sistemas de potência.



Fonte: Mahadev e Christie (1993).

Para fins de aprimorar este processo de interpretação, algumas pesquisas têm proposto ferramentas gráficas aplicadas ao monitoramento de sistemas reais, que facilitem a visualização de parâmetros em sistemas elétricos de potência para seu controle e operação (KLUMP; WU; DOOLEY, 2003; KOBAYASHI; OKAMOTO; SEKINE, 1998; MAHADEV; CHRISTIE, 1993; etc.).

No entanto, este problema se torna ainda mais evidente nos processos de ensino-aprendizagem em que além de interpretar situações é preciso compreender fisicamente os fenômenos envolvidos. Neste sentido há um menor número de trabalhos desenvolvidos, onde raros são dotados de consciência metodológica na sua construção.

Os subitens a seguir se dedicam a apresentar interfaces para controle de sistemas e objetos de aprendizagem, na perspectiva de seus autores, utilizados sob o enfoque da tecnologia aplicada à visualização e/ou à educação em engenharia elétrica.

2.2.1 Melhoria de interfaces homem-computador para aplicações em sistemas de potência por Azevedo, Souza e Feijó (1996)

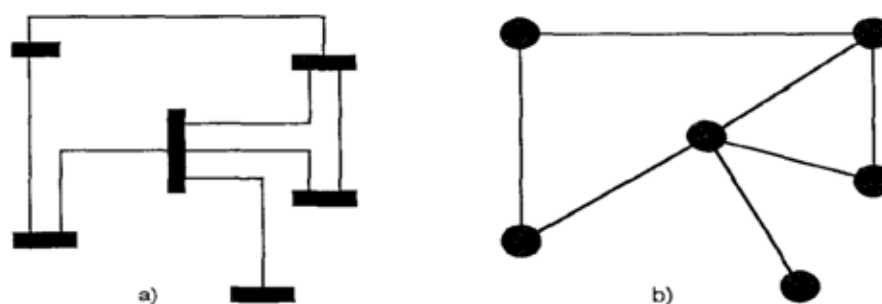
Azevedo, Souza e Feijó (1996) destacam que as pesquisas em sistemas elétricos de potência, tradicionalmente, têm sido direcionadas ao desenvolvimento de métodos e algoritmos que ofereçam informações mais confiáveis a projetistas e operadores. Entretanto, estas informações possuem pouco valor se não forem bem entendidas pelo usuário final. O desafio tem passado, então, da produção para interpretação de dados por engenheiros de potência. Neste sentido, as mais importantes melhorias adicionadas tem sido o uso de interfaces com gráficos em duas ou três dimensões e recursos como rolagem, multicamadas, *zoom* etc.

Os autores destacam ainda que na maioria dos casos, usuários estão interessados em valores aproximados no que concerne a uma visão geral (áreas com altos e baixos níveis de tensão, estados de emergência ou normalidade etc.), sendo considerados do ponto de vista do usuário como os melhores *softwares* aqueles que apresentam interfaces amigáveis e são facilmente compreendidos e manipulados. Eles separam os componentes de *software* para sistemas de potência em três categorias: de uso geral (comum a outras interfaces como botões, menus etc.), gráficos 2D ou 3D (que permitem melhor interação) e componentes específicos para sistemas de potência (que representam simbolicamente componentes e processos relevantes). A esta última categoria os autores propuseram melhorias.

2.2.1.1 Conectividade

Tradicionalmente os nós em uma rede são representados por barras horizontais ou verticais e a conexão de linhas é feita por dois ou três segmentos, ocasionando desnecessária complexidade na representação. Para comprovar este fato Azevedo, Souza e Feijó (1996) aplicaram um teste a dois grupos que, após visualizarem as Figuras 4a e 4b por cinco segundos, deveriam reproduzir os nós e suas conexões.

Figura 4 – Conectividade de barras e linhas.



Fonte: Azevedo, Souza e Feijó (1996).

Observou-se que a precisão para o grupo que utilizou os círculos foi de 85% contra 59% para os que utilizaram barras.

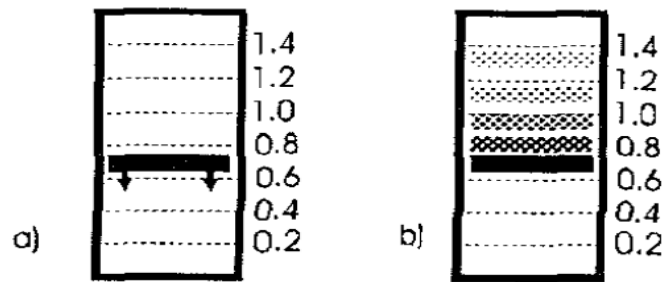
2.2.1.2 Estado

O estado de um sistema pode indicar, entre outros fatores, dados qualitativos como circuito aberto ou fechado, sobretensão ou subtensão etc. Considerando a imprevisibilidade de estados ao longo de simulações, foi sugerido que as interfaces ofereçam aspectos interativos que permitam sua definição dinamicamente. Caso contrário a conversão de valores numéricos (informação digital) para a informação desejada envolveria uma lenta sequência de ações mentais como: leitura dos dados, consulta a faixa de limites, comparação de informações e só então a decisão quanto ao estado.

2.2.1.3 Magnitude e tendências

Entende-se por tendência, neste contexto, a inclinação de variáveis a valores abaixo ou acima de faixas de operação. Embora este fator não seja comumente utilizado por aplicativos em sistemas de potência, em alguns casos pode ser tão útil quanto os valores absolutos de determinados parâmetros. Por esta razão pode ser analisado em conjunto com a magnitude. Embora gráficos temporais possam expressar este comportamento é possível apresentá-lo de forma mais compacta (Figura 5).

Figura 5 – Representação de tendências.

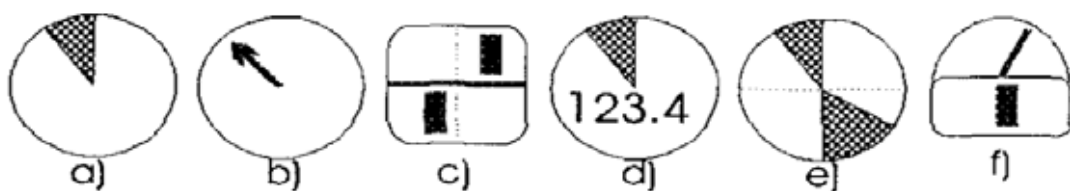


Fonte: Azevedo, Souza e Feijó (1996).

Nesta representação os autores sugerem que o comprimento da seta seja proporcional a média ponderada das diferenças apresentadas entre os últimos valores (Figura 5a). Entretanto, se a variável oscilar proximamente a certo valor a média pode ser pequena, mesmo que a oscilação seja alta. Portanto sugere-se também que, nestes casos, outra representação seja adotada: a memorização temporária dos últimos valores e sua exibição em escala de cores, em que valores mais recentes se aproximam à cor do valor atual, enquanto valores mais antigos se aproximam à cor de fundo (Figura 5b).

Quanto à magnitude, partindo da ideia de que na maioria das vezes os usuários estão interessados em uma visão geral do sistema, representações analógicas podem substituir as digitais (Figura 6).

Figura 6 – Representações analógicas para magnitude e/ou ângulo.



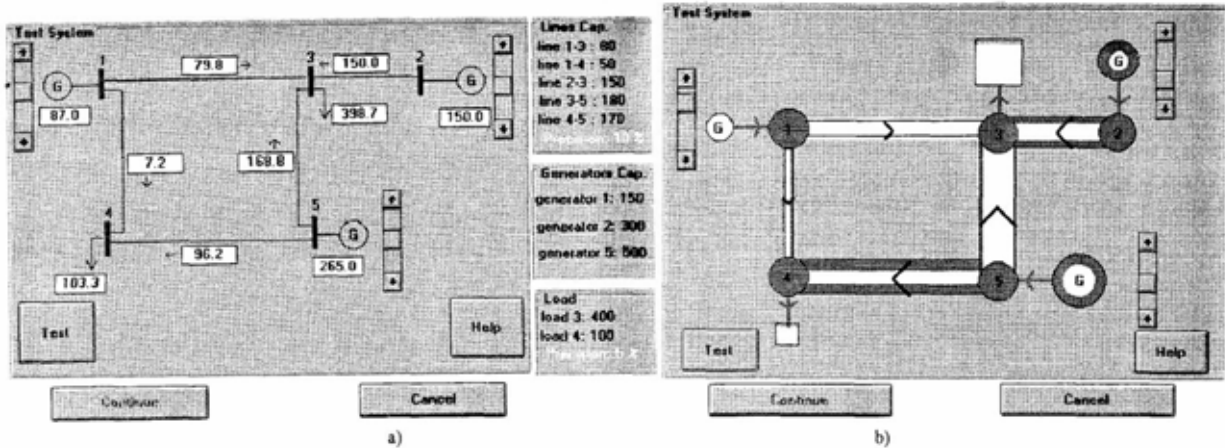
Fonte: Azevedo, Souza e Feijó (1996).

As Figuras 6a e 6b sugerem uma indicação proporcional ao desvio relativo da tensão em relação ao seu valor nominal. As demais figuras propõem-se a representar duas variáveis simultaneamente. Em adição, outras analogias podem ser desenvolvidas com o mesmo propósito, além da utilização de cores para enfatizar informações desejadas.

2.2.1.4 Fluxo de potência

A partir da melhoria destas interfaces, os autores desenvolveram uma ferramenta cujo princípio baseava-se na largura das linhas para representar os limites de fluxo de carga, aprimorando a proposta de Mahadev e Christie (1993). Em um experimento utilizando quatro tipos de visualização: clássica (Figura 7a), clássica incluindo cores para indicar estados críticos, alternativa (Figura 7b) e alternativa incluindo cores, foi medido o tempo médio dos alunos para ajustar a geração e atender algumas cargas observando limites de capacidade das linhas (Tabela 4).

Figura 7 – Representações clássica e alternativa.



Fonte: Azevedo, Souza e Feijó (1996).

Tabela 4 – Solução média dos problemas em segundos.

Representação	Simplex	Usando cores
Clássica	126,6	78,1
Alternativa	60,6	59,5

Fonte: Azevedo, Souza e Feijó (1996).

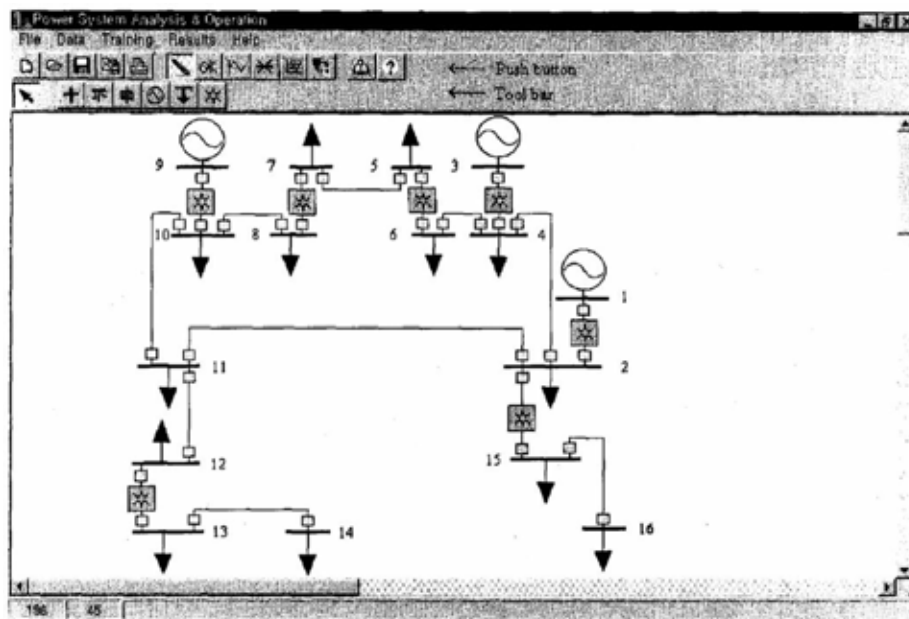
Baseados no menor tempo para resolução dos sistemas os autores concluem que representações alternativas oferecem um melhor entendimento do comportamento de redes de energia.

2.2.2 Um pacote para ensino e treinamento em análise e operação de sistemas de potência por Shin, Lee e Im (1999)

Baseados também na ideia de que dados podem ser mais bem entendidos se apresentados em interfaces gráficas, do que numericamente, Shin, Lee e Im (1999) propuseram um pacote que ao invés de trabalhar um assunto isolado em potência, como os normalmente existentes, oferece de forma combinada conhecimentos básicos em modelagem, análise e simulação de sistemas de energia. O pacote possui módulos para o estudo de fluxo de potência, estabilidade transitória, curto-circuito e despacho econômico.

A ferramenta oferece um editor gráfico que permite além de carregar sistemas existentes, criar novos diagramas unifilares adicionando barras, geradores, transformadores, disjuntores e linhas de transmissão (Figura 8).

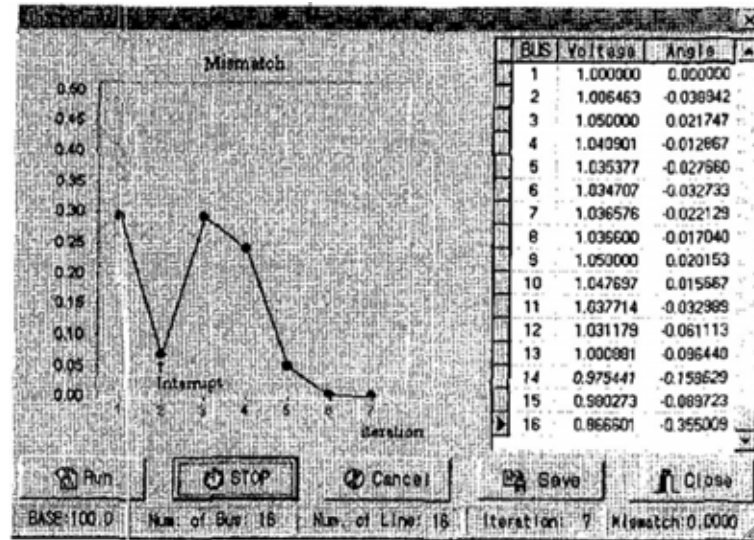
Figura 8 – Editor gráfico.



Fonte: Shin, Lee e Im (1999).

Cada módulo pode ser acionado clicando em seu respectivo botão na tela principal. O módulo de fluxo de potência, por exemplo, apresenta além das magnitudes e ângulos para cada iteração, gráficos mostrando a convergência do problema (Figura 9).

Figura 9 – Módulo de fluxo de potência.

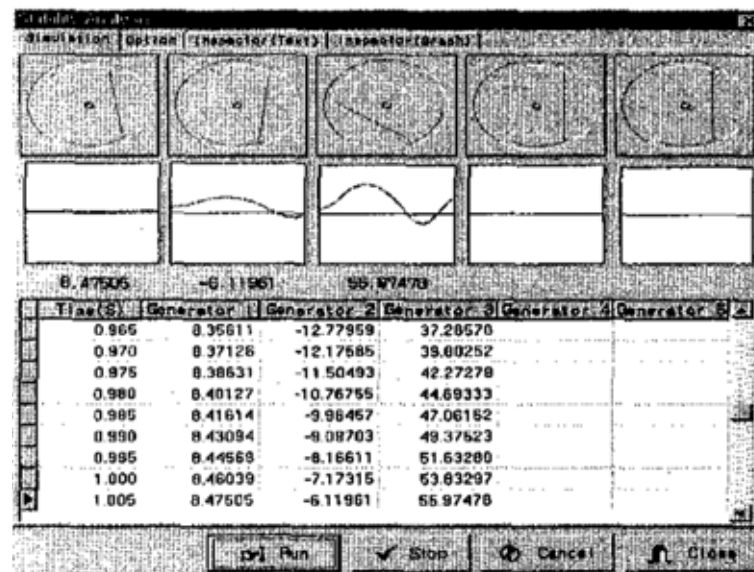


Fonte: Shin, Lee e Im (1999).

Os autores destacam como principal característica, além do aspecto visual, a possibilidade de interromper e intervir no processo de simulação para controlar a convergência e, conseqüentemente, entender a sensibilidade numérica do algoritmo.

O módulo de estabilidade transitória permite que o usuário entenda intuitivamente este fenômeno com as animações dos rotores (Figura 10). Ao usuário é permitido simular problemas sob diferentes condições, alterando a barra curto-circuitada, o tempo de abertura, a duração da simulação e a frequência do sistema.

Figura 10 – Módulo de estabilidade transitória.



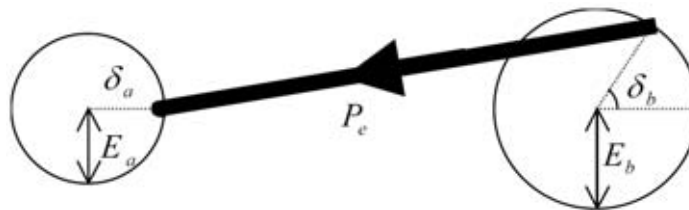
Fonte: Shin, Lee e Im (1999).

Embora o pacote apresente limitações, como número restrito de geradores no módulo de estabilidade, de linhas e barras no editor de diagramas, os autores concluem que as várias representações gráficas e as animações apresentadas oferecem um entendimento mais fácil na análise dos resultados em sistemas elétricos de potência.

2.2.3 Visualização de estabilidade transitória por Kakinoki, Masuyama, Matsumura, Nakano, Fujita e Yokoyama (2001)

Kakinoki et al. (2001) desenvolveram uma ferramenta com o propósito de facilitar o entendimento de fenômenos abstratos em uma rede de energia elétrica. O conceito de estabilidade pode ser facilmente explicado pela curva que relaciona potência e ângulo, entretanto, se torna mais difícil compreender a dinâmica de sistemas multimáquinas. Para isto propuseram a visualização apresentada na Figura 11.

Figura 11 – Variáveis de estado.



Fonte: Kakinoki et al. (2001).

Onde:

E_a – tensão na barra a;

E_b – tensão na barra b;

δ_a – fase da tensão na barra a;

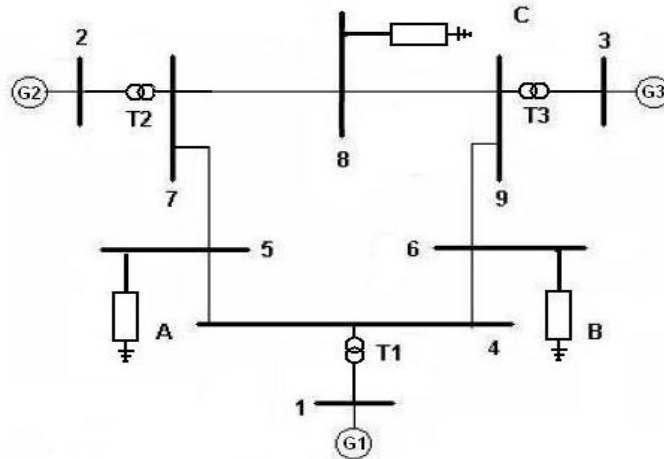
δ_b – fase da tensão na barra b;

P_e – fluxo de potência ativa entre as barras a e b.

Nesta representação o raio é proporcional a magnitude da tensão em cada barra, sendo a posição no círculo adotada conforme seu respectivo ângulo. A linha que conecta os nós corresponde à potência (com magnitude ilustrada pela largura e intensidade do traço). Deste modo, pode-se perceber que se dois geradores adjacentes aceleram ou desaceleram simultaneamente os respectivos ângulos não irão se alterar, o que não acontecerá se um deles

perder o sincronismo. A seguir ilustra-se um estudo de caso para um sistema multimáquinas contendo três geradores e nove barras, realizado pelos autores (Figura 12).

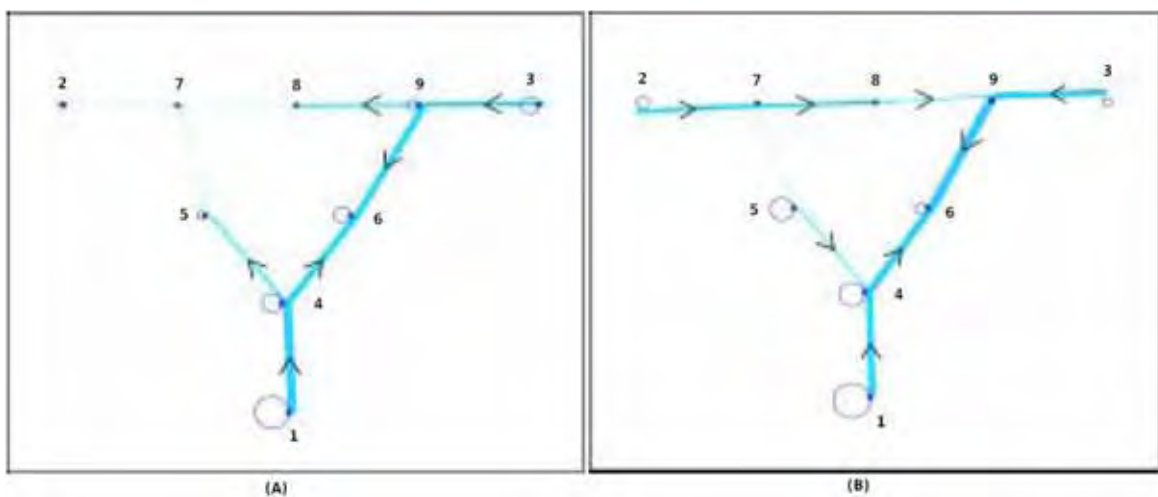
Figura 12 – Sistema multimáquinas.



Fonte: Kakinoki et al. (2001).

Utilizando a representação proposta e considerando um curto-circuito sólido trifásico no trecho 5-7 nas proximidades da barra 7, observa-se na Figura 13a (período em falta) alguns efeitos como a queda de tensão nas barras vizinhas (2, 5 e 8) e no fluxo de potência. A Figura 13b apresenta a abertura de linha (pós-falta).

Figura 13 – Períodos falta e pós-falta.



Fonte: Kakinoki et al. (2001).

Kakinoki et al. (2001) concluem que o método proposto auxilia a compreensão do comportamento de sistemas de energia elétrica o que normalmente não é tarefa tão intuitiva.

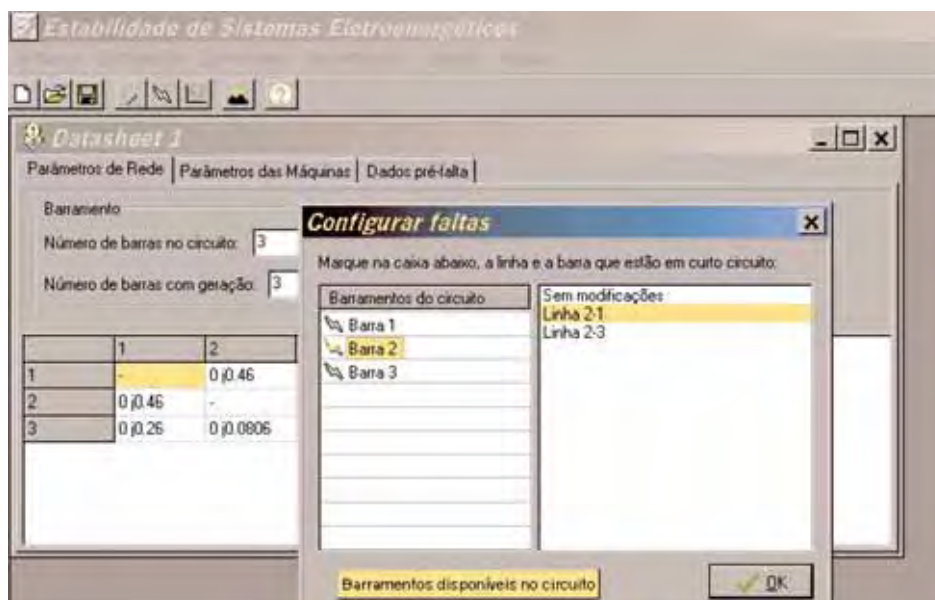
Destaca-se ainda que esta representação assemelha-se à conectividade apresentada por Azevedo, Souza e Feijó (1996) e utiliza técnicas similares às de edição de diagramas encontradas em Ohashi e Ono (1997) e em Shin, Lee e Im (1999).

2.2.4 Ensino de estabilidade através do desenvolvimento de *softwares* por Bretas e Ramos (2001)

Baseados em uma metodologia de ensino que busca integrar disciplinas em projetos interdisciplinares, Bretas e Ramos (2001) apresentam os resultados de um projeto orientado, cuja finalidade é solicitar aos alunos dos cursos de máquinas elétricas e estabilidade de sistemas o desenvolvimento de *softwares* que simulem distúrbios em redes de energia elétrica. Além de estabelecer relações diretas com outras disciplinas do ciclo básico (como linguagens de programação e métodos numéricos) e do ciclo específico (como análise de faltas e proteção) a realização do projeto serve ainda para a avaliação regular dos alunos.

A Figura 14 apresenta um dos projetos resultantes, desenvolvido em ambiente gráfico que permite alteração de parâmetros da rede e configuração das perturbações a serem simuladas.

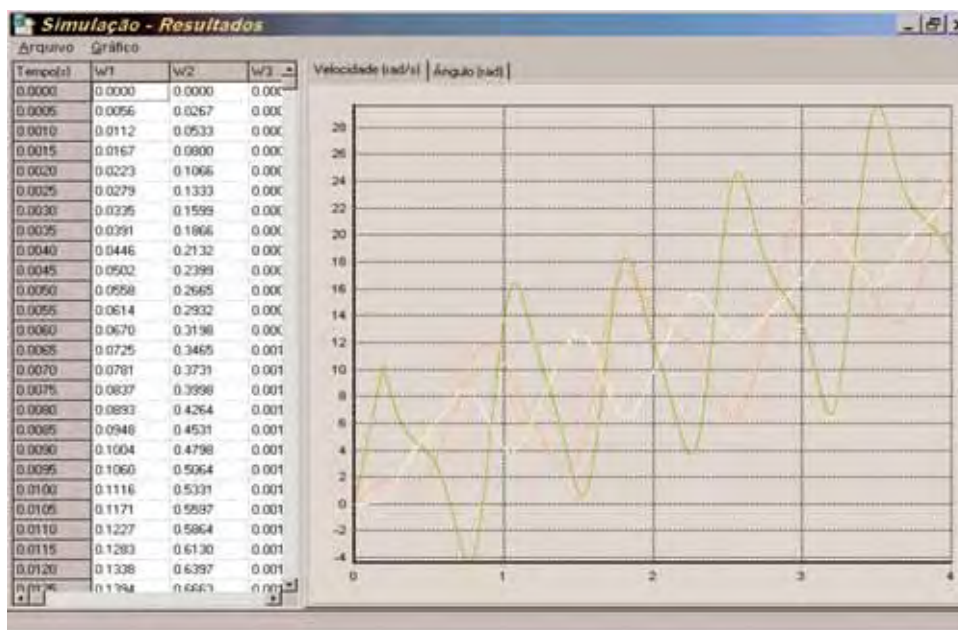
Figura 14 – Alteração de parâmetros.



Fonte: Bretas e Ramos (2001).

Os autores apontam ainda que ambientes gráficos oferecem como vantagem a possibilidade de analisar os dados de saída no próprio *software* sem a necessidade de exportá-los para outras formas de visualização (Figura 15).

Figura 15 – Dados de saída.



Fonte: Bretas e Ramos (2001).

Bretas e Ramos (2001) concluem que a metodologia propicia aos alunos alta capacidade de adaptação e conhecimento interdisciplinar necessário ao desenvolvimento de projetos específicos.

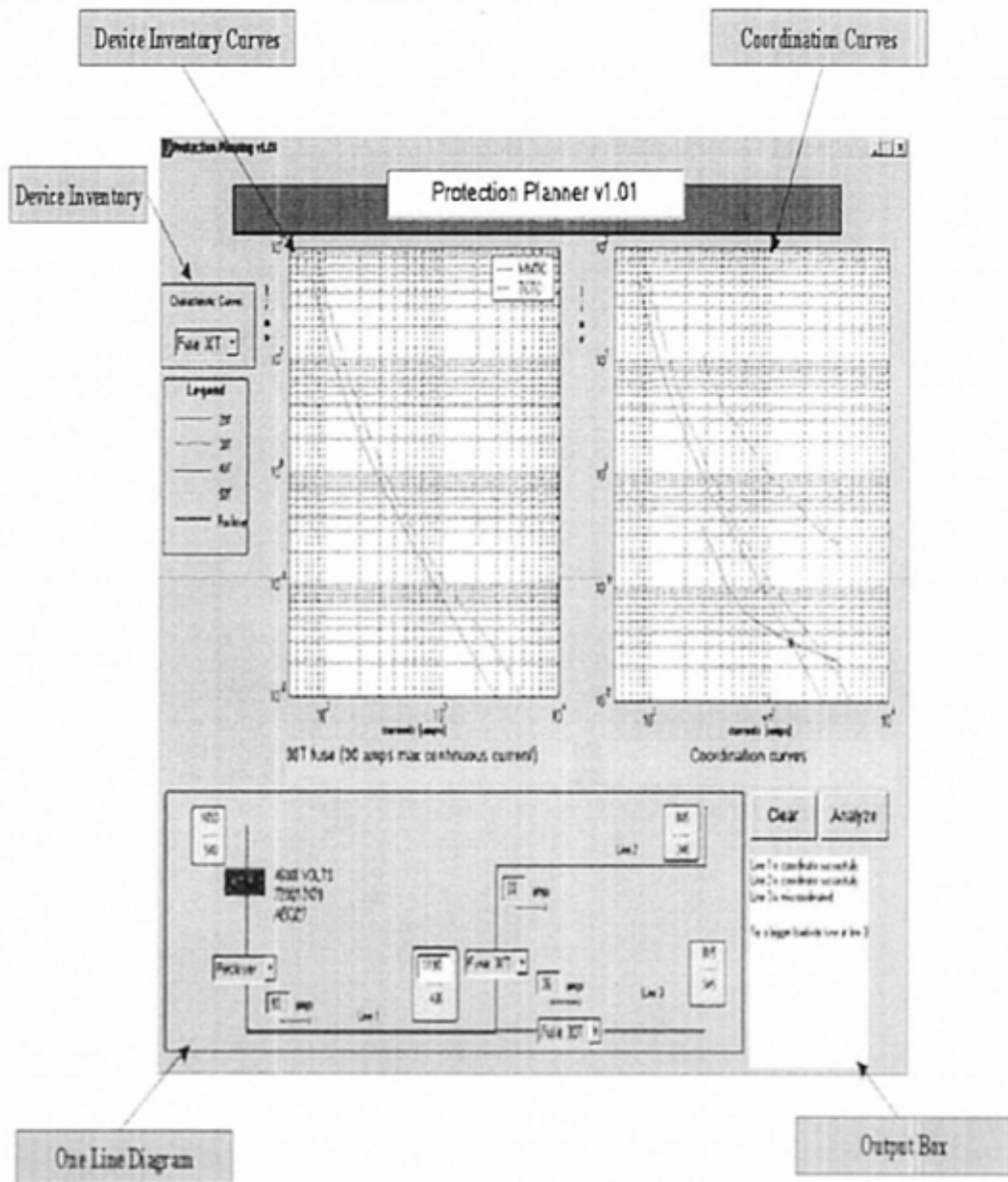
2.2.5 Tutoria em sistemas de potência baseada na *web* por Li, Liu e Damborg (2003)

Li, Liu e Damborg (2003) desenvolveram uma aplicação utilizando *internet*, vídeo conferência e sistemas educacionais inteligentes para o ensino de sistemas de potência, objetivando um eficiente meio de interação professor/aluno. Tais sistemas foram divididos nos temas: avaliação de segurança, análise de contingências e coordenação de proteção em sistemas de distribuição.

Cada módulo foi desenvolvido para facilitar o ensino à distância, adaptados aos variados estilos de aprendizagem. Por exemplo, o material no *site* inclui conteúdos teóricos, modelos matemáticos, descrição de fenômenos físicos e problemas práticos. Recursos

diversos como fluxograma, diagramas, gráficos animados e *slides* adicionados a mecanismos de vídeo conferência também compõem a ferramenta.

Figura 16 – Dispositivos de proteção.

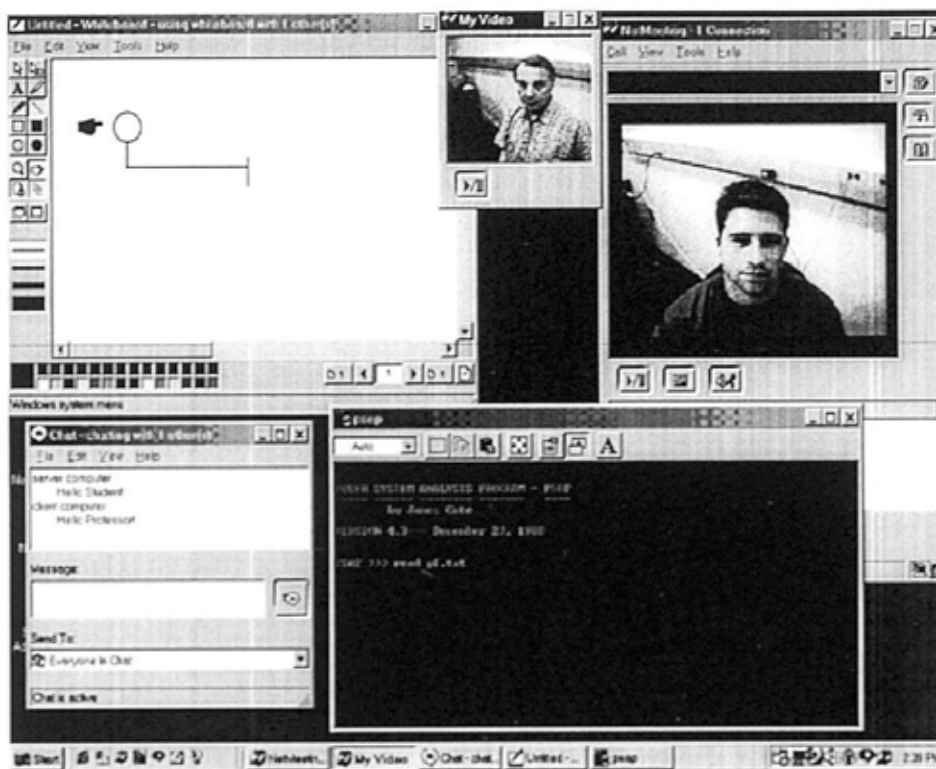


Fonte: Li, Liu e Damborg (2003).

Na Figura 16, por exemplo, apresenta-se o diagrama unifilar com os dispositivos de proteção, as características de cada dispositivo, as curvas de coordenação e um relatório sobre o *status* dos dispositivos selecionados. Utilizando recursos como o *Microsoft NetMeeting*®, que possibilitem a comunicação (verbal e visual), além de aplicações colaborativas onde o professor pode visualizar e interagir na área de trabalho do estudante (quando solicitada ajuda

em tempo real), as estratégias de ensino podem ser adaptadas aos estilos de aprendizagem dos alunos conforme dificuldades no entendimento forem ocorrendo.

Figura 17 – Adaptação aos estilos de aprendizagem.



Fonte: Li, Liu e Damborg (2003).

Nesta perspectiva o aprendizado não é ditado, mas sim, conduzido conforme estas preferências. Neste caso, ao professor/tutor são permitidas estratégias conforme as necessidades identificadas. Li, Liu e Damborg (2003) analisaram, experimentalmente, as interações ocorridas com alunos apresentando dois diferentes estilos, classificados como “ativos” e “reflexivos”, e foram claramente constatadas diferentes ações para auxiliá-los.

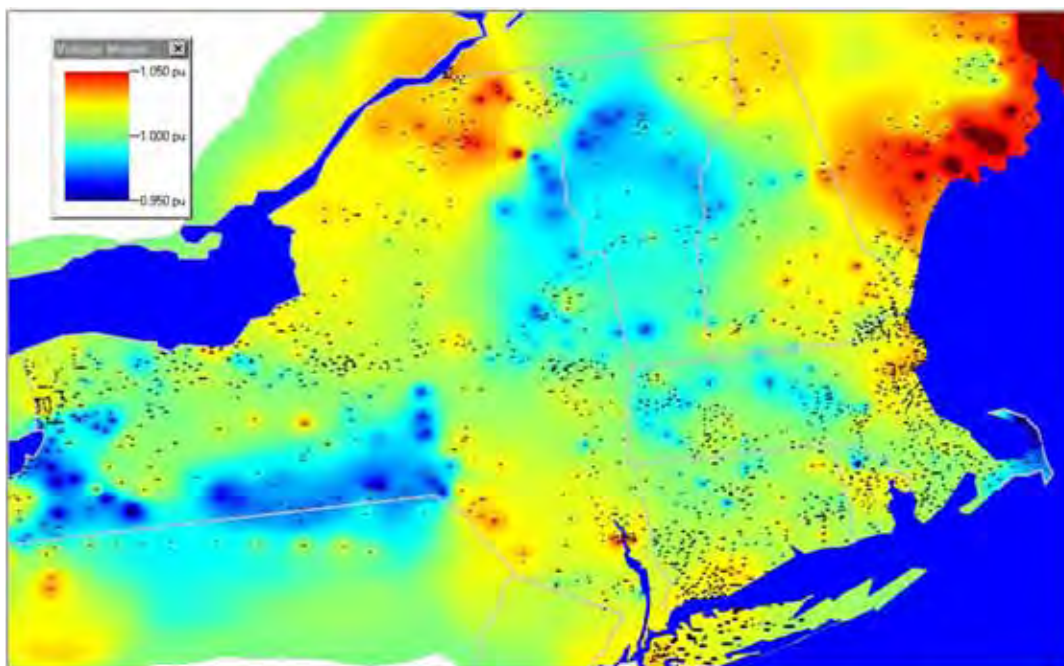
Embora apresente algumas restrições como a limitação de alunos a utilizarem simultaneamente a ferramenta e a impossibilidade de conexões múltiplas em tempo real (para áudio e vídeo), os autores concluem que a intervenção sobre os diversificados estilos de aprendizagem pode melhorar significativamente a qualidade da educação em sistemas de potência.

2.2.6 Novos métodos para visualização de sistemas elétricos de potência por Overbye e Weber (2000)

Destacando a necessidade de novas pesquisas para visualização de sistemas elétricos de potência no tocante a análise e operação, Overbye e Weber (2000) afirmam que, embora diagramas unifilares com *displays* numéricos próximos as barras ofereçam valores precisos, tal representação se torna impraticável quando se deseja comparar uma maior quantidade de dados.

Deste modo os autores propuseram a utilização de contornos para destacar níveis de tensão em uma região de interesse (Figura 18).

Figura 18 – Magnitudes das tensões em *New York* e *New England*.

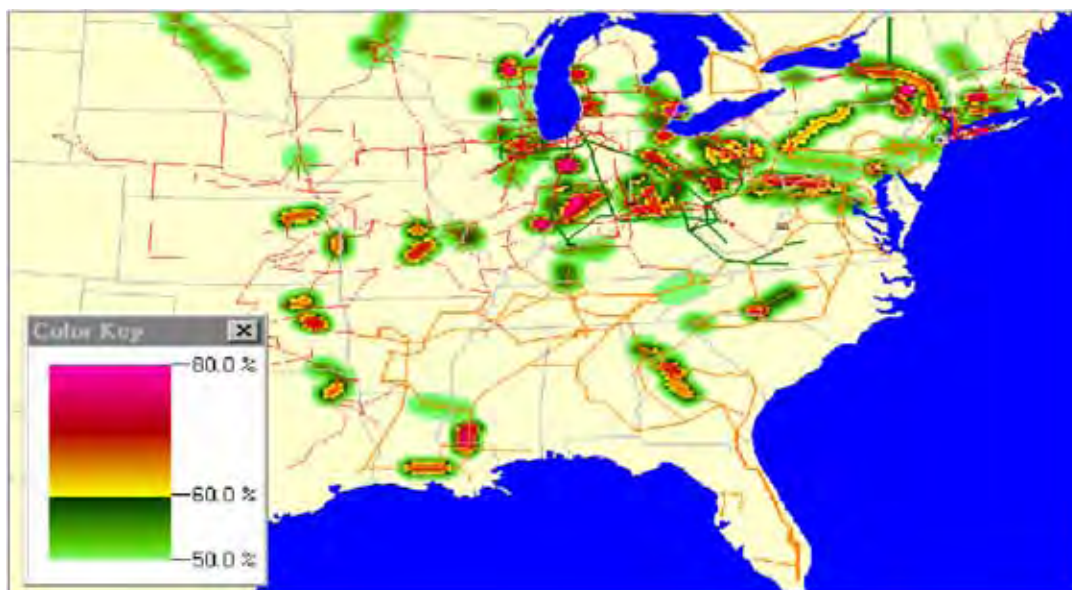


Fonte: Overbye e Weber (2000).

Para contornar o fato de que os dados em sistemas elétricos não possuem uma distribuição espacial contínua, valores virtuais foram criados para abranger toda a área. Estes valores são obtidos pela média ponderada entre pontos distintos, onde cores são usadas para relacioná-los na imagem. Na Figura 18 estão representadas barras de 115 kV e 138 kV nas regiões de *New York* e *New England*.

A mesma técnica é utilizada em outros aspectos como, por exemplo, ilustrar o custo marginal para fornecer energia em diversos pontos da rede. Uma aplicação parecida pode ser vista, também, na Figura 19.

Figura 19 – Contornos para fluxo em linhas.



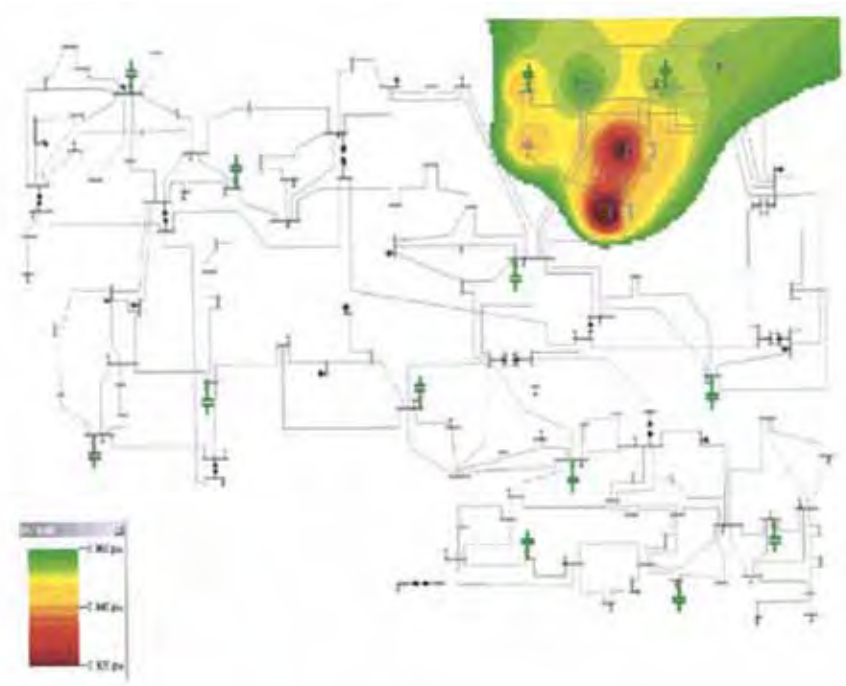
Fonte: Overbye e Weber (2000).

Neste exemplo, os contornos destacam linhas cujos fluxos são superiores a 50% de suas capacidades em MVA (Mega-Volt-Ampère) com o intuito de visualizar pontos de sobrecarga no sistema. Os autores concluem que métodos como animação, contornos e ambientes virtuais revelam-se bastante úteis na representação de fenômenos em sistemas de potência.

2.2.7 Fatores humanos nas visualizações com contorno de tensão por Overbye, Wiegmann, Rich e Sun (2003)

Com a finalidade de verificar a eficácia desta técnica, Overbye et al. (2003) realizaram um experimento dividindo quarenta e três estudantes em três grupos: o primeiro utilizou *displays* numéricos, o segundo diagramas com contorno e o terceiro ambos. O teste consistia em uma sequência de contingências que causavam subtensões em uma ou mais barras. Os participantes tinham duas metas: encontrar o ponto (barra) mais crítico e restaurar todo sistema a valores acima de 0,96 pu (por unidade) intervindo nos capacitores que compunham a rede.

Figura 20 – Testando os contornos de tensão.



Fonte: Overbye e Weber (2000).

Os testes avaliaram a capacidade no reconhecimento de pontos críticos e a eficácia da ferramenta na intervenção de problemas considerando três níveis de violações: baixo, médio e alto (para cada um dos três grupos). Quanto ao reconhecimento, observou-se que apenas para contingências mais complexas (maior número de barras afetadas) as visualizações mostraram-se vantajosas.

Em relação às intervenções, não houve diferença significativa entre o número de chaveamento de capacitores para os três tipos de *displays*. Entretanto, os resultados mostraram que o tempo para solução do grupo que utilizou *displays* numéricos foi melhor que os demais (Tabela 5).

Tabela 5 – Tempo médio das soluções por contingência em segundos.

Tipo de <i>display</i>	Nível das violações		
	Baixo	Médio	Alto
Com números	2,26	3,52	5,11
Com contornos	3,36	5,6	8,63
Com números e contornos	4,78	8,63	7,8

Fonte: Overbye e Weber (2000).

Contrariando as expectativas, os resultados não foram satisfatórios; entretanto, os autores ressaltam o seguinte aspecto: a utilização dos *displays* sem números (apenas contornos) demonstrou que a ausência dos valores exatos para tensão não impediram que as contingências fossem sanadas, o que não descarta totalmente a técnica de visualizações. Para os autores, os resultados insatisfatórios sobre o tempo podem ser atribuídos a desordem causada pelos contornos e, parcialmente, ao incremento de tempo gasto para estabelecer as visualizações gráficas.

Overbye et al. (2003) concluem que os benefícios na visualização implicam em custo no tempo de intervenção, possivelmente porque usuários não estão aptos a ignorar uma dimensão (números) enquanto utilizam outra (contornos) e apontam a necessidade de maiores pesquisas quanto a fatores humanos (psicológicos) para testar a eficácia e aprimorar tais métodos.

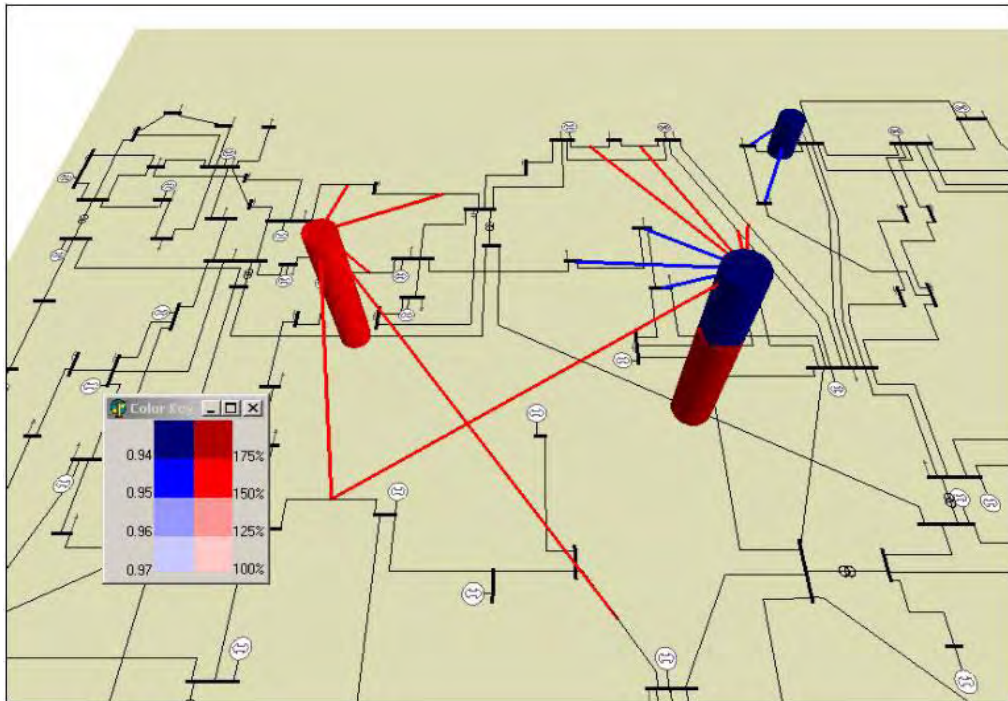
2.2.8 Visualizações de contingências em sistemas de potência por Sun e Overbye (2004)

Sun e Overbye (2004) destacam que diagramas unifilares tradicionais possuem boa informação geográfica, entretanto, oferecem dificuldade devido a quantidade de informação. Gráficos em barra, por exemplo, fornecem significativa visão do sistema, porém, omitem informações geográficas. Matrizes de rede, mesmo que reduzidas aos elementos com violações e contingências, também não ilustram a geografia dos elementos (no que se refere às barras, linhas e transformadores) ou perturbações.

Por esta razão, Sun e Overbye (2004) propuseram incorporar dados do sistema aos diagramas unifilares. Com esta técnica propõe-se facilitar a interpretação por operadores e engenheiros na análise de contingências, uma vez que, os autores destacam a existência de poucas interfaces de visualização apresentadas na literatura técnica.

Em diagramas 2D o uso de contornos (com cores) inviabiliza a representação de dados em vários pontos – crítica também compartilhada por Overbye e Weber (2000). Portanto, foi proposta a representação em três dimensões possibilitando a inserção de informações de forma a minimizar a confusão e a necessidade de excessivos *displays*.

Figura 21 – Visualização 3D para contingências.

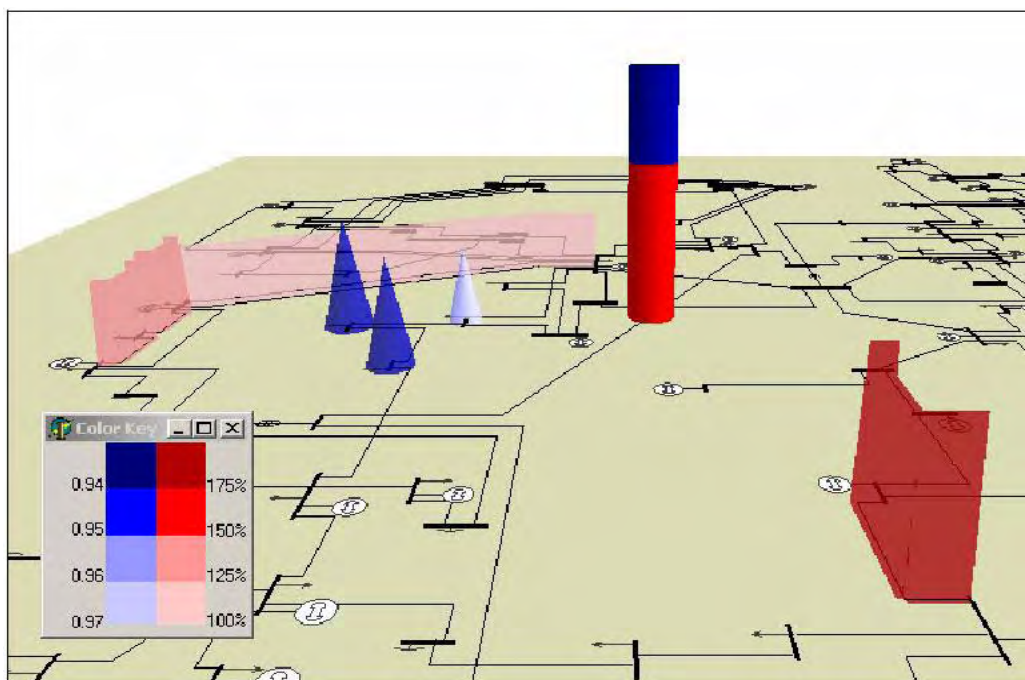


Fonte: Sun e Overbye (2004).

Cilindros são dispostos sobre os elementos que causaram as violações, onde as cores azul e vermelho representam os dados para tensão e potência, respectivamente. A altura do cilindro é proporcional ao número de violações causadas pela contingência, enquanto seu raio e intensidade de preenchimento representam a magnitude da pior violação. Na ocorrência de diversas violações, as mais severas são destacadas com cor sólida enquanto as demais atendem a níveis proporcionais de transparência. As linhas, por sua vez, conectam as contingências ocorridas aos seus respectivos elementos causadores.

Em algumas variações da ferramenta, os autores propõem também a utilização de contornos ao longo das linhas que representam o comportamento do carregamento pós-contingência (por sua altura e intensidade de cor) e cones cujas alturas indicam as diferença entre os valores nominais e pós-falta de tensão (Figura 22).

Figura 22 – Visualização 3D alternativa para contingências.



Fonte: Sun e Overbye (2004).

Sun e Overbye (2004) concluem que há demanda por ferramentas de visualização mais eficientes, enfatizando a necessidade de pesquisas neste sentido. Por fim, oferecem sugestões para novas implementações como intervenções corretivas para as violações de tensão através de controle reativo, transformadores com comutação de *taps* etc.

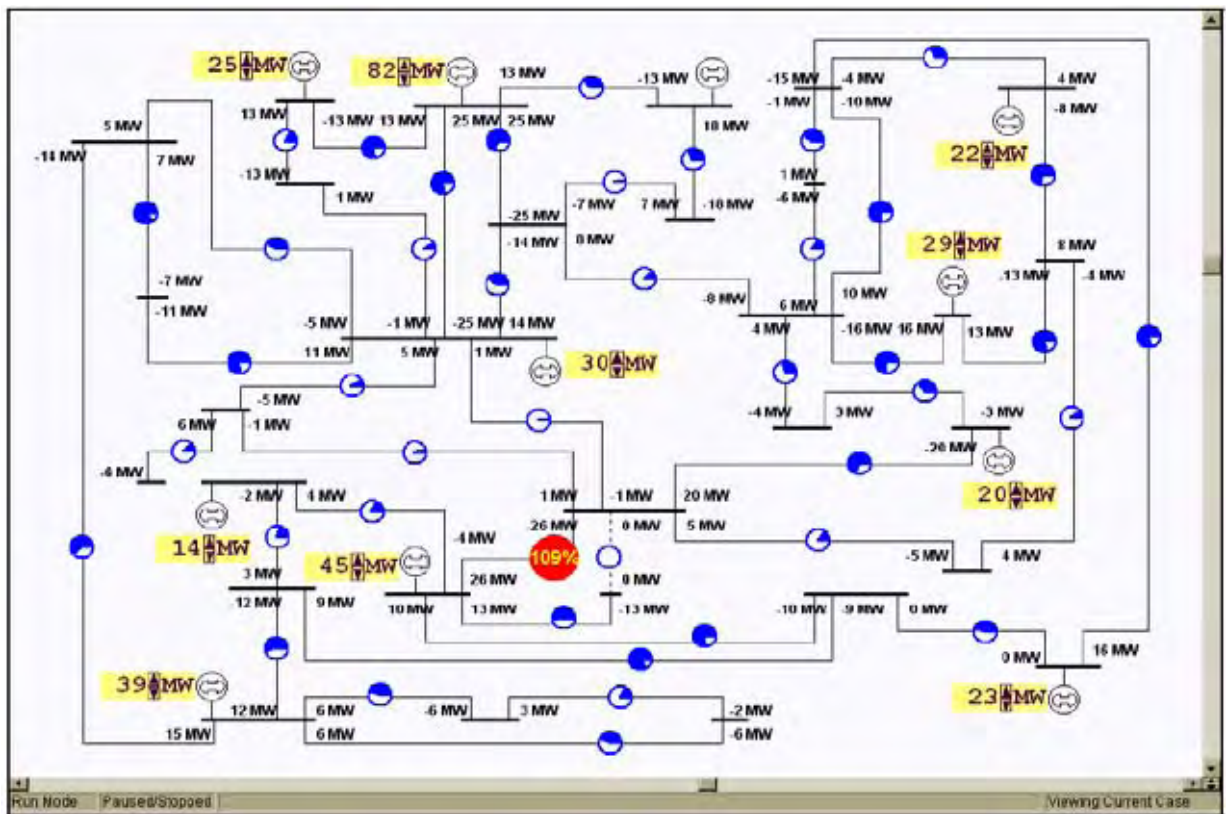
2.2.9 Aspectos humanos na animação de fluxo de potência por Wiegmann, Essenberg, Overbye e Sun (2005)

Wiegmann et al. (2005) realizaram experimentos com alunos de engenharia para verificar se o movimento animado em interfaces para análise do fluxo de potência poderia melhorar a velocidade e acurácia de algumas tarefas. Eles destacam que tradicionalmente dados em sistemas de potência são representados numericamente, por diagramas ou tabelas. Em centros de controle, encontram-se como diferencial apenas mapas estáticos cuja dinâmica se restringe a lâmpadas coloridas. No entanto, novas técnicas de visualização têm sido desenvolvidas, como animação de fluxo de carga, contornos para níveis de tensão e *displays* interativos.

2.2.9.1 Primeiro experimento

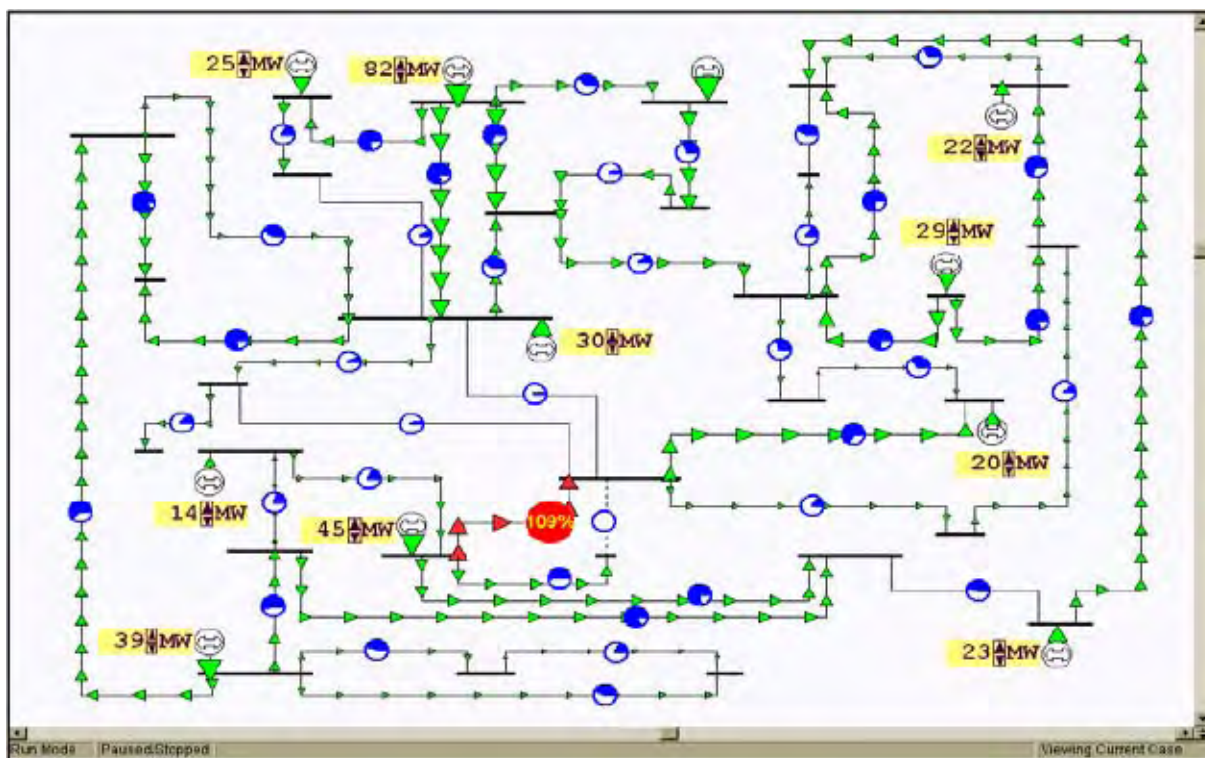
No primeiro teste, foram criadas seis diferentes visualizações para fluxo de potência: com dígitos apenas; com dígitos e gráficos *pizza* representando o carregamento das linhas; com setas estacionárias apenas; com setas estacionárias e gráficos *pizza*; com setas em movimento apenas; e com setas em movimento e gráficos *pizza*. Nas Figuras 23 e 24 mostram-se as representações “dígitos com *pizza*” e “setas estacionárias com *pizza*”, respectivamente.

Figura 23 – *Display* “dígitos com *pizza*”.



Fonte: Wiegmann et al. (2005).

Figura 24 – *Display* “setas estacionárias com *pizza*”.



Fonte: Wiegmann et al. (2005).

As visualizações sem *pizza* e com setas em movimento são idênticas às apresentadas, excluindo-se tais gráficos ou acrescentando-se fluxo às setas, respectivamente.

Para o teste, foram apresentadas diferentes situações de carregamento e contingências em que os alunos deveriam intervir ajustando a potência ativa fornecida pelos geradores. Na ferramenta, as sobrecargas são indicadas com a alteração da cor dos dígitos, setas e/ou *pizzas*, conforme a representação. Uma abertura de linha é indicada por uma linha tracejada e a *pizza*, se presente, torna-se totalmente vazia. Destaca-se que o preenchimento dos gráficos *pizza* é proporcional ao carregamento de sua respectiva linha, enquanto, o tamanho e a velocidade das setas (para representações estacionária e em movimento) são proporcionais à potência ativa da rede, isto porque, o objetivo do experimento era validar a substituição dos campos numéricos em MW (Mega Watt) por outra representação que transmitisse a mesma informação.

Os autores observaram que, em média, para violações (sobrecargas) isoladas as representações tradicionais (por dígitos) e mais simples (sem *pizza*) propiciaram menor tempo de resposta dos alunos frente às interfaces mais aprimoradas. Eles atribuíram este fato aos níveis de distração que as animações oferecem para os casos mais simples.

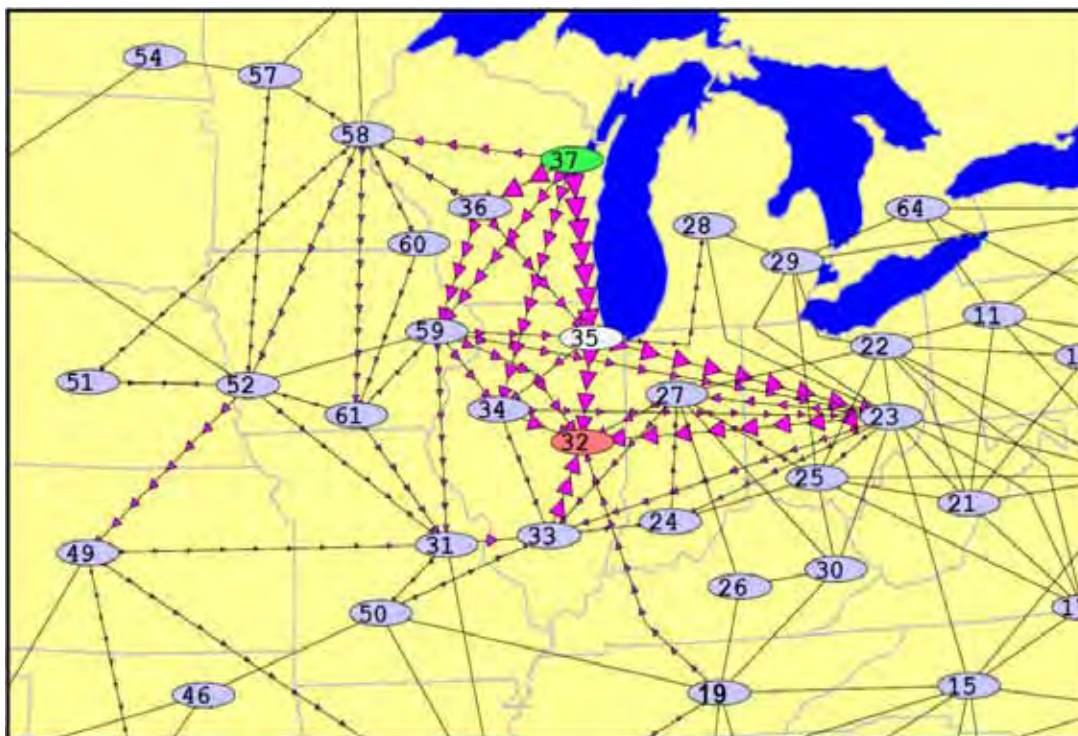
Para múltiplas violações, embora os resultados tenham sido pouco expressivos, as setas em movimento ofereceram intervenções “relativamente” mais rápidas.

Observou-se, também, que os testes com a presença de gráficos *pizza* minimizaram sutilmente a quantidade de erros (ajustes que aumentassem a sobrecarga ao invés de diminuí-la). Este fato justificou-se pela menor carga mental de trabalho apresentada, onde os níveis de estresse foram medidos utilizando o método NASA *Task Load Index* (TLX). Suas avaliações subjetivas avaliam as demandas mental, física e temporal; e as tarefas de esforço, frustração e realização em uma escala de 0 a 100 (LEAL et al., 2006). Além disto, atribuiu-se este fato a uma melhor sensibilidade oferecida pelas *pizzas* nos casos mais complexos quando comparadas às setas.

2.2.9.2 Segundo experimento

O segundo teste foi aplicado também à animação de fluxo, porém, focado no fator de distribuição PTDF (*Power Transfer Distribution Factor*) que mede a variação do carregamento das linhas devido a mudanças em uma transferência de potência entre áreas (neste caso venda e compra de energia). Conforme as transações eram indicadas pelas setas (flecha apontando para as áreas compradoras), os participantes deveriam selecionar os “fornecedores” e “clientes” com o objetivo de criar, em um tempo pré-determinado, caminhos para o fluxo entre áreas que não estivessem diretamente conectadas. Neste teste foram criados três tipos de displays: setas estacionárias, setas em movimento uniforme e setas em movimento variável. Na ferramenta, as áreas selecionadas, assim como as demais, recebem cores específicas; e os tamanhos das setas e quando for o caso, suas velocidades, são proporcionais ao fator PTDF (Figura 25).

Figura 25 – Display PTDF.



Fonte: Wiegmann et al. (2005).

Verificou-se a ocorrência de resultados mais significativos que no primeiro teste em relação ao tempo gasto para solução do problema, a carga de trabalho mental e os erros cometidos (neste caso seleção de áreas não-participantes da transação)¹.

Os autores concluíram que animações podem auxiliar na visualização quando: oferecerem informações relevantes às tarefas dos usuários e chamam sua atenção para dados importantes. Atestaram, também, que a partir dos resultados encontrados para a metodologia do “movimento animado” (experiência 1), a técnica não se mostrou vantajosa para representações de fluxo de potência, sugerindo cuidado para construção de ferramentas computacionais que não prejudiquem a percepção, principalmente em tarefas cuja integração de informações correspondem a casos mais simples.

¹ Estes resultados serão apresentados e discutidos no item 2.3 que se reserva à discussão geral dos objetos de aprendizagem apresentados.

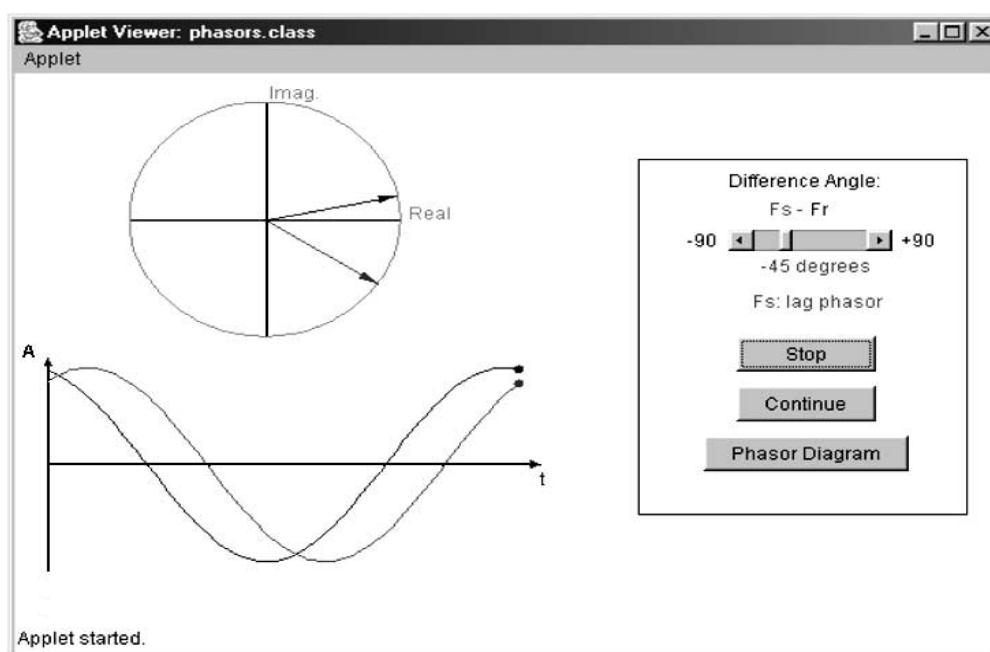
2.2.10 Elementos básicos de sistemas de potência usando tecnologia *web* por Mota, Mota e Morelato (2004)

Mota, Mota e Morelato (2004) desenvolveram animações para o ensino de princípios básicos em eletricidade, circuitos de corrente alternada, circuitos trifásicos, geração, transmissão de energia e máquinas elétricas, possibilitando que estes conteúdos fossem trabalhados de forma semipresencial, substituindo encontros teóricos presenciais pelo estudo via *web*. Durante o experimento, realizado por quatro períodos letivos, foram oferecidos suporte teórico e propostos problemas para os quais os alunos deveriam encontrar a solução durante a semana corrente de estudo.

A metodologia baseou-se na Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), que é um método de instrução e aprendizagem colaborativa, construtivista e contextualizada que usa um problema da prática (real ou simulado) para iniciar, motivar e focar a construção de conhecimentos, além de promover habilidades de solução de problemas, trabalho em grupo e o estudo autônomo (SCHMIDT, 2001).

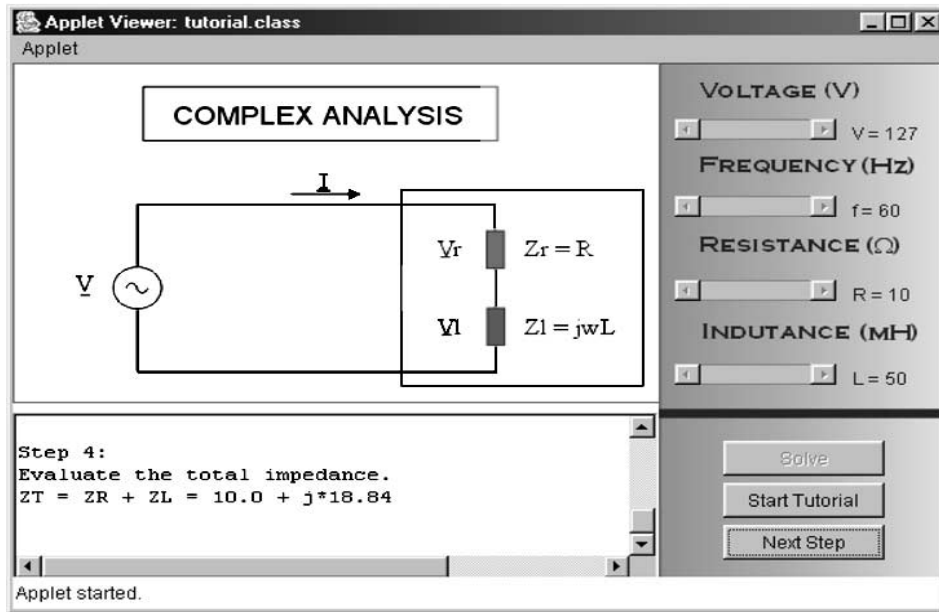
Dentre as animações desenvolvidas, observa-se nas Figuras 26 e 27 a análise de fasores, formas de onda e a influência de elementos diversos nos circuitos.

Figura 26 – Simulação de fasores rotativos.



Fonte: Mota, Mota e Morelato (2004).

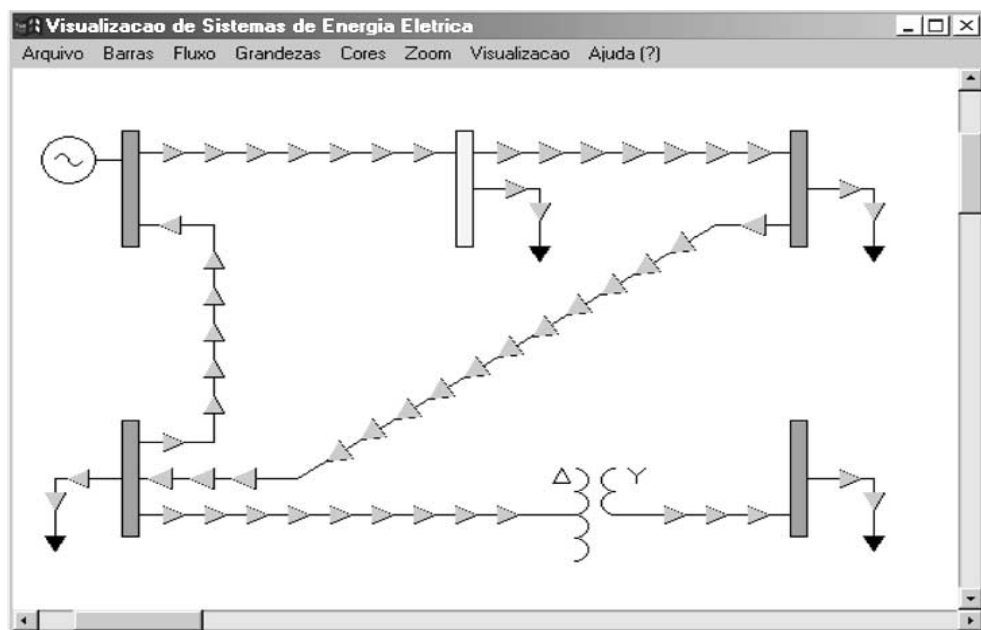
Figura 27 – Impedância.



Fonte: Mota, Mota e Morelato (2004).

Além de alterar parâmetros dos circuitos e simulá-los, a ferramenta oferece a opção de acompanhar passo-a-passo sua resolução pelo botão “tutorial” (Figura 27). Segundo os autores o nível de interação acompanha o estágio de estudo, sendo maior para tópicos mais avançados. Por exemplo, para visualização de fluxo de potência a ferramenta utiliza setas animadas com tamanhos proporcionais às magnitudes (Figura 28).

Figura 28 – Simulador para fluxo de carga.



Fonte: Mota, Mota e Morelato (2004).

Através de questionários de satisfação os autores verificaram aprovação da ordem de 70% dos participantes, onde a maioria dos alunos atestou que o uso do computador exigiu maior tempo de dedicação comparado a metodologia tradicional. Mota, Mota e Morelato (2004), no entanto, atribuem este fato ao envolvimento propiciado pelo método PBL.

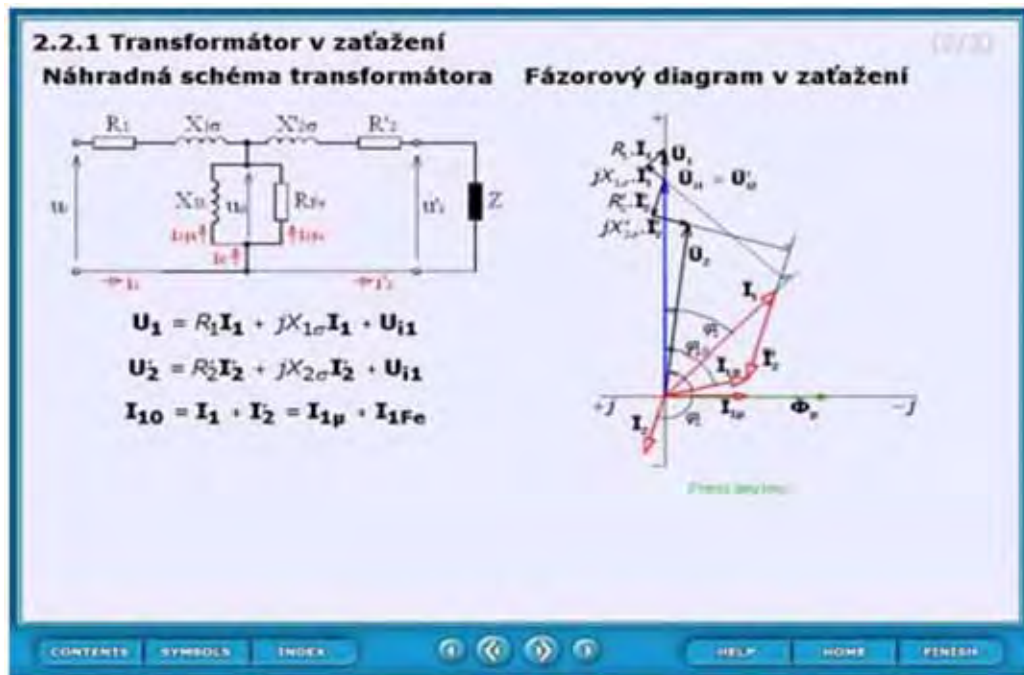
2.2.11 *e-Learning* na engenharia elétrica por Bauer, Fedák e Hájek (2006)

O termo *e-Learning* surgiu da combinação entre o ensino com auxílio da tecnologia e a educação a distância. Baseados nos níveis de comportamento intelectual presentes no domínio cognitivo (propostos por Bloom)², Bauer, Fedák e Hájek (2006) destacam que as tecnologias aplicadas no ensino devem oferecer além do conhecimento, níveis superiores de cognição.

Os autores compõem um projeto denominado INETELE (*Interactive and unified e-based education and training in electrical engineering*) que objetiva o desenvolvimento de material multimídia para o ensino e treinamento em engenharia elétrica a distância reunindo pesquisadores de nove instituições européias. O INETELE possui módulos abrangendo as seguintes áreas (e em alguns casos suas subáreas): eletricidade, medidas elétricas, máquinas elétricas, acionamentos elétricos, eletrônica e eletrônica de potência. Nas Figuras 29 e 30 ilustram-se duas das interfaces para o conteúdo de transformadores, correspondentes ao módulo de máquinas elétricas.

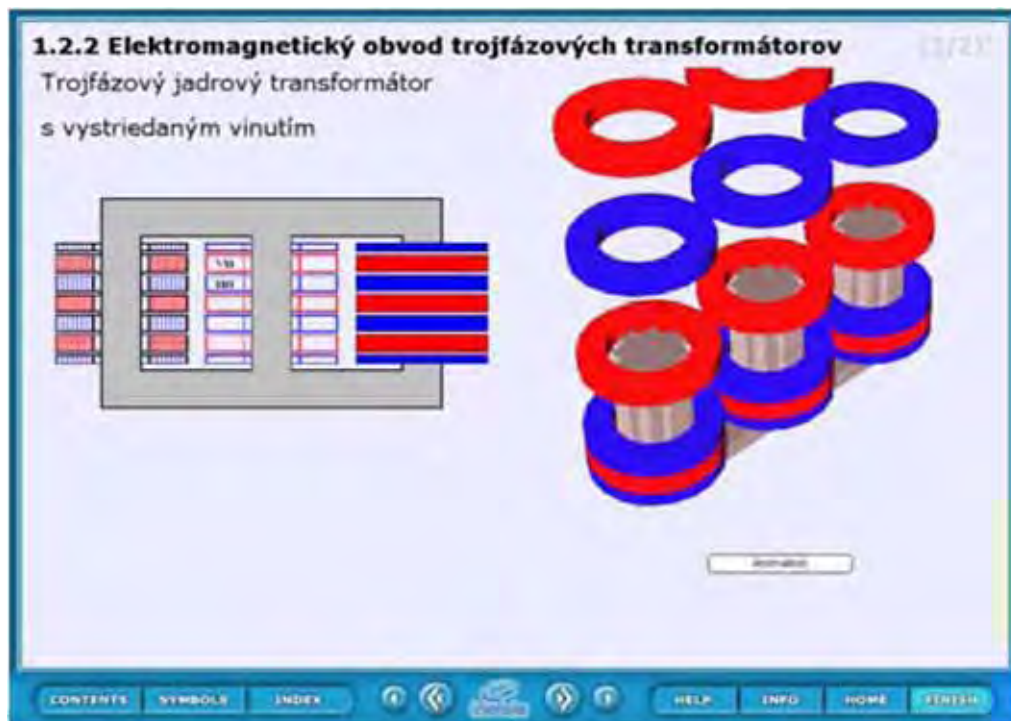
² Níveis de comportamento do menor para o maior, segundo a taxonomia de Bloom: conhecimento, entendimento, aplicação, análise, síntese e avaliação (BAUER; FEDÁK; HÁJEK, 2006).

Figura 29 – Construção de transformadores.



Fonte: Bauer, Fedák e Hájek (2006).

Figura 30 – Circuito equivalente e diagrama fasorial.



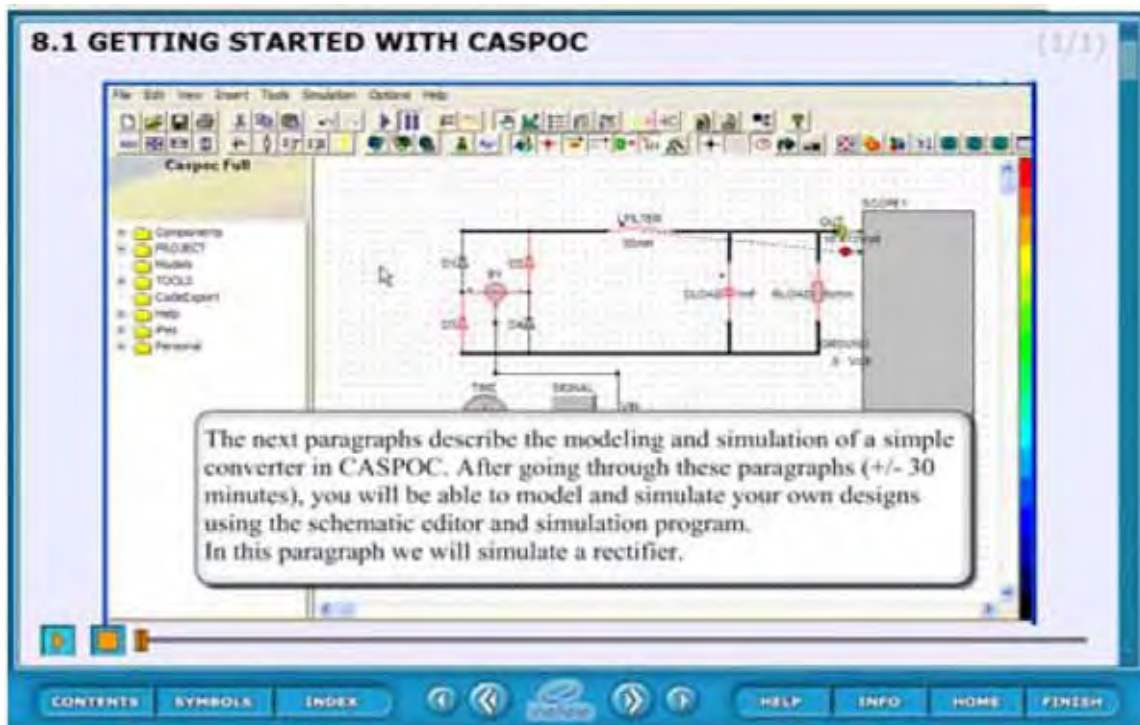
Fonte: Bauer, Fedák e Hájek (2006).

As telas (ou *slides*) apresentam, para este tópico, princípios sobre máquinas elétricas e aplicações de leis eletromagnéticas. Além de abordagens teóricas e modelagens matemáticas,

itens como a construção de transformadores e diagramas fasoriais, são explicados passo a passo com o auxílio de animações controladas pela interface.

Neste projeto, o aprendizado é conduzido em três fases. Na primeira, focado nas animações, objetiva-se, via ambientes interativos, a compreensão teórica e análises iniciais do desempenho dos sistemas. Na segunda fase, são utilizados algoritmos apropriados dentro da própria plataforma (neste caso o simulador CASPOC®), o que permite a simulação de sistemas e a abstração em níveis de cognição avançados conforme citado anteriormente.

Figura 31 – CASPOC dentro da interface.



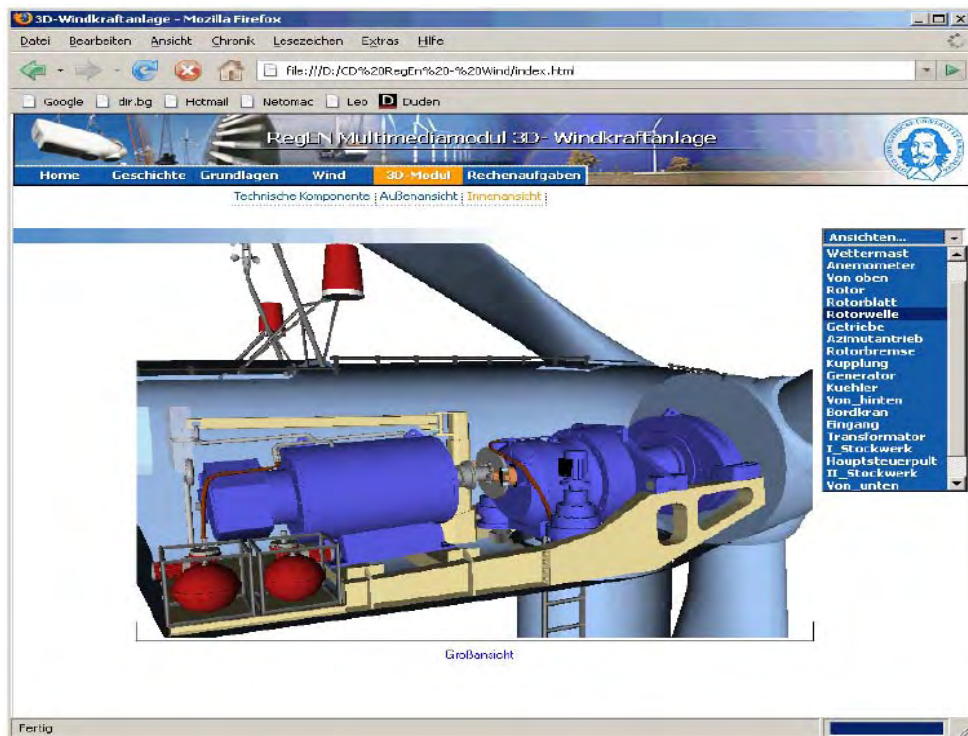
Fonte: Bauer, Fedák e Hájek (2006).

O CASPOC® é um *software* desenvolvido para modelagem e simulação em eletrônica de potência e acionamentos elétricos que é executado de forma integrada à ferramenta apresentada. Na terceira fase desta metodologia, utiliza-se um laboratório virtual – apresentado em Bauer, Fedák e Rompelman (2008) – com experimentos eletromecânicos conduzidos em laboratório controlados remotamente pela *internet*.

2.2.12 Aceitação de técnicas de visualização em 3D por Angelov, Smieja e Styczynski (2007)

Angelov, Smieja e Styczynski (2007) participaram do desenvolvimento e avaliação de aplicativos *web* utilizando VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) para o estudo de fontes renováveis de energia e proteção de sistemas de energia elétrica. Tais módulos contemplam aulas teóricas, sessões práticas e de testes. Na Figura 32 mostra-se a representação de uma turbina eólica cujos componentes podem ser dinamicamente escolhidos pelos alunos via menus.

Figura 32 – Torre de uma planta eólica.



Fonte: Angelov, Smieja e Styczynski (2007)

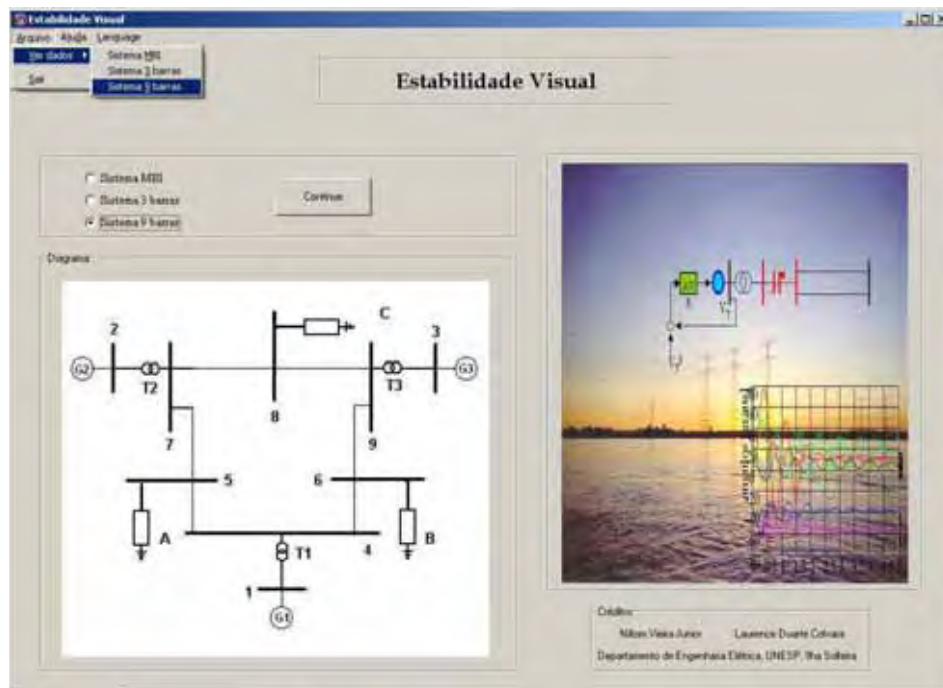
Os autores realizaram um experimento utilizando vinte e oito estudantes, de diferentes nacionalidades (seis países) e faixas etárias (23 a 73 anos). Os resultados apontaram o seguinte: 96% afirmaram que a ferramenta tornou a aula mais interativa; 75% foram opostos a substituição total de métodos tradicionais por similares a este; 78% foram favoráveis a utilização destes objetos como artifícios adicionais ao ensino; e por fim 85% atestaram a eficiência das ferramentas quanto a transmissão de informações.

Os módulos para proteção de sistemas e interrupção de circuitos, também experimentados, sugeriam o treinamento de operadores e técnicos para intervenções em instalações e redes elétricas. Estes módulos utilizavam, também, vídeos para ilustrar os cenários de manutenção. As tarefas de interação virtual simulavam a substituição/conexão de fases e o rearme de disjuntores. Neste experimento, quando questionados quanto a capacidade em reproduzir na prática os ensaios virtuais, 35% afirmaram-se capazes; 11% afirmaram não ter condições de reproduzir em circuitos reais; enquanto 54% afirmaram-se inseguros.

2.2.13 *Software* para estabilidade de sistemas de energia por Vieira Junior (2007)

Baseado na proposta da construção de modelos mentais e, considerando ainda a tendência dos alunos de engenharia a um estilo de aprendizagem sensorial, Vieira Junior (2007) desenvolveu um *software* para análise de estabilidade transitória com propósitos educacionais (Figura 33).

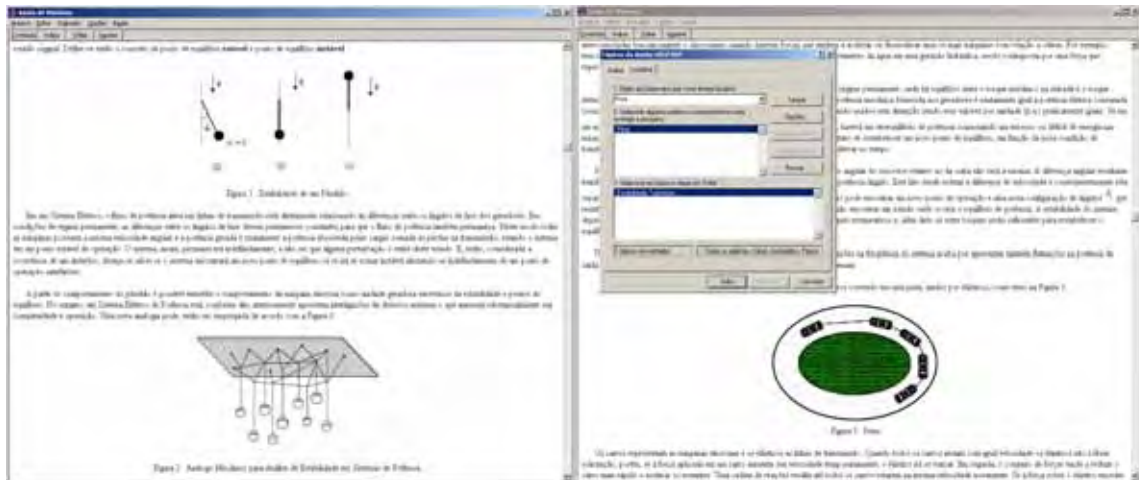
Figura 33 – Tela principal.



Fonte: Vieira Junior (2007).

O programa acompanha um tutorial (hipertexto) com a teoria relacionada ao assunto, cuja didática baseia-se na utilização de análogos mecânicos aos sistemas elétricos (Figura 34).

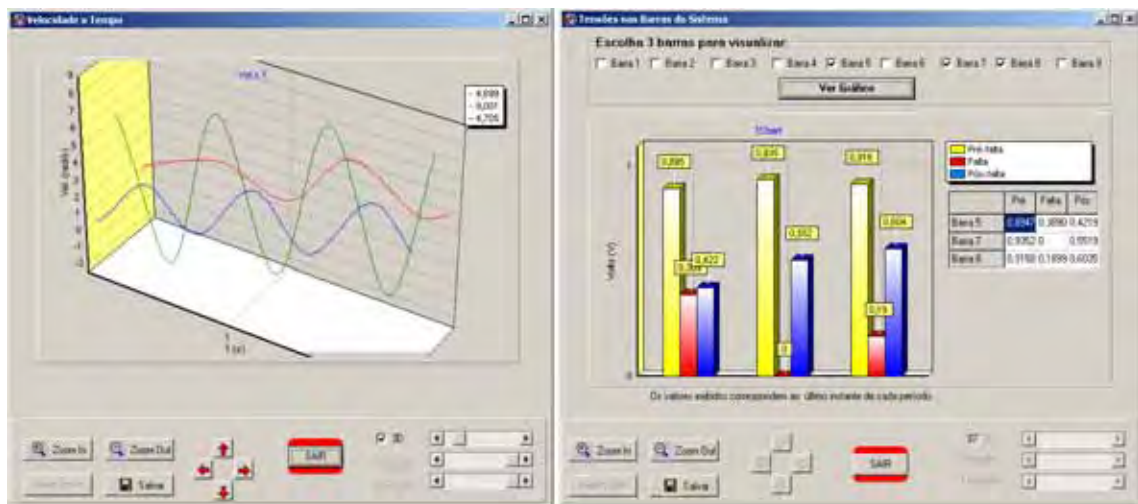
Figura 34 – Análogos mecânicos.



Fonte: Vieira Junior (2007).

Após selecionar o sistema, a barra curto-circuitada, o trecho eliminado, a impedância de linhas e transformadores, o tempo de abertura e de simulação; os resultados são apresentados na forma tabular (tradicional) e por gráficos com controles em três dimensões (Figura 35).

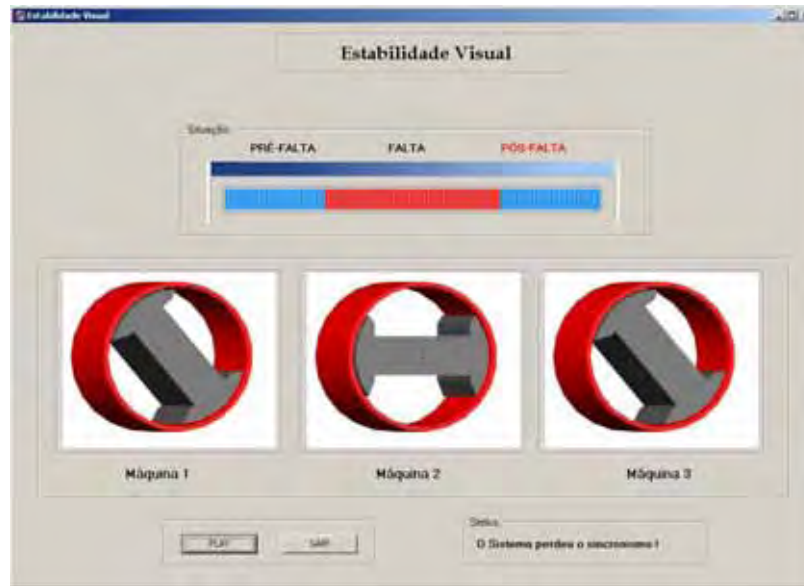
Figura 35 – Gráficos 3D.



Fonte: Vieira Junior (2007).

Baseado na realidade virtual, segundo o princípio de interação, o autor destaca que os recursos de *zoom*, deslocamento em quatro direções e controle gráfico tridimensional favorecem e motivam o aprendizado. Por fim, uma animação dinâmica é utilizada para representar a aceleração, desaceleração e sincronismo (ou não) das máquinas que compõem o sistema (Figura 36).

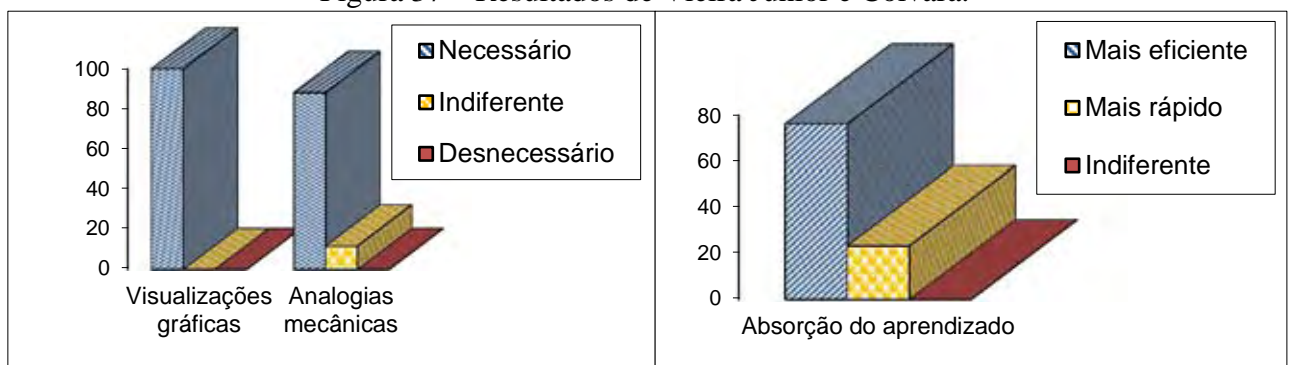
Figura 36 – Animação das máquinas.



Fonte: Vieira Junior (2007).

Vieira Junior e Colvara (2007a) realizaram um experimento com setenta e dois alunos (em duas universidades) utilizando a ferramenta apresentada. Após cada etapa teórica, os alunos simularam no *software* casos base e foram incentivados a alterar a configuração dos sistemas para descobrir novos problemas, propor novas soluções e criar as relações necessárias para a construção do conhecimento. A opinião individual dos alunos foi coletada com o intuito de avaliar qualitativamente o método (Figura 37).

Figura 37 – Resultados de Vieira Junior e Colvara.



Fonte: Vieira Junior e Colvara (2007a).

Observou-se que 100% dos participantes consideraram necessária a utilização de recursos gráficos auxiliares aos métodos tradicionais; 95% consideraram necessária a utilização de analogias mecânicas para conteúdos abstratos; 80% atestaram a sensação de aprender com mais intensidade; e 20% atestaram serem capazes de aprender de igual forma

com a metodologia tradicional, entretanto, em um intervalo de tempo menor utilizando o *software*.

2.2.14 Um *software* interativo para fluxo de potência por Canossa (2007)

Canossa (2007) desenvolveu um *software* em ambiente gráfico para o problema de fluxo de potência e fluxo de carga continuado utilizando MATLAB®, destacando sua facilidade para o tratamento de matrizes que não requerem dimensionamento prévio. A interface permite a alteração de alguns parâmetros do sistema como dados de barras e linhas, além, da possibilidade de excluir linhas de transmissão criando novos sistemas.

Baseado em Azevedo, Souza e Feijó (1996) e nos aspectos humanos apontados por Overbye et al. (2003) o autor utilizou cores para facilitar a identificação de níveis de tensão (Figura 38).

Figura 38 – Cores para tensões.

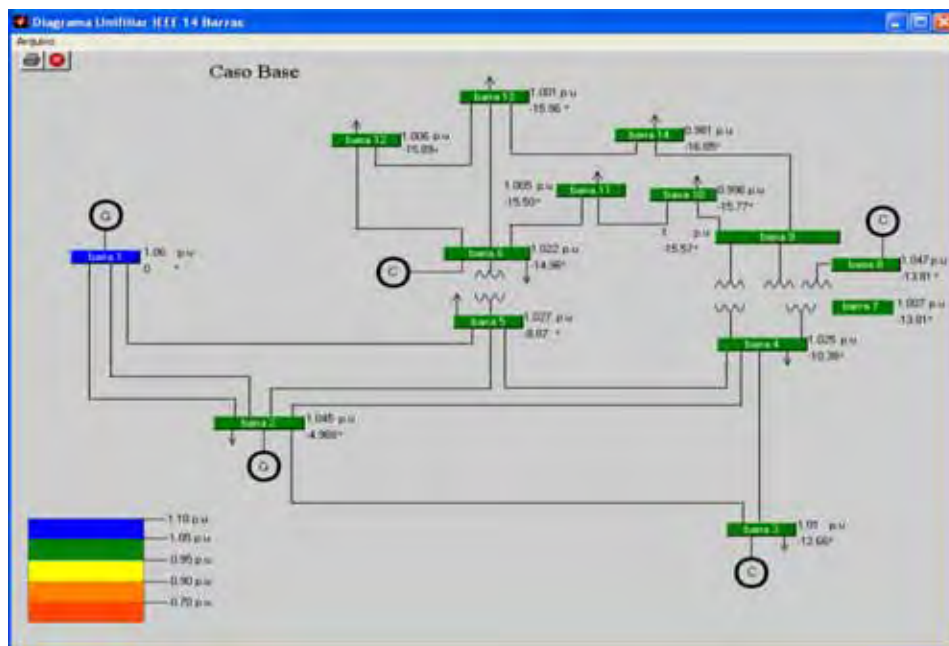
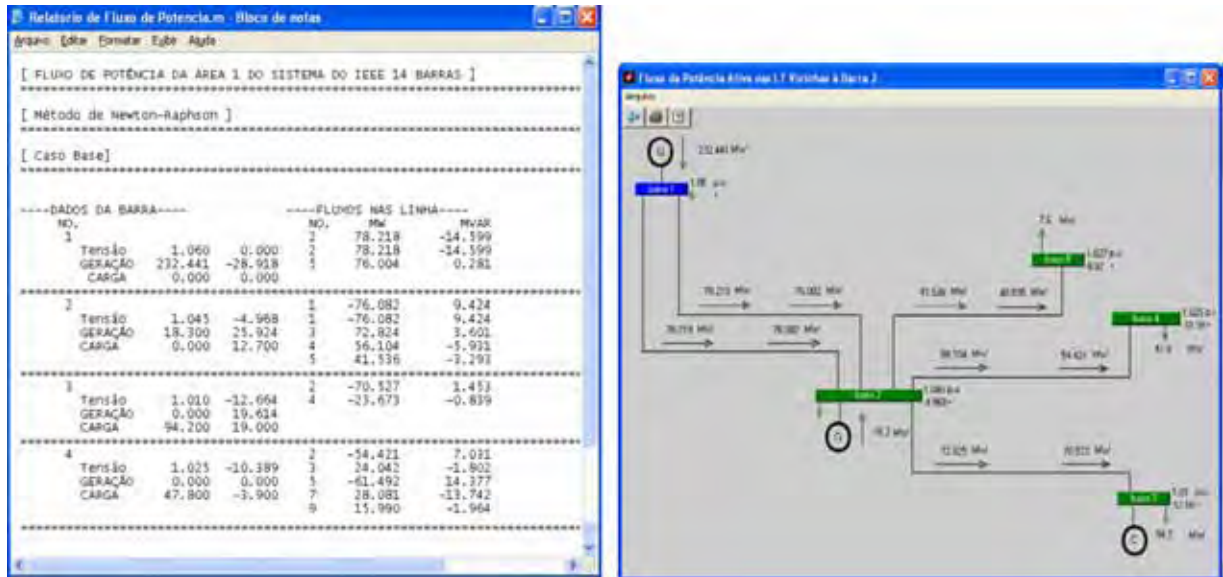


Figura 39 – Resultados.



Fonte: Canossa (2007).

O autor destaca, ainda, que a flexibilidade de edição dos sistemas permite a realização de experimentos que abordem diversos fenômenos envolvidos, como a importância da barra de folga, balanço de potência reativa etc., além de permitir comparação dos métodos utilizados.

2.2.15 Objeto de aprendizagem para sistemas de energia elétrica por Pereira (2008)

Propondo melhorias na ferramenta desenvolvida por Vieira Junior (2007), Pereira (2008) desenvolveu um *software* cujos módulos se dedicam ao cálculo de fluxo de potência e análise de estabilidade. No primeiro, os dados são inseridos pelo usuário ou carregados de um banco de dados na forma tabular (Figura 40).

Figura 40 – Módulo de fluxo de potência.



Fonte: Pereira (2008).

Após simulação, os resultados são apresentados também na forma tabular, tendo como diferencial principal a possibilidade de gerar relatórios numéricos (Figura 41).

Figura 41 – Relatório.

RELATÓRIO DE FLUXO DE POTÊNCIA

Método.....: Newton-Raphson
 Sistema.....: 9 Barras - "Power System Control and Stability" (Anderson, P.M.)
 Iterações.....: 3
 Tolerância.....: 0,010000

DADOS DAS BARRAS

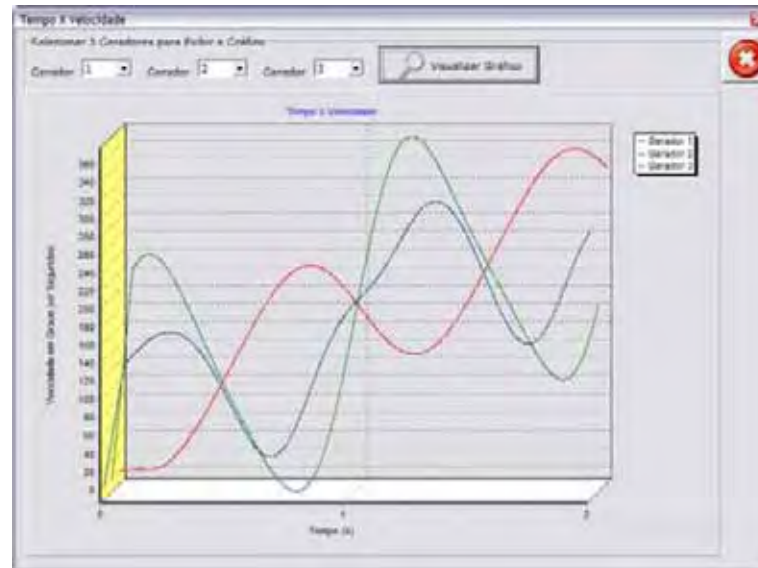
Barro	Tipo	Tensão	Fase	PG	QG	PC	QC	Shunt
1	3	1,04	0	0	,00000	0	0	0
2	2	1,025	0	1,83	1,83000	0	0	0
3	2	1,025	0	0,83	,83000	0	0	0
4	0	1	0	0	,00000	0	0	0
5	0	1	0	0	,00000	1,25	0,5	0
6	0	1	0	0	,00000	0,9	0,3	0
7	0	1	0	0	,00000	0	0	0
8	0	1	0	0	,00000	1	0,35	0
9	0	1	0	0	,00000	0	0	0

DADOS DAS LINHAS

De	Para	R	X	Shunt
1	4	0	0,0176	0
2	7	0	0,0625	0
3	9	0	0,0586	0
4	6	0,017	0,092	0,158
5	4	0,01	0,065	0,175
6	9	0,029	0,17	0,358
7	5	0,032	0,161	0,306
7	8	0,0085	0,072	0,149
8	9	0,0119	0,1008	0,209

Fonte: Pereira (2008).

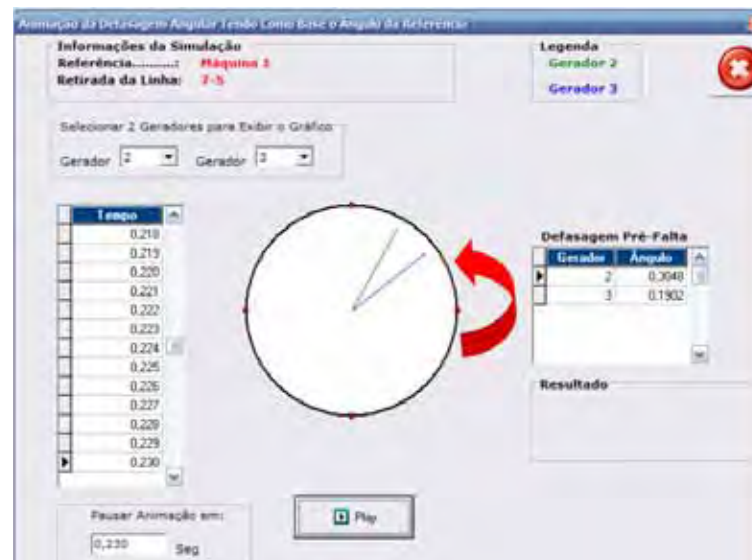
No módulo de estabilidade, o usuário pode criar sistemas e selecionar dados como a barra e o trecho com defeito, o tempo de abertura, passo de integração e a frequência da rede. Após a simulação, os resultados são apresentados tabular (Figura 41) e graficamente (Figura 42).

Figura 42 – Curva ângulo *versus* tempo.

Fonte: Pereira (2008).

Por fim, uma animação é utilizada para representar o movimento dos rotores em estudo. As linhas (verde e azul) movimentam-se dinamicamente conforme a defasagem apresentada pelos geradores da rede, sendo um deles adotado como referência durante o processo de análise (Figura 43).

Figura 43 – Animação por linhas.



Fonte: Pereira (2008).

Segundo a autora, a ferramenta desenvolvida oferece facilidade na visualização dos resultados mediante a utilização de relatórios, tabelas e gráficos.

2.2.16 Projeto *Identity* por Scutaru, Scapolla, Mustica, Sandu e Kristaly (2008b)

O projeto *Identity* (*Individualized Learning Enhanced by Virtual Reality*) é um consórcio formado por dez instituições europeias (universidades, universidades tecnológicas, laboratórios de pesquisa etc.) cujo objetivo principal é construir um ambiente de aprendizagem multidisciplinar em engenharia elétrica. O projeto, ainda em execução, é financiado pela agência de educação audiovisual e cultura da união europeia.

Dentre os objetivos específicos destacam-se: desenvolver métodos e materiais didáticos utilizando realidade virtual para cursos presenciais e a distância; partilhar os objetos de aprendizagem desenvolvidos no consórcio; expandir e consolidar as colaborações entre os parceiros existentes, fortalecendo uma rede entre as universidades europeias envolvidas; e estabelecer relações estreitas entre as universidades e indústrias locais.

Alguns recursos desenvolvidos, como os vistos em Bauer, Fedák e Rompelman (2008), utilizam laboratórios remotos e são integralizados ao ambiente *Moodle*³ (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) que pode ser visto na Figura 44.

Figura 44 – *Identity* no ambiente *Moodle*.



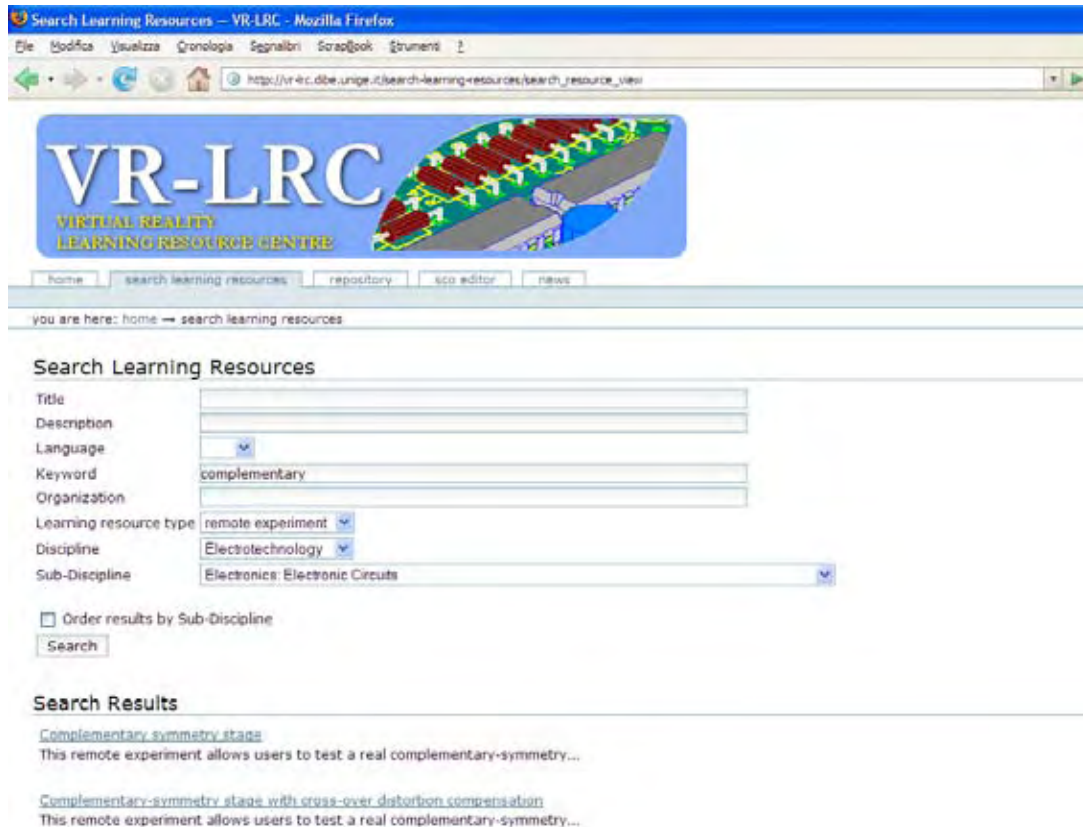
Fonte: Scutaru et al. (2008b).

Entretanto, o projeto prevê além de experiências sobre a utilização de realidade virtual e ensino remoto, a construção de um ambiente avançado de aprendizagem individualizada

³ *Moodle* é um software livre de apoio ao ensino que atua como um sistema de gestão de aprendizagem, também chamado de AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem) ou LMS (*Learning Management System*).

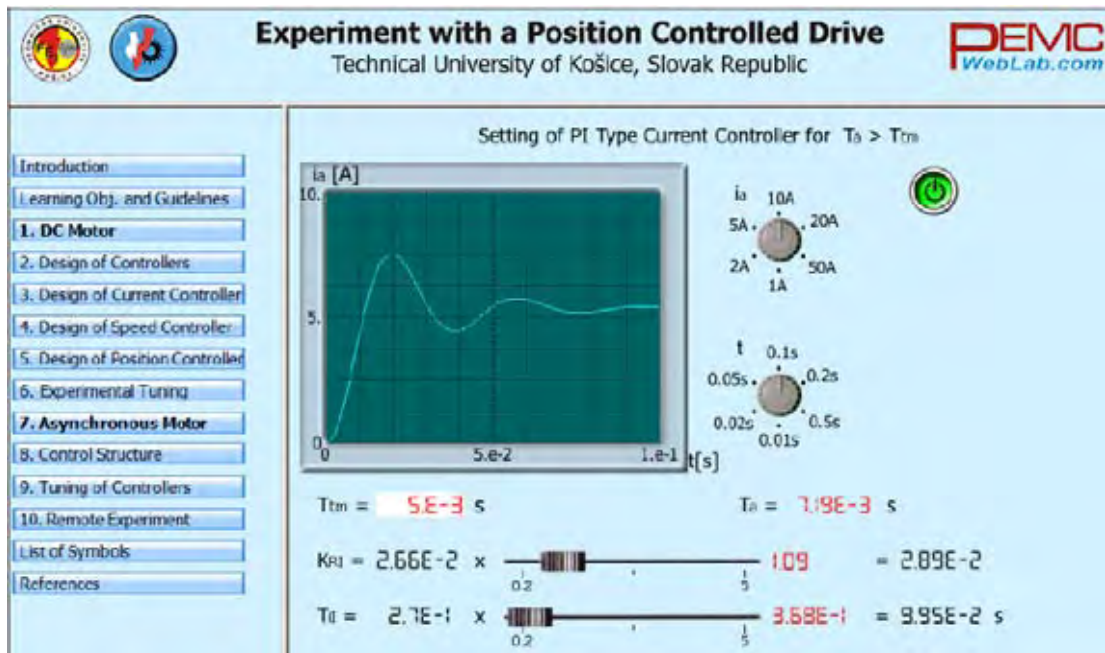
(*Enhanced Individualized Learning Environment – EILE*) também baseado no *Moodle* e um repositório de recursos de aprendizagem (*Virtual Reality Learning Resource Center – VR-LRC*) que estructure e organize o material produzido (Figura 45).

Figura 45 – Interface do VR-LRC na web.



Fonte: Scutaru et al. (2008b).

As aplicações a serem integradas ao repositório deverão relacionar-se aos temas circuitos elétricos, eletrônica analógica e digital, máquinas e acionamentos elétricos, medidas e sistemas automáticos, automação e controle de processos industriais. Este material pode ser acessado e executado diretamente no VR-LRC ou descarregado para utilização *off-line*. A Figura 46, por exemplo, apresenta um objeto de aprendizagem desenvolvido por Bauer, Fedák e Rompelman (2008).

Figura 46 – Exemplo de OA integrado ao projeto *Identity*.

Fonte: Scutaru et al. (2008b).

Segundo Scutaru et al. (2008b) as abordagens didático-pedagógicas utilizadas no EILE valorizam os postulados da aprendizagem construtivista e sócio-cultural, que propõem a construção do conhecimento através da interação com a informação e o ambiente social. O relatório parcial de andamento do projeto apresentado em Scutaru et al. (2008a) cita ainda, como pressupostos teóricos, os modelos mentais e estruturas cognitivas para o aprendizado.

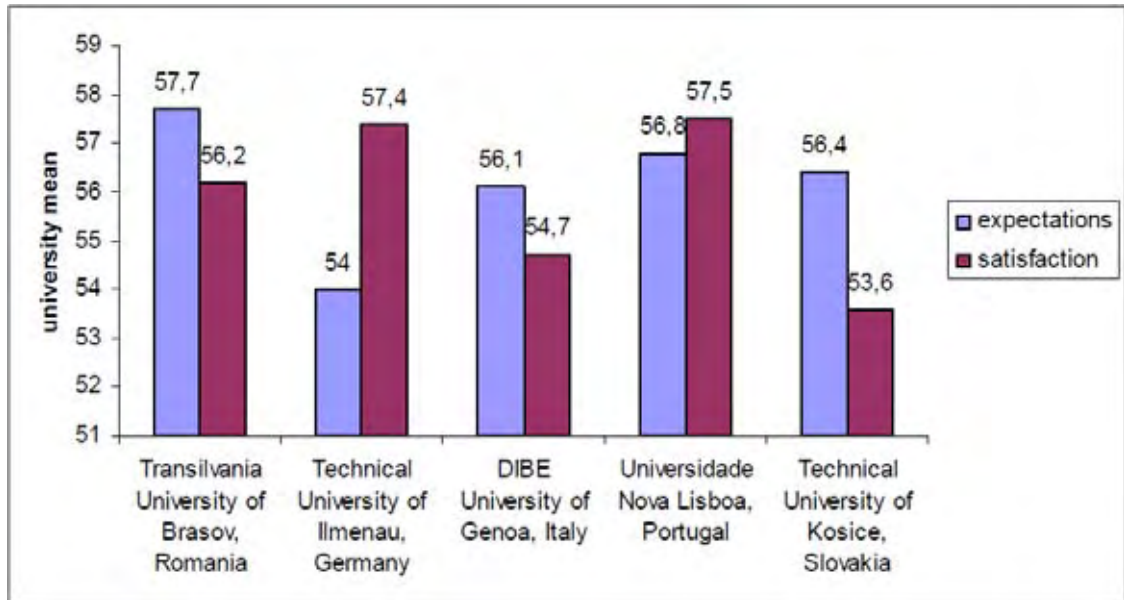
Esse relatório divulga também um experimento realizado com sessenta e cinco alunos de cinco países diferentes com o propósito de avaliar o impacto do EILE no processo de aprendizagem. Comparou-se o desempenho dos estudantes divididos em dois grupos: o primeiro utilizando o ambiente proposto e o segundo utilizando métodos tradicionais. Os OA's utilizados se constituíram da contribuição dos diversos grupos de trabalho lotados nas universidades parceiras.

Foram aplicados previamente questionários sobre a motivação para aprendizagem (para ambos os grupos) e sobre a expectativa gerada (para o primeiro grupo). Após o curso de duas disciplinas (circuitos eletrônicos e circuitos elétricos) todos foram avaliados de forma idêntica, sendo o grupo experimental questionado ainda sobre a satisfação em utilizar as novas ferramentas.

No quesito motivação não houve variações significativas entre as universidades envolvidas. Na Figura 47 apresenta-se a relação para os níveis de expectativa e satisfação para

o primeiro grupo, em uma escala de 0 a 100, em que os dados foram analisados pelo programa SPSS⁴.

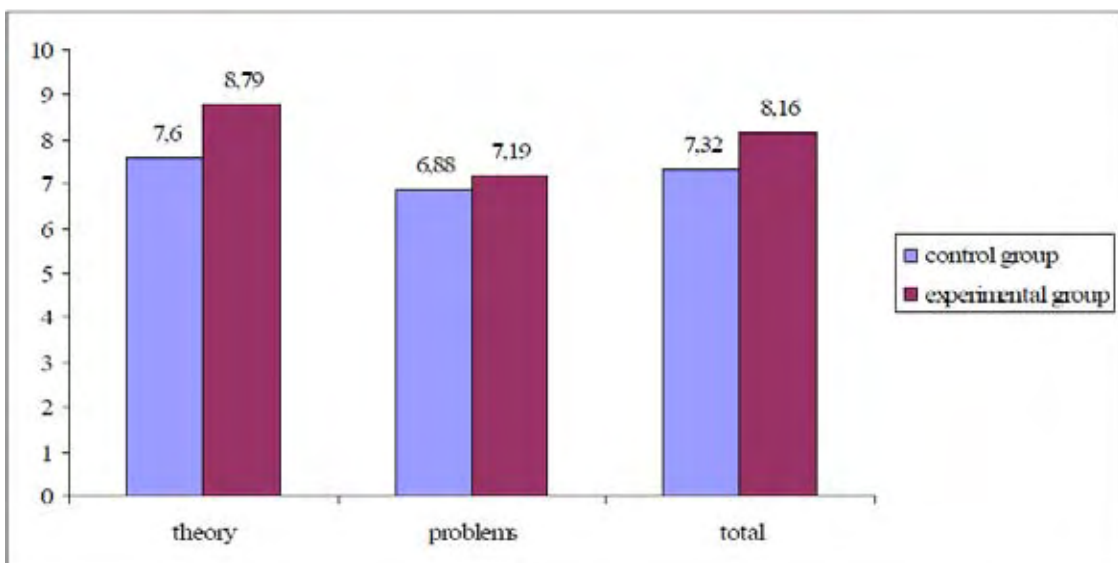
Figura 47 – Relação entre expectativa e satisfação.



Fonte: Scutaru et al. (2008a).

No que diz respeito às notas, observa-se na Figura 48 que os alunos do grupo experimental apresentaram melhor desempenho médio na avaliação teórica (em uma escala de 0 a 10).

Figura 48 – Média das notas para os dois grupos.



Fonte: Scutaru et al. (2008a).

⁴ SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) é um software de análise estatística.

Entretanto, ao se considerar a análise apenas para as mulheres participantes do experimento observou-se que a melhoria no desempenho não foi significativa tendo, inclusive, resultados insatisfatórios para o item “problemas”.

Os autores concluem que o projeto espera contribuir, entre outros aspectos, com a motivação e estímulo necessários para aprendizagem, tendo ainda três objetivos fundamentais: melhoria da qualidade dos sistemas de ensino e capacitação, a garantia de que a educação será acessível a todos e a abertura do ensino e capacitação para o resto do mundo.

2.2.17 Engenharia cognitiva aplicada no *design* de interfaces para sistemas elétricos de potência por Hoff e Hauser (2008)

Hoff e Hauser (2008) apontam que algumas melhorias em aspectos isolados como as propostas por Kobayashi et al. (1996), Mahadev e Christie (1993) e outros autores, não apresentam nenhuma teoria para guiar seu processo de *design* e construção.

Assim, defendem a utilização da engenharia cognitiva e, em alguns casos, de uma abordagem ecológica no *design* de interfaces para sistemas elétricos de potência. A principal diferença entre a abordagem cognitiva e a ecológica é que a cognitiva declara que fenômenos como percepção, linguagem e memória são resultantes do processamento de informações de símbolos discretos (GARDNER, 1985). Estes símbolos implicam na representação do mundo real na mente, enquanto a ecológica declara que o significado pode ser percebido diretamente, sem a necessidade de representações (MICHAELS; CARELLO, 1981).

Ambos os aspectos constituem o espaço das ações humanas e seguindo estes princípios os autores sugerem especial cuidado no *design* destas ferramentas. No desenvolvimento de interfaces em geral é comum a construção de ambientes compatíveis com os modelos mentais dos operadores; entretanto, como não se pode assegurar que estes modelos sejam corretos (especialmente para sistemas complexos) sugere-se utilizá-los em conjunto com uma abordagem ecológica modelando todos os fatores que determinam o comportamento humano, como aspectos físicos e sociais. Portanto, a análise deve começar no aspecto do ambiente e não apenas no cognitivo. Aspectos ambientais, neste caso, remetem às possibilidades de ações do usuário no cenário de trabalho considerando que existem parâmetros importantes a serem respeitados para controlar um sistema como, por exemplo, níveis de tensão, desvios de tempo, estatísticas de geração etc.

Fundamentados em Rasmussen (1983), que identificou três níveis de desempenho cognitivo⁵, os autores desenvolveram uma ferramenta que possui três níveis hierárquicos (Figura 49), correspondentes a cada tipo de controle cognitivo, permitindo que possam ser acessados conforme a necessidade de controle (estado global do sistema, valores exatos ou informações detalhadas). Hoff e Hauser (2008) basearam-se, também, na afirmação de Gibson (1979) de que não há necessidade de processamento das informações estimuladas pela retina, estando a percepção relacionada à coleta de informações e não à estimulação como um todo. Em outras palavras, as informações potenciais que podem ser coletadas são invariantes, proporcionando uma relação estável entre o observador e objeto.

Deste modo o que falta em interfaces gráficas aplicadas à visualização e controle de sistemas são as invariantes as quais o projetista deve criar artificialmente. Antes, porém, de introduzir interfaces digitalizadas, *displays* analógicos devem ser utilizados para transmitir informações em termos adequados, considerando que a informação digital elimina a maioria das relações semânticas em um sistema.

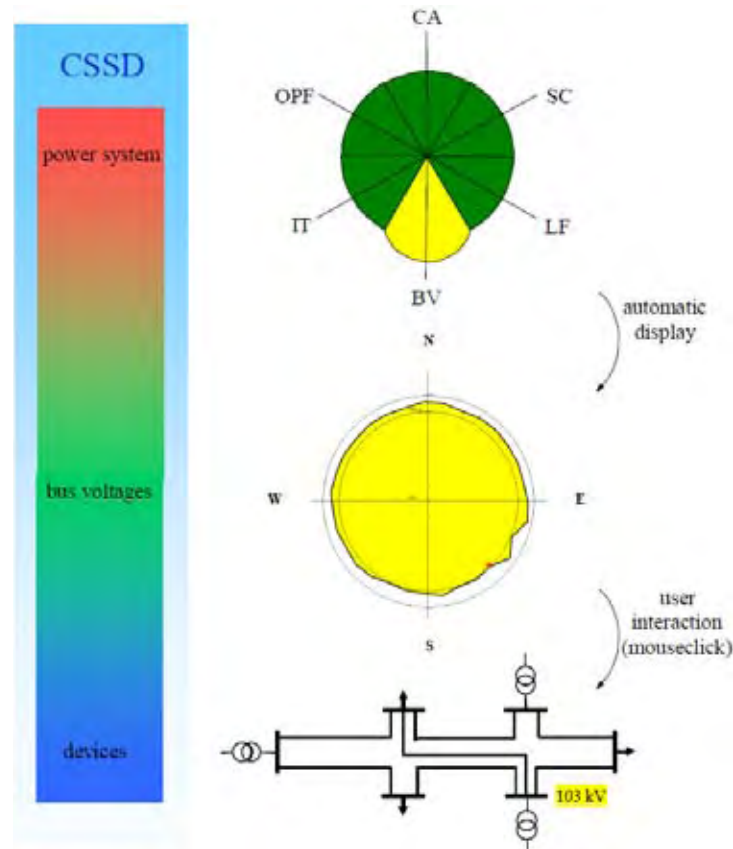
Os autores apontam que a nova tendência na criação de interfaces gráficas que forçam o operador a navegar através de opções de menus, desencadeia o modo cognitivo baseado no conhecimento, o que é desnecessário na medida em que os operadores tendem a favorecer o modo baseado na habilidade⁶.

⁵ São eles:

- Baseado no conhecimento – cujos processos são lentos, estruturais, baseado na entrada de informações;
- Baseado em regras – associado com estímulos perceptivos no ambiente; e
- Baseado em habilidades – relativo ao desempenho sensório-motor ou ações involuntárias (automáticas).

⁶ Aqui se nota, pela primeira vez, as diferenças conceituais entre o *design* de interfaces educacionais e interfaces para centros de controle, que até então não tinham sido levadas em consideração na literatura.

Figura 49 – Níveis hierárquicos.



Fonte: Hoff e Hauser (2008).

Na Figura 49, pode-se perceber exemplos de níveis hierárquicos de visualização do sistema. Na representação de nível mais alto, mediante a compressão de dados gráficos observa-se (pelas cores e deformação do círculo) níveis de alerta ou emergência. No nível intermediário é possível identificar informações geográficas, omitidas na compressão de dados, que permitem encontrar pontos de interesse na rede. E, no nível mais baixo, o operador pode consultar dados detalhados relacionados a dispositivos específicos do sistema.

Os autores atestam que esta proposta não resolve todos os problemas discutidos, restringindo-se a uma tentativa inicial de mudar o foco do *design* de interfaces neste domínio. Para sistemas de ação cognitiva, como a operação de sistemas elétricos de potência, não se pode prever o comportamento do operador pelas seguintes razões: as condições iniciais podem variar; a existência de mais de uma estratégia para corrigir o problema; e o fato de distúrbios imprevistos requererem ações compensatórias. Um dos principais desafios no *design* é, portanto, a imprevisibilidade destes fatos, sendo necessárias interfaces flexíveis para acomodar variações tanto no comportamento do operador quanto do sistema.

Hoff e Hauser (2008) propõem que as várias camadas auxiliem o operador a reconquistar o controle cognitivo e que o acesso a cada uma delas pode ser automático ou manual, dependendo da necessidade ou nível de compreensão. De todo modo eles atestam, ainda, a não existência de um processo idealizado ou metodologia para esta construção. Os autores concluem que a dificuldade no desenvolvimento (e avaliação) de produtos deste gênero está principalmente na dificuldade em reunir um grupo de trabalho onde todos entendam os princípios ecológicos/cognitivos, assim como o funcionamento básico, do ponto de vista técnico, do sistema.

2.3 Análise dos OA apresentados

Wiegmann, Essenberg, Overbye e Sun (2005) afirmam que raríssimas pesquisas empíricas tem sido apresentadas na literatura avaliando ou discutindo a eficácia de novas técnicas de visualização, salvo algumas exceções como Wiegmann et al. (2005) propriamente, que analisam animações de fluxos de potência; Klump, Schooley e Overbye (2002), que se dedicam a perfis de tensão; Overbye e Weber (2000) e Overbye et al. (2003) que avaliam a aplicabilidade de contornos para tensões de barras. No campo educacional destacam-se ainda outros autores como Azevedo, Souza e Feijó (1996), Mota, Mota e Morelato (2004), Angelov, Smieja e Styczynski (2007) e Vieira Junior e Colvara (2007a). Tais análises influenciam positivamente a construção destas ferramentas, entretanto, apontam para um problema ainda maior a ser abordado.

Azevedo, Souza e Feijó (1996) discutem a utilização de representações analógicas para aprimorar a visualização de dados em sistemas de potência e apresentam um experimento com resultados positivos. Todavia não há uma estratégia para utilização destes recursos que possa ser atribuída aos resultados encontrados.

Bretas e Ramos (2001) se destacam não pela utilização de objetos de aprendizagem, mas, pela tentativa metodológica de ensino. Embora não apresentem nenhuma abordagem pedagógica e desconsiderem ainda que o desenvolvimento de ferramentas mais complexas exija uma equipe interdisciplinar (programadores, *designers* e especialistas), sua técnica de ensino relacionada ao construtivismo se mostra bastante interessante. Neste mesmo aspecto Vieira Junior, Silva e Vieira (2009) destacam que o envolvimento de alunos na construção de OA's por si só pode configurar-se como uma metodologia diferenciada de ensino, que propicia motivação e interação na fase de desenvolvimento dos mesmos.

Li, Liu e Damborg (2003), embora utilizem recursos limitados e desassociados (várias ferramentas), foram os primeiros a propor um objeto que contemplasse um pressuposto pedagógico com a utilização dos diferentes estilos de aprendizagem. Todavia, a aula precisa se tornar individualizada o que contraria as políticas educacionais praticadas.

Os testes de validação realizados por Overbye, Wiegmann, Rich e Sun (2003), embora realizados para uma interface extremamente amigável, apontaram (surpreendentemente) resultados insatisfatórios na utilização de contornos. Daí se conclui que resultados negativos implicam em prejuízo, considerando a complexidade gráfica para produção destas ferramentas. A fim de solucionar a questão, Sun e Overbye (2004) propuseram a utilização de elementos e contornos em três dimensões, entretanto, desta vez sem atestar sua eficiência.

Dando continuidade às pesquisas por técnicas mais eficientes de visualização Wiegmann⁷, Essenberg, Overbye e Sun (2005) experimentaram uma interface baseada em fatores humanos (item 2.2.9). Nas Tabelas 6 e 7 mostram-se os resultados para o teste de Wiegmann et al. (2005) na visualização de fluxo de potência medidos pela própria interface.

Tabela 6 – Tempo médio de solução dos problemas em segundos.

Complexidade do problema	Tipo de <i>display</i>		
	Numérico	Setas estáticas	Setas em movimento
Violações simples	8,5	9,8	11,3
Violações múltiplas	23,6	21,8	20,4

Fonte: Wiegmann et al. (2005).

Para violações simples o *display* tradicional (numérico) representou melhor desempenho dos alunos o que, mais uma vez, contrariou as expectativas. Para violações múltiplas o *display* com maior interatividade (setas em movimento) representou o melhor desempenho, entretanto, a diferença significativa entre esta melhoria foi proporcionalmente menor que a diferença vista no primeiro caso para *displays* numéricos.

Tabela 7 – Número médio de geradores acionados para correção dos problemas.

Complexidade do problema	Tipo de <i>display</i>		
	Numérico	Setas estáticas	Setas em movimento
Violações simples	1,43	1,52	1,58
Violações múltiplas	2,59	2,6	2,42

Fonte: Wiegmann et al. (2005).

⁷ Wiegmann é psicólogo e tem atuado em parceria com Overbye (e associados) nos testes de validação destas interfaces.

Desconsiderando-se análises mais complexas quanto às diferenças significativas e taxas de amostragem, observa-se que os resultados nem sempre se comportam linear ou coerentemente. Haja vista a disparidade da relação tempo *versus* geradores encontrada no *display* “numérico”. Embora as violações múltiplas tenham requerido o maior tempo de solução para este *display*, o ocorrido não pode ser atribuído ao maior número de geradores acionados (cujas maior incidência se deu para o *display* setas estáticas). Isto se justifica pelo fato de a mente humana não possuir comportamento linear, como afirmado por Lévy (1996). É neste sentido que a tecnologia pode ser considerada uma ferramenta de pensamento na medida em que, ao se articular com o sistema cognitivo do homem o ajuda a se constituir cognitiva e subjetivamente (REIS; PELLANDA, 2005).

Baseados em fatores humanos Wiegmann et al. (2005) citam diversos estudos que apontam a habilidade do olho humano em detectar movimentos de rotação, translação, expansão, contração e deformação, assim como em diferenciar cores em ambientes dinâmicos. Azevedo, Souza e Feijó (1996) por sua vez, além destes fatores consideram a influência da semiótica para utilização de signos visuais em sua abordagem. De todo modo, nenhuma metodologia ou tratamento didático para os processos de ensino-aprendizagem em engenharia foi considerado nestes trabalhos.

No sentido metodológico Mota, Mota e Morelato (2004) merecem destaque em duas instâncias. No módulo teórico, a apresentação passo-a-passo da resolução dos problemas não oferecida, normalmente, por livros de engenharia pode contribuir na aprendizagem de conteúdos mais complexos evitando, por exemplo, que “contratempos matemáticos” desviem a compreensão de fenômenos em foco. No módulo prático, a aprendizagem baseada em problemas oferece autonomia indispensável à formação em engenharia (aprender a aprender) e propicia a construção do aprendizado mediante o envolvimento exigido. Embora tenha empregado “métodos” pedagógicos, a construção do objeto de aprendizagem em si não se configurou idealmente em nenhum procedimento esclarecido.

Bauer, Fedák e Hájek (2006) foram os primeiros a objetivar evolução cognitiva através de objetos educacionais, porém, não apresentaram uma metodologia para este propósito, tampouco a validação das ferramentas nesse sentido.

A proposta de Vieira Junior (2007) se diferencia por oferecer além dos recursos interativos, um referencial teórico baseado na utilização de analogias mecânicas como princípio didático. Mas, embora, tenha sido testada positivamente (VIEIRA JUNIOR; COLVARA, 2007a) e constituída a partir de teorias como estilos de aprendizagem e modelos mentais não apresenta, também, nenhum planejamento bem definido para sua construção.

Canossa (2007) apresenta uma ferramenta com excelente estrutura e alta confiabilidade no que diz respeito aos conteúdos e comparação de resultados, no entanto, não se baseia em princípios pedagógicos para a compreensão dos métodos nem para visualização das respostas, além de não demonstrar melhoria a partir das referências utilizadas.

Pereira (2008), embora tenha desenvolvido novos módulos perante seu precursor, contraria outros experimentos ao afirmar que a utilização de relatórios e tabelas facilitam a visualização de dados.

O projeto *Identity* apresentado por Scutaru et al. (2008b) representa sem dúvida a maior iniciativa da história para a (re)evolução da educação em engenharia, com orçamento estimado em mais de 300 mil euros. No entanto, embora defenda algumas abordagens educacionais (construtivista e sócio-cultural) no desenvolvimento de sua plataforma e se apoie nos modelos mentais e estruturas cognitivas como mediadores da aprendizagem, não cita nenhuma metodologia definida na utilização e principalmente na construção dos objetos de aprendizagem que assegurem as teorias mencionadas. Mesmo que o ambiente EILE siga estes padrões de desenvolvimento nada tem sido planejado no que diz respeito aos recursos (OA's) que serão por ele acessados, em construção pelos diversos parceiros membros do consórcio. Observam-se ainda outras questões que merecem atenção especial:

- Na análise de satisfação, dentre cinco dimensões, apenas dois fatores (fatores de contexto e condições técnicas) apresentaram diferenças significativas;
- Ao comparar o nível geral de expectativa com o nível de satisfação três tendências foram encontradas: (1) a expectativa dos romanos, eslovacos e italianos foi maior que a satisfação; (2) a satisfação dos portugueses esteve ao mesmo nível de suas expectativas; e (3) o nível de satisfação dos alemães foi maior que a expectativa;
- Os resultados insatisfatórios quando análise apenas do grupo feminino.

No entanto estes fatos, mesmo sendo atribuídos por Scutaru et al. (2008a) a diferentes perfis/personalidades de alunos, não direcionaram as próximas etapas do projeto para concepções construtivas dos OA's considerando, além das teorias relatadas, os estilos de aprendizagem influenciados pelas várias culturas dos participantes.

Em outros termos, não há na literatura de educação em engenharia trabalhos conclusivos quanto a concepção destas ferramentas, que ofereçam uma metodologia fundamentada em métricas de *software*, *design* instrucional e principalmente teorias como estilos de aprendizagem, desenvolvimento cognitivo e modelos mentais.

Campos, Rocha e Campos (1998), no seu trabalho que envolve o *design* instrucional e construtivismo para o desenvolvimento de *softwares* educacionais, apresentam algumas considerações no sentido de aumentar a aprendizagem nestes ambientes⁸. Segundo eles, deve-se:

- Usar o domínio de um especialista para construir a base de criação dos nós e ligações, por exemplo, pelo projeto de uma rede semântica;
- Incorporar dispositivos de navegação para informar ao usuário sua localização, histórico de navegação e possíveis trilhas;
- Fornecer ajuda *on-line* se o aluno é “modelado” ou se o caminho é traçado dinamicamente através do espaço de informação;
- Usar uma interface adaptativa baseada em muitas classes estereotipadas de usuários (em relação aos estilos de aprendizagem) para modificar o ambiente para usuário individual;
- Fornecer aconselhamento adaptativo e modelar a aquisição de conhecimento do usuário através do uso do seu ambiente inteligente que sugira caminhos preferenciais através da base de conhecimento.

Estas considerações também são reforçadas quando vistas sob diversas perspectivas, como por exemplo, a da tecnologia como meio de comunicação. Para Lévy (1993) os atores da comunicação produzem continuamente o universo de sentido que os une ou que os separa. Na comunicação verbal, por exemplo, uma palavra aciona na mente uma rede de imagens e conceitos que preexistem na memória. Todavia quando definida em um contexto lógico, como em uma frase, os nós desta rede são ativados com força suficiente para emergir na consciência e construir um modelo mental que dê sentido e contexto à palavra. Desta mesma forma, as estratégias para construção de interfaces podem transformar o estado de excitação da rede semântica e contribuir para construir ou reconstruir os modelos, os nós e a própria topologia da rede de significados (ou de conhecimentos).

O uso adequado destes recursos pode, então, oferecer atalhos para a composição desta rede o que, além, de agilizar a formação de conceitos evita a construção de estruturas errôneas (ou deficientes) baseadas apenas em experiências prévias dos alunos. Os objetos de aprendizagem, portanto, retratam linguagens propensas a oferecer vias de acesso aos modelos

⁸ Todas estas considerações são utilizadas na proposta apresentada no Capítulo 5 desta tese.

mentais de forma rápida e dinâmica, adequando-se com êxito as aplicações no ensino (LÉVY, 1996).

Mas para isto é preciso levar em consideração outros aspectos que não somente os conceitos técnicos na sua construção, o que não tem acontecido nos OA's aplicados ao ensino de engenharia. O estudo de Hoff⁹ e Hauser¹⁰ (2008) publicado no *PsychNology Journal*¹¹, que analisa os principais trabalhos existentes de psicologia cognitiva e cruza estas informações com interfaces gráficas aplicadas à sistemas elétricos de potência, foi o primeiro a apontar este problema e dá luz a uma nova e coerente tendência no desenvolvimento destas ferramentas que, aliada a necessidade de distinguir cada objeto à sua aplicação específica (ensino ou operação de sistemas) é apresentada como conclusão deste capítulo.

2.4 Conclusão do capítulo

As pesquisas apresentadas possuem, claramente, diferentes concepções: aplicações práticas para controle e operação de sistemas de energia ou aplicações educacionais na transmissão de conteúdos. Entretanto este fato, historicamente, não tem sido considerado na literatura uma vez que, com a evolução dos métodos, autores diversos se referenciam sem distinção.

A exemplo disto, Azevedo, Souza e Feijó (1996) com propósitos educacionais basearam-se, entre outros, nas sugestões de Mahadev e Christie (1993) que possuíam propósitos práticos ao construir interfaces. Inversamente, Overbye et al. (2003) para aplicações práticas partem, entre outros, de Azevedo, Souza e Feijó (1996). Wiegmann, Overbye et al. (2005) utilizaram uma interface para visualização e controle de sistemas de potência semelhante à apresentada por Overbye et al. (1995) na condição de *software* educacional. O simulador Power Word® citado na *homepage* da *Power Engineering Society*¹² como *software* educacional apresenta diagramas animados idênticos aos apresentados por Wiegmann et al. (2005) para controle e operação de sistemas. E assim por diante.

⁹ É professor do departamento de psicologia da Universidade de Oslo – Noruega.

¹⁰ Atua com pesquisa e desenvolvimento de interfaces homem-máquina (IHM) para sistemas de gestão de energia (*Energy Management System – EMS*) na Siemens – Alemanha.

¹¹ Periódico especializado na relação entre humanos e tecnologia.

¹² <http://www.ieee-pes.org> (Acesso em: 01 nov. 2012).

Tais exemplos são constantes em toda bibliografia utilizada. Embora possam existir fatores comuns em ambas as concepções, que não foram definidos em nenhum momento, objetivos diferentes exigem claramente metodologias diferentes.

De modo isolado este fato não seria significativo, porém, outros aspectos chamam a atenção quanto a necessidade de estratégias distintas e muito bem definidas para construção de objetos educacionais ou interfaces gráficas aplicadas ao controle e operação.

Mesmo que não tenham sido tratados na perspectiva da aprendizagem baseada em problemas (PBL), os contornos para tensão de Overbye et al. (2003) e a animação de fluxo de Wiegmann et al. (2005) exigiam que os usuários intervissem nos sistemas para corrigir contingências (portanto, casos típicos de aplicação PBL). Mas nestes experimentos, ao contrário do apresentado em Mota, Mota e Morelato (2004), os resultados não foram satisfatórios. Fica evidente que esta estratégia visou apenas quantificar o tempo de resposta dos usuários e não sua “compreensão” quanto as contingências, entretanto, um conjunto de metodologias incoerentes ao propósito da ferramenta pode, possivelmente, implicar em fracasso. Há de se questionar ainda o fato de os procedimentos de teste, para interfaces de operação, terem sido realizados com estudantes de engenharia e não operadores ou engenheiros de potência, cuja experiência poderia retratar diferente comportamento.

As críticas de Hoff e Hauser (2008) são conclusivas ao apontar que as atuais tendências no desenvolvimento de interfaces gráficas têm estimulado níveis cognitivos diferentes daqueles solicitados para as atividades as quais se dedicam. Por exemplo, navegação por menus e processamento excessivo de estímulos visuais, descaracterizam o modo cognitivo baseado na habilidade (exigido para operadores).

Com isto pode-se perceber que nenhuma distinção tem sido feita no aprimoramento dos métodos e no desenvolvimento de ferramentas em geral. Considerando-se que o trabalho de Hoff e Hauser (2008) foi a primeira iniciativa metodológica destinada a utilização de características cognitivas na concepção de interfaces de controle e o projeto *Identity*, embora apresente teorias coerentes no desenvolvimento do EILE não as tenha aplicado na produção dos OA's, não há nenhuma metodologia ou princípios estabelecidos para o planejamento de objetos com fins educacionais.

Destaca-se ainda que a complexidade na construção destes recursos demanda tempo e técnicas apuradas que implicam em custos elevados; todavia, na ausência de subsídios para seu desenvolvimento, sua validação tem ocorrido pelo método “tentativa e erro” o que contraria princípios de engenharia.

Fatos similares vêm se repetindo a longa data, como por exemplo, o caso da inclusão informática ocorrida na França na década de 1980. Uma concepção errônea da tecnologia na qual acreditou-se que era necessário “atualizar-se” sem, contudo, elaborar estudos quanto a cognição e aos novos modos de constituição e transmissão do conhecimento fez com que o alto investimento resultasse em decepção. O fato é que a verdadeira integração da informática supõe o abandono de hábitos remotos baseados no falar/ditar e na escrita do aluno, o que não pode ser feito em tão pouco tempo (LEVY, 1996).

Na realidade brasileira pode-se, também, estabelecer algumas conjecturas sobre o alto investimento realizado pelos estados, nas últimas décadas, informatizando o ensino básico sem efetivo planejamento e/ou capacitação pedagógica. Na rede pública estadual e municipal, comumente, existem laboratórios de informática fechados, de uso restrito e onde, possivelmente, boa parte do maquinário já se encontra desatualizado sem antes ter proporcionado contribuição ao aprendizado de outrem.

Por estas razões apresenta-se no Capítulo 3, a seguir, uma revisão bibliográfica detalhada sobre duas teorias que, embora tenham sido citadas por alguns dos autores já apresentados, não foram objetivamente utilizadas no planejamento destes recursos: a teoria dos modelos mentais e os estilos de aprendizagem.

Segundo Arruda (2003) uma corrente majoritária da psicologia cognitiva acredita que ter um modelo mental sobre uma máquina ou sistema ajuda a entender seu funcionamento. Defende-se aqui que este pressuposto, associado aos diferentes estilos de aprendizagem, possa suprir as dificuldades apresentadas na literatura e assegurar (ou ampliar) a margem de funcionalidade de objetos educacionais para esta área do conhecimento (engenharia elétrica) e outras em uma perspectiva ainda não utilizada pela ciência.

3. CIÊNCIAS COGNITIVAS APLICADAS À EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Embora nem sempre possam ser caracterizadas por uma determinada corrente filosófica, as teorias da aprendizagem¹³ dividem-se principalmente em três abordagens: comportamentalista, humanista e cognitivista (MOREIRA, 1999).

O comportamentalismo responsabiliza o meio ambiente pela conduta humana e se concentra nos comportamentos observáveis e mensuráveis do sujeito (SANTANA, 200-). Em objeção aos métodos comportamentalistas surge o cognitivismo que, diferentemente do imaginado, provém de disciplinas externas à psicologia, como engenharia, computação, linguística, filosofia da ciência, matemática e neuropsicologia (CARNEIRO, 2007). Já para a visão humanista não faz sentido falar do comportamento ou da cognição sem considerar o domínio afetivo e os sentimentos do aprendiz (MOREIRA, 1999).

Embora este trabalho defenda em certos momentos alguns pressupostos humanistas, especialmente no que diz respeito ao ensino centrado no aluno, é no domínio cognitivo que se encontram os principais argumentos aqui apresentados, pois, do cognitivismo derivam subcorrentes como a psicologia cognitiva e a, mais abrangente, ciência cognitiva que será tratada neste capítulo.

A cognição é o ato ou processo de conhecer e pode ser definida como o conjunto de processos mentais que envolve atenção, percepção, memória, raciocínio, juízo, imaginação, pensamento e linguagem. Com origem latina, derivada de *cognitione*, significa a aquisição de um conhecimento através da percepção. A psicologia cognitiva, portanto, trata do modo como as pessoas percebem, aprendem, recordam e pensam sobre a informação (STERNBERG, 2000). Em outros termos, estuda os processos de aprendizagem e de aquisição do conhecimento.

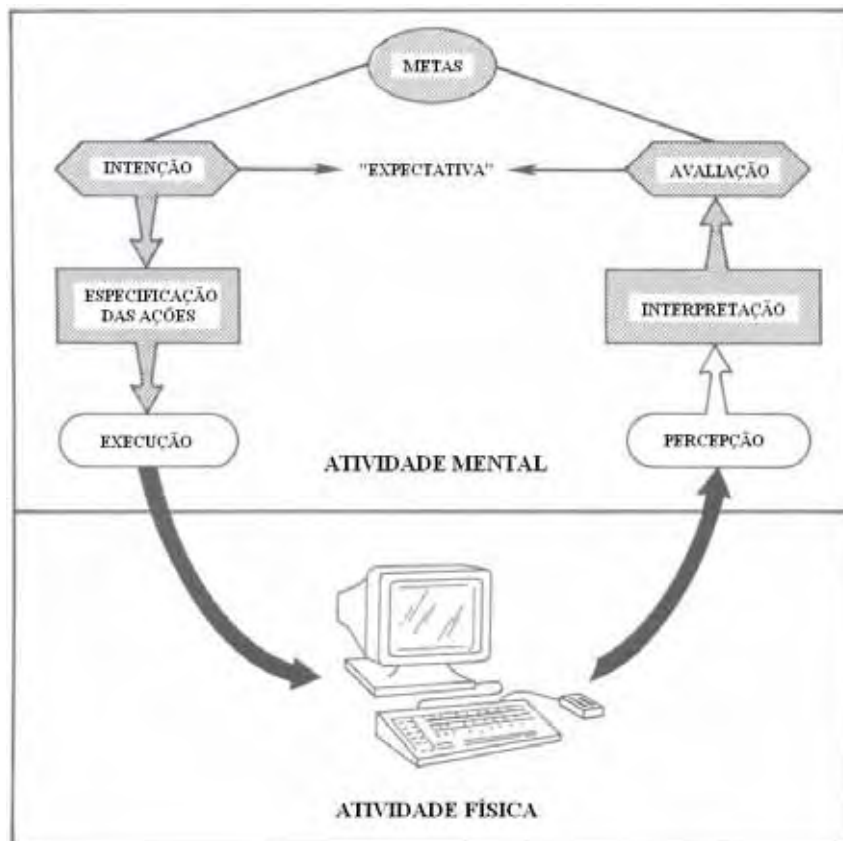
Em linhas mais específicas, outras terminologias surgiram para denotar a aplicação destes conceitos em determinadas áreas do conhecimento. A “engenharia cognitiva”, por exemplo, foi concebida por Norman (1986) com o intuito de aplicar conhecimentos de psicologia cognitiva e fatores humanos no *design* e construção de sistemas computacionais.

¹³ As teorias da aprendizagem e suas correntes remetem a discussões mais extensas e filosóficas que as aqui apresentadas.

Seus objetivos principais eram entender os princípios de ação e reação humana para o desenvolvimento de interfaces amigáveis. Em suas pesquisas, Norman (1986) propôs uma teoria que distingue diversos estágios de atividades, sendo a principal questão a discrepância entre os objetivos das pessoas (variáveis psicológicas) e os mecanismos e estados do sistema (variáveis físicas). Segundo ele, esta discrepância pode ser representada por dois “golfos” que precisam ser atravessados e cabe ao *designer* do sistema facilitar este processo (Figura 50).

O *designer* deve então, projetar as características de entrada e saída da interface de modo a fazer correspondência com as necessidades psicológicas do usuário. Deste modo, menor esforço cognitivo será exigido para que se atinjam os objetivos (DE SOUZA et al., 1999).

Figura 50 – Ações do usuário interagindo com um sistema



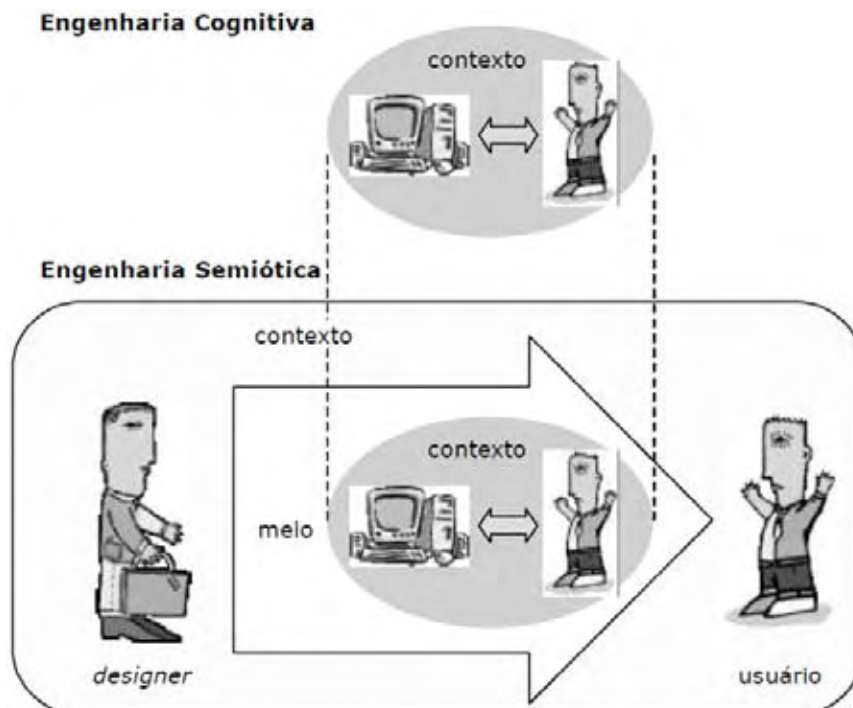
Fonte: Norman (1986).

Em outra vertente encontra-se a semiótica, derivada do grego *semeiotiké*, que significa arte dos sinais. Esta disciplina estuda os processos de comunicação e significação em geral, sendo mais abrangente que a linguística que se restringe apenas aos signos linguísticos de comunicação verbal.

Surgiu então a “engenharia semiótica” desenvolvida por (Clarisse) de Souza (1993), como uma abordagem para o *design* de gráficos e uma teoria que diz respeito às interfaces homem computador (IHC’s). Segundo de Souza (2005), o *designer* transmite ao usuário (através de sua interação com o sistema) uma mensagem que caracteriza um processo meta-comunicativo. Assim, o *design* de interfaces deve envolver não apenas um modelo para a aplicação, mas um artefato de comunicação que revele ao usuário condições plenas de usabilidade.

Tanto a engenharia cognitiva quanto a engenharia semiótica entendem que a interface construída representa um modelo mental concebido pelo projetista, a partir do qual o usuário criará seu próprio modelo ao interagir com o aplicativo. A engenharia cognitiva, porém, se concentra na segunda etapa deste processo: a interação usuário-sistema. Em outros termos ela enfatiza o produto, no que diz respeito às ações do usuário e a sua interpretação (DE SOUZA et al., 1999). A engenharia semiótica é mais abrangente e envolve o processo de *design* como um todo (inclusive a engenharia cognitiva). Ou seja, além da interação com o produto ela analisa a construção do projeto em si. A Figura 51 apresenta a relação entre ambas.

Figura 51 – Engenharia cognitiva e engenharia semiótica.



Fonte: de Souza et al. (1999).

Em síntese a engenharia cognitiva dá subsídios para se definir um produto cognitivamente adequado e, por esta razão, pode dar margem a interpretação de que existe

uma solução ideal para o problema, não permitindo o entendimento de que a solução apresentada é apenas uma das possibilidades escolhidas pelo *designer*. Este fato contrapõe-se à formação do engenheiro previamente discutida, apto a apresentar soluções inovadoras e aprimorar métodos de resolução de problemas. Já a engenharia semiótica, para de Souza et al. (1999), ao inserir o projetista no foco permite ao usuário entender que todo o sistema é uma solução potencial por ele (*designer*) adotada. Deste modo sempre que encontrar dificuldades para interagir ou compreender a aplicação, o usuário pode rever seu modelo mental aproximando-o daquele idealizado pelo projetista.

No que diz respeito ao desenvolvimento de IHC's, ou interfaces homem-máquina (IHM's), este conceito se torna perfeitamente aplicável e pode dar luz à solução dos problemas que tangem a visualização de sistemas elétricos de potência - em complemento as idéias apontadas por Hoff e Hauser (2008).

Entretanto, este trabalho defende a hipótese de que para interfaces educacionais é necessário oferecer ao aluno subsídios particulares para a compreensão dos fenômenos envolvidos. Levá-los a adequar seu modelo mental àqueles concebidos por projetistas ou professores pode, em algumas ocasiões, incorrer na incompatibilidade de interesses no que diz respeito aos diferentes estilos de aprendizagem. Embora comumente o professor aplique o método que lhe pareça mais familiar, isto pode não refletir o mesmo sentimento nos alunos (VIEIRA JUNIOR, 2007). Considerando-se que estudos já demonstraram as divergências existentes entre alunos e professores de engenharia (FELDER; SILVERMAN, 1988), tal fato pode acarretar em falhas no processo de ensino-aprendizagem e, em casos mais intensos, evasão escolar.

Deste modo propõe-se o desenvolvimento de uma metodologia mais aplicada, fundamentada em bases teóricas que, objetivamente, delimitem propósitos dedicados às características da educação (e dos educadores) em engenharia.

Utilizando-se da identificação dos modelos mentais (para quantificar o desenvolvimento cognitivo) e da identificação dos estilos de aprendizagem (para direcionar as estratégias particulares de ensino), tal método baseia-se em um modelo objetivo-procedimento-resultado omitindo intencionalmente algumas discussões filosóficas mais profundas, nas diversas instâncias da educação ou psicologia.

Neste sentido sugere-se o planejamento de objetos educacionais, baseados em níveis hierárquicos, que atendam as especificidades e níveis de conhecimento individuais. É aos procedimentos e conceitos prévios referentes a esta metodologia que este capítulo se dedica.

3.1 Ciências cognitivas e modelos mentais

Segundo Johnson-Laird (1983) a mente será sempre mais complicada do que qualquer teoria a seu respeito, entretanto, muitos questionamentos relacionados ao seu estudo, ou ainda da cognição, vêm ocorrendo ao longo do tempo e teorias diversas aplicáveis à educação têm sido debatidas, aceitas ou refutadas.

A convergência de pesquisas interdisciplinares em diversas áreas como psicologia, linguística, computação, neurociência e filosofia, deu origem à chamada Ciência Cognitiva¹⁴ cuja hipótese central é que o funcionamento da mente é melhor entendido em termos de representações mentais e procedimentos computacionais que atuam sobre tais representações (MOREIRA, 1997).

Em sua obra intitulada “A Nova Ciência da Mente”, Gardner (2003) descreve em detalhes este histórico de evolução e apresenta a repercussão decisiva, para a ciência cognitiva, de diversos trabalhos apresentados em um congresso¹⁵ sobre comportamento humano. Por exemplo, o matemático Neumann realizou comparações consideradas extraordinárias entre o computador e o cérebro. O neurofisiologista McCulloch explorou paralelos entre o sistema nervoso e máquinas lógicas. O psicólogo Lashley, ironicamente um dos primeiros discípulos de Watson (precursor do comportamentalismo), proferiu um discurso memorável desafiando alguns dogmas da psicologia herdados de modelos mecanicistas como os propostos por estudiosos como Watson, Pavlov e Skinner – e ao contrário do que se esperava, a originalidade e genialidade ao desafiar conhecimentos já estabelecidos em um evento daquela dimensão geraram a ele homenagens.

Embora esta nova ciência tenha se estabelecido na década de 1950, estudos anteriores já embasavam estas concepções. Na década de 1930 as principais contribuições no campo lógico-matemático para ciência cognitiva foram apresentadas por Turing ao propor uma máquina que simulasse o pensamento humano (“A máquina de Turing”) – as mesmas que impulsionaram a ciência da computação (SARAIVA; ARGIMON, 2007). Ainda neste período o engenheiro eletricitista Shannon, que percebeu que os princípios da lógica (proposições verdadeiras ou falsas) poderiam ser usados para descrever estados (ligado ou desligado) em dispositivos eletromecânicos, sugeriu em sua dissertação de mestrado no MIT (*Massachusetts*

¹⁴ Gardner (2003) define a Ciência Cognitiva como um esforço contemporâneo para responder questões epistemológicas de longa data, principalmente àquelas relativas ao conhecimento. Uma classificação mais abrangente, multidisciplinar e não restrita à psicologia.

¹⁵ O Simpósio Hixon, realizado em 1948 no *Califórnia Institute of Technology*, abordou os mecanismos cerebrais do comportamento.

Institute of Technology) que circuitos elétricos poderiam conter operações fundamentais do pensamento humano e se tornou um dos maiores ícones nas ciências cognitivas (GARDNER, 2003).

Alguns anos antes do supracitado simpósio, algumas analogias entre controle, servomecanismos e processos através dos quais o sistema nervoso mantém atividade intencional foram também propostas pelo matemático Wiener¹⁶ e o engenheiro Bigelow. Juntamente com Rosenblueth, ambos publicaram em 1943 um artigo intitulado *Behavior, purpose and teleology* na qual sugeriam que os problemas da comunicação e da engenharia de controle eram inseparáveis concentrando-se não apenas nas técnicas de engenharia elétrica, mas na transmissão de mensagens por sistemas nervosos (ROSENBLUETH; WIENER; BIGELOW, 1943 apud GARDNER, 2003). Em sequência Wiener passou a utilizar o termo cibernética para todo o campo da teoria de controle e comunicação, seja em máquinas ou em homens (GARDNER, 2003). No início dos anos 1940 McCulloch e Pitts (1943 apud GARDNER, 2003) mostraram que as operações de uma célula nervosa e suas conexões com outras células podiam ser modeladas em termos de lógica (rede neural artificial). Em pouco tempo outros trabalhos no campo da neurologia, neuropsicologia e linguística também contribuíram com o tema. Já existiam as bases de que a ciência cognitiva precisava para emergir como um novo campo de estudo interdisciplinar da mente. Grupos de pesquisa se consolidaram onde atuavam engenheiros, matemáticos, médicos, psicólogos e outros estudiosos com interesses na área.

Oficialmente a ciência cognitiva foi reconhecida em 1956 em um simpósio sobre teoria da informação realizado no MIT onde trabalhos de fundamental importância foram publicados. Em seguida, mediante apoio financeiro e interesse governamental, grandes projetos ganharam destaque com a criação do Centro de Estudos Cognitivos em Harvard em 1960, por Bruner e Millere, e da Fundação Sloan em 1970 onde se desenvolviam pesquisas com os principais nomes da área (GARDNER, 2003).

Além dos progressos científicos nota-se, portanto, que os avanços tecnológicos e a atuação conjunta de estudiosos de diversas áreas influenciaram decisivamente a maneira pela qual a psicologia considerava a mente humana. O papel da engenharia no que tange aos progressos em telecomunicações, computação e sistemas inteligentes fez com que se começasse a considerar códigos (ou sistemas de símbolos) para representar as informações e analogias referentes ao processamento mental (GARDNER, 2003).

¹⁶ Wiener (um dos mais importantes colaboradores para fundação da ciência cognitiva) e Bigelow trabalhavam, no MIT, com projetos de dispositivos antiaéreos durante a guerra.

Uma vez vislumbrada a possibilidade de explicar o comportamento de um sistema de computadores sem pressupor a inteligência prévia de seus componentes, frentes cognitivistas adotaram estas formas de racionalismo para justificar o comportamento da mente. Neste ponto a ciência cognitiva consolidou-se como uma área multidisciplinar extremamente conectada às ciências exatas e tecnológicas. Para Arruda (2003), explicações obtidas a partir do modelo computacional e do paradigma do processamento de informação foram decisivas neste sentido.

Entretanto, como uma ciência cognitiva unificada é um sonho distante da realidade, Gardner (2003) ressalta que com frequência estudos neste campo assumem o caráter multidisciplinar e devem recorrer a pesquisas realizadas em outras áreas. Portanto, como se pode imaginar divergências também não são raras. Para alguns a inteligência artificial é a disciplina central da ciência cognitiva, deixando de lado estudos epistemológicos tradicionais. Grupos extremos na neurologia apontam que o estudo do cérebro dispensa o modelo computacional, enquanto a antropologia defende heranças históricas e culturais. Filósofos, por sua vez, dividem-se entre entusiastas e céticos radicais (SILVA, 200-). Segundo Gardner (2003) “discordâncias a respeito do que é o campo, quem o entende e em que direção ele deve seguir são encontradas até hoje”.

Todavia, este trabalho mantém suas hipóteses e características baseadas na educação em engenharia integrando-se, sempre que necessário, a outros campos do conhecimento (como previsto por Gardner), mas abstendo-se a opiniões radicais ou polêmicas que contrariem as características de objetividade aqui propostas.

Para atingir o equilíbrio, optou-se por permear em um dos poucos consensos entre os cognitivistas de que as pessoas não captam o mundo externo diretamente, na verdade, constroem representações mentais dele. Um cientista cognitivo assume o pressuposto de que a atividade cognitiva humana deve ser descrita em termos de símbolos, esquemas, imagens e outras formas de representação mental (GARDNER, 2003).

Entretanto, a partir daí têm início novas e diversas discussões no que diz respeito ao processamento da informação. Alguns defendem que só há uma forma de representação mental (proposições ou enunciados) que são do tipo digital; outros acreditam em pelo menos duas: representações proposicionais ou sob a forma de imagens (que são analógicas); e há ainda os que creem na existência de múltiplas formas de representações e que é impossível determinar qual é a correta. Aceita-se a ideia de que em última instância tais processos são representados no sistema nervoso central, mas existem divergências quanto a relevância da compreensão do cérebro para afirmações sobre a cognição. A princípio sustenta-se que a

cognição pode ser explorada sem um conhecimento detalhado do sistema nervoso, mas na medida em que a ciência avançar sobre características ainda misteriosas da mente este distanciamento será reduzido (GARDNER, 2003). Por estas razões, neurocientistas mantêm certo receio em relação às representações, enquanto psicólogos, cientistas da computação e engenheiros as constituem como crença. Dentre estas, as possibilidades de representação mais aceitas (e discutidas) podem ser classificadas como (MOREIRA, 1997):

- **Analógicas:** não-discretas (não-individuais), concretas (representam entidades específicas), possuem regras frouxas de combinação e específicas à informação original. São determinadas pelos sentidos como audição, olfato, tato e visão (sendo este o principal sentido desta representação);
- **Proposicionais:** discretas (individuais), abstratas e possuem regras rígidas e ideacionais à informação original. Embora sejam do tipo linguagem, não se relacionam com a língua que se fala nem com a modalidade de percepção¹⁷, mas sim com uma linguagem própria da mente, análogo a um código de máquina.

Johnson-Laird (1983) interpretou um conceito formulado inicialmente por Craik em 1943 (apud JOHNSON-LAIRD, 1983), que ao contrário da visão behaviorista predominante na época seria uma síntese destas representações, uma terceira forma de construto (construção da mente) denominada Modelos Mentais. Na ciência cognitiva estes modelos são usados para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem e interagem com dispositivos e sistemas físicos (BORGES, 1997). Embora sua origem remonte há algumas décadas o conceito de modelo mental disseminou-se principalmente a partir da publicação de dois livros¹⁸ em 1983, um deles por Johnson-Laird que define:

[...] representações proposicionais são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, modelos mentais são análogos estruturais do mundo e imagens são modelos vistos de um determinado ponto de vista (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Desta forma a analogia do modelo mental pode ser total ou parcial, ou seja, ele pode ser totalmente analógico ou parcialmente analógico e parcialmente proposicional (EISENCK; KEANE, 1994). Lagreca e Moreira (1999) destacam que um modelo parcialmente proposicional é diferente de uma representação proposicional pura, nas quais as regras são soltas e não articuladas.

¹⁷ Ao contrário de Johnson-Laird (1983) que, particularmente as definem como “verbalmente expressáveis”.

¹⁸ O primeiro livro editado por Gentner e Gentner (1983) é uma coleção de trabalhos publicados em um seminário sobre o assunto. O segundo, de Johnson-Laird (1983), é um trabalho em que o autor busca explicar o raciocínio dedutivo e a compreensão de textos via modelos mentais.

Um experimento realizado por Mani e Johnson-Laird (1982 apud MOREIRA, 1997) elucida a distinção entre modelos e representações proposicionais. Para um grupo de pessoas foram dadas informações detalhadas quanto à distribuição espacial de objetos, enquanto para outro grupo informações pouco precisas. Os primeiros foram capazes de inferir informações adicionais não incluídas nas descrições originais, mas apresentaram dificuldades em lembrar literalmente das informações recebidas. Os últimos, por sua vez, não inferiram informações espaciais adicionais àquelas recebidas, porém lembravam melhor das descrições transmitidas.

Os pesquisadores sugeriram que os primeiros haviam construído um modelo mental da informação, não sendo necessário que decorassem as descrições dadas para responder as questões ou realizar inferências. Enquanto os últimos, não formularam um modelo em razão das inúmeras alternativas que as informações imprecisas possibilitariam.

Em ambos os grupos os sujeitos representaram mentalmente a distribuição de objetos, entretanto, o primeiro formou um modelo mental e o segundo trabalhou com um conjunto de proposições descritivas.

Para Johnson-Laird as proposições são interpretadas como sendo verdadeiras ou falsas em relação a um modelo mental de estado de coisas, enquanto as imagens correspondem às vistas deste modelo (MOREIRA; OLIVEIRA, 2003). Assim, nota-se que uma forma de representação analógica do conhecimento é condição necessária e, às vezes, suficiente para caracterização de um modelo e que mesmo existindo proposições elas podem figurar apenas como representação mental e não necessariamente como um modelo mental.

Em outro trabalho Moreira e Oliveira (2003) exemplificam que a informação “o prato está na mesa” pode ser representada como uma imagem (um prato específico em determinada mesa), como uma proposição (verbalmente expressável) ou como um modelo mental (um prato qualquer em uma mesa qualquer).

Todavia em relação às divergências quanto ao processamento da informação debatida na psicologia cognitiva, a metáfora do computador na qual a mente possui um código próprio, não consciente e ao qual não se tem acesso, pode fortalecer também a teoria dos modelos mentais. Ainda que em um nível básico o cérebro possa computar os modelos e as imagens em algum código proposicional, como defendido por alguns, o uso destas representações libera a cognição da obrigação em operar proposicionalmente (MOREIRA, 1997). Portanto de modo análogo às linguagens de programação de alto nível, que em tempo de compilação são traduzidas pelo computador em código binário, o estudo dos modelos mentais além de se tornarem representações facilitadoras para o entendimento da cognição humana, abstém-se da

polêmica acerca da questão imagem/proposição traçada na psicologia cognitiva¹⁹, mantendo mais uma vez objetividade e restrições às polemicas propostas neste trabalho. Às mesmas razões, talvez, possa se atribuir também a larga utilização desta teoria (modelos mentais) em pesquisas sobre educação em ciências²⁰.

3.1.1 Modelos mentais e a educação em engenharia

Assim como para a percepção generalizada de eventos externos, para a produção do aprendizado ocorre também a criação de um modelo mental que precede o registro de novas informações (MELEIRO; GIORDAN, 2003).

Para Johnson-Laird (1983), ao invés de uma lógica mental, o ser humano apropria-se da combinação de modelos mentais para raciocinar, que na forma de blocos de construção cognitiva podem ser combinados e recombinaos. O desenvolvimento do raciocínio está, portanto, não somente na construção dos modelos, mas na lógica utilizada para verificar e testar as conclusões a partir destas combinações.

Muitas das dificuldades apresentadas na aprendizagem podem estar relacionadas com a falta de informações necessárias, a construção coerente ou com as múltiplas possibilidades de modelos mentais gerados a partir de uma explanação. Moreira (1997) apresenta um exemplo básico neste sentido. A partir dos enunciados: (1) o lápis está à esquerda da caneta; (2) a borracha está defronte a caneta; e (3) a régua está defronte o lápis; pode-se construir um modelo que capte o arranjo destes objetos (Figura 52).

¹⁹ Johnson-Laird (1983, cap. 15) reconhece as dificuldades em identificar e diferir os modelos mentais de outros postulados da psicologia e por esta razão aponta diversos princípios, omitidos neste trabalho, que impõem diferenciação à sua teoria.

²⁰ Os dois principais estudiosos brasileiros sobre modelos mentais são os físicos Marco Antônio Moreira (UFRGS) e Antônio Tarciso Borges (UFMG).

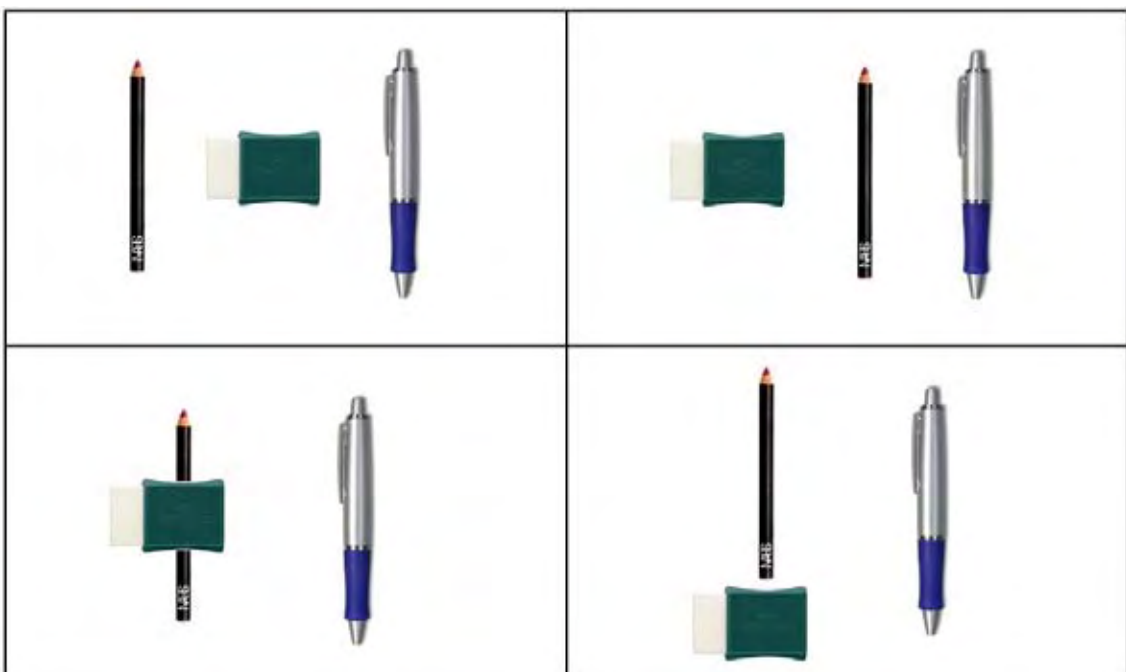
Figura 52 – Arranjo espacial de material escolar.



Fonte: o próprio autor.

Deste modelo se pode concluir de modo simples e não ambíguo que a régua está à esquerda da borracha. Entretanto, a combinação de enunciados, informações imprecisas ou insuficientes pode admitir mais de uma interpretação. Por exemplo, os termos: (1) o lápis está à esquerda da caneta; e (2) a borracha está à esquerda da caneta; podem gerar diversos modelos como os apresentados na Figura 53.

Figura 53 – Possibilidades de modelos.



Fonte: o próprio autor.

Argumentos que envolvem apenas um modelo mental podem ser resolvidos com rapidez e exatidão, por outro lado, a existência de múltiplos modelos (mesmo que sejam necessários) exige concentração em cada um deles para que se realizem testes e se estabeleçam conclusões. Obviamente, quanto mais complicadas as proposições originais, mais difícil será a construção e a manutenção dos mesmos.

Na medida em que sistemas complexos de engenharia exigem a comparação e combinação de diversos modelos mentais, uma forma de equilíbrio pode ser encontrada na utilização de modelos conceituais dotados de informações que se adaptem aos diferentes perfis de aprendizagem.

Neste ponto nota-se a distinção definida por Norman (1983) entre modelos mentais (representações internas) e conceituais (instrumentos apresentados para compreensão de fenômenos físicos). O modelo conceitual²¹ é uma interface precisa, consistente e completa (ao escopo a que se dedica) do sistema a ser estudado, projetada pelo professor para facilitar o entendimento de sistemas físicos mediante a construção de modelos mentais – que não são precisos, consistentes e completos, mas devem ser funcionais.

Norman (1983) sugere três fatores funcionais que se aplicam tanto ao modelo mental quanto ao modelo conceitual de um modelo mental (ou seja, ao modelo externalizado pelo professor e utilizado para o ensino):

- **Sistema de crenças** – modelos mentais individuais refletem crenças sobre um sistema físico, adquiridas por observação, instrução ou inferência. Um modelo conceitual de um modelo mental deve considerar estas crenças;
- **Observabilidade** – existem correspondências entre parâmetros e estados de um modelo mental com parâmetros e estados de um sistema físico. Estas mesmas correspondências devem existir também entre o sistema físico e o modelo conceitual;
- **Potência preditiva** – um modelo mental deve permitir que se entenda e antecipe o comportamento de sistemas físicos, utilizando regras de inferências e derivações procedimentais. Um modelo conceitual deve considerar as estruturas de processamento de informações para que o aluno “processe” seu modelo mental para compreender e prever o sistema físico.

²¹ Aqui emprega-se a definição de modelos conceituais segundo Norman (1983). Johnson-Laird classifica modelo conceitual como um tipo de modelo mental que representa coisas mais abstratas.

A existência de uma conexão direta entre um modelo mental e um modelo conceitual é função da experiência prévia do aluno e de sua habilidade em adquirir tal conhecimento associada à do professor em transmiti-lo. É este então um dos grandes desafios na relação ensino-aprendizagem.

O objetivo do ensino é propiciar ao estudante a formulação funcional de seus modelos mentais a partir da utilização de objetos precisos e consistentes perante os modelos reais os quais estes representam. Esta criação é um meio de realizar ações internas e processá-las como se fossem externas, organizando o conhecimento sobre determinado assunto e simulando os processos ou fenômenos físicos na imaginação humana (BORGES, 1999).

De forma simples pode-se compreender que a busca pelo entendimento e o ato de pensar envolve a construção pessoal de significados e mesmo quando são apresentados modelos pré-elaborados para descrever seu funcionamento, individualmente cada pessoa constrói um modelo daquilo que entende e simula estas estruturas de acordo com suas aptidões.

Se o resultado desta produção é incoerente com o funcionamento real, a composição do sistema assim como todo processo é repetido baseado em novas pesquisas, horas de estudo ou diferentes explicações do professor (em referência aos distintos estilos de aprendizagem) até que os resultados estejam de acordo ou o mais próximo possível de um nível de entendimento aceitável (VIEIRA JUNIOR, 2007).

Quanto mais experiente em determinado assunto e quanto maior o domínio adquirido pelo aluno em relação ao tema estudado, mais sofisticados e próximos à realidade vão se tornando estes modelos. Sempre que o aluno revê e aprimora os modelos que usa para descrever ou explicar um fenômeno, isto significa que o aprendizado ocorreu sob uma nova perspectiva e informações adicionais foram incluídas no modelo antigo que ele possuía (VIEIRA JUNIOR; COLVARA, 2007b).

Segundo Vosniadou (1994)²² esta afirmação condiz com a identificação das mudanças conceituais apresentadas por alunos durante sua evolução cognitiva. Para esta autora os modelos mentais são representações dinâmicas e generativas que podem ser manipuladas e aperfeiçoadas para prover (novas) explicações de fenômenos. Borges (1997) acrescenta ainda que o desenvolvimento psicológico e de novas estratégias de raciocínio propiciam a evolução dos modelos mentais.

²² Os modelos mentais de Vosniadou (1994) possuem uma maior estabilidade cognitiva que aqueles apresentados por Johnson-Laird (1983), no sentido de que alguns modelos são armazenados e recuperados pela memória de longo prazo quando necessário.

3.1.2 Investigação dos modelos mentais

Investigar a cognição humana não é tarefa trivial. Alguns estudos partem do pressuposto que as representações mentais podem ser inferidas a partir de comportamentos e verbalizações ou ainda simuladas em computador (ARRUDA, 2003). De todo modo, como são internos à mente os modelos mentais não podem ser explorados diretamente. A pesquisa nesta área se torna difícil por algumas razões especiais:

- Não se pode simplesmente perguntar a uma pessoa qual o seu modelo mental sobre determinado estado de coisas, pois ela pode não ter plena consciência deste modelo ou pode dizer que acredita em algo e proceder de modo diferente;
- Quando interrogada sobre o porquê de determinada ação a pessoa pode configurar um modelo que atende às expectativas de quem faz a pergunta e ela própria passa a acreditar neste modelo, mesmo que tenha sido gerado para responder à questão;
- Em geral os modelos encontrados possuem estruturas confusas, mal feitas, incompletas e difusas (NORMAN, 1983).

A saída se torna uma investigação indireta via modelos conceituais, símbolos ou pictogramas (HALLOUN, 1996). Moreira (1997) destaca que apesar das dificuldades, os protocolos verbais descrevendo o que a pessoa faz enquanto resolve um problema, ou imediatamente após tê-lo resolvido, tem sido a técnica mais utilizada para investigar a cognição humana. Tipicamente as verbalizações que geram tais protocolos são gravadas, transcritas e analisadas à luz de alguma teoria.

Durante a metodologia de Vosniadou (1994), por exemplo, formularam-se várias questões sobre os conceitos a serem pesquisados (concepções acerca do planeta Terra), requerendo respostas verbais, realização de desenhos e a construção de modelos físicos. Com base nos dados obtidos, a autora buscou entender e descrever os modelos para usá-los nas inferências sobre a natureza e estrutura do conhecimento apresentado pelos alunos.

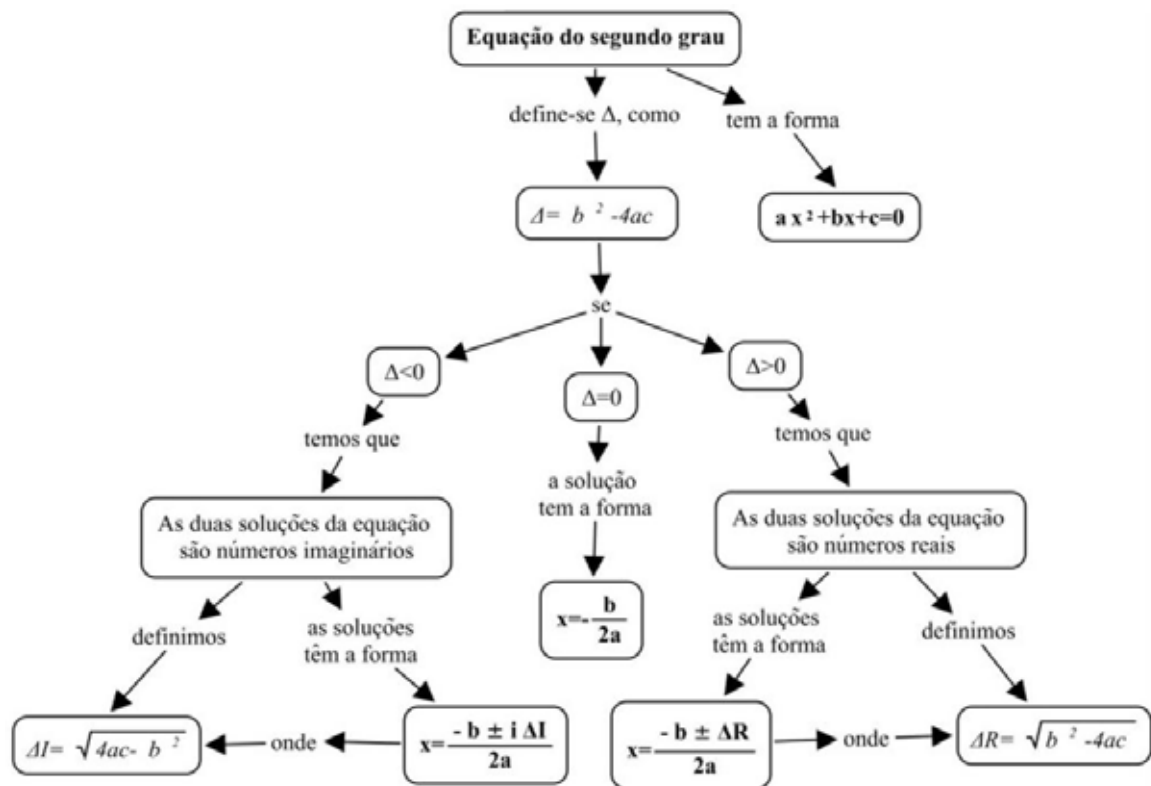
Harrison e Treagust (1996) no seu estudo sobre átomos e moléculas utilizaram entrevistas semi-estruturadas onde os alunos eram questionados sobre a composição de alguns materiais. Eventualmente quando as respostas divergiam das comumente apresentadas os autores apresentavam pistas genéricas. A seguir solicitavam que fossem feitos desenhos e descrições sobre seus modelos mentais. Por fim eram apresentados diagramas extraídos de livros didáticos a fim de que fossem apontados aqueles que mais se ajustavam aos seus modelos individuais. Embora com esta estratégia Harrison e Treagust (1996) tenham

identificado, também, categorias nas quais poderiam ser representadas as preferências dos alunos (estilos de aprendizagem), alguns autores não a compartilham pelo fato de muitas informações serem sugeridas aos entrevistados. De todo modo, Moreira (1997) aponta que este tipo de entrevista não clínica tem sido utilizada nas pesquisas sobre educação em ciências, onde em algumas delas inclui-se ainda a conversação entre entrevistador e entrevistado até que haja um consenso sobre o pensamento do segundo.

Segundo Arruda (2003) algumas pesquisas têm mostrado também que os dados gerados por mapas conceituais construídos pelos próprios alunos têm apresentado conteúdo equivalente a estratégias mais trabalhosas, como as decorrentes de entrevistas.

Mapa conceitual, diferente de modelo conceitual, trata de uma técnica advinda da teoria do aprendizado significativo²³ que pode ser usada para visualizar a organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento (MOREIRA, 1998). Trata-se de uma estrutura esquemática que representa um conjunto de conceitos imersos em uma rede de proposições, como exemplificado na Figura 54 (TAVARES, 2007).

Figura 54 – Exemplo de mapa conceitual do tipo fluxograma.



Fonte: Tavares (2007).

²³ Em poucas palavras, segundo a teoria de Ausubel, a aprendizagem é significativa quando uma nova informação adquire significado para o aluno através de uma espécie de conexão com aspectos cognitivos e conceitos pré-existentes (MOREIRA, 1998).

Neste sentido a composição e organização de mapas conceituais apresentados pelos alunos podem fornecer pistas da constituição dos seus respectivos modelos mentais. Moreira, Soares e Paulo (2008) sugerem que quando utilizados como recurso de avaliação diagnóstica a análise destes mapas deve contemplar a existência de conceitos principais, a clareza da hierarquia apresentada, o uso adequado de conexões e o cruzamento de informações podendo, inclusive, ser atribuídos índices numéricos a cada critério para se obter um escore.

Para esclarecer tais procedimentos de pesquisa e, simultaneamente, analisar investigações aplicáveis ao ensino de engenharia elétrica serão apresentados a seguir estudos sobre os modelos mentais mecânicos, de eletricidade, de eletromagnetismo e de energia.

3.1.3 Modelos mecânicos de Kler e Brown (1983)

Embora este trabalho assuma, em maioria, as definições de Johnson-Laird (1983), existem várias concepções de diversos autores envolvidas no conceito de modelo mental. Borges (1997) define o que seria um modelo destas concepções através de camadas, onde as mais externas possuem pressupostos mais restritos como, por exemplo, a definição de que modelos são estruturalmente análogos aos sistemas que eles representam. Em um nível anterior supõe-se que os indivíduos possam fazer inferências e previsões manipulando seus modelos mentais e simulando-os simbolicamente como se fossem um programa de computador.

Por exemplo, segundo Brewer (1987) os modelos mentais de Johnson-Laird (1983) são estruturas construídas e usadas no momento em que se lida com novas informações, enquanto aqueles definidos por Gentner e Stevens (1983) seriam estruturas mais genéricas relacionadas à causalidade em sistemas físicos, embora não haja nada que restrinja explicitamente a existência duradoura de um modelo na concepção de Johnson-Laird (1983).

De todo modo a ideia de simular (executar) um modelo mentalmente parece fundamental nas diversas concepções encontradas, sendo este o principal argumento de Kler e Brown (1983). Seu objetivo é o de desenvolver modelos, classificados como mecânicos, sobre como as pessoas compreendem o funcionamento de dispositivos como máquinas, aparelhos eletrônicos, hidráulicos e térmicos.

Em outros termos, Kler e Brown (1983) identificaram o que o sistema cognitivo precisa fazer para entender como é feito, como funciona e o que faz um sistema deste gênero.

Para os autores a composição destes modelos envolve quatro aspectos, os quais devem ser repetidos se o último não for satisfatório:

- A topologia do dispositivo – representar o sistema, sua estrutura e seus componentes;
- Processo de inferência (*envisioning*) – determinar a função do dispositivo e como o sistema poderia funcionar;
- Modelo causal – descrever/imaginar o funcionamento do dispositivo através das interações causais de seus componentes;
- Execução – processar o modelo causal e comparar com a realidade os resultados obtidos.

Kleer e Brown (1983) destacam que embora seus modelos sejam aparentemente simples, na prática é difícil construir modelos de dispositivos eletromecânicos que sejam capazes de prever eventos não considerados na sua construção como, por exemplo, falhas de funcionamento. Para eles tal dificuldade pode estar associada a dois aspectos do processo de construção de um modelo mecânico: uma simulação qualitativa em função dos atributos definidos na etapa de inferência (*envisioning*) e a simulação mental do resultado de funcionamento na etapa de execução.

Para contornar este problema a interferência do professor seja na condução do ensino ou utilização de modelos conceituais deve atender a alguns aspectos determinados por Kleer e Brown (1983) para um modelo causal:

- Consistência – não apresentar contradições internas (distintos componentes não devem atribuir valores diferentes para um mesmo elemento);
- Correspondência – possuir fidelidade ao comportamento real do dispositivo modelado;
- Robustez – prever o comportamento do sistema quando perturbado ou apresente falhas.

O não atendimento a estes aspectos indica que o modelo deve ser reformulado a partir da reconstrução da sua topologia ou da introdução de novas causas e efeitos. Gutierrez e Ogborn (1992) usaram este mesmo conceito para analisar protocolos já publicados, e alguns por eles investigados, relativos aos princípios (da mecânica) de força e movimento. Foram propostas aos estudantes situações tiradas de histórias em quadrinhos envolvendo movimentos cotidianos. As explicações dos movimentos dadas pelos alunos eram classificadas como novos episódios cada vez que se observavam novas causas atribuídas aos fenômenos. Foi observado que com frequência os entrevistados mudavam (melhoravam) seu modelo e a explicação utilizada, sendo que esta mudança de ideia, ou reconstrução, é o que caracteriza a

aprendizagem para Kleer e Brown (1983). Gutierrez e Ogborn (1992) concluíram, portanto, que o modelo de Kleer e Brown (1983) é adequado para descrever o raciocínio causal em uma ampla variedade de situações.

Nota-se que os modelos mecânicos de Kleer e Brown (1983) são qualitativos e atribuem ao sistema cognitivo o raciocínio causal em termos de ações e efeitos. A ausência de leis e relações quantitativas identifica, portanto, que este modelo e seus procedimentos se aplicam a um nível hierárquico superior (ou a uma subcategoria deste nível) onde primeiramente se fornece ao estudante uma noção global sobre o funcionamento de um sistema. Outra característica que reforça este fato é a ideia de que estes sistemas são modelados como uma coleção de componentes como fontes, chaves, resistores etc., onde o comportamento de cada elemento é suposto ser conhecido e regido por leis internas, assim cada dispositivo pode ser pensado como um novo sistema ou subsistema que requer níveis mais detalhados de descrição (BORGES, 1997).

No que diz respeito a modelagem do raciocínio qualitativo, Forbus (1984) apresenta ainda uma abordagem distinta que se baseia em processos. Para ele a técnica de dispositivos parece não-natural em situações que envolvem transformações (como transformações de energia, mudanças de fase, reações química etc.). Neste aspecto, processos não são definidos como propriedades dos componentes de um sistema, mas como novas entidades com suas próprias propriedades. Por exemplo, ao se falar em circuitos elétricos têm-se a ideia de algo se movendo através dele descrito por uma taxa de fluxo, assim como as causas para este fluxo. Estas concepções demonstram, então, aplicabilidade na investigação dos modelos mentais em engenharia elétrica.

3.1.4 Os modelos de eletricidade de Gentner e Gentner (1983)

Gentner e Gentner (1983) identificaram em suas pesquisas dois modelos de eletricidade usados (possivelmente em razão de sua frequente adoção como modelos conceituais): a analogia com circuitos hidráulicos e a analogia com pessoas ou objetos em movimento. No primeiro a água corresponde à corrente, as tubulações aos condutores, as restrições das tubulações aos resistores, os reservatórios às fontes e a diferença de pressão à diferença de potencial. No segundo a quantidade de pessoas (ou objetos) que atravessam uma porta por unidade de tempo corresponde à corrente, o inverso da largura da porta (ou obstáculos) à resistência e a força com que as pessoas se empurram à diferença de potencial.

Experimentalmente Gentner e Gentner (1983) observaram que as analogias utilizadas influenciam a constituição dos modelos mentais e, por conseguinte, as inferências realizadas pelos estudantes em circuitos elétricos. Utilizando-se a ideia de reservatórios d'água, explicam-se algumas considerações importantes sobre associação de fontes em série ou paralelo, pois, a noção de diferença de potencial (seja elétrico ou gravitacional) torna-se bastante tangível. Todavia verificou-se que a resistência dada às constrições nas tubulações era, por vezes, erroneamente equiparada independente de sua forma de conexão. A analogia neste sentido pareceu menos familiar, levando os estudantes a constituírem apenas a ideia que quanto mais dutos (resistores), mesmo que em paralelo, sempre maior a resistência e menor a corrente.

Para melhor explicar a associação de resistores verificou-se o uso da segunda analogia, na qual a fonte age como uma bomba impulsionando os objetos (ou pessoas) enquanto os resistores são imaginados como obstáculos (ou redução da passagem). A ideia de portas em série mais claramente constituiu o modelo correto quanto ao aumento da dificuldade no fluxo (de objetos ou elétrons), assim como portas paralelas mais familiarmente denotou a ideia de facilidade no fluxo (por reduzir a resistência). Em contrapartida, nesta segunda analogia, não há um análogo adequado para as fontes série ou paralelo.

Ao analisar o desempenho de trinta e seis alunos sobre questões que envolviam circuitos elétricos, os autores confirmaram a hipótese de que os modelos mentais criados por estudantes sobre a atuação da corrente elétrica influenciam o modo como eles tratam os problemas propostos nesta área. Na investigação os estudantes deviam dizer se a corrente em diversos circuitos (com diferentes conexões série e paralela de baterias e/ou resistências) era maior ou menor que em um circuito tomado como referência e descrever com suas próprias palavras como pensavam a eletricidade. Os resultados atestaram que os alunos que utilizavam o primeiro modelo saíram-se melhor nas questões envolvendo fontes, enquanto os outros obtiveram melhor desempenho naquelas envolvendo associação de resistores. Embora o conceito de modelo mental empregue por Gentner e Gentner (1983) se restrinja às analogias e seja menos abrangente que o de Johnson-Laird (1983), percebe-se que sua construção e, como visto a seguir, sua evolução, influenciam decisivamente a formalização do conhecimento acerca de fenômenos abstratos como os encontrados na educação em engenharia elétrica.

3.1.5 Os modelos de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo de Borges (1998)

Borges (1997, 1998) buscou em sua investigação identificar os modelos mentais de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo usados por cinquenta e seis indivíduos de diferentes níveis de escolaridade como estudantes, professores de física, engenheiros e eletricitas. Nesta metodologia os participantes faziam previsões sobre experimentos simples e explicavam as razões que os levavam esperar por tais resultados. Após realizá-los, explicavam o acordo ou desacordo entre predição e resultado. White e Gustone (apud BORGES, 1997) afirmam que a sequência “previsão, observação e explicação” é amplamente conhecida e eficaz para produzir informações sobre os modelos mentais das pessoas. As questões aplicadas em cada atividade buscavam descobrir se os sujeitos conheciam os elementos do sistema, para que servissem e como funcionavam. Têm-se, como exemplo, algumas questões referentes ao magnetismo (BORGES, 1997):

O que vem à sua mente quando você pensa em:

- a) Magnetismo?
- b) Campo Magnético?

Mostrar um ímã em barra ao entrevistado.

- a) O que é isso?
- b) Para que ele serve?
- c) (Depois de reconhecer o ímã) Por que ele é usado dessa forma ou se comporta dessa forma?

Colocar um pedaço de cartolina sobre o ímã.

- a) O que você espera que aconteça se jogarmos limalha de ferro sobre a folha?
- b) Por que você pensa assim? Espalhar limalha de ferro sobre o papel.
- c) O resultado está de acordo com sua previsão? Como você pode explicá-lo?
- d) O que mais chama a sua atenção nesse caso?

Foram identificados quatro modelos de eletricidade, cinco modelos de magnetismo e três modelos de eletromagnetismo. Borges (1998), entretanto, afirma que a identificação destes modelos corresponde apenas ao reconhecimento das oportunidades de aprendizagem proporcionadas pelos alunos, as quais podem ser exploradas pelo professor para atingir seus objetivos de ensino. Ele atesta, ainda, que não há como garantir que os mesmos modelos possam explicar eventuais respostas que os sujeitos dariam a outras situações, considerando que foram obtidos para aspectos particulares relacionados ao tema e que os modelos mentais evoluem constantemente. Os modelos de eletricidade foram:

- Eletricidade como fluxo – a bateria é um elemento ativo que armazena os elementos que fluem através dos condutores. Não há distinção entre energia, corrente e tensão. Observa-se a noção de que existe algo movimentando-se pelo circuito;

- Eletricidade como correntes opostas – existem dois tipos de corrente, negativa e positiva, cada qual saindo pelo respectivo terminal da fonte que se encontram na lâmpada, por exemplo, se cancelam e produzem luz. Há diferenciação entre corrente e energia e em alguns casos os sujeitos supõem que a corrente seja constituída por partes menores (alguns mencionam prótons e elétrons);
- Eletricidade como cargas em movimento – um dos principais modelos (microscópicos) conceituados na escola. A fonte fornece energia para as partículas de forma a produzir corrente. Faz uso de outras analogias (e modelos) para explicar as transformações de energia e fenômenos como resistência;
- Modelo científico – possui descrição mais elaborada quanto às transformações de energia, tensão etc. A corrente consiste no movimento de cargas sob uma diferença de potencial e inclui, inclusive, transitórios elétricos.

Os modelos de magnetismo foram:

- Magnetismo como atração – não reconhecendo a existência de polos é atribuído ao ímã energia ou força como propriedade intrínseca. Por conhecimento prático sabe-se de sua capacidade de atração, sem explicar o porquê tampouco distingui-la da capacidade de repulsão;
- Magnetismo como nuvem – descrevem uma área limitada de atração (campo magnético). Há referências sobre a visualização do campo pelo experimento com limalha de ferro e dos polos magnéticos (porém sem explicá-los). A origem do magnetismo dá-se pela organização interna dos átomos e moléculas;
- Magnetismo como eletricidade – baseiam-se na noção de corpos eletrificados para explicar a atração e indução magnética. Os polos possuem cargas opostas;
- Magnetismo como polarização elétrica – pouco mais refinado que o modelo anterior supõe que a separação de cargas dá origem aos polos distinguindo, inclusive, ímãs permanentes de eletroímãs. Sugere que o campo magnético atue sobre os átomos dos objetos girando-os de modo que se alinhem com o campo;
- Modelo científico – o magnetismo existe a nível microscópico como resultado do movimento de cargas ou da existência de ímãs elementares. A interação entre polos é tomada como ações do campo. Por não ser clara a interação entre campo e átomos de um material, somada ao fato dos modelos não serem claros e coerentes, muitas vezes não foram completamente estruturados.

Os modelos de eletromagnetismo foram:

- Fusão entre eletricidade e magnetismo – não há distinção entre fenômenos elétricos e magnéticos. O núcleo do eletroímã é tido como ímã. Há dificuldades em prover explicações e previsões, culminando em contradições entre previsões e resultados;
- Eletricidade no núcleo – o eletroímã funciona quando possui um núcleo que conduz eletricidade, se magnetiza e possui contato elétrico com o enrolamento. Portanto, um eletroímã constituído de condutores encapados não funcionaria;
- Modelo científico ou eletrodinâmico – o eletroímã é tido como um ímã temporário, baseando-se no fato de que uma corrente sempre cria um campo magnético ao redor de um condutor. Não há a necessidade de um núcleo sólido.

Borges (1998)²⁴ declara também que em alguns casos não foi possível identificar os modelos dos participantes devido às inconsistências das respostas ou mudanças de modelo no curso da entrevista. Foi observado também que os indivíduos evoluem seus modelos com o tempo em função do seu envolvimento, interesse e instrução no assunto. Entretanto, a construção de modelos mais próximos àqueles aceitos como científicos é resultado de evoluções constantes ao longo da vida acadêmica, com participação efetiva dos professores neste período (BORGES, 1998).

Para o autor duas condições, inerentes ao ensino, são decisivas neste objetivo: a revisão contínua dos modelos intuitivos à luz de novos conhecimentos e a permanente construção de modelos que possam ser “executados” na imaginação para explicar comportamento e estados dos sistemas.

3.1.6 Outros modelos investigados no ensino de ciências

Dadas as dificuldades para ensinar e aprender conceitos de energia, Barbosa e Borges (2006) desenvolveram um ambiente de aprendizagem para auxiliar os estudantes explicitarem e revisarem seus modelos nesta área.

Autores como Driver (1994), Trumper (1997), Watts e Gilbert (1985), Gilbert e Boulter (1998) e outros, têm demonstrado que os estudantes, em geral, tendem a dar mais importância às características observáveis dos fenômenos sem se ocupar de hipóteses e

²⁴ Em Borges (1996) são apresentados alguns trechos das entrevistas e em Borges (1998) a distribuição de ocorrências conforme os diferentes níveis de escolaridade.

elementos intangíveis ou abstratos. Para Barbosa e Borges (2006), entretanto, este fato pode refletir na inconsistência de modelos mentais perante àqueles científicos. Em sua pesquisa, Barbosa e Borges (2006) dividiram em três fases sua metodologia: caracterização dos modelos iniciais, modelagem do conceito e caracterização dos modelos finais. Para a primeira fase foram apresentadas aos participantes figuras correspondentes a situações comuns onde deveriam ser indicadas quais estavam associadas com energia justificando-as.

Figura 55 – Exemplos de figuras utilizadas por Barbosa e Borges (2006).



Fonte: Barbosa e Borges (2006).

Após um debate sobre as respostas dadas às questões com os trinta e cinco alunos de ensino médio que compunham o grupo, seis foram selecionados para uma entrevista com fins de se constituir mais uma fonte de dados. Outras discussões promovidas ao longo de todo o trabalho permitiram identificar se os conceitos de energia se relacionavam com algo concreto ou abstrato, material ou imaterial, real ou imaginário e em que medida as explicações apresentadas eram causais (BARBOSA; BORGES, 2006). Embora existissem fatores complicadores para este estudo como os aspectos ontológicos do conceito de energia e o fato de as taxonomias disponíveis na literatura serem ambíguas levando a classificação de mais de um modelo, os autores concluíram que os alunos não dispunham de modelos mentais consistentes para interpretação e explicação das situações apresentadas.

Em outra pesquisa, analisando respostas dadas às questões e problemas envolvendo a lei de Ampère, Moreira e Oliveira (2003) investigaram duzentos e trinta²⁵ alunos dos cursos de engenharia e matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Sua intenção era verificar as dificuldades por eles apresentadas considerando a existência dos modelos mentais destes alunos. Nesta metodologia os autores fizeram uso de quatro instrumentos: questão-chave (aplicada a todas as turmas), mapa conceitual, questões conceituais e problemas típicos da bibliografia adotada nas aulas. A questão chave foi:

²⁵ Dos quais apenas cento e cinquenta forneceram material suficiente para análise.

Escreva a Lei de Ampère na sua forma integral, interprete-a fisicamente e fale sobre ela, isto é, diga tudo o que puder sobre esta lei. Exemplifique sua explicação, faça uso de desenhos ou diagramas se necessário. Diga se você teve dificuldades para entender esta lei e, se for o caso, quais foram essas dificuldades (MOREIRA; OLIVEIRA, 2003).

A partir das respostas dadas pelos alunos a estas fontes de investigação e dos erros mais frequentes, as dificuldades foram caracterizadas em três grupos: funcionalidade da lei, superfície amperiana e lei de Ampère *versus* lei de Faraday. De posse destes modelos os autores verificaram que uma melhor compreensão deste tema solicitava que métodos de ensino diferentes dos normalmente adotados fossem utilizados ao invés de simplesmente se apresentar a lei e aplicá-la em problemas. Deste modo, apontaram a necessidade de estratégias de ensino que favoreçam a modelagem mental destes conceitos para que a aprendizagem não seja, como de costume nos tópicos de física, puramente mecânico-formulista (MOREIRA; OLIVEIRA, 2003).

Em Vieira Junior e Colvara (2010a, 2010b) podem ser vistos ainda resultados importantes perante investigações dos modelos mentais no ensino de matemática para alunos de engenharia elétrica e licenciatura em matemática, como:

- Modelos mentais inconsistentes mesmo que para assuntos “triviais” como matemática fundamental, formados no ensino fundamental e básico, podem influenciar diretamente a construção de modelos científicos no ensino superior;
- As notas obtidas em avaliações convencionais nem sempre refletem o real nível de entendimento conceitual dos alunos;
- A sequência de conteúdos idealizada pelos professores para exposições orais ou distribuição de pesos em uma prova nem sempre coincide com a sequência de entendimento e dificuldade do ponto de vista dos alunos (extraídas pelos seus modelos mentais).

3.1.7 Evolução dos modelos mentais

Borges (1999) apresenta uma discussão sobre como evoluem os modelos mentais com base naqueles identificados em Borges (1998) – sobre eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo. Ele os organiza por ordem de complexidade e estabelece alguns mecanismos que definem uma sequência de progressão no estado de conhecimento do sujeito: a integração do conhecimento anterior ao novo; construção de novas estruturas baseada na

relação entre objetos e as suas transformações possíveis; e os aspectos intra, inter e trans constituintes dos conhecimentos neste domínio. Deste modo, Borges (1999) identificou quatro níveis de progressão:

- Nível I – caracterizado pelo uso não diferenciado de eventos em um domínio, como energia; eletricidade e força; e eletricidade e magnetismo. Os sujeitos não mencionam mecanismos internos na explicação dos fenômenos e as representações dos objetos são muito simplificadas;
- Nível II – os indivíduos neste nível explicam as situações em termos de entidades e estruturas simples, não possuindo a ideia clara de interação entre objetos distintos;
- Nível III – os sujeitos neste nível possuem razoável conhecimento dos processos internos e mecanismos que produzem os eventos observados, focam suas explicações nas interações dos elementos. Apresentam descrições, geralmente microscópicas envolvendo modelos mecanicistas, mas, como no nível anterior possuem tendência a se expressar em termos de sequências temporais de eventos;
- Nível IV – neste nível os indivíduos podem manter múltiplas visões dos fenômenos as quais podem ser explicadas em termos de modelos mecanicistas ou em termos mais abstratos. Referem-se a entidades e noções que não aparecem nos níveis anteriores, substituindo a interação entre objetos por interações entre, por exemplo, campos elétrico e magnético.

Como conclusão desta análise Borges (1999) diz que ao se deparar com um fenômeno, processo ou sistema novo, as pessoas formulam modelos iniciais tomando algumas características daquilo de relevante que observam como ponto de partida. A partir de então, são criados vínculos com conhecimentos prévios, memórias ou experiências. O nível de sofisticação deste novo modelo dependerá da sofisticação dos modelos prévios, não sendo esta integração necessariamente acumulativa.

Enriquecer e revisar modelos consiste, portanto, na inclusão de novos elementos e na análise de fenômenos sobre uma nova perspectiva. Assim as estratégias de ensino, o vocabulário e as entidades utilizadas devem ter como objetivo ajudar nesta construção, levando em consideração as dimensões através das quais os modelos evoluem. Este fato raramente é levado em consideração por professores e livros-texto (BORGES, 1999).

Por estas razões, Borges (1999) afirma que diferentes modelos precisam ser desenvolvidos para ensinar um conteúdo. Neste sentido os níveis de evolução aqui apresentados se relacionam diretamente com os níveis hierárquicos de Hoff e Hauser (2008)

discutidos no Capítulo 2. Esta ideia de definição de níveis será utilizada na proposta deste trabalho (Capítulo 5). Esta pesquisa defende ainda a ideia de que tais modelos devem levar em consideração também os diferentes estilos de aprendizagem, o que pode oferecer vantagens em aspectos como tempo e consistência na construção do conhecimento.

3.1.8 Validade dos modelos mentais

Greca e Moreira (1996, 1997) investigaram os modelos mentais de campo magnético com cinquenta alunos de engenharia, na disciplina de física geral, divididos em dois grupos. Com o primeiro grupo de análise, o conteúdo foi dividido em diversas unidades e para passar para a unidade seguinte era necessária aprovação em um teste. Em caso de reprovação os testes podiam ser repetidos quantas vezes fosse necessárias para que os alunos trabalhassem no seu próprio ritmo. No segundo grupo foram analisados também respostas a listas de problemas, experimentos de laboratório, avaliações, entrevistas e mapas conceituais. Embora a maioria dos estudantes, especialmente no primeiro grupo, tenha sido classificada como não modeladores, por trabalhar com proposições não articuladas e não usar imagens, foi possível identificar alguns modelos basicamente proposicionais (matemáticos) e outros essencialmente analógicos (imagísticos).

Todo este material obtido gerou variáveis (definidas por análise qualitativa) como: conceito, problema, laboratório, mapa conceitual, trabalho em grupo e modelo. Greca e Moreira (1997) atribuíram, então, escores a cada variável e uma matriz de correlações foi construída. Uma análise fatorial mostrou que todas as variáveis correspondem a um único fator latente que se correlaciona com a variável “modelo” e que, as variáveis “conceito” (construída a partir das respostas dos alunos a entrevistas) e “mapa conceitual” foram as que apresentaram maior correlação. Este comportamento já era esperado, pois tais variáveis são de fato as mais conceituais e dependentes do tipo de representação mental utilizado (GRECA; MOREIRA, 1997).

Esse estudo quantitativo dos instrumentos de investigação dos modelos mentais oferece alguma segurança quanto às usuais análises qualitativas de protocolos verbais e documentos (desenhos, esquemas, mapas conceituais etc.). Considerando que os modelos mentais estão na cabeça das pessoas, que mesmo aquilo que se consiga externalizar se trate de representações de segunda ou terceira ordem e que os métodos pareçam subjetivos, são ainda as mais consistentes metodologias de pesquisa nesta área.

3.1.9 Conclusão parcial

Como este trabalho desenvolveu-se com vistas à aplicação de teorias educacionais no ensino de engenharia e as suas características particulares, o ponto máximo de objetividade que se pôde atingir, segundo estes propósitos e as estratégias adotadas dentro da ciência cognitiva, foi a teoria dos modelos mentais. Para Souza e Moreira (2000) no que diz respeito aos tipos de representações, os modelos mentais são os mais recentes e, talvez, mais fortes tipos de construtos, com a vantagem de não ter que entrar na questão quanto ao processamento proposicional ou não das imagens.

Sabe-se, entretanto, que não há uma definição consensual do que seja um modelo propriamente. Todavia, além do exposto neste documento, a revisão das definições de modelo mental apresentada por Rouse e Morris (1986) influenciou nesta decisão.

Estes autores categorizaram os propósitos e consensos atribuídos aos modelos mentais nas áreas de sistemas homem-máquina e homem-computador. Estas categorias respondem a cinco perguntas que descrevem e explicam o sistema e seu comportamento:

- Como é o sistema? (descrever o sistema);
- De que o sistema é formado? (descrever a estrutura do sistema);
- Como ele funciona? (explicar o funcionamento);
- O que ele está fazendo? (prever ou explicar o estado do sistema);
- Para que ele serve? (descrever o propósito do sistema).

Considerando estas questões Rouse e Morris (1986) concluíram que neste campo os modelos mentais são definidos como os mecanismos através dos quais podem ser descritos os propósitos, o estado, o funcionamento e as estruturas de um sistema.

Quanto a modelagem nos processos de ensino são duas as possibilidades: permitir que os alunos partam de seu próprio entendimento e reconstruam as formas de compreender e explicar os fenômenos; ou apresentar os modelos científicos os quais se deseja que eles dominem, elaborados pelo professor ou livros didáticos (BARBOSA; BORGES, 2006). Nesta abordagem exclui-se a primeira opção, como já apontada no Capítulo 2, para fins de agilizar a formação de conceitos e evitar a construção de estruturas errôneas ou deficientes. Para a segunda situação pressupõe-se que o aluno mostre-se motivado e sensível à maneira como as novas informações são apresentadas. É neste aspecto que entra em cena a utilização dos objetos de aprendizagem e sua correta mediação promovida pelo professor.

O nível de detalhes e suas relações assim como toda a estrutura dos modelos conceituais apresentados devem ser adequados ao nível de compreensão dos alunos. Este modelo deve ser claro também em relação ao seu escopo e limitações para representar o sistema real, além de utilizar vocabulário adequado aos estudantes (BORGES, 1997).

Em relação a investigação dos modelos mentais, Vosniadou (1994) em suas pesquisas sobre mudança conceitual envolvendo o planeta Terra, demonstra dois importantes aspectos: o tipo de questões utilizadas e o teste de consistência interna.

Algumas perguntas apresentam maior potencial em prover informações sobre estruturas conceituais do que outras. Por exemplo, perguntas como “Qual é a forma da Terra” ou “A Terra se move?” podem gerar respostas cientificamente corretas baseadas apenas na repetição de instruções já recebidas e não necessariamente na compreensão conceitual do assunto (VOSNIADOU, 1994). Por outro lado, perguntas generativas criam um confronto com o fenômeno, sobre o qual não se tem uma experiência direta ou não se tenha recebido alguma instrução explícita. Por exemplo, “Se você caminhasse muitos dias em uma linha reta, aonde chegaria?”, “Você já chegou até o fim ou a borda da Terra?” ou “A Terra tem fim?”.

Segundo Vosniadou (1994) como os alunos não recebem normalmente informações sobre o fim da Terra, ao se deparar com esta pergunta precisam buscar por informações relevantes na sua base de conhecimento e usá-las para construir (ou resgatar) um modelo mental que é então usado para responder a questão. Deste modo, tais questões têm um potencial maior do que aquelas fatuais para oferecer informações sobre modelos e estruturas teóricas existentes.

O teste de consistência interna apresentado por Vosniadou (1994), não é representado por um procedimento estatístico, mas sim por uma análise qualitativa que mede se o padrão de respostas de cada entrevistado para todas as perguntas configura o uso de um único (e genérico) modelo mental. Por exemplo, um indivíduo que tenha respondido que a Terra é redonda, mas que se caminhar continuamente por ela poderá cair, apresenta inconsistência no que diz respeito a um modelo mental da Terra como uma esfera. Neste caso, o prosseguimento da investigação pode revelar que o que se tem na verdade é um modelo como um disco.

Por fim, no que diz respeito à omissão das discussões filosóficas mais profundas, considera-se como exemplo o fato de que a própria ciência cognitiva, a fim de evitar o esforço de explicar tudo, no primeiro estágio de sua evolução deixou de lado conceitos mais obscuros que aqueles com os quais estavam lidando (GARDNER, 2003). Devido a sua multidisciplinaridade alguns cientistas reconhecem a necessidade de fundamentos filosóficos,

enquanto outros os consideram prejudiciais. Nota-se que a filosofia procura definir o conhecimento humano desde a antiguidade e que problemas filosóficos clássicos são, por vezes, o ponto de partida das investigações em ciência cognitiva. Entretanto, mesmo não desconsiderando sua importância, tal abordagem foge ao escopo deste trabalho em função principalmente das particularidades da educação em engenharia previamente apresentadas.

É este tipo de investigação que aliado ao conhecimento dos estilos de aprendizagem, abordado no próximo tópico, definirá uma nova estratégia de ensino a ser aplicada na educação em engenharia a partir de objetos de aprendizagem.

3.2 Estilos de aprendizagem

São muitas as teorias propostas acerca de um tema extremamente complexo: os processos de ensino-aprendizagem. Um ponto consensual a estas teorias é que cada indivíduo possui um ritmo e forma característica de aprender, considerando ainda que diversos fatores como os ambientais, físicos, emocionais, cognitivos e sociais influenciam esta relação (SENRA; LIMA; SILVA, 2008)²⁶.

Richard Felder incomodado com o alto índice de repetência e evasão dos alunos de engenharia iniciou suas investigações com o objetivo de contribuir para que os educadores dos cursos de engenharia compreendessem melhor as formas de aprendizagem de seus alunos. Para ele estratégias e metodologias mais adequadas poderiam ser definidas com o propósito de aumentar a eficácia das aulas e reduzir a insatisfação dos estudantes. A partir de então, juntamente com a psicóloga Linda Silverman, propôs o seu modelo de estilo de aprendizagem (FELDER; SILVERMAN, 1988).

Existem diversas definições para estilos de aprendizagem na literatura. Para Sadler-Smith (2001), estilo de aprendizagem é o modo distintivo e habitual pelo qual o aprendiz adquire conhecimento. Desta forma os estilos se expressam consistentemente em diferentes domínios de conteúdo e podem ser observados em termos de comportamentos típicos e tendências, demonstrando o modo pelo qual uma pessoa apresenta maior facilidade para aprender. Os estilos de aprendizagem podem apontar, por exemplo, que alguns estudantes apresentam facilidade de compreensão a partir de demonstrações matemáticas, enquanto outros necessitam de visualizações gráficas para apreender informações tácitas.

²⁶ SILVA (Fábio Wellington Orlando da Silva) é físico e desenvolve pesquisas sobre educação tecnológica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

Lopes (2002) apresenta ainda as diferenças e convergências entre estilos cognitivos e estilos de aprendizagem. O primeiro se relaciona com as estratégias preferenciais para processar a informação ou um modo típico de pensar, recordar ou resolver problemas. O segundo lida com estilos característicos de aprendizado, a forma como as pessoas interagem com as condições sob as quais processam a informação. Como ambas as concepções se completam, são adotadas neste trabalho como indissociáveis para fins de produção do aprendizado.

Existem diversos estudos relacionados a modelos de estilos de aprendizagem ou tipos de personalidade (GRASHA; RIECHMAN, 1974; KEIRSEY; BATES, 1984; KOLB, 1971; MYERS; MCCAULLEY, 1986; SCHMECK, 1988; etc.), assim como diversos trabalhos com fins de compará-los e melhor descrevê-los (CERQUEIRA, 2000; LOPES, 2002; ROSÁRIO, 2006; etc.). Entretanto, este trabalho basear-se-á nos caminhos percorridos para a formulação do modelo de Felder e Silverman (1988) que é amplamente utilizado e alvo de diversos estudos de validação.

Baseando-se em teorias já existentes como os tipos psicológicos de Jung (1991) e os instrumentos de Myers-Briggs (KURI, 2004), Felder e Silverman (1988) formularam um modelo de estilos de aprendizagem com dimensões relevantes para a educação científica. O principal fator para esta escolha foi o fato de Felder²⁷ tê-lo proposto inicialmente para melhor adequar os procedimentos na educação em engenharia e é a esta teoria que os próximos tópicos se reservam.

3.2.1 Tipos psicológicos de Carl Jung

A ideia de que os indivíduos possuem temperamentos ou predisposições para agir de formas distintas é bastante antiga. Hipócrates, médico da antiga Grécia, já postulava no Século V a.C. que o corpo era regido pelos quatro elementos: ar, água, fogo e terra (KURI, 2004). Mais tarde, Século II d.C., baseando-se nestes ensinamentos, Galeno, médico e filósofo grego, sistematizou o que seria uma das primeiras categorizações quanto a

²⁷ Richard Felder é engenheiro químico, desenvolve pesquisas sobre ensino de engenharia e professor emérito aposentado pela Universidade Estadual da Carolina do Norte (EUA).

temperamentos (psicológicos e orgânicos) básicos: sanguíneo, fleumático, colérico e melancólico²⁸ (JUNG, 1991).

A partir da análise de diversos tipos psicológicos definidos desde a antiguidade e de sua prática clínica, Jung (1991) publicou em 1921²⁹ as ideias que serviriam de base para diversas outras teorias hoje existentes. O que denominou de tipos psicológicos são padrões referentes às maneiras pelas quais as pessoas preferem perceber e fazer julgamentos. Jung (1991), então, dividiu os indivíduos em dois tipos genéricos: o extrovertido e o introvertido. Como o confronto entre os dois tipos básicos e as diferenças observadas dentro de um mesmo grupo geravam questões não respondidas, Jung (1991) identificou também quatro funções psicológicas que chamou de fundamentais, sendo duas decisórias e duas perceptivas. Jung (1991) concluiu, portanto, a possibilidade de oito tipos psicológicos considerando que cada uma destas funções poderia ser vivenciada tanto de modo introvertido quanto extrovertido.

Dentre outras características a este respeito, apresentadas por Kuri (2004), os extrovertidos são conduzidos por circunstâncias mais objetivas que subjetivas, ao ponto que tendem sua atenção para eventos e objetos externos. Para os introvertidos as decisões de caráter subjetivo são mais decisivas, enquanto seu foco está mais na impressão que o objeto lhe causa do que nele propriamente. Já as funções fundamentais são resumidamente apresentadas como:

- Pensamento – caracteriza funções lógicas, raciocínio, inteligência analítica e ordenada;
- Sentimento – representa sintonia com subjetividades, sentimentos e valores humanos;
- Sensação – relação com experiências imediatas e práticas, fatos reais, observação, memória e realismo;
- Intuição – se ocupam de abstrações, associações, teorias e possibilidades não diretamente relacionadas aos sentidos.

Segundo Jung (1991) todos os indivíduos usam as quatro funções regularmente, porém, de modo diferente, sendo que cada pessoa confia mais em uma delas para se orientar e se adaptar ao mundo (KURI, 2004). Daí a classificação em função primária, secundária, terciária e inferior (considerada reprimida no inconsciente). Como a personalidade não é unilateral, ao lado da função primária atua uma segunda função auxiliar e complementar que equilibra a função dada como dominante. Esta, entretanto, deve respeitar o princípio de

²⁸ Cada uma destas categorias representa propensões a desequilíbrios orgânicos, ainda hoje utilizados como ferramentas importantes no diagnóstico para as terapias orientais.

²⁹ Os tipos psicológicos de Jung foram originalmente publicados em 1921, a citação de 1991 é uma reedição de sua obra.

polaridade oposta presentes nos dois tipos de julgamento (pensamento ou sentimento) ou nos dois tipos de percepção (sensação ou intuição). Ou seja, uma pessoa tendo a sensação ou intuição como função dominante, terá o pensamento ou sentimento como secundária.

Desta forma observa-se a existência de quatro dimensões: intuição com pensamento, intuição com sentimento, sensação com pensamento e sensação com sentimento. Nem todas as pesquisas apoiam a tipologia Junguiana, contudo, suas contribuições influenciaram os trabalhos de outros teóricos ainda hoje em circulação.

3.2.2 Contribuições de Myers e Briggs

Como nas décadas seguintes à proposta de Jung predominaram na psicologia outros interesses como, por exemplo, as teorias do comportamento de Pavlov, Watson e Skinner (e em outro campo as propostas de Freud); apenas na metade do Século XX, após as rupturas nas ciências comportamentais causadas principalmente pela intervenção das ciências exatas nas ciências cognitivas, as ideias de Jung novamente ganharam força. Então Briggs e Myers revisaram as ideias de Jung sobre os tipos psicológicos e incluíram os próprios itens julgamento e percepção como membros de mais uma dimensão chamada “estilo e organização” (KURI, 2004). Deste modo, combinando todas as dimensões com as características “introvertido” ou “extrovertido” surgem dezesseis tipos psicológicos ou de personalidade (MELLO, 2003). Estes tipos são indicados pelas iniciais, na língua inglesa, de cada um dos termos associados.

Tabela 8 – Indicação dos tipos pelas iniciais.

Atitude	Introversão (I)	Extroversão (E)
Percepção	Sensação (S)	Intuição (N)
Julgamento	Pensamento (T)	Sentimento (F)
Estilo e organização	Percepção (P)	Julgamento (J)

Fonte: o próprio autor.

Para identificação dos tipos de personalidade a primeira inicial corresponde à atitude, a segunda à percepção, a terceira ao julgamento e a quarta ao estilo de vida e organização (Tabela 9).

Tabela 9 – Ordem de apresentação dos tipos³⁰.

	Tipos Sensoriais		Tipos Intuitivos		
	Pensamento ST	Sentimento SF	Sentimento NF	Pensamento NT	
Introvertido (I)	ISTJ	ISFJ	INFJ	INTJ	Julgamento (J)
	ISTP	ISFP	INFP	INTP	Percepção (P)
Extrovertido (E)	ESTP	ESFP	ENFP	ENTP	Percepção (P)
	ESTJ	ESFJ	ENFJ	ENTJ	Julgamento (J)

Fonte: Kuri (2004).

Com o objetivo de colocar esta teoria em prática, Isabel Briggs Myers e sua mãe Katherine Cook Briggs, propuseram também um instrumento para identificar os tipos psicológicos de Jung chamado MBTI: *Myers-Briggs Type Indicator* (Indicador de Tipos de Myers-Briggs). O MBTI é um inventário de personalidade que começou a ser desenvolvido em 1942 e após inúmeras pesquisas é, ainda hoje, um dos instrumentos de mapeamento de personalidade mais utilizado no mundo devido sua credibilidade em instituições acadêmicas e empresariais (MELLO, 2003). É constituído por um questionário de múltipla escolha, aplicado no desenvolvimento organizacional, exploração de carreiras, treinamento gerencial, formação de equipes e desenvolvimento educacional – principalmente no que diz respeito à classificação dos estilos de aprendizagem.

3.2.3 Modelo de Kolb do aprendizado experimental

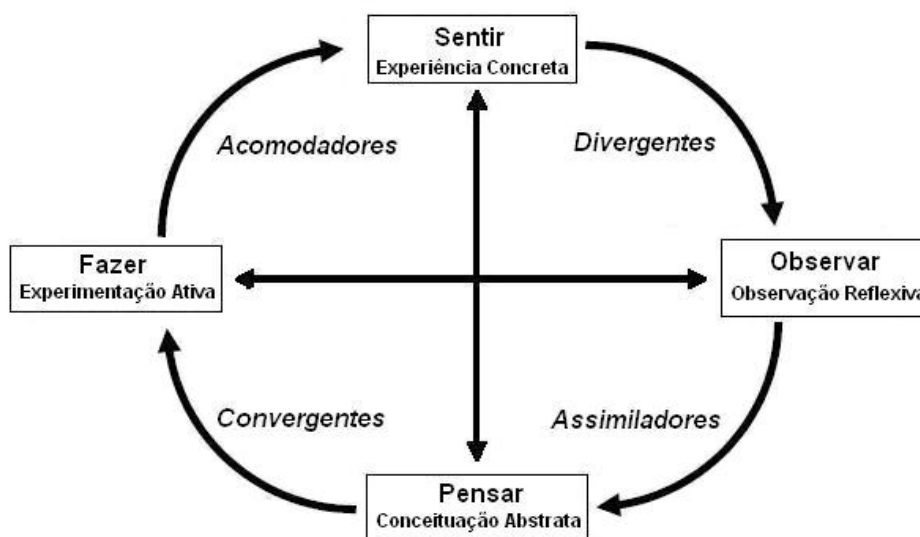
O teórico cognitivista David Kolb, por sua vez, criticou algumas teorias que descrevem tipos de personalidade afirmando que algumas categorizações minimizavam a complexidade humana a conotações estáticas. Algumas delas, também compartilhadas por Jung, chamavam a atenção para o fato de que não há um tipo puro e ideal de personalidade. Neste sentido Kolb (1984) propôs o que chamou de ciclo de aprendizagem.

Para ele o processo de aprendizagem pode ser classificado por duas dimensões características: a percepção da informação e o processamento da informação (PEREIRA, 2005). A Figura 56, adaptada de Pereira (2005), representa a dimensão da percepção por uma linha cujas extremidades representam o sentir e o pensar, assim, a forma com que um novo conteúdo é adquirido pelo estudante se encontra em algum ponto intermediário desta linha. O

³⁰ Em Kuri (2004) e Mello (2003) podem ser observadas características e definições mais detalhadas de cada tipo definido por Jung e Myers-Briggs.

processamento da informação é de igual forma representado, por uma linha cujas extremidades indicam o fazer e o observar.

Figura 56 – Ciclo de Kolb.



Fonte: Pereira (2005).

Em termos de ensino, nesta teoria, é considerado ideal o caso em que o professor percorra todos os polos da Figura 56, identificando os métodos e ferramentas necessários para cada ciclo, atingindo assim os diferentes estilos de alunos. O ciclo de aprendizagem pode ter início em qualquer um dos quatro pontos, contudo, é suposto que os passos deste processo sigam determinada ordem, conforme os estágios classificados por Kolb na Tabela 10.

Tabela 10 – Dimensões de Kolb.

Experiência concreta	Marca o início do processo de aprendizagem quando o aluno se envolve em novas experiências.
Observação reflexiva	Neste estágio o aluno reflete sobre o novo conteúdo de acordo com suas possibilidades sob diferentes pontos de vista.
Conceituação abstrata	Aqui se utiliza lógica e racionalidade para compreender os problemas e conceituar teoricamente o conteúdo.
Experimentação ativa	Nesta fase o aprendiz aplica ativamente a teoria na resolução de problemas ou tomada de decisões.

Fonte: o próprio autor.

O aluno deve tender a um dos polos de cada uma das dimensões, estando cada indivíduo em algum ponto entre experiência concreta e conceituação abstrata; e entre experimentação ativa e observação reflexiva. A partir de então, Kolb (1984) classificou quatro estilos de aprendizagem básicos que melhor se relacionam com os estágios do processo de aprendizagem: divergentes, assimiladores, convergentes e acomodadores³¹.

Para ele, ao utilizar um único estilo de aprendizagem, alguns indivíduos são postos em desvantagem durante o processo educacional e ao percorrer todo o ciclo o professor pode satisfazer variados estilos de alunos. Como este processo é contínuo, depois do último estágio o ciclo pode ser reiniciado já que a aprendizagem e a (re)construção do conhecimento acontecem constantemente nos indivíduos. Tem-se então as ideias de comportamento dinâmico defendidas por Kolb no modelo por ele proposto.

3.2.4 Modelo de estilo de aprendizagem de Felder e Silverman (1988)

Baseados nos estudos anteriormente apresentados, Felder e Silverman (1988) conceberam suas ideias fundando-se nos estágios de percepção e processamento da informação de onde propuseram quatro dimensões de um modelo, particularmente, aplicável ao ensino de engenharia³²:

- Percepção (sensorial ou intuitiva);
- Entrada (visual ou verbal);
- Processamento (ativo ou reflexivo);
- Entendimento (sequencial ou global).

Em alguns trabalhos, como em Felder e Spurlin (2005), são apresentadas as influências que geraram este modelo. A dimensão ativo/reflexivo é análoga à existente no modelo de Kolb e também está relacionada ao extrovertido/introvertido existente no MBTI. A dimensão sensitivo/intuitivo foi extraída diretamente do MBTI (por sua vez, baseado na teoria de Jung) possuindo também alguma relação com a dimensão concreto/abstrato de Kolb. As

³¹ Em Vieira Junior (2007) são apresentados mais detalhes e características de cada estilo de aprendizagem definido por Kolb.

³² Na sua primeira versão o modelo Felder e Silverman possuía cinco dimensões. Após alguns anos Richard Felder optou por excluir a dimensão indutivo/dedutivo e alterar a dimensão visual/auditivo para visual/verbal. As razões para estas mudanças podem ser encontradas em Felder e Henriques (1995) e em um prefácio acrescido em 2002 à versão original de 1988.

dimensões visual/verbal juntamente com a ativo/reflexivo possuem também algumas analogias com a formulação visual-auditivo-cinestésico da programação neurolinguística, enquanto a distinção visual/verbal é encontrada também em teorias cognitivas do processamento da informação. Já a dimensão sequencial/global possui inúmeras analogias indo desde definições de lado cerebral dominante ao processamento de informações definido pelas ciências cognitivas (FELDER; SPURLIN, 2005).

Lopes (2002) apresenta em sua dissertação comentários do próprio Felder sobre as influências teóricas por ele sofridas:

Enquanto formulava o modelo, eu estava fortemente influenciado pelo(a) MBTI, e um pouco menos, pelo(a) Kolb. Tive a ideia de incluir o aprendizado visual e auditivo através de textos sobre Programação Neuro-Linguísticas (eu acreditava, e, ainda acredito, que o aprendizado cinestésico pertence à categoria de aprendizado ativo e não como sendo um aprendizado alternativo à forma visual e auditiva), e, posteriormente, mudei esta dicotomia para visual e verbal, baseado na minha intuição de que a prosa escrita funciona mais como informação auditiva do que como verdadeira informação visual. Mais tarde, encontrei bases para esta ideia nas literaturas sobre a Ciência Cognitiva, conforme expus no trabalho na minha página da internet referente aos estilos de aprendizagem no processo de ensino de língua estrangeira e segunda língua. A distinção sequencial-global veio principalmente do trabalho da Dra. Silverman sobre o estudante visual/espacial (pode-se encontrar mais informações a respeito deste trabalho no seu website...) também reiterado pelo trabalho feito por Pask sobre estudantes sequenciais e holísticos (descritos num volume de 1990 sobre estilos de aprendizagem, editado por Schmeck) e várias coisas sobre raciocínio [pensamento] do lado esquerdo e direito do cérebro, incluindo Hermann.

No que diz respeito às características dos perfis de comportamento definidos por Felder e Silverman (1988), têm-se na Tabela 11 algumas considerações.

Tabela 11 – Perfis de comportamento.

Sensorial	Apreciam fatos, dados, experimentos, métodos padrões, tem facilidade para memorização e preferem abstrair informações pelos seus sentidos (vendo, ouvindo, tocando etc.).
Intuitivo	Apreciam princípios, conceitos e teorias, não se atentam a detalhes, não gostam de repetição, se interessam por desafios, analisam possibilidades, significados e relações entre as coisas.
Visual	Assimilam mais o que veem (figuras, gravuras, diagramas, fluxogramas, filmes etc.).
Verbal	Preferem explicações escritas ou faladas à demonstração visual, extraem mais informações em uma discussão.
Ativo	Preferem experimentar ativamente que observar e refletir. Gostam de processar as informações enquanto em atividade e não aprendem de forma passiva.

Continuação da Tabela 11 – Perfis de comportamento.

Reflexivo	Preferem sozinhos e silenciosamente processar a informação. Fazem ligações teóricas com a fundamentação da matéria e não extraem muito quando não são levados a pensar.
Sequencial	Aprendem de forma linear, por etapas sequenciais, com o conteúdo se tornando progressivamente complexo.
Global	Aprendem em grandes saltos, sintetizam o conhecimento e podem não ser capazes de explicar como chegaram às soluções.

Fonte: o próprio autor.

Felder e Silverman (1988) destacam ainda sua preocupação com a incompatibilidade entre os estilos apresentados pelos alunos de engenharia e pelos professores. Eles apontam que a maioria dos estudantes é visual, sensitiva, ativa e sequencial, sendo alguns dos alunos mais criativos, globais. Em contrapartida, a maioria dos educadores em engenharia é verbal, intuitiva, reflexiva e sequencial. Os autores lembram ainda que a discrepância entre as características sensitiva/intuitiva pode ser vista também em outros trabalhos como em Godleski (1983, 1984).

Embora os professores tenham sido um dia alunos, uma das hipóteses é que as inflexibilidades da academia os levam a desenvolver habilidades pré-definidas e os mesmos acabam ensinando da forma como aprenderam. Os padrões tradicionais de ensino em engenharia caracterizam-se, talvez, como reflexo do sistema de “produção em massa” (neste caso de conhecimento) e da priorização (ou o não equilíbrio) da pesquisa em detrimento do ensino nas instituições de ensino superior³³.

De todo modo, este desencontro na sala de aula faz com que os alunos se tornem entediados, desatentos e desanimados em relação ao curso, aos conteúdos e a eles próprios. Por conseguinte terminam optando por outra profissão ou abandonando a escola, o que pode significar a perda de um excelente profissional para sociedade (FELDER; SILVERMAN, 1988).

A crença destes autores é, então, que os professores que adaptarem seus estilos de ensino de modo a incluir ambos os polos de cada dimensão podem desenvolver um ambiente ótimo de aprendizagem para a maioria dos alunos.

Em relação às dimensões, especificamente, algumas conjecturas a respeito de correlações entre elas podem ser feitas. Lawrence (1994) sugere que estudantes sequenciais

³³ Como esta discussão foge ao escopo do trabalho, um debate mais profundo a seu respeito incluindo outros fatores, os quais não se podem negligenciar, são apresentados em Ribeiro (2005).

podem ser tanto sensoriais quanto intuitivos, enquanto estudantes globais tendem a ser mais intuitivos do que sensoriais. Baseada em evidências de pesquisas sobre hemisférios cerebrais e em observações clínicas, Silverman (2002) apresenta a possibilidade de outra associação ao sugerir que estudantes globais tendem a ser mais intuitivos e estudantes sequenciais tendem a ser mais verbais³⁴.

Para fins de classificar os estudantes conforme suas características e tendências, Felder e Soloman (1991) desenvolveram um teste denominado ILS - *Index of Learning Styles* (Índice de Estilos de Aprendizagem). Em 1994 após várias centenas de respostas coletadas e submetidas à análise fatorial alguns itens foram descartados e outros substituídos para compor a versão atual que possui quarenta e quatro questões de escolha forçada (uma das opções deve, obrigatoriamente, ser escolhida), sendo onze para cada dimensão. As alternativas “a” ou “b” representam um dos polos de cada dimensão. Para interpretar o instrumento, Felder e Soloman (1991) propuseram um escore que representam preferências forte, moderada ou leve (uma versão adaptada ao novo ILS, desenvolvido nesta tese, pode ser vista no ANEXO 1). Este questionário pode ser respondido pela *web* no sítio da Universidade Estadual da Carolina do Norte³⁵ ou na sua versão em português disponibilizada na página de um grupo de pesquisas sobre aprendizagem em engenharia da Universidade de São Paulo³⁶.

Apesar de os modelos de estilos de aprendizagem (incluindo o proposto por Felder e Silverman (1988) que se tornou referência não só na educação em engenharia) serem utilizados em larga escala, Felder e Brent (2005) atestam que eles não são universalmente aceitos. Alguns profissionais da educação, em especial psicólogos, discutem suas bases teóricas e argumentam que tais instrumentos não são validados apropriadamente. A este fato, este trabalho dedica especial atenção.

3.3 Conclusão do capítulo

Conclui-se que, como em todo resultado de análise do comportamento humano, os dados coletados segundo as preferências individuais são susceptíveis a mudanças. Felder e

³⁴ É importante destacar que Silverman (2002) atribui diferentes significados a alguns termos adotados em Felder e Silverman (1988). Para ela o elemento mais próximo do “intuitivo” passa ser chamado de “visual”, que mais se relaciona aos processos internos de visualização do que a entrada sensorial propriamente (FELDER; SPURLIN, 2005). Esta alteração não foi utilizada no texto para se evitar confusões.

³⁵ <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html> (Acesso em: 09 ago. 2011).

³⁶ <http://www.prod.eesc.usp.br/aprende> (Acesso em: 09 ago. 2011).

Spurlin (2005) assinalam que os estilos de aprendizagem são quantidades contínuas e não categorias únicas e como em toda e qualquer medida de uma dimensão intrínseca ao sujeito, ela pode variar com o tempo, não podendo assim ser considerada como característica estática já que sofre influência das estratégias instrucionais adotadas, conteúdo das disciplinas e do ambiente educacional (LOPES, 2002).

Este fato assume importância em dois momentos: ao investigar as preferências de aprendizagem deve-se ter a consciência de que não se tratam de características imutáveis as quais serão obedecidas indefinidamente, portanto a utilização de metodologias correspondentes é condição necessária, mas nem sempre suficiente para prover o aprendizado; e, por outro lado, nota-se que a possibilidade de desenvolver novas habilidades é plenamente tangível.

Uma vez compreendidas as origens e principais características relativas aos estilos de aprendizagem definidos pelo modelo de Felder e Silverman (1988), reiteram-se algumas considerações importantes também apresentadas por Felder e Spurlin (2005):

- Estilos de aprendizagem sugerem tendências comportamentais e não são medidas infalíveis de comportamento;
- Não são indicadores confiáveis de pontos fortes e fracos do aprendizado – indicam apenas estratégias mais prováveis de sucesso;
- São afetados pelas experiências educacionais dos alunos;
- A intenção não deve ser exclusivamente categorizar alunos e modificar estratégias para atendê-los. Embora estudos como os apresentados por Schmeck (1988), Hayes e Allinson (1993, 1996) e outros, demonstrem que o aprendizado se torna mais eficaz quando há concordância entre os estilos de professores e alunos, o perfil de engenheiro atualmente solicitado requer um pouco das habilidades de cada uma das dimensões apresentadas, portanto, se os alunos nunca as praticarem nunca as irão desenvolver. Felder e Spurlin (2005) afirmam que o estilo ótimo de aprendizagem retrataria o equilíbrio onde os estudantes às vezes sejam atendidos conforme suas necessidades e às vezes conduzidos a desenvolver outras habilidades³⁷;
- Sugere-se que sejam compartilhadas com os alunos as informações acerca de seus estilos de aprendizagem, com o propósito de que eles possuam indicadores de suas habilidades e fraquezas a fim de melhorar seu desempenho acadêmico (devendo também ser informados quanto a falibilidade do questionário e a importância de levar

³⁷ Este fato será levado em consideração na metodologia proposta por esta tese.

em conta suas próprias considerações, mesmo que divergentes em relação ao instrumento).

Ao fim, considerando ambas as teorias apresentadas neste capítulo (modelos mentais e estilos de aprendizagem) pode-se perceber que as ciências exatas influenciaram decisivamente o estudo do comportamento humano, o que resultou na criação de um novo campo de estudo denominado ciências cognitivas. Prova disto é o fato de que mais contribuições aos estudos cognitivos são encontradas na literatura de (ensino de) ciências do que na de educação propriamente.

Esta influência pode ser percebida de forma direta, na medida em que os modelos matemáticos e computacionais do processamento da informação mudaram o paradigma do estudo da mente e a crença quanto às representações mentais (o que resultou na teoria dos modelos mentais); e de forma indireta, na medida em que somente após a mudança de concepções na psicologia cognitiva as pesquisas quanto aos perfis individuais ganharam destaque, o que resultou na teoria dos estilos de aprendizagem (como a de Felder e Silverman (1988) aplicada ao ensino de engenharia).

A recíproca, porém não é por completo verdadeira. Não há na literatura de educação em engenharia influência incisiva das ciências cognitivas para melhor adequar seus procedimentos de ensino, especialmente para produção de objetos de aprendizagem dedicados ao ensino de engenharia elétrica, como mostrado no Capítulo 2. Por esta razão, este trabalho propõe o desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizagem (AVA), fundamentado nos princípios teóricos até aqui apresentados, que gerencie dinamicamente a utilização de objetos de aprendizagem. Antes, porém, fazem-se também necessárias contribuições às bases teóricas utilizadas em seu desenvolvimento: um estudo sobre os modelos mentais de potência elétrica e a melhoria da estrutura fatorial do ILS (através da criação e validação de uma nova versão deste teste). Tais contribuições são apresentadas no próximo capítulo.

4. CONTRIBUIÇÕES À METODOLOGIA PROPOSTA

Antes de apresentar a nova concepção proposta para o sistema de gerenciamento de interfaces educacionais é necessário identificar os modelos mentais utilizados pelos alunos durante o estudo do tema alvo (potência elétrica). Entende-se que conhecer estes modelos e seus pontos falhos durante o processo de aprendizagem será essencial para prover interfaces educacionais individualizadas (princípio a ser estabelecido como proposta final).

No que diz respeito a teoria de estilos de aprendizagem, a contribuição será também ampla, haja vista a necessidade de aprimorar o instrumento existente e provar a partir de análise multivariada que atingiu-se tal melhoria comparando a estrutura fatorial do novo instrumento com a do antigo. Estes feitos são apresentados em detalhes a seguir.

4.1 Uma contribuição quanto aos modelos mentais de potência elétrica

Nesta etapa o foco foi avaliar o embasamento conceitual dos entrevistados sobre o tema potência elétrica restringindo-se, no primeiro momento, as aplicações em corrente contínua e, eventualmente, corrente alternada quando nestes casos existiam situações didáticas mais tangíveis para se observarem as análises do ponto de vista de circuitos resistivos.

Durante a investigação foram utilizados gravadores de áudio e vídeo, para possibilitar posterior análise e comparação dos resultados. Aos alunos eram informados os objetivos do trabalho e suas participações ocorriam sempre de forma voluntária. Foram entrevistados vinte alunos do curso de engenharia elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) *Campus Formiga* sendo oito do sexto período e doze do quarto período³⁸. Na realização desta etapa os alunos do quarto período já haviam cursado as seguintes disciplinas relativas ao tema: física II e circuitos elétricos I (em curso). E os alunos do sexto período: física II, circuitos elétricos I,

³⁸ Os alunos do sexto período constituem a primeira turma de engenharia elétrica do IFMG Formiga, na qual o autor deste trabalho é, atualmente, docente em dedicação exclusiva.

circuitos elétricos II e circuitos elétricos III (em curso). Além disto, trata-se de um conteúdo também incluso nos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio.

Foi realizada uma entrevista semi-estruturada a qual se baseou em um questionário composto por vinte e seis itens distribuídos em quatro níveis de evolução conceitual como definido por Borges (1999). A coleta de dados não se configurou do ponto de vista avaliativo, mas sim como um diálogo. Os estudantes eram convidados a debater o assunto relativo a cada questão e instigados a analisar e explicar o funcionamento dos sistemas. Por exemplo, as questões eram do tipo:

- a) O que você entende por energia?
- b) Cite algumas formas de energia?
- c) Como você explicaria o que é corrente elétrica?
- d) E tensão elétrica?
- e) Existe diferença entre tensão, queda de tensão, ddp (diferença de potencial) e fem (força eletromotriz) ou são a mesma coisa?
- f) Pode existir tensão sem corrente e corrente sem tensão?
- g) A resistência de um material depende de que?
- h) Existe alguma relação entre tensão, resistência e corrente?
- i) Havendo dois circuitos formados, cada qual, por duas resistências de idêntico valor (um circuito em série e outro em paralelo) pode-se dizer que a corrente fornecida pela fonte é a mesma se a tensão de alimentação for igual?
- j) O que você entende por potência elétrica?
- k) O que muda no funcionamento entre dois equipamentos iguais, porém com potências diferentes?

Além de questões deste gênero foram utilizados também mapas conceituais para dirimir dúvidas resultantes da análise, circuitos elétricos fictícios (em papel) e circuitos reais (montados em laboratório) onde discussões a respeito do seu funcionamento eram realizadas – baseado no princípio “previsão, observação e explicação” de White e Gustone (apud BORGES, 1997). As análises foram guiadas pelas concepções de Rouse e Morris (1986) que dizem respeito a descrição, estrutura, funcionamento, previsões e propósitos de um sistema.

Na tentativa de se entender a organização lógica destes construtos foi criada uma hipótese prévia, que também norteou a composição do questionário, baseada nos seguintes níveis de progressão do conhecimento:

- Nível 1 – Explicar os conceitos de energia, corrente e tensão elétrica. Estabelecer relações entre estas grandezas do ponto de vista atômico;

- Nível 2 – Definir os conceitos e propriedades da resistência elétrica e da resistência equivalente. Relacioná-la com as grandezas anteriores através da lei de Ohm;
- Nível 3 – Compreender as leis de Kirchhoff (lei dos nós e das malhas) e aplicá-las na análise de circuitos elétricos. Visualizar os fenômenos envolvidos em circuitos resistivos série e paralelo;
- Nível 4 – Definir o conceito de potência em sistemas físicos e compreender o significado da potência elétrica em circuitos. Analisar a influência das grandezas nominais no que diz respeito a potência dissipada (ou convertida) em um circuito.

Esta hipótese baseou-se na experiência e na sequência de conteúdos apresentada em um livro escrito pelo autor deste trabalho chamado “Fundamentos de Instalações Elétricas” (VIEIRA JUNIOR, 2011)³⁹. Antes de abordar os conceitos de corrente alternada e a influência do fator de potência para instalações de baixa tensão é esta a sequência adotada para todos os cursos técnicos da rede federal de ensino que contém esta disciplina.

4.1.1 Resultados

Pode-se constatar a existência de dois grupos: os modeladores e não-modeladores. Os últimos, que correspondiam a 24% da amostra, proviam na maioria dos casos explicações equivocadas ou aparentemente construídas durante as entrevistas deixando a impressão de que nunca haviam sido levados a pensar criticamente sobre o assunto. Os demais distribuía-se ao elaborarem estratégias de raciocínio de diferentes níveis caracterizando modelos mentais dos mais simples (empregando analogias como sistemas hidráulicos) a relativamente elaborados (considerando a eletricidade como cargas em movimento).

Apenas dois indivíduos apresentaram um modelo tido como científico, na perspectiva do trabalho de Borges (1998), provendo explicações mais elaboradas quanto as relações entre tensão, corrente e potência. Destaca-se que os modelos de Borges (1998) estavam relacionados apenas com a natureza da corrente elétrica em um circuito simples. Neste trabalho a investigação baseou-se também na interação desta corrente com os demais elementos do circuito e de que forma cada grandeza se relacionava, progressivamente, para

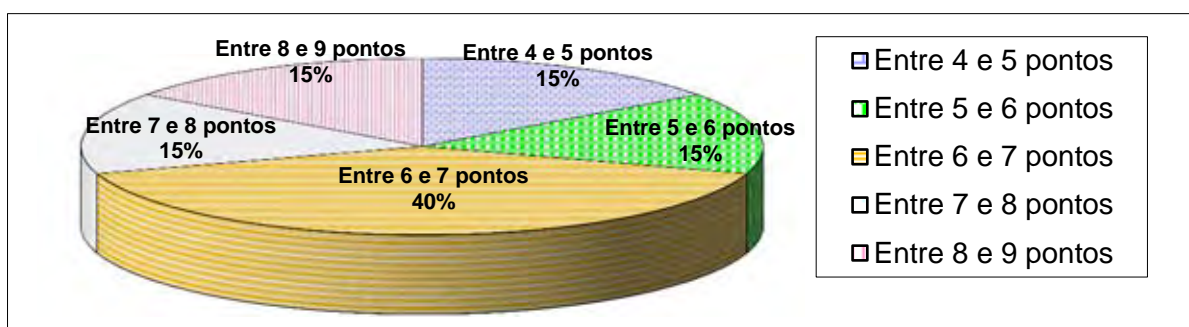
³⁹ Este livro foi editado pelo Instituto Federal de Minas Gerais e pela Universidade Federal de Santa Catarina, compondo material didático oficial para o sistema Escola Técnica Aberta do Brasil (e-Tec Brasil).

propiciar os níveis de evolução necessários ao entendimento da potência elétrica. Borges (1997) explica esta variedade de interpretações de modelos mentais com aquilo que ele chama de “modelo mental de um modelo mental”, cuja estrutura é feita de camadas (ou concepções) e as mais externas contém os pressupostos das mais internas – ou seja, blocos de construção cognitiva como os utilizados na definição dos níveis evolutivos por Borges (1999).

Os resultados obtidos corroboraram com a existência dos seguintes modelos, também observado no estudo de Coelho (2007): corrente elétrica como algo em movimento, corrente elétrica como fluxo de cargas, diferença de potencial como força e modelo microscópico (estabelecendo a noção de campo elétrico).

A Figura 57 apresenta os resultados a serem obtidos se fossem atribuídas notas (de 0 a 10) baseadas apenas na quantidade de itens respondidos corretamente em toda a entrevista.

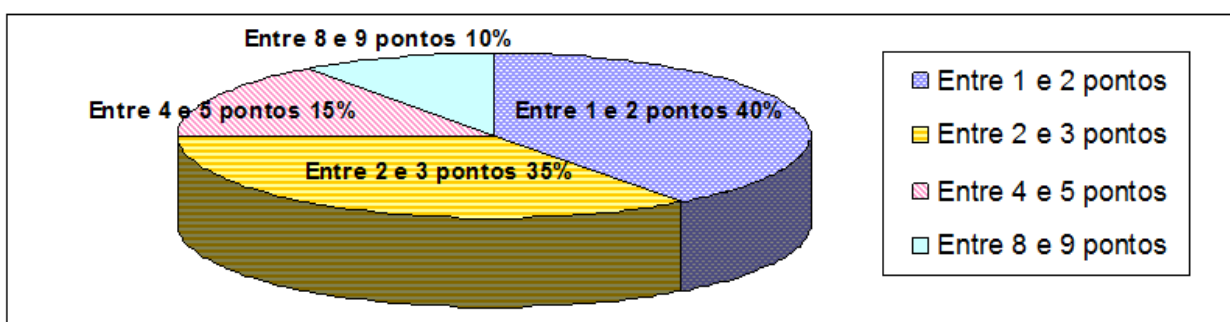
Figura 57 – Simulação de notas distribuídas para toda a entrevista.



Fonte: o próprio autor.

Observa-se que nem em termos de respostas “não justificadas” houve quem acertasse quantidade suficiente de itens relativa a margem superior a 8 pontos. A Figura 58 apresenta os resultados se apenas fossem atribuídas notas as questões relativas à potência elétrica, último nível, foco principal da abordagem.

Figura 58 – Simulação de notas distribuídas para o último nível.



Fonte: o próprio autor.

Observa-se que o melhor desempenho, obtido por apenas dois indivíduos, situou-se entre 8 e 9 pontos. Ante a esta exceção a maior quantidade de classificações se deu entre 1 e 2 pontos, ou seja, baixíssima quantidade de acertos. A Tabela 12 apresenta alguns fatos que chamaram a atenção durante as entrevistas, acompanhados de sua análise.

Tabela 12 – Fatos de destaque durante a investigação.

Respostas dos estudantes	Análise dos fatos
A maioria dos alunos definiu tensão elétrica como diferença de potencial, mas não soube explicar como exatamente esta diferença se relaciona com a corrente elétrica.	Demonstraram que a ausência de conceitos físicos os conduziu a uma manipulação mecânica da lei de Ohm.
Diversos alunos declararam como correto utilizar os termos tensão, diferença de potencial, força eletromotriz e queda de tensão sem distinção. Os que não concordavam não conseguiam explicar com clareza o conceito de força eletromotriz.	Desconheciam a existência de fenômenos microscópicos como, por exemplo, a ação do campo elétrico. Estavam condicionados a interpretar tais termos sem distinção por possuírem a mesma unidade de medida (V).
Alguns alunos afirmaram que pode existir tensão sem corrente e corrente sem tensão. Quando a entrevista passava a abordar o fenômeno da resistência parte deles, ao serem questionados se “sempre que existir tensão haverá corrente?”, retificavam a afirmação sobre a existência de corrente sem tensão.	Demonstrando que poucas vezes durante a vida acadêmica foram levados a confrontar ideias e estabelecer o raciocínio indutivo. Acabavam, na maioria dos casos, tomando decisões sem antes realizar previsões ou avaliar possibilidades.
A maioria dos alunos não relacionava a temperatura como um fator influente na resistência elétrica.	Especialmente porque eles resgatavam na memória a expressão $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$, empregavam-na constantemente de forma mecanicista e não estabeleciam mais a sua validade perante uma faixa de temperatura.
Ao se colocar três resistores idênticos em paralelo (sem identificar seus valores) e informar a corrente fornecida pela fonte alguns alunos alegaram não ser possível determinar a corrente nos demais ramos sem que fosse informada a magnitude das resistências.	Alguns alunos não estavam aptos a aplicar as leis de Kirchhoff na análise literal de circuitos afirmando que para fazê-lo seria necessário atribuir valores numéricos aos elementos, demonstrando clara ausência de “visão” perante os fenômenos envolvidos.
Quando questionados sobre as consequências de se alterar o resistor de um chuveiro (para mais) à uma tensão constante a maior parte dos alunos afirmou que o fato iria gerar maior potência, pois, aumentando-se a resistência também se aumenta o efeito Joule.	Nestes casos os estudantes adotavam a expressão $P = R.I^2$, não consideravam que o aumento da resistência com uma tensão constante implicaria na redução da corrente e apresentavam explicações equivocadas quanto a inter-relação das grandezas elétricas.

Continuação da Tabela 12 – Fatos de destaque durante a investigação.

Quando era mostrada aos estudantes uma ligação (real) de duas lâmpadas, uma de 60 W e uma de 100 W, em série eles afirmavam de imediato que a de 100 W deveria brilhar com maior intensidade. Em seguida o circuito era energizado e, surpresos, eles afirmavam que havia alguma “alteração” no circuito com o propósito de confundi-los. Alguns solicitavam para verificar as conexões.	Os que ousaram justificar o fenômeno disseram que, provavelmente, a lâmpada de 60 W brilhava com maior intensidade porque ela era a primeira do circuito e com isto oferecia a “primeira” oposição à passagem de elétrons pelo circuito. Em nenhum momento conseguiram estabelecer conexões lógicas entre os fenômenos envolvidos e a influência das grandezas nominais para a operação de um sistema.
--	--

Fonte: o próprio autor.

Nenhum aluno da amostra conseguiu justificar conceitualmente todos os itens para os quais foi questionado. A maioria obteve bons resultados numéricos durante a análise dos circuitos correspondentes ao nível 3, entretanto, quando solicitados a fazer previsões sobre a alteração de algum elemento do circuito ou quando solicitados a prover explicações apenas conceituais (ou simbólicas) os mesmos não obtinham sucesso. Este fato demonstra o quão fortemente modelos mecanicistas de ensino, aprendizagem e avaliação têm influenciado a formação acadêmica.

Apenas dois alunos do grupo (um do sexto e um do quarto período) responderam corretamente a questão das lâmpadas em série e antes que elas fossem energizadas alegaram que o tipo de ligação não propiciaria sua alimentação nas características nominais. Destaca-se que o estudante do sexto período não é tido, perante seu histórico escolar, como um “bom aluno”. Após seu segundo ano de graduação ele já acumulava um ano inteiro de disciplinas em dependência (este aluno cursou a disciplina de circuitos elétricos I duas vezes).

Ao solicitar para que este estudante respondesse o ILS (redefinido no item 4.2) observou-se que ele apresentara forte tendência para os polos visual e sensorial – e como apontado por Felder e Silverman (1988) a maioria dos professores de engenharia tendem, nestas dimensões, para os polos verbal e intuitivo.

No que diz respeito a hipótese sequencial do aprendizado inicialmente estabelecida, verificou-se que algumas alterações faziam-se necessárias. Observou-se que todos os estudantes que conceituavam de modo adequado a influência da tensão em um circuito elétrico também o faziam com a resistência. Porém, a recíproca não era verdadeira. Observou-se ainda que manipular adequadamente resistências série e paralelo nem sempre implicava em compreender sua ação em um circuito. Neste caso, sugere-se que em um nível se estabeleça o

entendimento do fenômeno e, posteriormente, se observe os métodos para simplificação de circuitos.

Deste modo a conclusão do estudo, em termos dos níveis de evolução dos modelos mentais, caracteriza que a progressão mais adequada do conhecimento para este tópico ficaria assim:

- Nível 1 – Explicar os conceitos de corrente e resistência elétrica e a sua interdependência em um circuito elétrico;
- Nível 2 – Definir os conceitos de tensão elétrica, estabelecendo relações do ponto de vista atômico e relacioná-la com as demais grandezas através da lei de Ohm;
- Nível 3 – Compreender os métodos de simplificação de circuitos (resistência equivalente) e conceituar as leis de Kirchhoff (lei dos nós e das malhas) na análise de circuitos;
- Nível 4 – Definir o conceito de potência em sistemas físicos e compreender o significado da potência elétrica em circuitos. Analisar a influência das grandezas nominais no que diz respeito a potência dissipada (ou convertida) em um circuito.

Mais do que descobrir os modelos mentais utilizados (que podem ser diversos, pois diferentes estratégias de raciocínio podem ser utilizadas para se resolver um problema de mesmo nível de complexidade), na abordagem deste trabalho faz-se uso deles (modelos) para se visualizar a sequência mais coerente da aprendizagem, a evolução dos níveis, na perspectiva das dúvidas comumente apresentadas pelos alunos e não na perspectiva dos docentes. Como visto por estes resultados e pelos apresentados em Vieira Junior e Colvara (2010a) nem sempre são pontos de vista totalmente equivalentes. Estas definições irão alimentar os níveis hierárquicos para o AVA sugerido no Capítulo 5.

Nota-se que o estudo realizado abordou conteúdos que deveriam ser facilmente vencidos por estudantes de engenharia elétrica. Especialmente por já terem sido abordados no ensino médio e por já terem sido revistos nas disciplinas básicas do curso de engenharia.

Então se conclui que determinadas lacunas conceituais passam despercebidas à academia e podem se somar na medida em que as abordagens se tornam mais complexas. Obstáculos na compreensão integral destes fenômenos poderão influenciar análises mais elaboradas como as exigidas para se conceituar as potências aparente, ativa e reativa em sistemas de corrente alternada e para se compreender o “fenômeno” do fluxo de potência em sistemas de energia.

Ressalta-se que, embora não seja uma regra, o grupo investigado é composto por alunos de uma universidade pública federal que, em tese, possui melhor critério de seleção dada a concorrência nos processos vestibulares. Por outro lado, podem-se estabelecer algumas conjecturas com vistas a afirmar que muitas vezes os itens em exames vestibulares são propostos pelos próprios docentes das universidades e, nem sempre, passam por um estudo criterioso de seleção. Com isto abre-se o precedente para que estas provas, inclusive, também se permitam resolver (em alguns casos) com certa contribuição mecanicista. Uma mudança neste cenário poderá ocorrer na medida em que recentemente as universidades têm aderido a utilização do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) como critério único de seleção.

O ENEM utiliza uma abordagem avaliativa diferenciada, pois, além do conhecimento “bruto” normalmente privilegiado nas avaliações convencionais busca mensurar diversos fatores cognitivos (variáveis latentes) através da associação das respostas dadas pelos estudantes aos diversos itens. Gomes (2005), em sua tese de doutorado, aborda em detalhes a relação dos diversos fatores da inteligência e habilidades mensuradas no ENEM sob uma perspectiva matemática (psicométrica). É neste sentido que este trabalho propõe mensurar a variável de controle cognitiva, previamente citada na apresentação do trabalho.

No tópico seguinte será apresentada a contribuição dada por esta pesquisa a medida da segunda variável de controle (os estilos de aprendizagem).

4.2 Validade do Índice de Estilos de Aprendizagem (ILS) de Felder e Soloman (1991)

Felder em um prefácio escrito em 2002 para versão original do artigo em que apresenta sua teoria, afirma que o questionário (ILS) desenvolvido para identificar os estilos de aprendizagem contidos em seu modelo, foi traduzido para (pelo menos) seis idiomas e que recebe na sua *homepage* mais de cem (100) mil acessos por ano⁴⁰. Em razão desta crescente utilização, o ILS foi alvo de diversos estudos de validação e muitos deles apresentaram resultados insatisfatórios (LIVESAY; DEE; NAUMAN; HITES, 2002; SEERY; GAUGHRAN; WALDMANN, 2003; VAN ZWANENBERG; WILKINSON; ANDERSON, 2000; ZYWNO, 2003).

Felder e Spurlin (2005), então, apresentaram uma síntese destes estudos e fizeram algumas considerações em relação aos resultados encontrados. No que diz respeito ao “teste-

⁴⁰ Estima-se ainda que o artigo original de 1988 já tenha recebido aproximadamente 1 milhão de citações na literatura.

reteste” Livesay et al. (2002), Seery et al. (2003) e Zywno (2003) mostraram que sua aplicação e reaplicação, em um intervalo coerente de tempo⁴¹, reproduz satisfatoriamente os mesmos resultados.

No tocante a confiabilidade (consistência interna), utilizada por alguns trabalhos, Felder e Spurlin (2005) destacam algumas peculiaridades relacionadas ao alfa de *Cronbach*. Esta métrica verifica a homogeneidade dos itens perante um mesmo fator latente, uma média entre todas as possíveis correlações entre respostas e dimensões (FELDER; SPURLIN, 2005). Diferentes critérios de aceitabilidade de alfa são apropriados para testes de dois tipos: quando a grandeza a ser medida baseia-se em testes de conhecimento específico ou de habilidades (por exemplo, álgebra) ou quando a grandeza reflete preferências ou atitudes (por exemplo, comportamento). No segundo caso, ao invés de coeficientes de ordem superior a 0,75 (que foram adotados nestas análises), são aceitos aqueles que excedam os 0,5 pontos (TUCKMAN, 1999).

Deste modo Felder e Spurlin (2005) mostram que em quatro estudos realizados (LIVESAY et al., 2002; SPURLIN, 2002 apud FELDER; SPURLIN, 2005; VAN ZWANENBERG et al., 2000; ZYWNO, 2003), apenas uma dimensão em um dos trabalhos apresentou tal coeficiente menor que 0,5.

Estes autores calcularam também o coeficiente de correlação de Pearson⁴² para observar o comportamento entre as dimensões e, com exceção de Spurlin (2002 apud FELDER; SPURLIN, 2005), realizaram também análise fatorial com o mesmo objetivo. Exceto as correlações identificadas entre sensorial/intuitivo e sequencial/global, as demais escalas apresentaram-se satisfatoriamente ortogonais, o que indica que as questões de uma dimensão não seriam influenciadas por outras.

Quanto a análise fatorial todos concluíram que as escalas ativo/reflexivo, sensorial/intuitivo e visual/verbal podem ser consideradas independentes, mas as escalas sequencial/global e sensorial/intuitivo mostraram um moderado grau de associação confirmando o apontado no estudo anterior de correlações.

Felder e Spurlin (2005) lembram, entretanto, que este fato já era previsto na teoria original, apresentada no Capítulo 3, e também nos estudos sobre estilos de aprendizagem

⁴¹ Seery et al. (2003) sugerem um intervalo de quatro semanas: tempo grande o suficiente para que as respostas dadas anteriormente não sejam lembradas, mas não tão grande para que a grandeza a ser avaliada não tenha se modificado significativamente perante eventos naturais.

⁴² Mede o grau de correlação entre duas variáveis e assume valores entre -1 e +1: 1 significa correlação perfeita positiva entre as duas variáveis, -1 significa correlação perfeita negativa (o acréscimo de uma implica em decréscimo de outra) e 0 significa não dependência linear entre as variáveis.

realizados por Lawrence (1994), ratificados por Silverman (2002). Eles defendem que esta ocorrência ao invés de invalidar, fortalece o ILS, pois a validade de um construto deve também levar em consideração se ele atende as suas prerrogativas teóricas.

Os autores atestam que embora do ponto de vista psicométrico⁴³ possa haver problemas, esta correlação não representa uma preocupação no que concerne a aplicação principal do instrumento: auxiliar professores a usarem um estilo de ensino equilibrado.

As dimensões sensitivo/intuitivo e sequencial/global representam diferentes aspectos do aprendizado e os métodos instrucionais necessários para atender as preferências em uma escala são diferentes daqueles requeridos pela outra. Se isto quer dizer que atingir as necessidades dos alunos intuitivos beneficia também os globais, a tarefa do professor torna-se mais fácil – traduzido de Felder e Spurlin (2005).

Além disto, Felder e Spurlin (2005) demonstram que em testes realizados em dez instituições de ensino de engenharia confirmaram-se as tendências de personalidade: mais ativa do que reflexiva, mais sensitiva do que intuitiva, mais visual do que verbal e mais sequencial do que global. Entretanto, afirmam que as instruções convencionais nestes cursos favorecem alunos reflexivos, intuitivos e verbais.

De todo modo as convergências para as três primeiras dimensões e, em menor medida, para a última delas validam a proposta. Uma única consideração é a de que os cursos de engenharia civil, por serem mais concretos possam, talvez, atrair mais alunos sensitivos do que os cursos de engenharia elétrica, os quais possuem conceitos mais abstratos – Kuri e Truzzi (2002) também concordam com esta hipótese.

4.2.1 Diferentes contextos

Mesmo que o ILS seja válido em um determinado grupo de sujeitos para o contexto em que foi criado, ao se mudarem as características culturais sua validade pode ser comprometida (ANASTASI; URBINA, 2000). No Brasil, diante da versão traduzida por Marcus F. Giorgetti e Nídia Pavan Kuri em 1996⁴⁴, apenas dois estudos de validação foram

⁴³ Psicometria é uma área da psicologia que utiliza matemática aplicada para mensurar comportamentos humanos, através da construção e validação de testes.

⁴⁴ KURI, Nídia Pavan. **ILS de Felder e Soloman** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <niltom@gmail.com> em 11 set. 2012.

desenvolvidos Lopes (2002) e Machado et al. (2001) e em ambos a eficácia do instrumento foi dada como comprometida.

Através de recursos estatísticos de análise descritiva, análise inferencial e análise fatorial, Lopes (2002) assume que a versão em português do instrumento não cumpre satisfatoriamente o objetivo para o qual se propõe. Neste estudo foram utilizadas técnicas de análise fatorial e de consistência interna (verificando a correlação existente entre cada item do teste com o total dos itens).

Machado et al. (2001) utilizando também técnicas estatísticas de análise exploratória, via SPSS, concluíram que o instrumento não pode ser considerado validado e que a estrutura fatorial encontrada não corresponde à estrutura fatorial proposta pelos criadores do mesmo. Em suas considerações, eles apontam que os estilos de aprendizagem não se apresentam bem definidos ou que os itens que operacionalizam o fenômeno não permitem sua segura diferenciação.

Felder e Spurlin (2005) lembram que embora o instrumento no seu idioma original possa ser considerado confiável, válido e adequado, em geral as traduções não passam por processos extensos de validação e os resultados até então apresentados para não nativos (do idioma inglês) não podiam sozinhos afirmar ou negar a validade do ILS.

Este fato é evidenciado pelas divergências notadas entre a definição de itens por fator ao se comparar os resultados de Lopes (2002) e Machado et al. (2001)⁴⁵. Atribui-se tal discordância, entre outras possibilidades, ao fato de que no trabalho de Lopes (2002) mais de 50% dos alunos eram de ciências humanas e no trabalho de Machado et al. (2001) o público foi exclusivamente de funcionários (não-estudantes) de uma instituição financeira. Dependendo do método de análise utilizado o resultado de validação de um teste perante uma amostra pode não ser generalizado à outra (ver item B.5 do Apêndice B).

Aliado a isto verificaram-se fortes problemas contextuais nos itens da versão brasileira do ILS ao se analisar os princípios estabelecidos pela modelo original de Felder e Silverman (1988). Um exemplo é a questão 34 que pertence à dimensão sensorial/intuitivo:

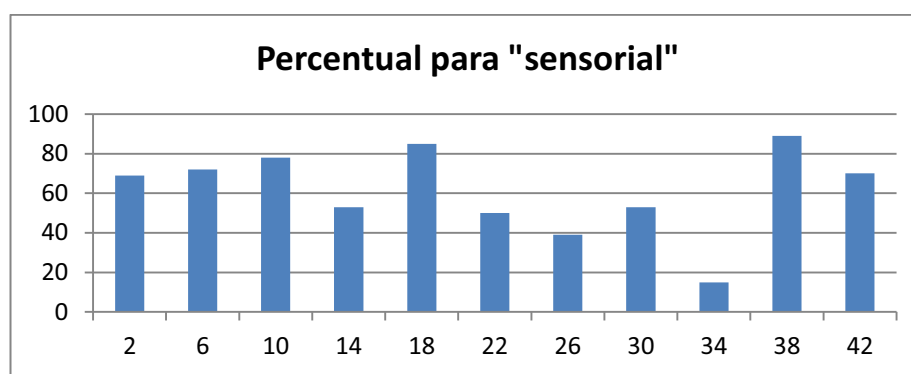
34. Considero um elogio chamar alguém de:
- a) Sensível
 - b) Imaginativo

⁴⁵ Esta divergência pode ser claramente observada na Tabela 14, quando os resultados são discutidos.

A opção referente ao polo sensorial é a letra “a”. O adjetivo “sensível” apresenta uma ambiguidade, pois no contexto exposto pode se referir à característica emocional da pessoa (alguém que, por exemplo, tenha facilidade para chorar). Segundo proposto na teoria original, este item deveria indicar aquele indivíduo cuja percepção dos fatos está mais ligada aos sentidos (tato, visão, audição etc.) e que ao invés da inovação adota métodos padrão para realizar tarefas.

Analisando as respostas dadas por alunos de engenharia para as perguntas desta dimensão, pode-se verificar claramente a interferência desta ambiguidade em função do baixo percentual de respostas obtido para questão 34 (Figuras 59 e 60). Para esta análise aplicou-se a versão traduzida do questionário no curso de engenharia elétrica do IFMG e utilizaram-se, também, os resultados obtidos por Kuri e Truzzi (2002) em um estudo realizado na USP (Universidade de São Paulo).

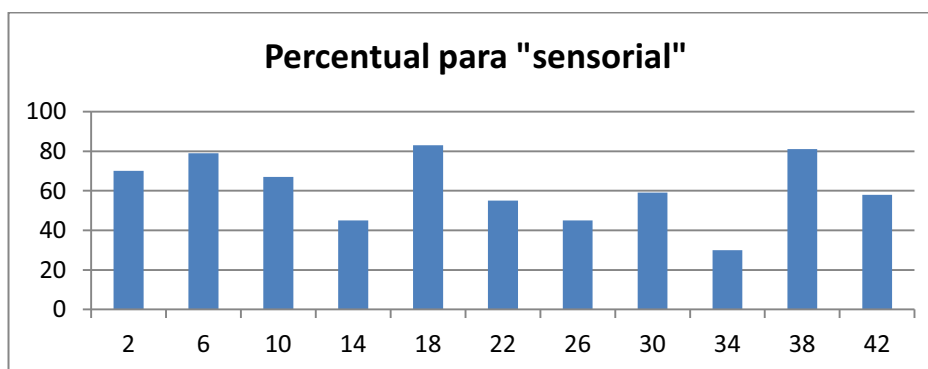
Figura 59 – Resultado para a opção “sensorial” na dimensão sensorial/intuitivo obtido no IFMG.



Número das questões

Fonte: o próprio autor.

Figura 60 – Resultado para a opção “sensorial” na dimensão sensorial/intuitivo obtido na USP



Número das questões

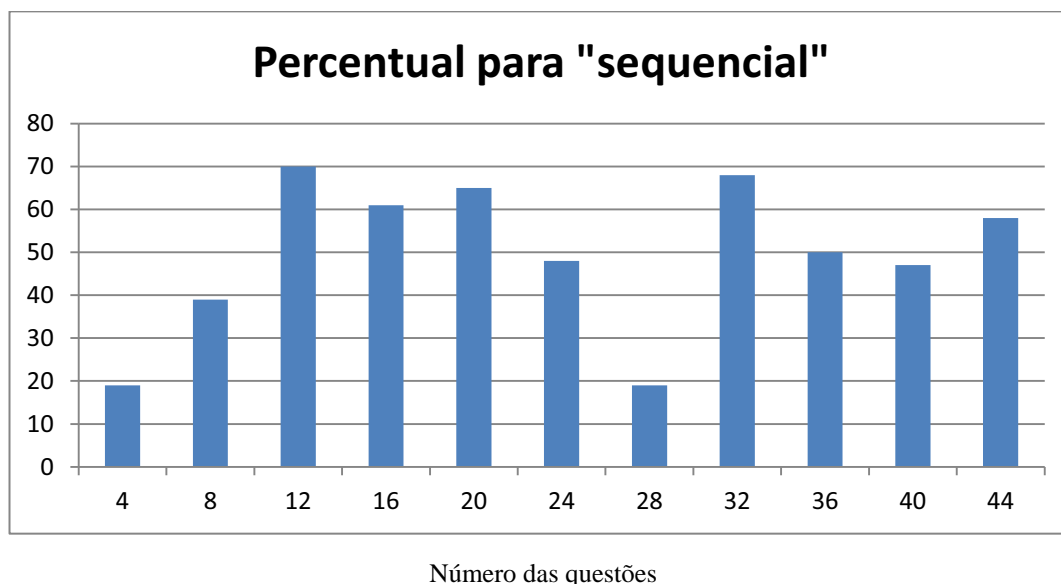
Fonte: Kuri e Truzzi (2002).

Embora possam existir níveis distintos de preferência, outros estudos (FELDER; SILVERMAN, 1988; GODLESKI, 1983; GODLESKI, 1984; KURI; TRUZZI, 2002) já demonstraram que a maioria dos alunos de engenharia apresenta características relativas ao polo “sensorial”. Portanto, o comportamento visto nos gráficos para a questão 34 evidencia falha no seu contexto. Tratando-se de um grupo com características em comum, esperava-se uma menor faixa de variação para as questões de uma mesma dimensão.

Chama atenção também a similaridade entre os gráficos obtidos nas duas instituições, o que reforça a ideia de que realmente há um comportamento equivalente entre alunos de uma mesma área. Destaca-se ainda que a mesma questão, em consenso, foi excluída na definição de itens por fator em ambos os estudos apresentados (LOPES, 2002; MACHADO et al., 2001).

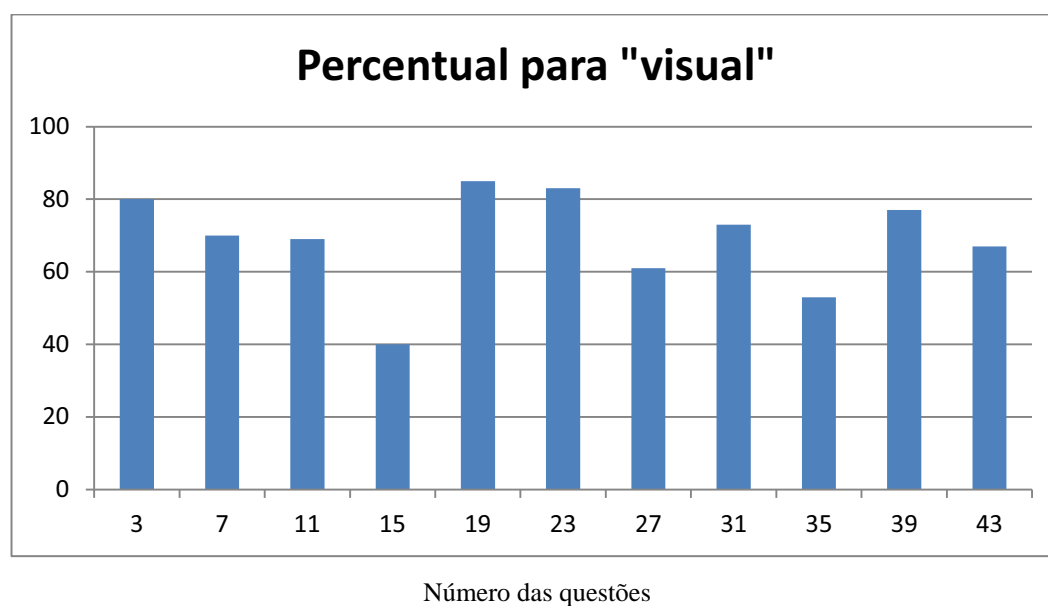
As figuras adiante (Figuras 61, 62 e 63) apresentadas por Kuri e Truzzi (2002) para outras dimensões também apresentaram o mesmo comportamento (quanto aos itens discrepantes perante aos demais), requerendo análises mais cuidadosas para as descontinuidades encontradas.

Figura 61 – Resultado das questões referentes à dimensão sequencial/global obtido na USP.



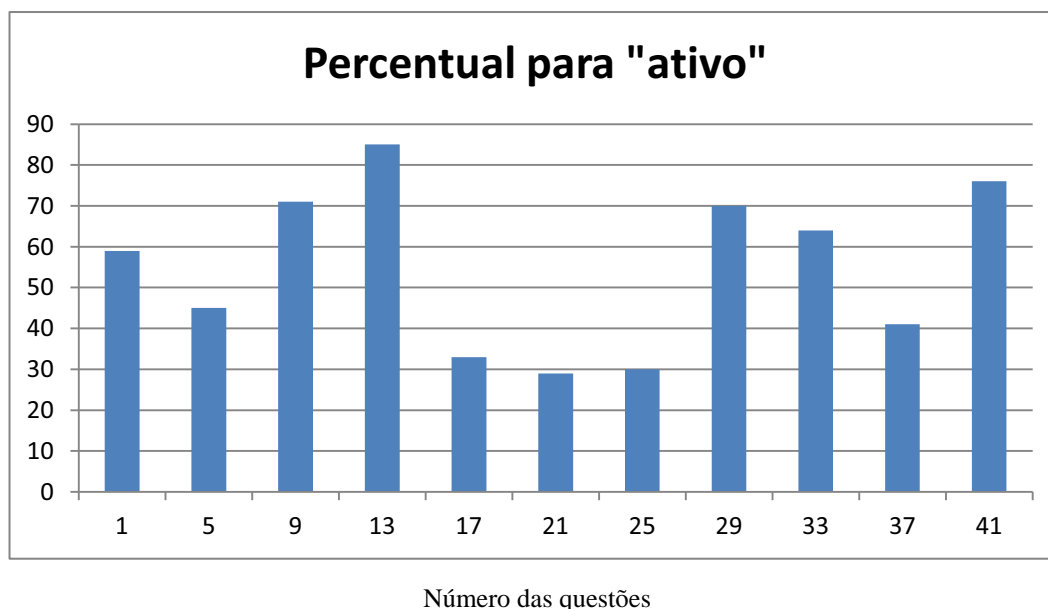
Fonte: Kuri e Truzzi (2002).

Figura 62 – Resultado das questões referentes à dimensão visual/verbal obtido na USP.



Fonte: Kuri e Truzzi (2002).

Figura 63 – Resultado das questões referentes à dimensão ativo/reflexivo obtido na USP.



Fonte: Kuri e Truzzi (2002).

Observando-se os gráficos para todas as dimensões, percebe-se que as questões 4, 15, 17, 21, 25, 28 e 34 apresentam uma discrepância muito grande em relação às outras e que existem questões que possuem forte tendência para um dos polos; são elas: 3, 4, 6, 13, 18, 19, 23, 28 e 38.

Reconhece-se a grande contribuição oferecida pelos autores que propuseram a primeira versão brasileira do instrumento, entretanto, diante dos resultados apresentados e principalmente dos indícios levantados quanto ao contexto de algumas questões perante as teorias que as geraram, fica evidente que o instrumento está com sua validade comprometida. Embora Lopes (2002) tenha sugerido um estudo de validação semântica, já que além da tradução do instrumento é necessária uma adaptação do mesmo para a cultura e contexto brasileiro, não há na literatura nenhum trabalho que o tenha realizado mesmo sendo este instrumento largamente utilizado também por pesquisadores nacionais (CATHOLICO; OLIVEIRA NETO, 2008; COCCO, 2004; FIGUEIREDO; NORONHA; OLIVEIRA NETO, 2008; OTTO, 2007; VIEIRA JUNIOR; SILVA; VIEIRA, 2009; etc.).

Portanto, considerando-se todo o exposto, este trabalho estabeleceu uma metodologia de análise mais confiável e coletou uma amostra somente com estudantes das ciências exatas para uma nova análise fatorial da versão original em português.

A partir de uma análise fatorial as divergências apresentadas pelos estudos anteriores (LOPES, 2002; MACHADO et al., 2001) foram sanadas e as fragilidades reais do instrumento constatadas. Realizou-se, então, uma revisão dos itens baseada em todos os pressupostos teóricos utilizados na sua construção e criou-se uma nova versão do ILS que foi devidamente validada. Partiu-se do pressuposto que um teste de comportamento é muito sensível a ruídos que são, por sua vez, de difícil mensuração. Por isto, considerou-se a possibilidade de criar uma versão reduzida do ILS para que sua extensão não fosse cansativa, o que implicaria em respostas aleatórias. Todas estas etapas são apresentadas a seguir.

4.2.2 Uma nova versão do ILS de Felder e Soloman (1991)⁴⁶

O ILS foi então aplicado em um grupo de 400 alunos de cursos superiores em ciências exatas (sendo 336 de Engenharia Elétrica e 64 de Computação) e em seguida foi feita uma análise fatorial dos dados. Segundo Hair et al. (2006), para este tipo de análise é necessário um número de pessoas de 5 a 10 vezes maior que a quantidade de variáveis analisadas. Como a amostra foi composta por 400 indivíduos e esta versão possuía 44 itens, trabalhou-se com um número de 9,1 vezes a quantidade de variáveis – qualificando a amostra como suficientemente segura para os procedimentos.

⁴⁶ Aqui chamado de N-ILS (*New Index of Learning Styles*)

Para tornar o grupo mais homogêneo e assegurar que a validade deste construto, na pior situação, atenderia o público de interesse (estudantes de engenharia) buscou-se por alunos que cursavam diferentes períodos (isso levou a uma análise dos fatores mais equilibrada). A amostra pesquisada foi constituída de estudantes do curso de engenharia elétrica das seguintes instituições: Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ – *Campus* São João del Rei), Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG – *Campus* Belo Horizonte), Universidade Estadual Paulista (UNESP – *Campus* Ilha Solteira) e Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG – *Campus* Formiga); alunos do curso de ciência da computação do Centro Universitário de Formiga (UNIFOR – *Campus* Formiga); e alunos do curso superior de tecnologia em análise e desenvolvimento de sistemas do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG – *Campus* Bambuí).

O questionário foi disponibilizado na *internet* sendo distribuídas senhas individuais (não-identificáveis) a cada estudante durante um encontro realizado nas respectivas instituições quando os objetivos da pesquisa foram devidamente apresentados.

A primeira instituição cujo acesso foi autorizado foi a UFSJ. Apesar de terem sido convidadas mais de 300 pessoas nesta ocasião, apenas 132 alunos (o que corresponde a 44% dos convidados) voluntariamente acessaram o questionário e contribuíram com a pesquisa (esta média de adesão manteve-se nas demais instituições visitadas). Embora este fato exigisse que fosse contatado um número muito maior de indivíduos que o necessário para a pesquisa, ele assegurou que aqueles que o fizeram realmente estavam comprometidos em contribuir com a investigação⁴⁷.

Após esta aplicação foi realizada uma análise fatorial exploratória a fim de verificar se o que foi proposto no instrumento original podia ser aplicado no contexto brasileiro (mais especificações sobre este tipo de análise e os métodos utilizados são apresentados no Apêndice B). Segundo Pasquali (1998) a matriz de correlações, para ser fatorável, deve apresentar muitas correlações entre os itens acima de 0,3. Para mensurar este fato foi aplicada a medida de adequação Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e obtido o valor de 0,657 – considerado aceitável por Hair et al. (2006).

Para identificar a quantidade de fatores na amostra podem-se verificar diversos critérios como, por exemplo, o de Kaiser (conhecido por “autovalores > 1” ou “raiz latente”). Este critério segue o raciocínio de que qualquer fator individual deve explicar a variância de

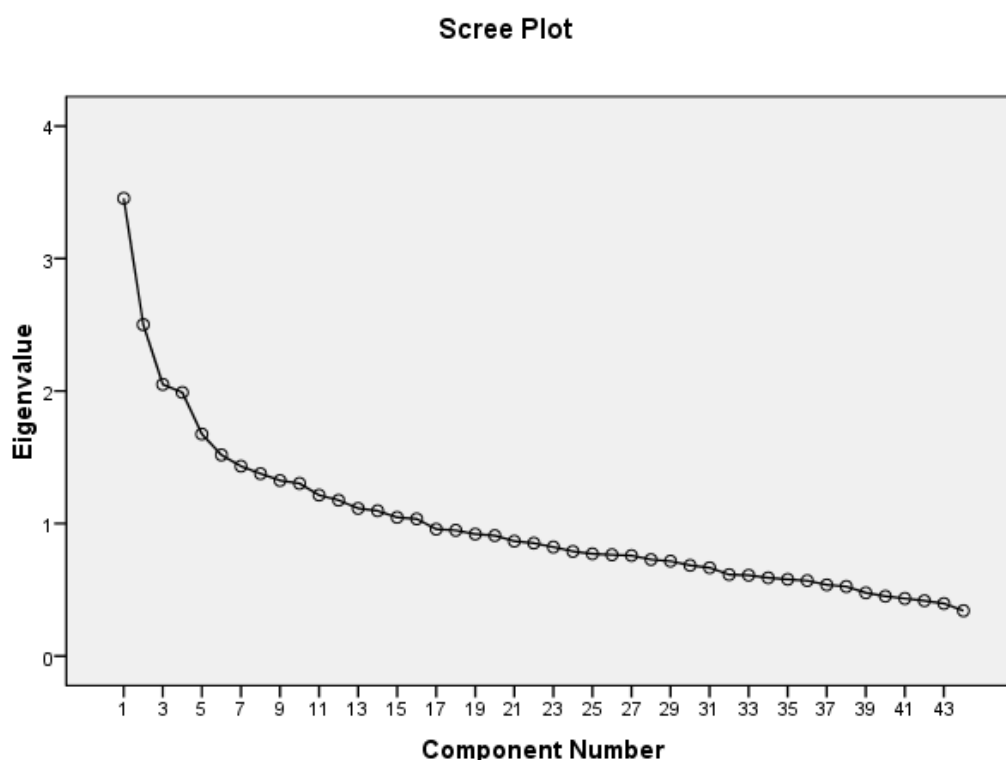
⁴⁷ Ao todo foram convidados aproximadamente 910 estudantes, sendo sua quase totalidade do curso de engenharia elétrica.

pelo menos uma variável e, para isto, apenas os autovalores maiores que 1 são considerados significantes.

Através do teste “Scree Plot” (Figura 64), puderam ser observados 16 fatores que possuíam autovalores maiores ou iguais a 1, entretanto, de acordo com Furtado (1996) podem ser adotados como principais apenas os quatro fatores identificados graficamente acima do “cotovelo” (maior ruptura) nesta figura. Este fato coincide com a proposição original do modelo de Felder e Silverman (1988) de quatro dimensões (percepção, entrada, processamento e entendimento).

Hair et al. (2006) lembra ainda que não existe uma base exata para decidir o número de fatores e sugere que o critério a “*priori*” possa também ser decisivo, o que novamente indica a utilização de quatro fatores conforme a proposição teórica original.

Figura 64 – Número de fatores a extrair (critério de *eigenvalue* ≥ 1).



Considerando-se isso, optou-se pela extração de quatro fatores utilizando-se o método de extração dos “componentes principais” e o método de rotação oblíqua “oblímin”. O método das componentes principais é apropriado quando a preocupação principal é identificar o número mínimo de fatores necessários para explicar a maior quantidade de variância do conjunto de dados. Já a rotação oblíqua, que consiste em posicionar os eixos de modo que cada fator possa ser interpretado pelos maiores carregamentos possíveis, foi adotada porque

quando os fatores mostram-se ortogonais (os itens de uma dimensão não influenciam nem são influenciados por outra) isto quer dizer que eles de fato são ortogonais⁴⁸, o que torna a análise mais realista. Faz-se uma única ressalva no sentido de que a não-ortogonalidade pode tornar válido um conjunto de variáveis para uma determinada amostra, mas nem sempre permite que os resultados sejam generalizados. Este fato é acentuado quando se usam amostras pequenas (HAIR et al., 2006). Por esta razão se deixou claro que, na pior situação, o novo ILS é válido para alunos das ciências exatas – especialmente estudantes de engenharia elétrica.

Para esta análise foi utilizado o SPSS. Os resultados obtidos são apresentados a seguir.

Tabela 13 – Matriz fatorial do ILS.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Questão 02	-0,448*			
Questão 09	0,403			
Questão 13	0,433			
Questão 16	0,309*			
Questão 21	0,412			
Questão 33	0,328			
Questão 37	0,579			
Questão 43	0,391*			
Questão 01		0,555*		
Questão 05		0,367*		
Questão 06		0,556		
Questão 10		0,386		
Questão 17		0,331*		
Questão 18		0,507		
Questão 25		0,496*		
Questão 29		0,305*		
Questão 38		0,568		
Questão 03			0,468	
Questão 07			0,698	
Questão 11			0,574	
Questão 15			0,411	
Questão 19			0,437	
Questão 23			0,484	
Questão 27			0,487	
Questão 31			0,719	
Questão 35			0,313	
Questão 08				0,316
Questão 12				0,420

⁴⁸ Os métodos de rotação ortogonal impõem esta condição a priori, não permitindo visualizar eventuais correlações entre dimensões quando existirem.

Continuação da Tabela 13 – Matriz fatorial do ILS.

Questão 14				0,452*
Questão 20				0,436
Questão 22				0,511*
Questão 24				0,435
Questão 30				0,399*
Questão 32				0,342
Questão 36				0,510
Questão 42				0,480*
Questão 44				0,396
* indica as questões dentro de cada fator que não correspondem a respectiva dimensão conforme o modelo teórico.				

Fonte: o próprio autor.

Fazendo-se a análise das cargas fatoriais verificou-se que os itens 4, 26, 28, 34, 39, 40 e 41 apresentaram-se insatisfatoriamente, ou seja, abaixo de 0,3 fazendo com que 15% dos itens do questionário fossem descartados inicialmente.

O fator 1 ficou composto de oito itens: 2, 9, 13, 16, 21, 33, 37 e 43. O fator 2 de nove itens: 1, 5, 6, 10, 17, 18, 25, 29 e 38. O fator 3 de nove itens: 3, 7, 11, 15, 19, 23, 27, 31 e 35. O fator 4 de onze itens: 8, 12, 14, 20, 22, 24, 30, 32, 36, 42 e 44.

Todavia, não se pode dizer que os itens restantes conferem 85% de funcionalidade ao instrumento, pois apenas o terceiro fator agrupou questões pertencentes a uma mesma dimensão segundo o modelo teórico. Nos demais fatores ocorreram agrupamentos de questões de diferentes dimensões. Se forem considerados os agrupamentos mais significativos para uma mesma dimensão, a nova configuração seria esta:

- Fator 1 (Ativo/Reflexivo – A/R): 9, 13, 21, 33 e 37;
- Fator 2 (Sensorial/Intuitivo – S/I): 6, 10, 18 e 38;
- Fator 3 (Visual/Verbal – V/V): 3, 7, 11, 15, 19, 23, 27, 31 e 35;
- Fator 4 (Sequencial/Global – S/G): 8, 12, 20, 24, 32, 36 e 44.

Deste modo, dos 44 itens apenas 25 poderiam ser considerados eficientes e coerentemente agrupados, o que corresponde a 56% de funcionalidade para a versão original (traduzida). Ainda assim tem que se destacar que as cargas fatoriais destes itens se aproximam muito do mínimo admissível (entre 0,3 e 0,4), portanto, nem os itens classificados como válidos apresentam-se confiáveis.

A título de comparação a Tabela 14 confronta a categorização de cada item conforme sua dimensão, apresentada em cada estudo de validação realizado no Brasil.

Tabela 14 – Confronto dos resultados obtidos em cada trabalho.

ITEM	Versão Original	Análise deste trabalho	Lopes (2002)	Machado et al. (2000)
1	A/R	S/I	S/I	S/I
2	S/I	A/R	A/R	V/V
3	V/V	V/V*	-	-
4	S/G	-	-	-
5	A/R	S/I	-	A/R*
6	S/I	S/I*	S/I*	S/I*
7	V/V	V/V*	V/V*	V/V*
8	S/G	S/G*	V/V	-
9	A/R	A/R*	A/R*	A/R*
10	S/I	S/I*	-	S/I*
11	V/V	V/V*	V/V*	V/V*
12	S/G	S/G*	S/G*	-
13	A/R	A/R*	A/R*	A/R*
14	S/I	S/G	S/I*	S/I*
15	V/V	V/V*	V/V*	V/V*
16	S/G	A/R	-	-
17	A/R	S/I	S/I	-
18	S/I	S/I*	S/I*	S/I*
19	V/V	V/V*	V/V*	V/V*
20	S/G	S/G*	S/G*	V/V
21	A/R	A/R*	-	-
22	S/I	S/G	S/G	V/V
23	V/V	V/V*	V/V*	V/V*
24	S/G	S/G*	-	V/V
25	A/R	S/I	A/R*	V/V
26	S/I	-	-	-
27	V/V	V/V*	-	V/V*
28	S/G	-	V/V	-
29	A/R	S/I	-	S/I
30	S/I	S/G	-	S/I*
31	V/V	V/V*	V/V*	V/V*
32	S/G	S/G*	S/G*	S/G*
33	A/R	A/R*	A/R*	-
34	S/I	-	-	-
35	V/V	V/V*	S/I	S/I
36	S/G	S/G*	S/G*	V/V
37	A/R	A/R*	A/R*	A/R*
38	S/I	S/I*	S/I*	S/I*
39	V/V	-	S/I	S/I
40	S/G	-	-	S/I
41	A/R	-	-	-
42	S/I	S/G	S/G	-
43	V/V	A/R	-	-
44	S/G	S/G*	-	-

Continuação da Tabela 14 – Confronto dos resultados obtidos em cada trabalho.

Quantidade de Itens coincidentes		25	19	18
<p>“*” indicam os itens cuja dimensão de agrupamento na análise de validação coincidem com as dimensões a eles atribuídas no modelo teórico; “-” indicam que não se agruparam em nenhuma dimensão após a análise.</p>				

Fonte: o próprio autor.

Analisando-se a proposta da versão original com os resultados obtidos em cada um destes trabalhos, são poucos os itens que concordaram entre si. Dos 44 itens apenas 13 estavam presentes em todos os trabalhos (inclusive na proposta original). Na dimensão Ativo/Reflexivo três itens: 9, 13 e 37. Na dimensão Sensitivo/Intuitivo três itens: 6, 18 e 38. Na dimensão Visual/Verbal seis itens: 7, 11, 15, 19, 23 e 31. Na dimensão Sequencial/Global apenas um item: 32.

Todavia, destaca-se também que o melhor resultado neste sentido (concordância de itens com o modelo teórico) foi o apresentado por este trabalho, o que o permite ser considerado mais confiável que os demais. Por esta razão ele foi tomado como base para a continuidade desta pesquisa.

A partir de então foi criada uma versão reduzida do ILS, composta de vinte e oito questões, com a ajuda de seis juízes: uma psicóloga, uma pedagoga, um técnico em assuntos educacionais (licenciado em física) e três pesquisadores da área de educação em engenharia⁴⁹. Para isto, estes juízes realizaram uma extensa discussão sobre as principais características de cada polo definidas por Felder e Silverman (1988) e por seus precursores, como Myers-Briggs (apud KURI, 2004) e Kolb (1971). Esta revisão baseou-se, prioritariamente, nos itens que obtiveram melhor resultado na primeira análise.

A redução foi efetuada com o propósito de que os usuários não se sentissem cansados com a extensão do teste. Este fato poderia implicar em respostas aleatórias o que prejudicaria a eficiência do teste. A versão idealizada possui cinco itens por dimensão (totalizando vinte questões), porém, como um dos objetivos implícitos na análise exploratória é a redução de itens (HAIR et al., 2006), criou-se uma versão com sete itens por dimensão (totalizando vinte e oito questões) para que se tivesse uma margem de segurança.

Dentre os vinte e cinco itens satisfatórios identificados na análise preliminar não foi possível identificar cinco itens por dimensão (o segundo fator possuía apenas quatro itens satisfatórios). Aliado a isto, optou-se por uma revisão dos itens para que fosse possível

⁴⁹ A psicóloga, a pedagoga e o técnico em assuntos educacionais são especialistas em educação e servidores técnico-administrativos do departamento pedagógico do IFMG *Campus Formiga*.

melhorar as cargas fatoriais de cada questão (o que lhes atribuiria maior confiabilidade) e também melhor ajustar a ocorrência de itens dentro da dimensão específica que o modelo teórico apresenta (o que lhes atribuiria melhor ortogonalidade).

Além da exclusão de alguns itens, também foram propostas mudanças em algumas questões para uma melhor adaptação à cultura brasileira. Esta nova versão pode ser vista a seguir.

Tabela 15 – Novo modelo do questionário.

1 Quando estou aprendendo algum assunto novo, gosto de:
a primeiramente, discuti-lo com outras pessoas.
b primeiramente, refletir sobre ele individualmente.
2 Se eu fosse um professor, eu preferiria ensinar uma disciplina:
a que trate com fatos e situações reais.
b que trate com ideias e teorias.
3 Quando eu penso sobre o que fiz ontem, é mais provável que aflorem:
a imagens.
b palavras.
4 Eu tendo a:
a compreender todos os detalhes de um assunto antes de conectá-los para entender a estrutura geral.
b compreender a estrutura geral de um assunto antes de entender seus detalhes específicos
5 Em um grupo de estudo, trabalhando um material difícil, eu provavelmente:
a tomo a iniciativa e contribuo com ideias.
b assumo uma posição observadora e analiso os fatos.
6 Acho mais fácil aprender:
a a partir de experimentos.
b a partir de conceitos.
7 Eu prefiro obter novas informações através de:
a figuras, diagramas, gráficos ou mapas.
b instruções escritas ou informações verbais.
8 Quando resolvo problemas de matemática, eu:
a usualmente preciso resolvê-los por etapas para então chegar a solução.

Continuação da Tabela 15 – Novo modelo do questionário.

b usualmente antevero a solução, mas às vezes me complico para resolver cada uma das etapas.
9 Nas turmas que já estudei, eu:
a fiz amizade com muitos colegas.
b fui reservado e fiz amizade com alguns colegas.
10 Ao ler textos técnicos ou científicos, eu prefiro:
a algo que me ensine como fazer alguma coisa.
b algo que me apresente novas ideias para pensar.
11 Ao ler um livro:
a eu primeiramente observo as figuras e desenhos.
b eu primeiramente me atendo para o texto escrito.
12 É mais importante para mim que o professor:
a apresente a matéria em etapas sequenciais.
b apresente um quadro geral e relacione a matéria com outros assuntos.
13 Eu prefiro estudar:
a em grupo.
b sozinho.
14 Prefiro a ideia do:
a concreto.
b conceitual.
15 Relembro melhor:
a o que vejo.
b o que ouço.
16 Eu aprendo:
a num ritmo constante, etapa por etapa.
b em saltos. Fico confuso(a) por algum tempo e então, repentinamente, tenho um “estalo”.
17 Quando tenho que trabalhar em um projeto em grupo, eu prefiro que se faça:
a um debate em grupo, primeiramente, onde todos contribuem com ideias.
b primeiro, uma análise individual, seguida de reunião do grupo para comparar as ideias.
18 Prefiro disciplinas que enfatizam:
a material concreto (fatos, dados).
b material abstrato (conceitos, teorias).

Continuação da Tabela 15 – Novo modelo do questionário.

19 Quando busco orientação para chegar a um lugar desconhecido, eu prefiro:
a um mapa.
b instruções por escrito ou faladas.
20 Quando considero um conjunto de informações, provavelmente eu:
a presto atenção mais nos detalhes para só depois observar o quadro geral.
b procuro observar o quadro geral antes de atentar para os detalhes.
21 Normalmente eu sou considerado(a) :
a extrovertido(a).
b reservado(a).
22 Tenho mais habilidade em:
a aplicar bem os conhecimentos que já possuo.
b gerar novos conhecimentos.
23 Quando vejo um diagrama ou esquema em uma aula, relembro mais facilmente:
a a figura.
b o que o professor disse a respeito dela.
24 Quando estou aprendendo um assunto novo, eu prefiro
a concentrar-me exclusivamente no assunto, aprendendo o máximo possível
b tentar estabelecer conexões entre o assunto e outros com ele relacionados
25 Ao estudar para uma prova, eu
a primeiramente, resolvo exercícios ou problemas para depois ler a teoria
b primeiramente, reviso e analiso as referências teóricas para depois resolver exercícios
26 Diante de um problema
a prefiro aplicar estratégias com eficácia já conhecida
b propor novas alternativas para resolve-lo
27 Quando alguém está me mostrando dados, eu prefiro
a diagramas ou gráficos
b texto resumindo os resultados
28 Quando estou resolvendo um problema eu
a primeiramente, penso nas etapas do processo para chegar a solução
b primeiramente, penso nas consequências ou aplicações da solução

Fonte: o próprio autor.

Desta vez foi feito o convite apenas para os 400 indivíduos que voluntariamente responderam a primeira versão. Deste montante, 262 alunos novamente acessaram o questionário *online* (211 da engenharia elétrica e 51 da computação). Esta diminuição dos participantes não causou preocupação, pois, com a redução de questões a amostra ainda foi 9,4 vezes maior que o número de itens – atendendo, novamente com segurança, o critério de Hair et al. (2006) anteriormente citado. Além disto, manteve-se a certeza de que só responderam o teste aqueles estudantes realmente dispostos a contribuir atentamente. Os resultados de sua análise fatorial são apresentados a seguir.

Tabela 16 – Matriz fatorial do ILS novo.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Questão 01	0,402			
Questão 05	0,422			
Questão 09	0,716			
Questão 13	0,606			
Questão 17	0,276			
Questão 21	0,728			
Questão 02		-0,705		
Questão 06		-0,471		
Questão 10		-0,421		
Questão 14		-0,727		
Questão 18		-0,764		
Questão 22		-0,337		
Questão 25		-0,292*		
Questão 03			0,369	
Questão 04			-0,35*	
Questão 07			0,684	
Questão 11			0,491	
Questão 15			0,54	
Questão 19			0,392	
Questão 20			-0,279*	
Questão 23			0,551	
Questão 27			0,73	
Questão 08				0,511
Questão 12				0,421
Questão 16				0,457
Questão 24				0,533
Questão 26				0,482*
Questão 28				0,666

* indica as questões dentro de cada fator que não correspondem a respectiva dimensão conforme o modelo teórico.

Fonte: o próprio autor.

Nota-se que apenas as questões 4, 20, 25 e 26 não se agruparam na dimensão esperada sendo, portanto, descartadas⁵⁰. As questões 3, 17, 19 e 22, também foram eliminadas por apresentarem a menor carga fatorial nas suas respectivas dimensões, todavia, apenas a questão 17 apresentou-se abaixo de 0,3. De todo modo, excluindo-se os dois piores itens de cada fator (tidos como margem de segurança na metodologia adotada) criou-se e validou-se uma nova versão reduzida do ILS com a quantidade desejada de itens (vinte questões) e com 100% de validade fatorial.

A quantidade de vinte itens tem duas razões: primeiro porque se desejava criar uma versão reduzida com aproximadamente metade de itens da versão original e segundo, porque esta era a única quantidade de itens por fator que mantinha inalterado o algoritmo de identificação dos estilos de aprendizagem proposto por Felder e Soloman (1991) e adaptado para nova versão (Anexo 1). Se fosse utilizada uma quantidade par de itens por fator além dos níveis de preferência leve, moderado e forte; surgiria outra opção (a “neutra”). Se fosse utilizada uma quantidade ímpar diferente de itens por fator (superior a cinco e inferior a onze) surgiria um desequilíbrio entre as opções de resultado que representariam os níveis leve, moderado e forte.

Na Tabela 17 se encontra a equivalência ordinal dos itens de cada versão utilizada neste trabalho.

Tabela 17 – Equivalência ordinal dos itens em cada versão.

DIMENSÃO	ILS ANTIGO	ILS NOVO (28 itens)	ILS FINAL (20 itens)
A/R	5	1	1
S/I	6	2	2
V/V	3	3	eliminada
S/G	4	4	eliminada
A/R	9	5	5
S/I	10	6	6
V/V	7	7	3
S/G	12	8	4
A/R	13	9	9
S/I	14	10	10
V/V	11	11	7
S/G	20	12	8
A/R	21	13	13
S/I	18	14	14

⁵⁰ Também não se pode dizer que elas se encaixaram perfeitamente na dimensão aqui exposta, pois, na verdade elas apresentaram altos índices de saturação em duas dimensões (o segundo melhor índice de cada item foi omitido nesta tabela).

Continuação da Tabela 17 – Equivalência ordinal dos itens em cada versão.

V/V	19	15	11
S/G	24	16	12
A/R	33	17	eliminada
S/I	38	18	18
V/V	23	19	eliminada
S/G	28	20	eliminada
A/R	37	21	17
S/I	---	22*	eliminada
V/V	27	23	15
S/G	36	24	16
A/R	17	25	eliminada
S/I	30	26	eliminada
V/V	31	27	19
S/G	44	28	20
* a questão 22 foi construída e não refeita a partir da versão original.			

Fonte: o próprio autor.

Como os itens eliminados não possuíam a mesma posição em cada dimensão eles foram reorganizados de modo que as questões de uma mesma dimensão estivessem espaçadas de quatro em quatro (como na versão original). Este fato intercala as questões não apresentando perguntas de uma mesma dimensão sequencialmente. Assim, obtém-se a versão final do ILS reduzido e validado que é apresentada na Tabela 18.

Tabela 18 – Modelo final do ILS reduzido.

1 Quando estou aprendendo algum assunto novo, gosto de:
a primeiramente, discuti-lo com outras pessoas.
b primeiramente, refletir sobre ele individualmente.
2 Se eu fosse um professor, eu preferiria ensinar uma disciplina:
a que trate com fatos e situações reais.
b que trate com ideias e teorias.
3 Eu prefiro obter novas informações através de:
a figuras, diagramas, gráficos ou mapas.
b instruções escritas ou informações verbais.
4 Quando resolvo problemas de matemática, eu:
a usualmente preciso resolvê-los por etapas para então chegar a solução.
b usualmente antevjo a solução, mas às vezes me complico para resolver cada uma das etapas.

Continuação da Tabela 18 – Modelo final do ILS reduzido.

5 Em um grupo de estudo, trabalhando um material difícil, eu provavelmente:
a tomo a iniciativa e contribuo com ideias.
b assumo uma posição observadora e analiso os fatos.
6 Acho mais fácil aprender:
a a partir de experimentos.
b a partir de conceitos.
7 Ao ler um livro:
a eu primeiramente observo as figuras e desenhos.
b eu primeiramente me atendo para o texto escrito.
8 É mais importante para mim que o professor:
a apresente a matéria em etapas sequenciais.
b apresente um quadro geral e relacione a matéria com outros assuntos.
9 Nas turmas em que já estudei, eu:
a fiz amizade com muitos colegas.
b fui reservado e fiz amizade com alguns colegas.
10 Ao ler textos técnicos ou científicos, eu prefiro:
a algo que me ensine como fazer alguma coisa.
b algo que me apresente novas ideias para pensar.
11 Relembro melhor:
a o que vejo.
b o que ouço.
12 Eu aprendo:
a num ritmo constante, etapa por etapa.
b em saltos. Fico confuso(a) por algum tempo e então, repentinamente, tenho um “estalo”.
13 Eu prefiro estudar:
a em grupo.
b sozinho.
14 Prefiro a ideia do:
a concreto.
b conceitual.
15 Quando vejo um diagrama ou esquema em uma aula, relembro mais facilmente:
a a figura.

Continuação da Tabela 18 – Modelo final do ILS reduzido.

b o que o professor disse a respeito dela.
16 Quando estou aprendendo um assunto novo, eu prefiro:
a concentrar-me exclusivamente no assunto, aprendendo o máximo possível.
b tentar estabelecer conexões entre o assunto e outros com ele relacionados.
17 Normalmente eu sou considerado(a) :
a extrovertido(a).
b reservado(a).
18 Prefiro disciplinas que enfatizam:
a material concreto (fatos, dados).
b material abstrato (conceitos, teorias).
19 Quando alguém está me mostrando dados, eu prefiro:
a diagramas ou gráficos.
b texto resumindo os resultados.
20 Quando estou resolvendo um problema eu:
a primeiramente penso nas etapas do processo para chegar a solução.
b primeiramente penso nas consequências ou aplicações da solução.

Fonte: o próprio autor.

Para fins de confirmação dos resultados foi realizada ainda uma nova análise fatorial apenas com os vinte itens pertencentes a versão final do ILS reduzido. Os resultados podem ser vistos na Tabela 19.

Tabela 19 – Matriz fatorial do ILS novo reduzido.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Questão 01	0,447			
Questão 05	0,404			
Questão 09	0,767			
Questão 13	0,63			
Questão 21	0,75			
Questão 02		0,732		
Questão 06		0,462		
Questão 10		0,432		
Questão 14		0,745		
Questão 18		0,773		
Questão 07			-0,72945	
Questão 11			-0,52491	

Continuação da Tabela 19 – Matriz fatorial do ILS novo reduzido.

Questão 15			-0,53313	
Questão 23			-0,59455	
Questão 27			-0,78111	
Questão 08				0,631
Questão 12				0,342
Questão 16				0,532
Questão 24				0,577
Questão 28				0,675
* a numeração das questões corresponde a versão ILS NOVO (28 itens)				

Fonte: o próprio autor.

Pode-se concluir, portanto, que todos os itens analisados se enquadram perfeitamente na dimensão prevista pelo modelo teórico. Além disto, nenhum item apresentou carga fatorial abaixo do valor admissível.

Para confirmar estes resultados mediu-se a confiabilidade (consistência interna) de cada dimensão da amostra através do alfa *de Cronbach*. Esta métrica verifica a homogeneidade dos itens perante um mesmo fator latente (dimensão). Segundo Felder e Spurlin (2005) para testes comportamentais são aceitos valores de alfa a partir de 0,5. Os índices obtidos são vistos na Tabela a seguir.

Tabela 20 – Alfa de *Cronbach* para a versão final reduzida.

Fator	A/R	S/I	V/V	S/G
<i>Alpha</i>	0,60	0,65	0,66	0,48

Fonte: o próprio autor.

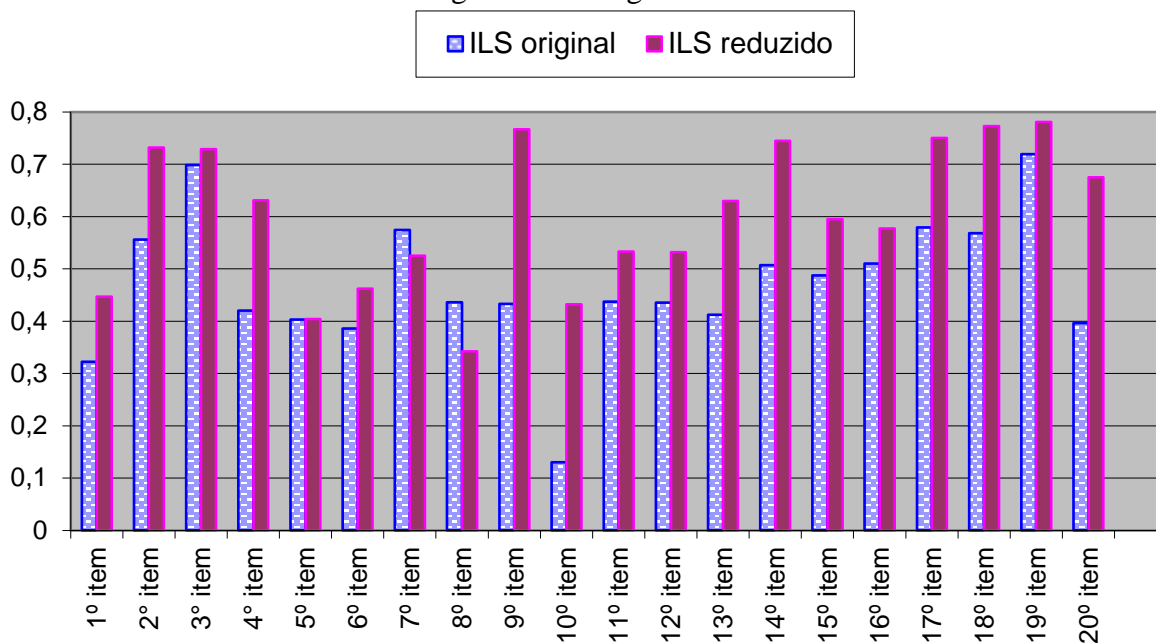
Todos os valores apresentaram-se superiores ao índice exigido, exceto a quarta dimensão que embora tenha se apresentado abaixo do mínimo estava muito próxima a ele.

Observa-se ainda que ao se considerar os vinte e cinco itens satisfatórios da versão original avaliada por este trabalho, a sua maioria, que representou 68% do total, apresentou carga fatorial modular abaixo de 0,5. Ou seja, muito próximo ao mínimo admissível (0,3) – sendo a média do grupo de 0,464 e a mediana de 0,436.

Por outro lado ao se considerar os vinte itens da nova versão reduzida (já excluídos os itens da margem de segurança) a sua maioria, que representou 75% do total, apresentou carga fatorial modular acima de 0,5. Sendo que a maior parte dos itens da amostra oscilou entre 0,7 e 0,8 – a média do grupo foi de 0,603 e a mediana de 0,612.

Portanto, conclui-se que além de construir e validar uma nova versão reduzida do ILS com cinco questões por fator, a qualidade dos seus itens é muito superior a apresentada pela sua primeira versão traduzida para o português (como mostra a Figura 65).

Figura 65 – Carga fatorial dos itens.



Fonte: o próprio autor.

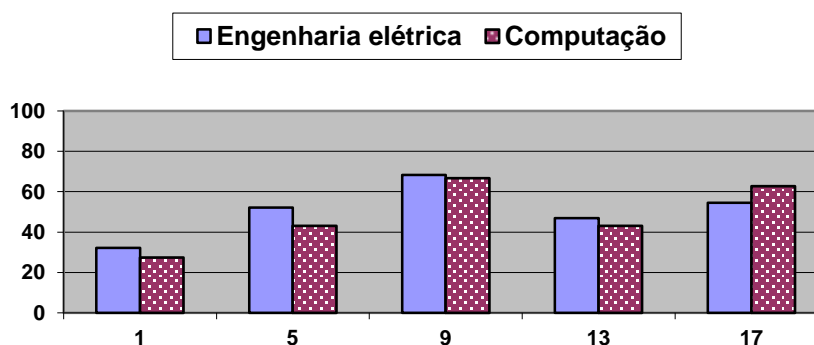
A sequência observada ilustra a melhoria obtida com este trabalho. No eixo das abscissas está representada a numeração ordinal do questionário final reduzido (em rosa). O item equivalente do questionário original que a gerou está em azul (hachurado). Neste gráfico foram atribuídos os valores dos itens 1 e 10 conforme as suas respectivas dimensões (no questionário original eles correspondiam aos itens 5 e 14), porém, sua carga fatorial mais significativa apresentada na Tabela 13 foi referente a um fator que não os pertencia (elas não faziam parte, portanto, dos vinte e cinco itens satisfatórios). Foram omitidos também os itens satisfatórios que excederam o total de vinte no questionário original, mas não foram utilizados na versão reduzida. De todo modo fica visualmente evidente a melhoria da nova versão desenvolvida perante a sua precursora.

4.3 Conclusão do capítulo

Para não deixar dúvidas de que os alunos de ambas as áreas (engenharia e computação) apresentavam perfis semelhantes e que esta diversidade não poderia invalidar o

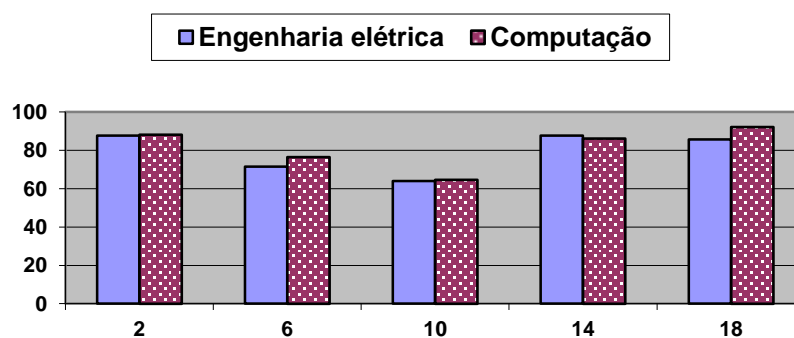
estudo, foi feita uma análise separada para cada um destes grupos observando seus perfis individuais de aprendizagem. A seguir encontram-se os gráficos sobrepostos com o percentual de respostas de cada grupo para a alternativa “a” de cada questão (na versão nova reduzida com vinte itens).

Figura 66 – Gráfico da dimensão Ativo/Reflexivo.



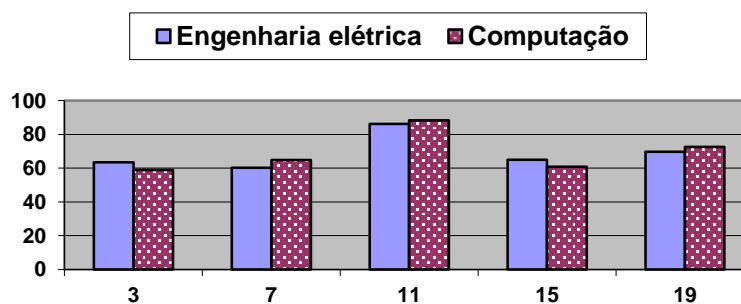
Fonte: o próprio autor.

Figura 67 – Gráfico da dimensão Sensorial/Intuitivo.



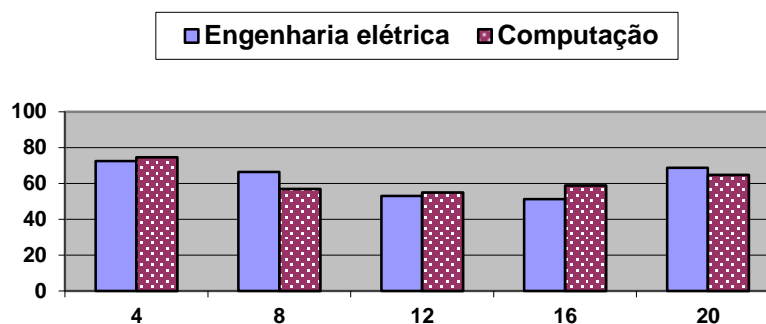
Fonte: o próprio autor.

Figura 68 – Gráfico da dimensão Visual/Verbal.



Fonte: o próprio autor.

Figura 69 – Gráfico da dimensão Sequencial/Global.



Fonte: o próprio autor.

Pelos gráficos de cada dimensão, observa-se que os resultados obtidos para os alunos dos dois cursos são muito parecidos. Sendo assim, pode-se concluir que estes alunos (aqui classificados como de ciências exatas) tendem a ter o mesmo perfil de aprendizagem.

Destaca-se ainda que a metodologia utilizada para coleta dos dados tem papel decisivo em amostras comportamentais. Para comprovar este fato foi feita uma nova análise, utilizando o ILS com 28 itens, com 153 alunos de engenharia elétrica da Universidade Estadual Paulista (UNESP – *Campus* Ilha Solteira). Nesta oportunidade a participação também era voluntária, porém exigia menor iniciativa do participante (comparado ao método anterior no qual ele deveria acessar a *internet* em uma oportunidade extra-sala). As aulas eram interrompidas e todos os presentes, atendendo a solicitação do professor da sala, do autor e do orientador deste trabalho, respondiam ao teste naquele instante.

Ao realizar a análise exploratória desta amostra somada aos 262 estudantes anteriores verificou-se que a carga fatorial da maioria dos itens foi reduzida. Quando analisada isoladamente não foi mais possível observar uma estrutura fatorial bem definida como anteriormente.

Em relação ao alfa de *Cronbach* constatou-se que se tratava, também, da pior margem de confiabilidade.

Tabela 21 – Alfa de *Cronbach* para a amostra de 153 estudantes.

Fator	A/R	S/I	V/V	S/G
<i>Alpha</i>	0,41	0,53	0,44	0,51

Fonte: o próprio autor.

Evidencia-se, então, que uma participação “forçada” pode influenciar, em maior ou menor escala, os resultados obtidos.

Enfatiza-se que para a análise da versão original foram convidados aproximadamente 910 indivíduos, dos quais apenas 400 acessaram o sistema voluntariamente (~ 44%). Para a análise da nova versão foram convidados novamente os primeiros 400 voluntários, dos quais apenas 262 acessaram mais uma vez o sistema. Acredita-se que os excedentes destas amostras poderiam promover respostas aleatórias e a análise seria comprometida – o que se evidenciou no estudo de caso realizado na UNESP.

Portanto, demonstra-se que testes deste gênero são muito sensíveis aos ruídos promovidos por respostas aleatórias o que justifica a construção e validação de uma versão brasileira reduzida do ILS, evitando que os usuários sintam-se cansados ou desmotivados pela extensão do instrumento. Além disto, levanta-se a hipótese de que os demais estudos de validação já realizados para o ILS podem também ter sofrido alguma influência em virtude desta característica metodológica.

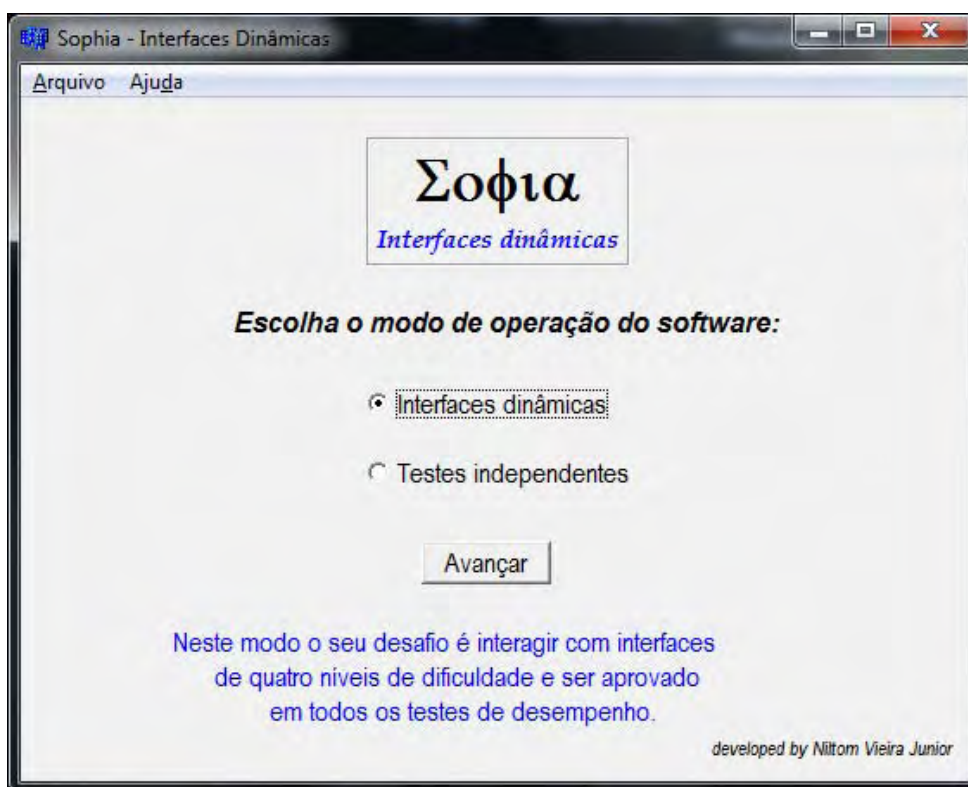
No Apêndice A podem ser vistos os perfis dos estudantes de engenharia identificados após a validação do teste assim como algumas características longitudinais por eles sofridas ao longo da graduação. Estes resultados trazem importantes dados para a realização de outros estudos sobre o ensino de engenharia.

A seguir, no Capítulo 5, faz-se uso de todas as contribuições às teorias fundamentais a este trabalho para propor uma nova concepção construtiva para objetos de aprendizagem.

5. PLANEJAMENTO DE INTERFACES EDUCACIONAIS PARA O ENSINO DE ENGENHARIA

A proposta deste trabalho para o planejamento de interfaces dinâmicas implica em uma tentativa de atender as métricas/normas apresentadas no Capítulo 2 (como por exemplo, a NBR13596) e na utilização de uma nova metodologia proveniente da convergência entre as teorias dos estilos de aprendizagem e dos modelos mentais para a construção de um ambiente virtual de aprendizagem aqui chamado por Sophia⁵¹, que é apresentado na Figura 70.

Figura 70 – Tela inicial.



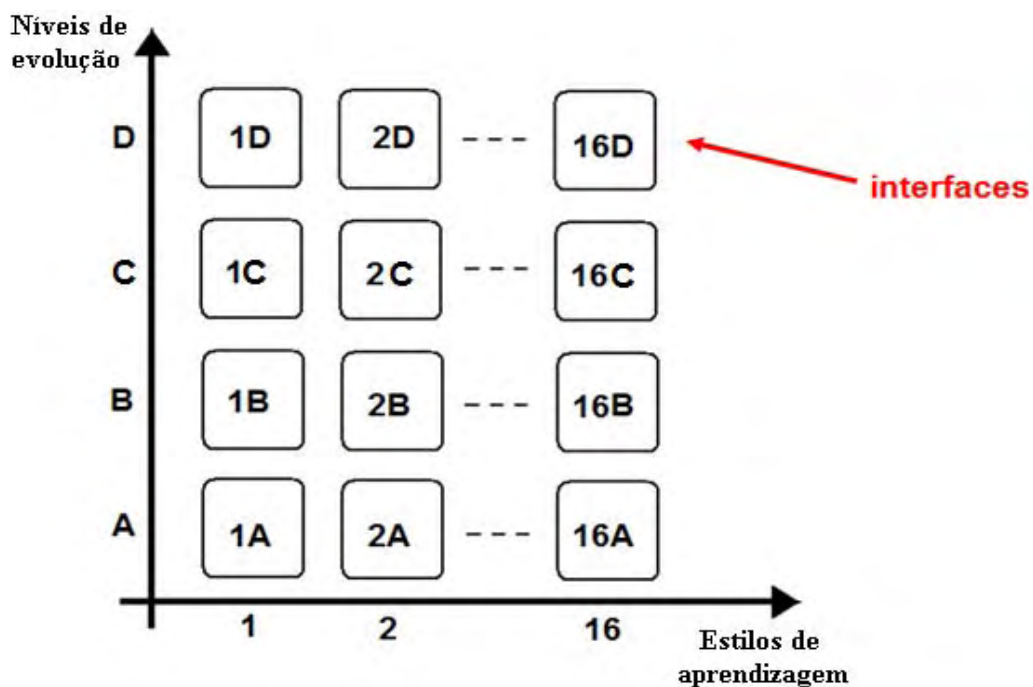
Fonte: o próprio autor.

Propõe-se que o planejamento de interfaces contemple o desenvolvimento de um sistema adaptativo que atue horizontal (considerando os dezesseis estilos de aprendizagem existentes no modelo adotado) e verticalmente (considerando os quatro níveis de evolução dos

⁵¹ “Sophia”, do grego, significa “sabedoria” e a sua grafia no idioma original utiliza caracteres comumente utilizados em matemática. Estas razões motivaram a escolha do nome.

modelos mentais) segundo as considerações de Campos, Rocha e Campos (1998)⁵² e conforme os fatores indicados por Norman (1983)⁵³ e por Kleer e Brown (1983)⁵⁴ para produção de modelos conceituais. Este esquema é representado na Figura 71.

Figura 71 – Interfaces adaptativas.



Fonte: o próprio autor.

O sistema possui 64 interfaces de “conteúdo”, sendo 16 para cada um dos 4 níveis hierárquicos de modelo mental a que se refere o objeto de estudo (os níveis são designados pelas letras A, B, C e D na Figura 71). Cada uma destas interfaces apresenta conceitos teóricos, exemplos, modelagem matemática, exercícios, vídeos, animações e simulações conforme o conteúdo do seu respectivo nível (sendo a composição de cada interface função das particularidades de cada um dos 16 estilos de aprendizagem).

O conteúdo abordado no nível 1, por exemplo, é apresentado de 16 diferentes maneiras sendo cada uma delas composta pela combinação de distintas estratégias didáticas. A partir da aplicação do N-ILS o sistema irá definir qual das 16 interfaces deve ser exibida. Após estudá-la, caso o sistema verifique que o estudante não obteve sucesso na compreensão

⁵² Projeto de uma rede semântica; dispositivos de navegação para informar ao usuário sua localização e possíveis trilhas; *help on-line* ou ajuda inteligente; interface adaptativa para modificar o ambiente para usuário individual; aconselhamento adaptativo; modelagem do conhecimento sugerindo caminhos.

⁵³ Sistema de crenças; observabilidade; potência preditiva.

⁵⁴ Consistência; correspondência; robustez.

deste conteúdo, será escolhida automaticamente outra interface de mesmo nível para uma nova tentativa. É como se existissem 16 diferentes explicações do professor para um mesmo assunto. O *software* é que definirá qual delas é a mais apropriada conforme o perfil do estudante e as dúvidas apresentadas por ele durante a navegação.

O AVA Sophia não se configura como um sistema meramente avaliativo, tampouco algo que substitua os métodos tradicionais de ensino. Trata-se de um sistema de tutoria automática que permite individualizar a aprendizagem auxiliando o estudo extraclasse de modo a corrigir as falhas particulares de aprendizagem.

A partir do momento em que a compreensão for satisfatória o sistema conduz o estudante a um nível superior e novamente irá apresentar uma (ou mais) das 16 interfaces até que o entendimento do novo tópico seja alcançado. Este procedimento é repetido até que se atinja o último (quarto) nível hierárquico. O objeto de estudo na sala de aula deve ser justamente aquele que corresponde ao último nível, sendo os níveis anteriores os pré-requisitos para sua compreensão.

Para verificar a compreensão atingida após a interação com cada interface o estudante realiza um “teste de conteúdo”, baseado na Teoria de Resposta ao Item (TRI), que irá quantificar a sua evolução cognitiva de modo individualizado. Esta análise indicará se é necessário prover uma nova explicação do mesmo conteúdo (trocando a interface) para sanar dúvidas ainda existentes ou se já é possível progredir de nível verticalmente.

Não necessariamente o estudante fará a sua primeira interação com interfaces de nível 1. Após responder o N-ILS ele fará um “teste de nível” que indicará sua maturidade cognitiva perante o assunto. Portanto, pode ser que ele inicie as interações em níveis superiores. Como o AVA configura-se como um “ambiente de estudo” este fato também permite a individualização no sentido de que cada estudante poderá progredir no seu próprio ritmo.

Observa-se ainda que a lógica de funcionamento do *software* é genérica podendo ser desenvolvidas interfaces para os mais variados conteúdos, desde que sejam respeitados os padrões construtivos de cada interface em conformidade com os níveis hierárquicos e os estilos de aprendizagem.

Na estrutura apresentada, considerando-se que para concluir o ciclo de uma lição um aluno necessite passar por todos os níveis hierárquicos (de 1 a 4) e desconsiderando-se eventuais critérios de seleção, existirão 65.536⁵⁵ possíveis combinações de trajetos a serem dinamicamente adaptados a cada perfil de estudante.

⁵⁵ Existem dezesseis possibilidades em cada um dos quatro níveis, portanto, $16^4 = 65.536$ combinações.

Toda a lógica de operação, a composição das interfaces, os métodos utilizados nos testes de “nível” e de “conteúdo” e outras particularidades são explicados detalhadamente nos itens a seguir.

5.1 O novo ILS (N-ILS)

Na lógica proposta aplica-se a nova versão do ILS na primeira execução do *software*, Figura 72, para identificar a posição horizontal do usuário conforme o seu estilo de aprendizagem. Posteriormente aplica-se um teste de nível que identificará sua posição vertical conforme o modelo mental em uso (a ser detalhado no item 5.2).

Figura 72 – O ILS.

Sophia - Interfaces Dinâmicas

Σοφία
Interfaces dinâmicas

Escolha apenas uma alternativa para cada questão (a que mais se adapta a você):

ILS

- 1) Quando estou aprendendo algum assunto novo, gosto de:
 - primeiramente, discuti-lo com outras pessoas.*
 - primeiramente, refletir sobre ele individualmente.*
- 2) Se eu fosse um professor, eu preferiria ensinar uma disciplina:
 - que trate com fatos e situações reais.*
 - que trate com ideias e teorias.*
- 3) Eu prefiro obter novas informações através de:
 - figuras, diagramas, gráficos ou mapas.*
 - instruções escritas ou informações verbais.*
- 4) Quando resolvo problemas de matemática, eu:
 - usualmente preciso resolvê-los por etapas para então chegar a solução.*
 - usualmente antevjo a solução, mas às vezes me complico para resolver cada uma das etapas.*
- 5) Em um grupo de estudo, trabalhando um material difícil, eu provavelmente:
 - tomo a iniciativa e contribuo com ideias.*
 - assumo uma posição observadora e analiso os fatos.*

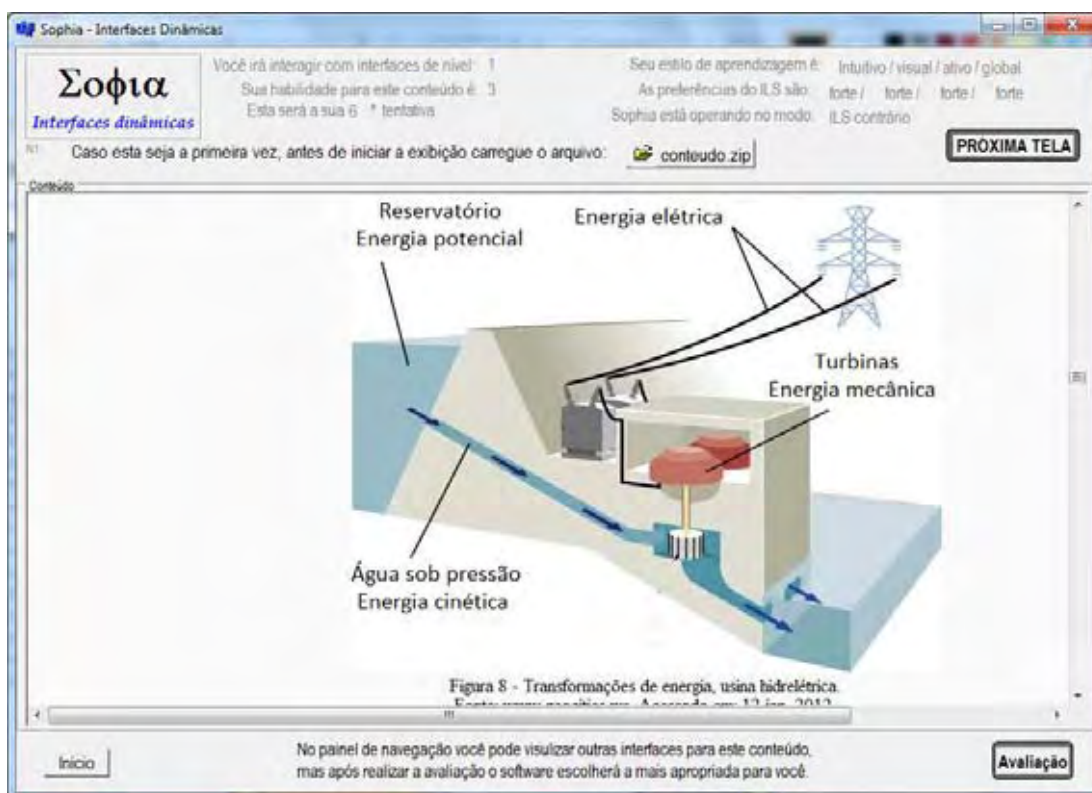
Fonte: o próprio autor.

Acredita-se que a utilização de um estilo preferencial em atendimento ao aluno pode contribuir com a questão da evasão escolar, adotando a hipótese de que um percentual dos índices evasivos possa ser atribuído à ausência de aprendizagem. Entretanto, há de se considerar que o fato de propiciar distintas habilidades ao estudante, exercitando suas características não naturais, é imprescindível para a atualização do perfil profissional uma vez que se espera engenheiros cada vez mais dinâmicos. Esta ideia é compartilhada por Felder e Spurlin (2005).

Assim, a proposta não consiste em adaptar a interface continuamente às preferências de aprendizagem identificadas pelo ILS. Ao contrário, sugere-se contrariar os estilos de aprendizagem (todos os polos para as quatro dimensões) justamente para exercitar habilidades distintas e, somente nos casos de insucesso, ir promovendo a adaptação progressiva para que a aprendizagem não se torne desmotivada.

A Figura 73 apresenta a tela de exibição de interfaces que informa ao usuário: o nível da interface em utilização, sua habilidade obtida no teste de nível, a quantidade de tentativas já realizadas, o estilo de aprendizagem obtido no ILS, os níveis de preferência do ILS e o modo de operação do *software* (ILS contrário ou ILS ideal).

Figura 73 – Tela de exibição.



Fonte: o próprio autor.

A troca de interface deverá ocorrer essencialmente após uma avaliação insatisfatória no “teste de conteúdo” (descrito no item 5.3) sempre realizado após completar cada navegação. Esta reprovação representa a incompatibilidade entre modelo mental e conceitual (interface) ao utilizar um determinado estilo de aprendizagem “não preferencial”.

Tais trocas devem priorizar os polos de maior preferência no ILS para que as novas interfaces apresentem convergência mais rápida às características naturais do aluno. Esta será a configuração *default* do sistema.

Por exemplo, um estudante que possua o estilo de aprendizagem intuitivo/visual/ativo/global (com as respectivas preferências moderada/**forte**/leve/leve) terá como primeira interface de conteúdo uma combinação totalmente oposta: sensorial/verbal/reflexivo/sequencial.

Sabe-se que, ao contrariar seu ILS, a probabilidade de insucesso é alta. Todavia, esta estratégia busca justamente exercitar no aluno habilidades que ele naturalmente não possui. Para não desmotivá-lo com sucessivas reprovadas no “teste de conteúdo”, a troca de interface terá como prioridade o maior nível de preferência apresentado. Assim a este aluno seria exibida uma segunda interface com a composição sensorial/**visual**/reflexivo/sequencial (observa-se que o polo “visual” identificado como o mais forte no ILS é o primeiro a ser substituído).

No caso de preferências iguais para dois ou mais polos a troca obedecerá a sequencia natural das dimensões de aprendizagem adotadas por Felder e Silverman (1988): percepção, entrada, processamento e entendimento.

Sob orientação do professor, o usuário poderá alterar a configuração *default* o que permite que a primeira iteração seja realizada imediatamente com o ILS ideal. A lógica para ambas as condições de operação (assim como seus respectivos fluxogramas) são apresentados a seguir.

Considerando o modo *default* (ILS contrário):

- 1º iteração: usar ILS totalmente inverso, se a avaliação de conteúdo for satisfatória conduz-se o usuário para o nível seguinte, senão;
- 2º iteração: mudar o polo mais forte, se a avaliação de conteúdo for satisfatória conduz-se o usuário para o nível seguinte, senão;
- 3º iteração: mudar o próximo polo mais forte, se a avaliação de conteúdo for satisfatória conduz-se o usuário para o nível seguinte, senão;

- 4º iteração: mudar o próximo polo mais forte, se a avaliação de conteúdo for satisfatória conduz-se o usuário para o nível seguinte, senão;
- 5º iteração: mudar o próximo polo mais forte (agora chega-se no ILS ideal).

E admitem-se as seguintes possibilidades:

- Se o usuário for aprovado no teste de desempenho até a quinta iteração, mantém-se o perfil ILS como referência para o próximo nível (sendo a primeira interface mais uma vez totalmente oposta a ele), pois, o objetivo do AVA é justamente este (equilibrar os polos e proporcionar bons desempenhos, preferencialmente, com outros perfis);
- Se o usuário for reprovado inclusive no ILS ideal ele será informado quanto ao procedimento adotado e sobre o seu perfil de aprendizagem, indicando ainda as possíveis falhas nos pré-requisitos para este conteúdo. O sistema perguntará se o usuário deseja usar o modo aleatório para escolha de interfaces ou progredir assim mesmo para o nível superior;
- Se o usuário for aprovado em qualquer interface no modo aleatório sua configuração atual em termos de perfil de aprendizagem não será adotada como substituta ao ILS (que será novamente a referência para o próximo nível). Isto porque não há como mensurar se as reprovações anteriores foram ocasionadas por falta de pré-requisitos. Além disto, deve-se considerar que, embora não seja infalível, o novo ILS apresenta maior confiabilidade;
- Se o usuário for reprovado em todas as dezesseis interfaces do seu nível será gerado outro aviso de que se esgotaram as possibilidades e será reforçada a necessidade de se estudar os pré-requisitos (agora fortemente considerados como falhos). Serão dadas as seguintes opções: nova realização do ILS e teste de nível ou progredir assim mesmo para o nível superior.

Agora observa-se a lógica quando o modo de operação é alterado para a configuração ILS ideal:

- 1º iteração: usar ILS ideal, se a avaliação de conteúdo for satisfatória conduz-se o usuário para o nível seguinte, senão;
- 2º iteração: mudar o polo mais fraco, se a avaliação de conteúdo for satisfatória conduz-se o usuário para o nível seguinte, senão;
- 3º iteração: mudar o próximo polo mais fraco, se a avaliação de conteúdo for satisfatória conduz-se o usuário para o nível seguinte, senão;

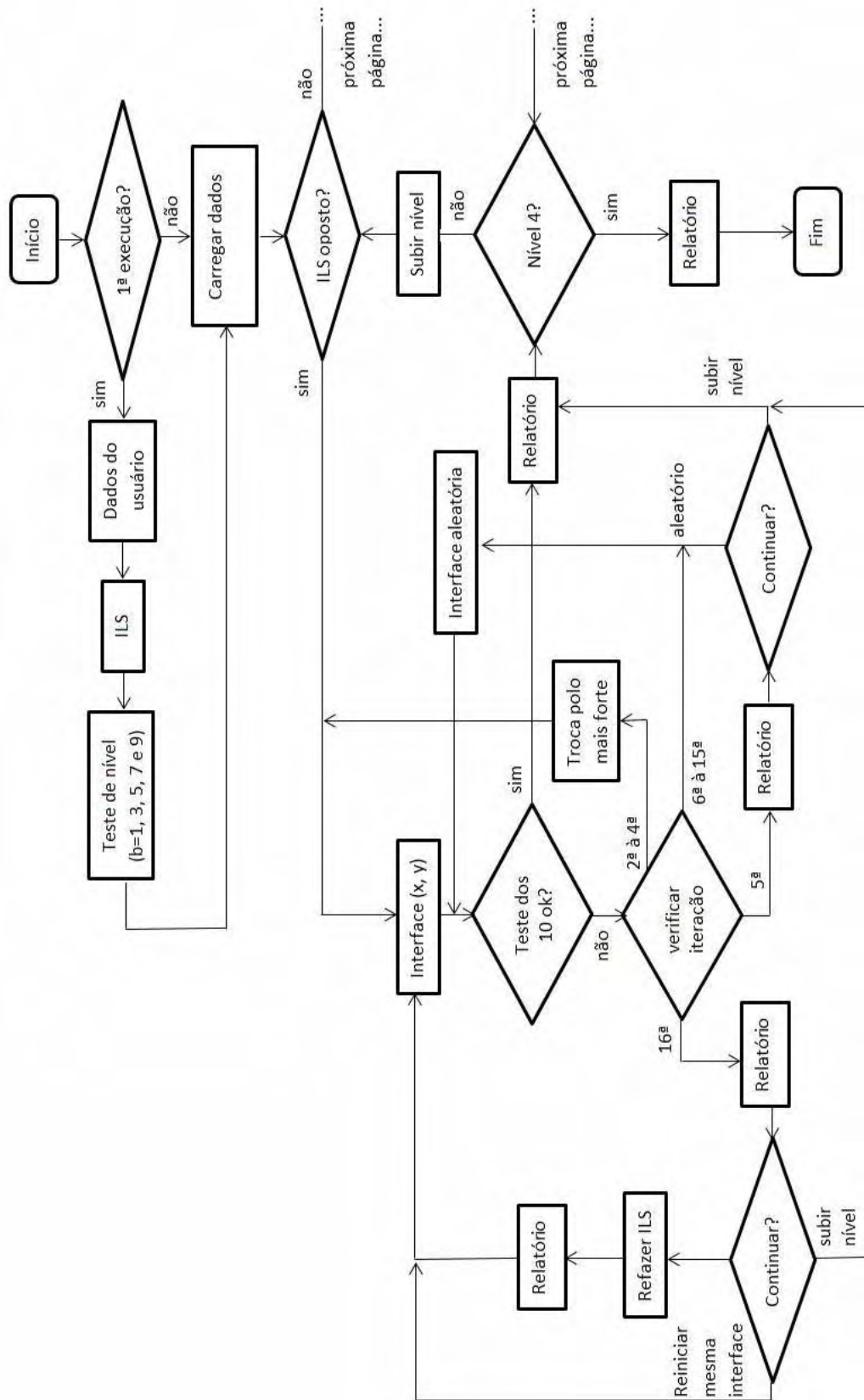
- 4º Iteração: mudar o próximo polo mais fraco, se a avaliação de conteúdo for satisfatória conduz-se o usuário para o nível seguinte, senão;
- 5º Iteração: mudar o próximo polo mais fraco (agora chega-se ao ILS totalmente inverso).

Neste caso, altera-se o polo de menor preferência pois já estando no ILS ideal as mudanças causarão um efeito menos “agressivo” do ponto de vista das preferências de aprendizagem. E admitem-se, agora, as seguintes possibilidades:

- Se o usuário for aprovado no teste de desempenho até a quinta iteração, mantém-se o perfil ILS como referência para o próximo nível mesmo que o "ideal" pareça equivocado. Isto porque não há como mensurar se as reprovações anteriores foram ocasionadas por respostas aleatórias ao ILS. De todo modo, como esta lógica altera inicialmente os polos de menor significância a este perfil, ele não será muito distante do idealizado (e mesmo que seja ainda assim estará exercitando outras habilidades o que, implicitamente, é a melhor concepção aqui defendida);
- Se o usuário for reprovado inclusive no ILS totalmente inverso ele será informado quanto ao procedimento adotado e sobre o seu perfil de aprendizagem, indicando ainda as possíveis falhas nos pré-requisitos para este conteúdo (desta vez como sendo ainda mais evidentes). O sistema perguntará se o usuário deseja usar o modo aleatório ou progredir assim mesmo para o nível superior;
- Se o usuário for aprovado em qualquer interface no modo aleatório, assim como na configuração *default*, o perfil ILS irá se manter como referência para o próximo nível (acreditando que nesta situação a falha foi de pré-requisitos);
- Se o usuário for reprovado em todas as dezesseis interfaces, assim como na configuração *default*, será gerado outro aviso e dadas as mesmas opções anteriormente citadas (exceto que se o usuário optar por reiniciar o sistema a primeira interface é a que corresponde ao ILS ideal).

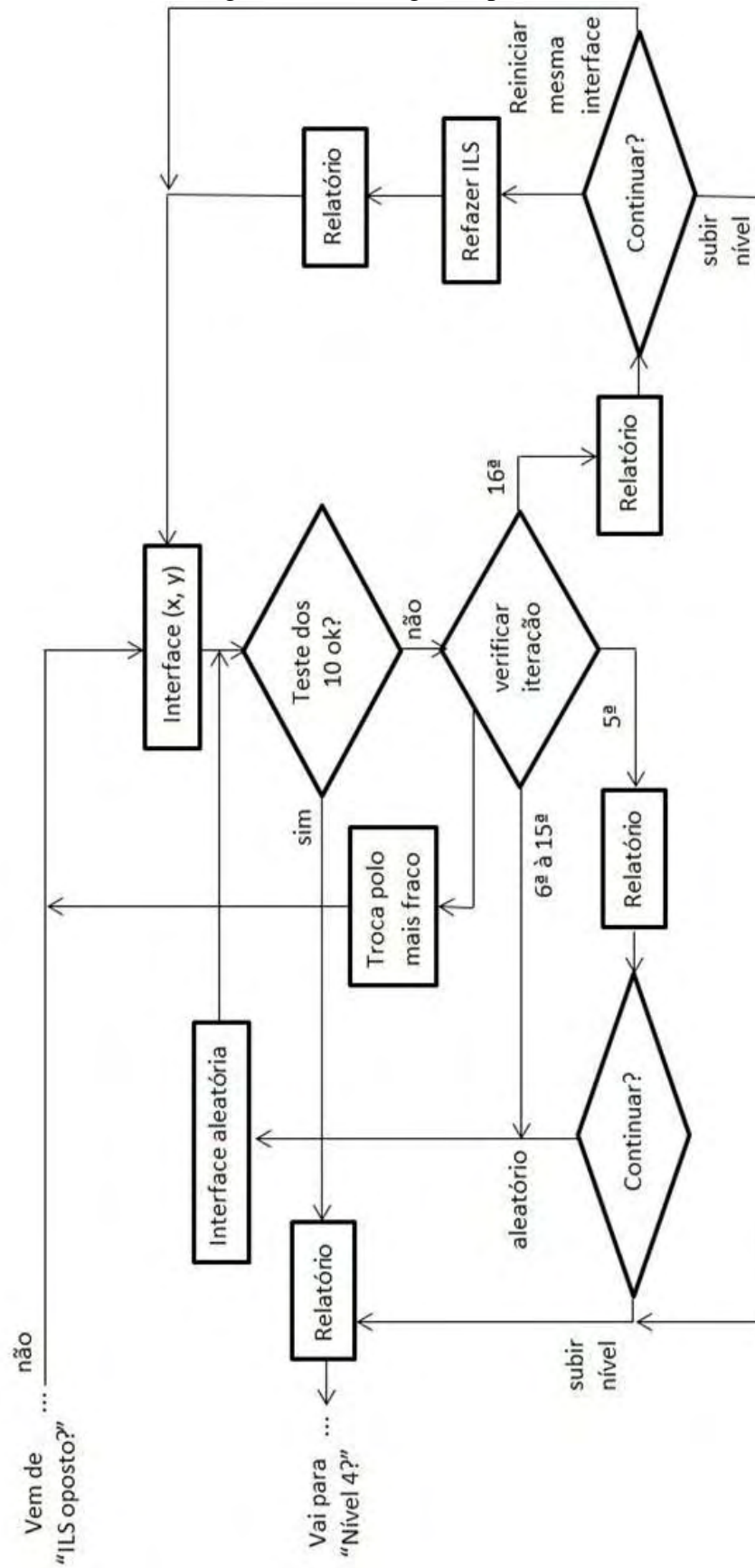
A seguir apresenta-se o fluxograma do *software* desenvolvido.

Figura 74 – Fluxograma parte 1.



Fonte: o próprio autor.

Figura 75 – Fluxograma parte 2.



Fonte: o próprio autor.

Ao utilizar, nesta lógica, o N-ILS deve-se observar que embora ele tenha sido adequadamente validado não há, como apontado por Felder e Spurlin (2005), um teste de categorização totalmente infalível. Contudo, mesmo sem estimativas formais, a maior probabilidade de sua “falha” é nos casos em que as preferências para os polos são do tipo “moderada”. Ainda assim este fato não é um problema, pois, o equilíbrio das habilidades reflete justamente o comportamento esperado e qualquer variação em torno deste perfil será ainda uma contribuição às habilidades novas.

Via menus é possível também selecionar o modo “Palestra” onde a troca de interfaces não segue nenhuma lógica pré-estabelecida, mas sim o interesse do professor. Desta forma pode-se utilizar o sistema para escolher interfaces que pareçam mais apropriadas e utilizá-las, por exemplo, para explanações durante uma aula (Figura 76).

Figura 76 – Modo palestra.

Modo palestra

Energia

Segundo Markus (2008) energia é uma grandeza que caracteriza um sistema físico, mantendo o seu valor independente das transformações que ocorrem nesse sistema, expressando, também, a capacidade de modificar o estado de outros sistemas com os quais interage, ou seja, é a capacidade que um corpo tem de realizar determinado trabalho.

A principal característica da energia é sua conservação. Ela não pode ser criada, não pode ser destruída, só pode ser transformada. Sempre que uma quantidade de energia é necessária para alguma atividade, essa energia deve ser obtida por meio de transformações, a partir de outra forma já existente (Figura 1) (SIGNORELLI, 2003).

Figura 1 - Transformações de energia
Fonte: www.energiasnaorenovaveis.com. Acessado em: 05 jan. 2012.

01 - Sensorial/visual/ativo/sequencial
02 - Sensorial/visual/reflexivo/sequencial
03 - Sensorial/verbal/ativo/sequencial
04 - Sensorial/verbal/reflexivo/sequencial
05 - Sensorial/visual/ativo/global
06 - Sensorial/visual/reflexivo/global
07 - Sensorial/verbal/ativo/global
08 - Sensorial/verbal/reflexivo/global

Nível 4: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
Nível 3: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
Nível 2: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
Nível 1: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

09 - Intuitivo/visual/ativo/sequencial
10 - Intuitivo/visual/reflexivo/sequencial
11 - Intuitivo/verbal/ativo/sequencial
12 - Intuitivo/verbal/reflexivo/sequencial
13 - Intuitivo/visual/ativo/global
14 - Intuitivo/visual/reflexivo/global
15 - Intuitivo/verbal/ativo/global
16 - Intuitivo/verbal/reflexivo/global

conteudo.zip limpar tela início

Fonte: o próprio autor.

Como não se prevêem, inicialmente, versões diferenciadas do AVA, as opções “ILS ideal” e “Palestra” não terão acesso protegido sendo exibido apenas um aviso de que a lógica sugerida para estudantes é a *default* (“Novas habilidades”). O *software* é acompanhado de um tutorial que esclarece em detalhes as aplicações de cada modo e todo seu funcionamento.

Os tópicos a seguir se dedicam ao detalhamento do “teste de nível” (para identificar qual o nível hierárquico inicial do aluno) e do “teste de conteúdo” (que verifica sua aptidão para evoluir de nível após cada navegação de conteúdo).

5.2 Testes adaptativos informatizados (TAI's)

O teste adaptativo é um método no qual questões com diferentes níveis de dificuldade são administradas em indivíduos com diferentes níveis de habilidade e do qual se pode verificar a evolução da aprendizagem numa perspectiva individual. Quando utilizado em caráter avaliativo permite, por exemplo, valorizar a nota do aluno que obtém sucesso em uma questão com nível de dificuldade maior que sua habilidade e vice-versa (considerando um aluno que fracassa em uma questão com nível de dificuldade menor que sua habilidade). Por exemplo, um aluno de habilidade “x” que acerta uma questão de dificuldade “x+1” demonstrou maior desenvolvimento cognitivo, ao longo de uma lição, do que um aluno de habilidade “x+1” ao acertar a mesma questão.

Oliveira (2002) apresenta o histórico, a evolução, os primeiros TAI's propostos pela literatura, suas propriedades e a tendência da utilização da Teoria de Resposta ao Item (TRI), também adotada neste trabalho, no desenvolvimento de testes deste tipo.

A TRI é um conjunto de modelos estatísticos usados para fazer predições, estimativas ou inferências sobre as habilidades (ou competências) medidas em um teste por meio da correspondência entre a pontuação obtida por um estudante e os itens a ele fornecidos (HAMBLETON; SWAMINATHAN, 1985 apud OLIVEIRA, 2002). Testes adaptativos, baseados na TRI, “têm promovido o desenvolvimento de modelos matemáticos que têm levado a resultados muito importantes no que diz respeito à descrição das características pessoais no contexto de uma avaliação” (OLIVEIRA, 2002).

Podem ser utilizados modelos da TRI de um, dois ou três parâmetros para constituição de um TAI, o qual será definido pela especificação dos itens que compõem o banco de questões. O primeiro modelo considera apenas o parâmetro dificuldade “b” do item; o segundo modelo considera também o parâmetro discriminabilidade “a” que representa a capacidade que um item possui de discriminar indivíduos com níveis de habilidade muito próximos; o terceiro modelo, além dos dois parâmetros anteriores, utiliza o parâmetro adivinhação “c” que representa a probabilidade de um aluno com baixa habilidade fornecer uma resposta correta ao acaso (KREITZBERG et al., 1978 apud OLIVEIRA, 2002).

Considerando os objetivos educacionais deste trabalho o modelo de um parâmetro já é suficiente para o que se propõe, pois:

- Por existirem, no máximo, quatro níveis hierárquicos (baseados na evolução dos modelos mentais) a precisa discriminação entre níveis torna-se desnecessária. Esta medida, comumente definida entre 0 e +2, tornar-se-á significativa apenas para os casos em que uma quantidade de níveis exija limiares muito bem definidos⁵⁶;
- Mesmo que em um item com quatro alternativas haja a probabilidade de 25% de acerto para uma escolha aleatória do usuário, a chance de sucesso ao fim de uma série de itens torna-se menor quanto maior a quantidade de questões. Por exemplo, a probabilidade de adivinhar todas as respostas em dez itens com quatro alternativas cada é de $\left(\frac{1}{4}\right)^{10} = 9,54.10^{-7} = 0,0000954\%$;
- O custo computacional para os modelos de dois e três parâmetros não justifica a melhoria obtida quando comparada aos propósitos da aplicação;
- Como a intenção é democratizar este AVA, permitindo que os próprios professores construam suas interfaces e os seus bancos de itens, uma maior quantidade de variáveis a ser definida para a elaboração das questões pode implicar em erros intrínsecos que invalidem as vantagens supostamente obtidas com métodos mais precisos.

Por estas razões o teste adaptativo proposto utiliza o modelo logístico de um parâmetro, também chamado de Modelo Rasch, proposto na década de 1960 pelo matemático dinamarquês Georg Rasch (HAMBLETON; SWAMINATHAN, 1985 apud OLIVEIRA, 2002). Por considerar que todos os itens possuem a mesma capacidade de discriminação e possibilidade de adivinhação baixa (ou nula), a probabilidade $P_i(\theta)$ de um aluno com habilidade θ responder corretamente uma questão de dificuldade b_i é dada por:

$$P_i(\theta) = \frac{1}{1 + \exp^{-1(\theta - b_i)}}$$

⁵⁶ Embora na prática 0 e +2 sejam os valores típicos, “teoricamente” esta variável pode variar de $-\infty$ a $+\infty$.

Nos modelos de dois e três parâmetros as escalas de habilidade e dificuldade variam de -2 a +2, mas no modelo Rasch estas escalas variam de 0 a ∞ o que faz com que as chances de sucesso de um aluno com habilidade θ em um item com dificuldade b sejam dadas pela relação direta entre a habilidade do aluno e a dificuldade do item. Portanto, os limites da escala podem ser arbitrários, o que dispensa a utilização de fatores de conversão para realizar equivalência com as notas normalmente atribuídas na sala de aula. Este fato configurou-se como mais um ponto que contribuiu para a utilização do modelo.

Para a definição dos quatro níveis hierárquicos aqui propostos (níveis de evolução dos modelos mentais) têm-se a correspondência de escala apresentada na Tabela 22.

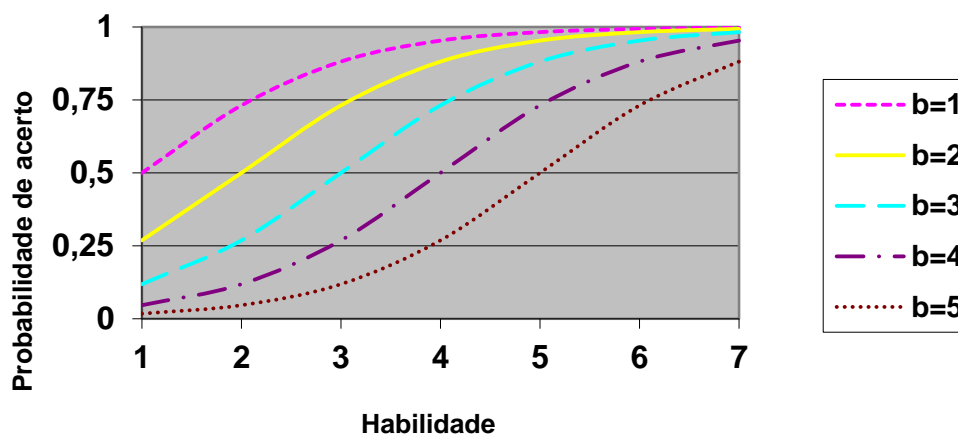
Tabela 22 – Nível hierárquico correspondente à dificuldade/habilidade.

Nível	Dificuldade (b) do item	Habilidade (θ) do aluno
4º Nível	9 e 10	9 e 10
3º Nível	7 e 8	7 e 8
2º Nível	5 e 6	5 e 6
1º Nível	3 e 4	3 e 4
Não-modeladores	1 e 2	1 e 2

Fonte: o próprio autor.

Cabe lembrar que o objetivo da plataforma é a aprendizagem conceitual, portanto, mesmo que o usuário seja classificado com $\theta=1$ ou $\theta=2$ (que representam mecanicistas) sua primeira interação com o AVA será com interfaces do 1º nível conceitual (equivalente aos estudantes de $\theta=3$ ou $\theta=4$). A Figura 77 apresenta algumas curvas características do modelo Rasch para distintos valores de b .

Figura 77 – Probabilidades de acerto conforme a dificuldade do item.



Fonte: o próprio autor.

5.2.1 Teste de nível

Depois de identificada a posição horizontal (estilo de aprendizagem segundo o ILS) deverá ser aplicado um teste adaptativo (Figura 78), com objetivo de identificar a posição vertical (habilidade do sujeito conforme evolução dos modelos mentais)⁵⁷ equivalente ao desempenho cognitivo do estudante.

Figura 78 – Teste de nível.



Fonte: o próprio autor.

Uma vez identificado o nível de habilidade de um usuário, ele poderá ser associado a um nível hierárquico para iniciar suas atividades via *software*. Assim, um aluno avançado cuja habilidade corresponda, por exemplo, ao nível três não será obrigado a interagir com as interfaces de níveis inferiores.

Os quatro níveis hierárquicos para um conteúdo qualquer devem ser baseados nos quatro níveis de evolução dos modelos mentais, para este mesmo conteúdo, previamente investigados. Já as questões correspondentes a cada nível que deverão compor o banco de

⁵⁷ Observa-se que nesta etapa não mais interessa os modelos mentais observados, mas sim os níveis de evolução (sequência de aprendizagem) que eles indiretamente permitem identificar.

itens devem se basear nos modelos mentais observados (e nas próprias questões utilizadas na entrevista semiestruturada).

A habilidade é resultante da probabilidade de acerto de uma questão com determinado nível de dificuldade. Como visto em Santos et al. (2004) e na Figura 77, uma habilidade $\theta = x$ corresponde a 50% de chances de acertar questões com nível de dificuldade $b_i = x$. Assim, estes autores sugerem administrar uma série de questões e então analisar a mediana da dificuldade das questões aplicadas (ordenadas de forma crescente) e determinar o nível para o qual determinado aluno tenha 50% de probabilidade de acerto. Esta dificuldade corresponderá à habilidade tal que metade das questões aplicadas esteja acima dela e metade abaixo.

Sugere-se que o nível de dificuldade da questão inicial corresponda ao meio da escala ($b=5$) para que, a partir desse valor, possa ser observada a convergência do aluno para um nível que o represente. Para isto utiliza-se o que Santos et al. (2004) classifica como “modelo adaptativo conservador”. Quando o usuário acerta um item, o próximo a ser administrado corresponderá a uma dificuldade acrescida de uma unidade e o inverso acontece quando houver erro⁵⁸. Em todos os casos a seleção da questão dentro de determinado nível ocorre de modo randômico como proposto por Oliveira (2002), porém, utilizando-se apenas a escala inferior (itens com $b=1$; $b=3$; $b=5$; $b=7$; ou $b=9$). Isto porque a distinção apresentada na Tabela 22 (dois valores de dificuldade b dentro de cada nível) reflete questões mais simples e mais complexas para o respectivo nível. Se o estudante possuir habilidade para interagir com as questões mais simples, admite-se que ele possa desenvolver ao longo da interação com as interfaces de conteúdo potencial para sucesso também nas questões mais complexas.

Segundo Weiss (1985) implementações satisfatórias de testes adaptativos podem ser obtidas com bancos de itens que possuam a partir de 100 questões. Assim sugere-se que o banco seja composto por 20 questões para cada estágio (de não modeladores a nível 4), sendo 10 questões simples e 10 complexas para cada etapa – totalizando 100 itens).

Deve-se destacar que a teoria dos modelos mentais dedica-se exclusivamente a interpretação de níveis de entendimento “conceitual” sobre determinado assunto. Assim, as questões utilizadas no “teste de nível” devem, prioritariamente, conter aspectos interpretativos sem os quais a solução não seja possível. Estes itens, portanto, devem ser do tipo generativos

⁵⁸ Para os casos em que for utilizada uma escala de habilidade com grande variação sugere-se utilizar para os indivíduos dos extremos (básico ou avançado) o que Santos et al. (2004) chamam de modelo avaliativo progressivo. Ele propicia convergência mais rápida nestes casos, pois o nível de dificuldade do próximo item será obtido pela média do nível corrente e o limite superior (no caso de acerto) ou a média do nível corrente e o limite inferior (no caso de erro).

como proposto por Vosniadou (1994)⁵⁹. Para exemplificar, apresentma-se a seguir algumas questões construídas para o banco de itens do conteúdo “Potência elétrica em corrente contínua” que derivaram da entrevista dos modelos mentais apresentada no Capítulo 4.

(Não modeladores, dificuldade b=1) Dois resistores de $10\ \Omega$ são ligados em paralelo a uma fonte de 10 V. Qual a corrente que passa em cada resistor?

- a) 2 A e 2 A.
- b) 1 A e 1 A.
- c) 2 A e 1 A.
- d) 1 A e 2 A.

(Não modeladores, dificuldade b=2) Qual a tensão de alimentação em um circuito composto unicamente por três resistores série de $1\ \Omega$, $2\ \Omega$ e $3\ \Omega$ sabendo que a corrente do circuito é de 1 A.

- a) 1 V.
- b) 2 V.
- c) 3 V.
- d) 6 V.

(Nível 1, dificuldade b=3) Se a uma fonte de tensão constante for ligado um resistor variável o que acontece se diminuir-se o valor da resistência?

- a) A corrente irá diminuir.
- b) A tensão V1 irá aumentar.
- c) A corrente irá aumentar.
- d) A tensão V1 irá diminuir.

(Nível 1, dificuldade b=4) Considerando que nos dois terminais de uma fonte CC foram ligados diretamente um voltímetro e em seguida um amperímetro quais foram suas medidas?

- a) 0 V e 0 A.
- b) 0 V e 127 A.
- c) 127 V e ∞ (infinito) A.
- e) 127 V e 0 A.

(Nível 2, dificuldade b=5) Determinado componente deve operar em 127V. Considerando que uma fonte de tensão CC possui 4 terminais com os seguintes potenciais:

- I) 0 (zero) V.
- II) 127 V.
- III) 254 V.
- IV) 381 V.

Em quais terminais deve-se conectar o componente?

- a) Apenas nos terminais “I e II”.
- b) Nos terminais “I e II” ou “II e III”.

⁵⁹ Vosniadou, para o estudo de modelos mentais, sugere que sejam utilizadas questões que criem confrontos com os fenômenos investigados, de modo a não permitirem respostas prontas (mecanicistas) baseadas em experiências diretas ou instruções explícitas.

- c) Nos terminais “II e III” ou “III e IV”.
 d) Nos terminais “I e II” ou “II e III” ou “III e IV”.

(Nível 2, dificuldade b=6) Se em uma fonte geradora existe o indicativo de 100 V, pode-se afirmar que:

- I) Esta fonte possui tensão de 100 V.
 II) Esta fonte é uma força eletromotriz de 100 V.
 III) Esta fonte possui queda de tensão de 100 V.
 IV) Esta fonte possui diferença de potencial de 100 V.

Responda:

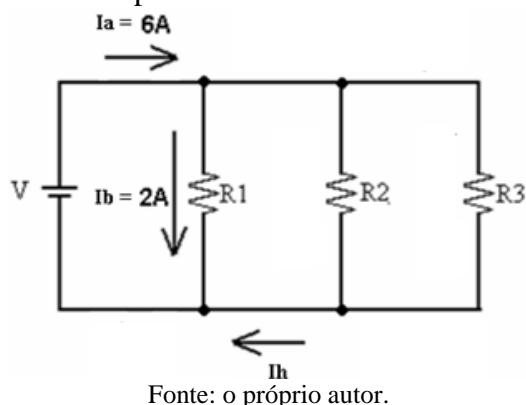
- a) Todas as alternativas estão corretas.
 b) Apenas a alternativa II está errada.
 c) Apenas a alternativa III está errada.
 d) Apenas a alternativa IV está errada.

(Nível 3, dificuldade b=7) Dois resistores são ligados a uma fonte de tensão de valor constante. Sabendo que a resistência do primeiro resistor é metade da resistência do segundo resistor é correto afirmar que:

- a) Quando ligados em paralelo o segundo resistor terá o dobro da queda de tensão do primeiro.
 b) Quando ligados em série o primeiro resistor terá o dobro da queda de tensão do segundo.
 c) Quando ligados em série o segundo resistor terá o dobro da queda de tensão do primeiro.
 d) Quando ligados em paralelo ao primeiro resistor terá metade da queda de tensão do segundo.

(Nível 3, dificuldade b=8) As únicas informações dadas no circuito abaixo são a corrente da fonte e a corrente do resistor R1. Portanto é correto afirmar que:

Figura 79 – Exemplo de circuito paralelo envolvendo a 1ª. Lei de Kirchoff.



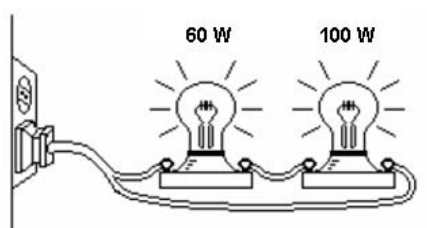
- a) Se não forem informados os valores das resistências não é possível presumir a corrente no trecho Ih.
 b) A corrente no trecho Ih é 6 A.
 c) A corrente no trecho Ih é 2 A.
 d) A corrente no trecho Ih é 4 A.

(Nível 4, dificuldade $b=9$) Se a resistência de um dispositivo for trocada por uma resistência com maior seção transversal e a fonte de tensão permanecer constante é correto afirmar que:

- Se a fonte de tensão permanecer constante a potência também ficará constante.
- A potência irá aumentar.
- A potência irá diminuir.
- A corrente irá diminuir.

(Nível 4, dificuldade $b=10$) Qual lâmpada do circuito abaixo brilhará com maior intensidade?

Figura 80 – Exemplo de circuito série envolvendo potência elétrica⁶⁰.



Fonte: o próprio autor.

- As duas lâmpadas brilharam com a mesma intensidade.
- A lâmpada de 60 W.
- A lâmpada de 100 W.
- Sem o valor da fonte de tensão não é possível fazer nenhuma afirmação.

Questões conceituais como as anteriormente apresentadas são necessárias, pois, o erro na definição da habilidade para problemas os quais um simples algoritmo de resolução possa ser utilizado torna-se de difícil mensuração. Como mostrado por Vieira Junior e Colvara (2010b) indivíduos não-modeladores são capazes de acertar questões meramente numéricas (de modo mecanicista) que equivalem aos diversos níveis de evolução do aprendizado. Neste sentido sugere-se que apenas as questões de dificuldade 1 e 2 (correspondentes aos não-modeladores) sejam elaboradas (utilizando-se os mais simples conceitos) de modo que possam ser resolvidas com aplicação direta de equações ou métodos sem a necessidade de interpretações do ponto de vista conceitual⁶¹.

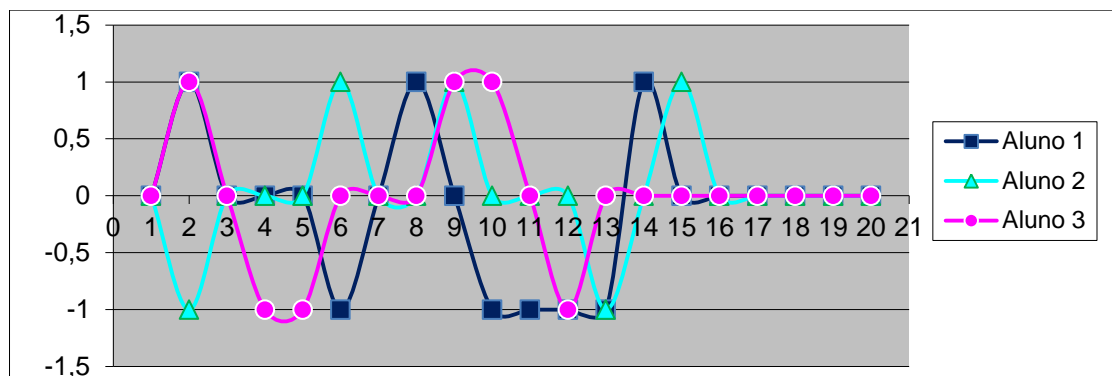
No que diz respeito a quantidade de itens administrados, Oliveira (2002) aponta que a definição do “critério de parada” também depende dos objetivos da aplicação. Deste modo foi

⁶⁰ Embora o estudo abordasse potência em corrente contínua e as lâmpadas fossem de corrente alternada, sua utilização foi escolhida como melhor artifício didático para representar o fenômeno desejado (dissipação de potência) em um circuito resistivo.

⁶¹ Os itens com $b=1$ e $b=2$ não devem exigir extrema complexidade matemática, pois, o objetivo principal do AVA é promover a aprendizagem conceitual e este entrave poderia, eventualmente, impedir o acesso a níveis hierárquicos superiores.

aplicada, posteriormente, nos mesmos alunos voluntários no estudo dos modelos mentais sobre potência elétrica uma série de itens adotando-se a lógica proposta no modelo adaptativo conservador de Santos et al. (2004) – quando um item é respondido corretamente o próximo terá sua dificuldade aumentada e vice-versa.

Figura 81 – Convergência do teste de nível.



Fonte: o próprio autor.

Nesta experiência verificou-se que com 20 itens já se pode obter a habilidade provável do usuário. Apenas para exemplificar, a Figura 81 representa o fenômeno da convergência da habilidade (e não a habilidade propriamente) para alguns estudantes. Nesta ilustração, para a primeira questão, todos os indivíduos foram representados partindo do zero (na prática todos partiram do meio da escala, ou seja, responderam a uma questão com dificuldade $b=5$). O acerto ou erro foram representados apenas por +1 ou -1 indicando, portanto, o comportamento de ascendência ou descendência para a próxima questão. A partir da resposta dada ao segundo item foi verificada a oscilação em torno de um valor de habilidade (observando se o próximo item possuiria a mesma dificuldade que o item anterior ao atual).

Esta “oscilação” representa na verdade uma tentativa de convergência do indivíduo para determinada habilidade, por esta razão ela é graficamente representada pelo amortecimento da curva. O “aluno 3”, por exemplo, respondeu as seguintes questões: 5, 7, 5, 3, 1, 3, 1, 3, 5, 7, 5, 3, 5, 3, 5, 3, 5, 3, 5, 3, 5 e 3 (tendo acertado a última questão). Observa-se que a partir da 12ª questão ele estabilizou-se havendo ainda boa margem de segurança para que se definam 20 itens como critério máximo de parada. Em seguida, como indicado no item 5.2.1, sua habilidade será definida a partir da mediana das questões aplicadas (neste exemplo o aluno 3 tem $\theta=4$ e sua primeira interação será com interfaces de nível 1). O valor mínimo admitido como critério de parada é 12 itens e ocorre quando o aluno responde todas as questões existentes no banco de itens para uma mesma dificuldade (por exemplo, quando ele acerta ou erra todos os itens).

5.2.2 Teste de conteúdo

Após interagir com a interface de conteúdo escolhida pelo sistema (e antes de subir de nível) o estudante deverá realizar o “teste de conteúdo”. Nesta avaliação pretende-se identificar se o aluno construiu ou aprimorou seus modelos mentais baseado nas interações com a teoria, simulações, exemplos, vídeos e outros recursos existentes em cada interface conforme o perfil ILS.

Utilizando o modelo probabilístico apresentado no item 5.2, Santos et al. (2004)⁶² desenvolveram uma nova proposta considerando o conceito chamado de “Esperança Matemática de acerto”, que pode ser calculado do seguinte modo:

$$E(x) = b_i \cdot P_i(\theta)$$

Assim, a nota do aluno após responder uma série de questões é então definida como a razão entre o desempenho obtido e o desempenho esperado (conforme seu nível de habilidade):

$$\text{Desempenho real} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i \cdot E_i(x)}{\sum_{i=1}^n E_i(x)} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i \cdot b_i \cdot P_i(\theta)}{\sum_{i=1}^n b_i \cdot P_i(\theta)}$$

Onde⁶³:

R_i - representa a resposta do item i (0 ou 1, que significa errado ou certo).

Como se admite que evoluir o modelo mental representa progressão vertical e, portanto, melhora nas características cognitivas (como raciocínio), sempre que houver esta evolução o algoritmo o conduz a um estágio superior, porém novamente em uma interface de conteúdo com estilo completamente contrário ao preferencial (percurso horizontal).

⁶² Pesquisadores da Escola de Engenharia Elétrica e de Computação da UFG (Universidade Federal de Goiás).

⁶³ Santos et al. (2004) chamam este parâmetro de “nota”. Mas por quantificar o desempenho do aluno perante suas habilidades naturais (e não uma nota do ponto de vista convencional) este trabalho optou por chamar esta grandeza de “desempenho real”.

O teste de conteúdo é composto por 10 questões, sendo uma questão de cada nível de dificuldade existente (de 1 a 10), selecionadas aleatoriamente (Figura 82).

Figura 82 – Teste de progressão de nível.

Sophia - Interfaces dinâmicas

Σοφία
Interfaces dinâmicas

Serão exibidas 10 questões e o peso de cada uma varia conforme sua habilidade. A nota de aprovação é 7.

INICIAR TESTE

Teste de nível

dificuldade1
dificuldade2
dificuldade3
dificuldade4
dificuldade5
dificuldade6
dificuldade7
dificuldade8
d8q1
d8q2
d8q3
d8q4
d8q5
d8q6
d8q7
d8q8
d8q9
d8q10
dificuldade9

Atividade

Determine o valor da corrente I_2 no circuito abaixo.

a) 0 A.
b) 0,66 A.
c) 1 A.
d) Se não for informado o valor da fonte de tensão não é possível calcular a corrente

Resposta: Alternativa "a" Alternativa "b" Alternativa "c" Alternativa "d"

PRÓXIMA QUESTÃO

No painel de navegação você poderá visualizar outras perguntas para este conteúdo, mas nesta rodada você será avaliado para a questão: d8q5

✓ ✓ ✓ ✓ ✗ ✗ ✗ □ □ □

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Sair

Fonte: o próprio autor.

A ideia é avaliar o estudante perante todo o escopo da lição que tende ao objetivo final (neste caso, potência elétrica). Considera-se que este é o assunto em evidência na sala de aula. Os níveis anteriores, na verdade existem, para suprir lacunas conceituais que, eventualmente, impedem o sucesso do estudante. Portanto, o objeto em debate é a construção de um modelo científico para o último estágio⁶⁴.

Neste caso mensurar o “desempenho real” dará ao estudante um quantitativo do quão eficiente tem sido sua atuação perante determinado objetivo. Esta medida indicará sua real necessidade de maior dedicação aos estudos ou aptidão suficiente perante determinado assunto. A seguir observam-se algumas simulações.

⁶⁴ Os níveis preliminares são pré-requisitos que, talvez, já tenham sido estudados em aulas ou períodos escolares anteriores. Como individualmente o professor não pode quantificar e sanar estas deficiências, o AVA de tutoria automática entra como suporte.

Tabela 23 – Simulação do desempenho real para $\theta=3$ acertando questões $b \leq 4$.

Dificuldade do item	Esperança de acerto	Resposta certa ou errada (1 ou 0)
1	0,880797	1
2	1,462117	1
3	1,5	1
4	1,075766	1
5	0,596015	0
6	0,284555	0
7	0,125903	0
8	0,053543	0
9	0,022254	0
10	0,009111	0
Σ desempenho esperado	6,01006	
Σ desempenho obtido	4,91868	
Desempenho real	0,818408	
* como a medida do desempenho real varia de 0 a 1, sugere-se que seja multiplicado por 10 para tornar os valores mais relacionados às notas atribuídas na sala de aula.		

Fonte: o próprio autor.

Observa-se na Tabela 23 que, perante, as condições individuais deste sujeito seu desempenho foi satisfatório, pois, além de confirmar as probabilidades de acertar questões com dificuldades inferiores à sua habilidade ele conseguiu (com mérito) superar seu próprio desempenho ao acertar uma questão de nível superior ao seu.

Tabela 24 – Simulação do desempenho real para $\theta=3$ acertando apenas questões $b > 3$.

Dificuldade do item	Esperança de acerto	Resposta certa ou errada (1 ou 0)
1	0,880797	0
2	1,462117	0
3	1,5	0
4	1,075766	1
5	0,596015	1

Continuação da Tabela 24 – Simulação do desempenho real para $\theta=3$ acertando apenas questões $b > 3$.

6	0,284555	1
7	0,125903	1
8	0,053543	0
9	0,022254	0
10	0,009111	0
Σ desempenho esperado	6,01006	
Σ desempenho obtido	2,082239	
Desempenho real	0,346459	

Fonte: o próprio autor.

Na Tabela 24 verifica-se que um sujeito com $\theta=3$, como no caso anterior (Tabela 23), também acertou quatro questões. Todavia ele não confirmou as probabilidades de acerto para as questões com dificuldades inferiores a sua habilidade e, curiosamente, acertou apenas questões de ordem superiores a θ . Como esta medida pode indicar “adivinhação”, fraude ou ausência conceitual (atribuindo os acertos a aplicação de métodos mecanicistas) o desempenho real informa ao estudante que ele está aquém de suas expectativas.

Nota-se que este mecanismo individualizado de avaliação pode propiciar medidas mais honestas e evitar que sujeitos com ausência conceitual possam obter as mesmas notas que estudantes mais bem preparados. Este fato foi evidenciado por Vieira Junior e Colvara (2010b) em seus estudos sobre conceitos matemáticos fundamentais em estudantes universitários.

Tabela 25 – Simulação do desempenho real para $\theta=7$ acertando apenas questões $b \leq 7$.

Dificuldade do item	Esperança de acerto	Resposta certa ou errada (1 ou 0)
1	0,997527	1
2	1,986614	1
3	2,946041	1
4	3,810297	1
5	4,403985	1
6	4,386351	1
7	3,5	1

Continuação da Tabela 25 – Simulação do desempenho real para $\theta=7$ acertando apenas questões $b \leq 7$.

8	2,151531	0
9	1,072826	0
10	0,009111	0
Σ desempenho esperado	25,72943	
Σ desempenho obtido	22,03082	
Desempenho real	0,85625	

Fonte: o próprio autor.

Na Tabela 25, pode-se observar que o desempenho real medido para 7 itens certos foi próximo ao obtido na Tabela 23 para apenas quatro itens certos. Todavia o sujeito simulado na Tabela 23 superou suas expectativas ao acertar um item de dificuldade maior que sua habilidade (o que não ocorreu com o sujeito da Tabela 25 que fez apenas o trivial – acertar até onde sua habilidade probabilisticamente sugeria). Esta medida, portanto, não reflete a evolução perante um conteúdo, mas sim a evolução individual perante as dificuldades impostas e as habilidades próprias. Com isto pretende-se estimular (ao contrário do que ocorre em testes convencionais) o desenvolvimento de alunos de menor habilidade ao mesmo tempo em que exige de alunos de maior habilidade constante atenção para não cometer erros primários. O mesmo princípio de valorizar o desempenho perante o acerto de questões com $b > \theta$ age desvalorizando o desempenho perante o erro de questões com $b < \theta$. Ao final de cada teste de conteúdo o desempenho obtido é informado ao estudante.

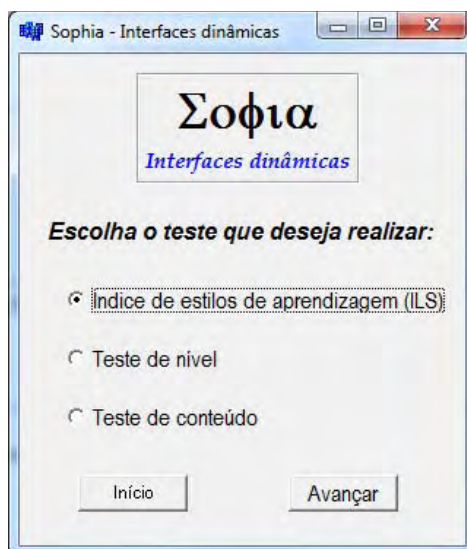
Assim como para escolha de “b” no teste de nível, a escolha de “ θ ” no cálculo do “desempenho real” baseia-se na escala inferior (adotando os valores de $\theta=1$; $\theta=3$; $\theta=5$; $\theta=7$ ou $\theta=9$) – o que torna a análise menos rígida. No AVA a nota é multiplicada por 10, como sugerido na Tabela 23, para que sua variação seja de 0 a 10 e o valor mínimo exigido para aprovação (e mudança de nível) é 7.

5.2.3 Aspectos complementares

Na tela inicial (Figura 70) se ao invés da opção “interfaces dinâmicas” o usuário escolher “testes independentes” é dada a possibilidade de realizar qualquer um dos três testes

existentes (N-ILS, teste de nível ou teste de conteúdo) de modo independente sem que estes resultados interfiram, por exemplo, em um curso já em progresso (Figura 83).

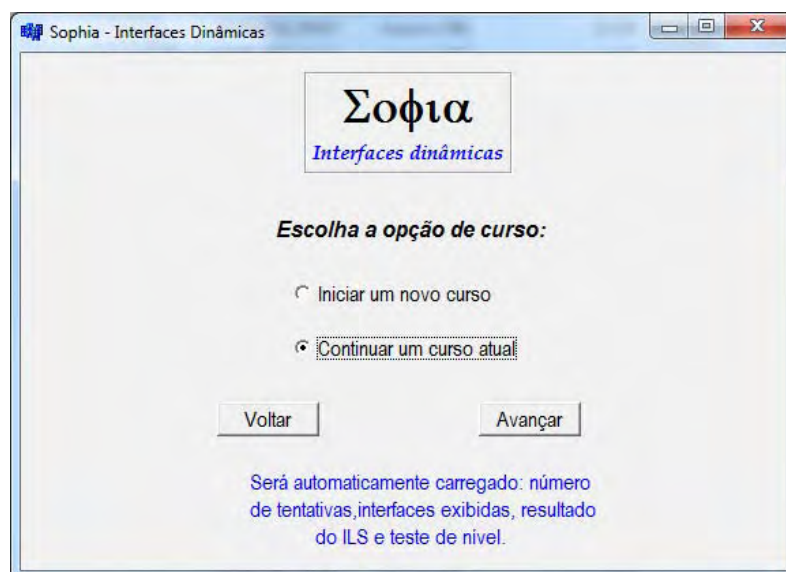
Figura 83 – Testes independentes.



Fonte: o próprio autor.

Quando se trata do modo “interfaces dinâmicas” não necessariamente deve-se iniciar e concluir um curso em uma única execução do *software*. O resultado de todos os testes já realizados e todas as interfaces de conteúdo já visualizadas são salvos automaticamente garantindo que, ao encerrar o programa, o estudante possa continuar o estudo mais tarde do ponto onde parou (Figura 84).

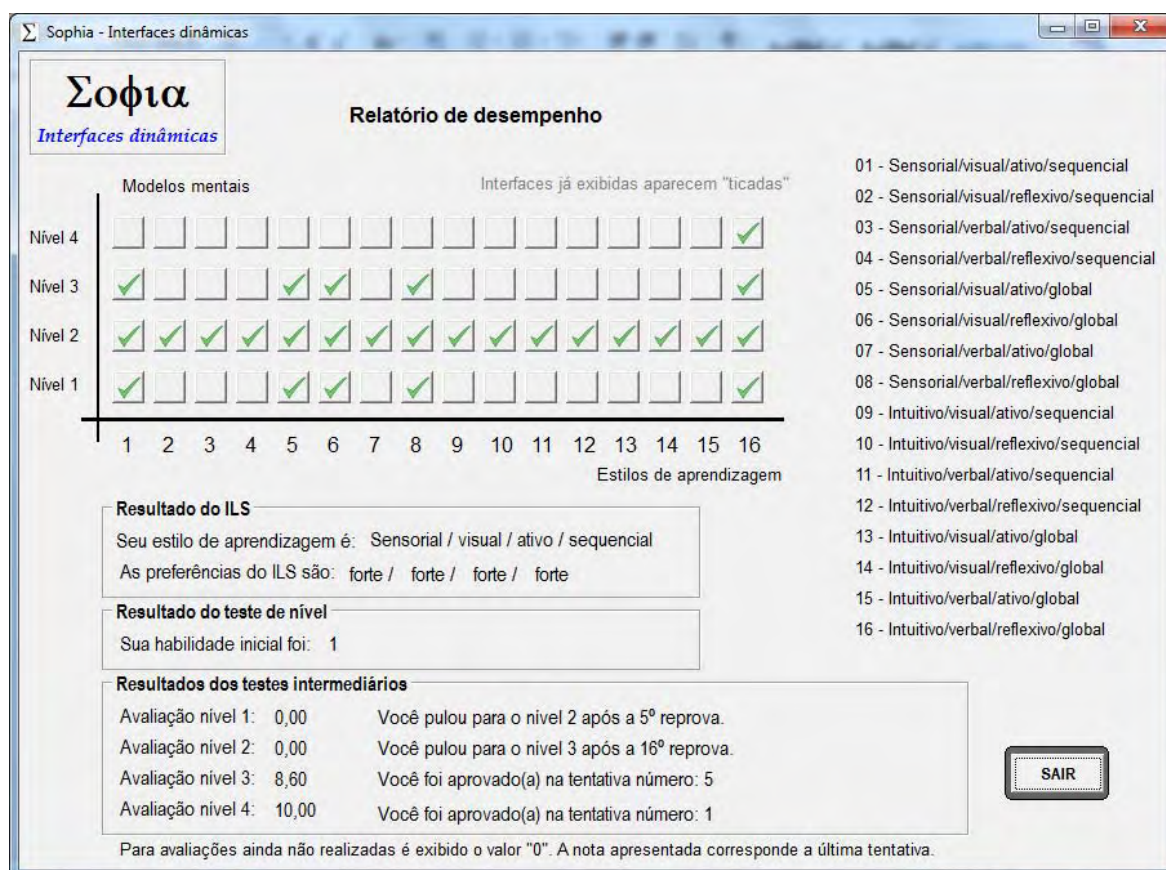
Figura 84 – Continuar um curso atual.



Fonte: o próprio autor.

O *software* permite também, a qualquer tempo, visualizar um relatório de desempenho que informa ao usuário os resultados para os testes iniciais, o desempenho em cada uma das avaliações, a quantidade de tentativas realizadas em cada nível e quais interfaces já foram utilizadas – este relatório também é apresentado automaticamente ao se concluir o nível 4 (Figura 85).

Figura 85 – Relatório de desempenho.



Fonte: o próprio autor.

Com vistas a democratização no uso da tecnologia educacional, ao contrário do exigido por outras propostas, este AVA não exige conhecimentos de alto nível em computação para que os próprios professores construam suas interfaces.

Prevê-se, portanto, a utilização de um editor de interfaces gratuito para auxiliar na construção do banco de conteúdos e banco de itens. Neste caso utilizou-se a inserção de uma chamada ao *software* “eXe learning”, que possui código aberto, no próprio sistema (Figura 86).

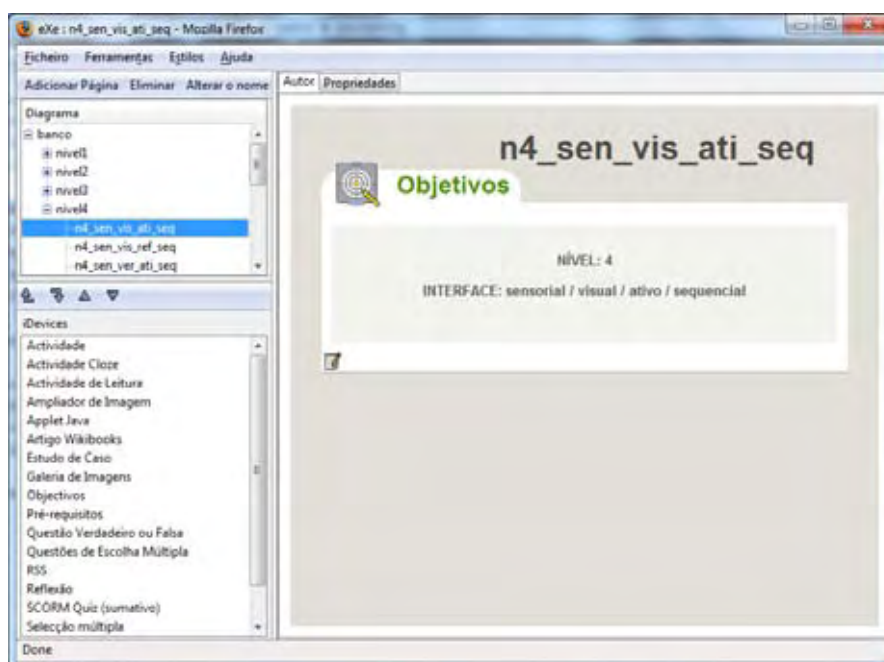
Figura 86 – Edição de interfaces.



Fonte: o próprio autor.

O programa acompanha dois arquivos modelo (conteudos.elp e itens.elp) já configurados nas exigências do AVA para facilitar a construção de novas interfaces no padrão exigido pelo *software*⁶⁵ (Figura 87).

Figura 87 – “eXe” learning.



Fonte: o próprio autor.

⁶⁵ É útil lembrar que existem 64 diferentes interfaces, sendo 16 para cada um dos 4 níveis. Como são essencialmente conceituais para o nível dos não modeladores não existem interfaces disponíveis.

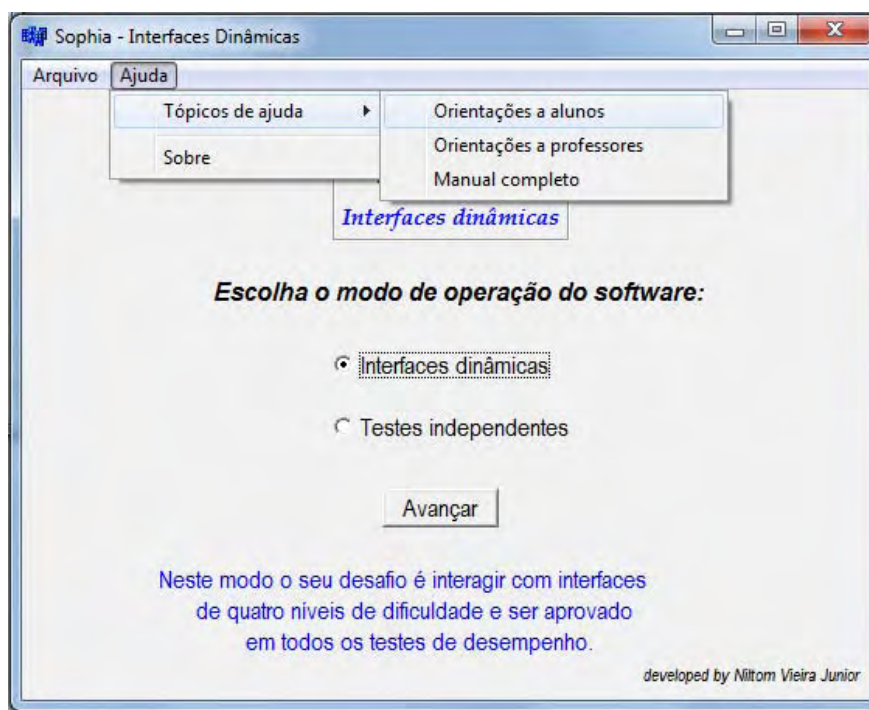
O editor proposto é extremamente amigável e sua utilização muito intuitiva, bastando que o usuário clique no recurso que deseja incluir na tela (caixa de texto, imagem, questão de múltipla escolha, vídeo, animação etc.).

Destaca-se, também, que além da fácil usabilidade este editor foi escolhido por permitir exportar arquivos no padrão “.html” (utilizado pelo *player* do *software* aqui desenvolvido) e também no formato SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*).

SCORM é o conjunto de especificações utilizado pelo AVA mais difundido no mundo: o *Moodle*. Desta forma as interfaces produzidas para o *software* Sophia aqui proposto ganham portabilidade no sentido de poderem ser executadas também em outros programas.

Por fim, via menus, no tópico “ajuda” o usuário tem acesso a dois tutoriais simplificados: um contendo orientações aos alunos (que explica em linhas gerais o funcionamento do programa e suas concepções); e um contendo orientações aos professores (que instrui na utilização do editor, na construção do banco de itens e na construção de novas interfaces de conteúdo baseadas nos princípios dos estilos de aprendizagem). Há também, um terceiro tutorial denominado “manual completo” que remete a esta tese apresentando toda teoria envolvida na construção deste AVA de modo mais detalhado (Figura 88).

Figura 88 – Tópicos de ajuda.



Fonte: o próprio autor.

Em um estudo realizado por Vieira Junior e Colvara (2010b), demonstrou-se que a incompatibilidade de interesses entre alunos e professores é algo comum. Neste caso, estes autores observaram que o nível de dificuldade por eles atribuído às questões utilizadas para identificar alguns modelos mentais de geometria analítica divergiam do nível de dificuldade de fato apresentado pelos alunos. Tal ocorrência mais uma vez se verificou no estudo sobre potência em corrente contínua, quando: as concepções acerca da tensão elétrica, inicialmente previstas no nível 1, foram verificadas como sendo de nível 2; e deveria ser dada ênfase a conceituação da resistência elétrica antes da aplicação das regras para simplificação de circuitos.

Por esta razão, sugere-se que em versões futuras este AVA possua, via menus, acesso a um verificador estatístico que a partir do banco de *logs* (quando do interesse do desenvolvedor/professor) efetue a análise apontando as quantidades de acertos e erros para cada questão. Assim, dentro de um mesmo nível poderá haver calibração automática após análise do professor. Ou seja, por exemplo, a uma questão $b=2$ pode ser atribuído $b=1$ se a quantidade de acertos for ligeiramente maior do que de erros e a uma questão $b=1$ pode ser atribuído $b=2$ se a quantidade de erros for ligeiramente maior do que de acertos⁶⁶.

Não se pretende realizar mudança automática entre níveis diferentes, mas sim gerar um relatório chamando atenção do professor/administrador do sistema quando:

- Em um mesmo nível a questão “fácil” apresentar elevado número de acertos (o que indicaria que precisa ser substituída ou dificultada);
- Em um mesmo nível a questão “difícil” apresentar elevado número de erros (o que indicaria que precisa ser substituída, facilitada ou ter seu conteúdo teórico melhor trabalhado nas interfaces).

Nestes casos não se aconselha realizar troca automática, pois, eventualmente ao mudar uma questão de nível o contexto a ser analisado (embora seja progressivo) possa ser diferente (por exemplo, adicionar uma questão sobre corrente elétrica em um estágio que se estuda tensão elétrica).

⁶⁶ As atualizações de itens ou interfaces devem ser compartilhadas com os usuários.

5.2.4 Conteúdos para o estudo de potência elétrica

Além de um banco com 100 questões, em que alguns itens foram exemplificados no Capítulo 5 (item 5.2.1), durante este trabalho construiu-se também um banco de conteúdos com 64 diferentes interfaces baseadas nos 16 estilos de aprendizagem e na definição de níveis dos modelos mentais de potência elétrica identificados no Capítulo 4 (item 4.1.1). Devido a extensão de cada uma destas interfaces será apresentado no Apêndice C apenas uma delas como exemplo. A escolhida será uma pertencente ao grupo das “intuitivas” por caracterizar-se como uma interface mais sucinta.

5.3 Conclusão do capítulo

Sugere-se que o AVA seja utilizado como recurso complementar ao ensino, logo, sendo aplicada após as aulas tradicionais. Assim é possível individualizar o estudo após a explanação do professor, de modo que cada aluno seja conduzido até seu ponto de entendimento (ou de dúvida) para superá-lo, ao mesmo tempo em que tem outras habilidades sendo exercitadas.

Destaca-se que as quatro dimensões latentes (percepção, entrada, processamento e entendimento) propiciam a existência de dezesseis possíveis estilos de aprendizagem:

- 01 – Sensorial/visual/ativo/sequencial;
- 02 – Sensorial/visual/reflexivo/sequencial;
- 03 – Sensorial/verbal/ativo/sequencial;
- 04 – Sensorial/verbal/reflexivo/sequencial;
- 05 – Sensorial/visual/ativo/global;
- 06 – Sensorial/visual/reflexivo/global;
- 07 – Sensorial/verbal/ativo/global;
- 08 – Sensorial/verbal/reflexivo/global;
- 09 – Intuitivo/visual/ativo/sequencial;
- 10 – Intuitivo/visual/reflexivo/sequencial;
- 11 – Intuitivo/verbal/ativo/sequencial;
- 12 – Intuitivo/verbal/reflexivo/sequencial;
- 13 – Intuitivo/visual/ativo/global;

14 – Intuitivo/visual/reflexivo/ global;

15 – Intuitivo/verbal/ativo/ global;

16 – Intuitivo/verbal/reflexivo/ global.

Defende-se que a manutenção da lógica proposta até o término das lições planejadas propicie um ponto de equilíbrio entre favorecimento ao aprendizado (e combate a evasão, guardadas as proporções) e exercício de novas habilidades (atualização do perfil de engenheiro). Em relação às diferentes interfaces propriamente, deve-se assegurar que o conteúdo seja planejado conforme suas características particulares já identificadas por Felder e Silverman (1988). A Tabela 26 exemplifica esta construção.

Tabela 26 – Aspectos construtivos das interfaces de conteúdo.

Percepção	SENSORIAL	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentações mais detalhadas (passo-a-passo). - Apresentações que façam conexões com o dia-a-dia (apresentando dados resultantes de experimentos e/ou casos reais). - Apresentações que incitem os sentidos (utilizando vídeos, animações etc.).
	INTUITIVO	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentações mais sucintas que requerem reflexão (menos detalhadas). - Apresentações mais abstratas que forcem o raciocínio (estabelecendo relações entre os conceitos, apresentando significados e teorias de forma geral). - Apresentações que utilizem problemas e desafios aos estudantes (baseados em perguntas únicas, pois, as múltiplas escolhas ficam exclusivas ao polo reflexivo).
Entrada	VISUAL	<ul style="list-style-type: none"> - Exemplificar e aprofundar os conceitos visualmente. Os fenômenos e os resultados devem ser apresentados principalmente por fotos, diagramas, gráficos, fluxogramas. Quando necessário, deve haver equacionamento matemático, mas ele deve ser mais objetivo utilizando-se menos “linguagem matemática” no sentido do uso formal de símbolos e verbetes. - A parte matemática deve ser “visualmente” mais apresentável em termos de organização (fácil visualização e interpretação) e sempre acompanhada de representações visuais para a discussão ou compreensão dos fenômenos.
	VERBAL	<ul style="list-style-type: none"> - Exemplificar e aprofundar os conceitos textualmente (discursivamente). - Os fenômenos devem ser apresentados principalmente com linguagem formalmente matemática. Comentários e análises sobre os fenômenos devem ser mais textuais (a não ser em raros casos onde isto se torne muito mais extenso do que um gráfico ou tabela). Durante as explicações deve-se estabelecer discussões acerca do conteúdo.

Continuação da Tabela 26 – Aspectos construtivos das interfaces de conteúdo.

Processamento	ATIVO	<ul style="list-style-type: none"> - Análises de conceitos a partir de simulações em <i>softwares</i> ou <i>applets</i> onde os alunos precisem coletar dados/resultados (a partir destes dados coletados por eles propor discussões práticas ou problemas). - Animações que permitam manipular grandezas numérica ou graficamente. Animações sem interatividade (que funcionam sozinhas) devem ser exclusivas ao polo sensorial. - Interações podem ser substituídas por exercícios que obriguem alguma manipulação (ou resolução). A resposta pode ficar oculta, sendo visualizada quando do interesse do aluno (se a interface for sensorial descreva a resposta por etapas).
	REFLEXIVO	<ul style="list-style-type: none"> - Análises de conceitos a partir de exercícios onde várias possibilidades necessitam ser comparadas e ligações teóricas estabelecidas antes de se executar uma atividade (por exemplo, questões de múltipla escolha). Quando o estudante apresentar a resposta em uma atividade discuta (via <i>feedback</i>) conceitualmente o resultado – estando certo ou errado.
Entendimento	SEQUENCIAL	<ul style="list-style-type: none"> - Devem apresentar o conteúdo de forma linear, com atividades progressivamente complexas. - Partem de itens específicos para o todo, explica cada etapa para depois apresentar um problema.
	GLOBAL	<ul style="list-style-type: none"> - Devem apresentar o conteúdo por grandes etapas, de forma a analisar primeiro o todo e depois os detalhes específicos. - Apresenta um problema para depois entender as etapas necessárias (temas transversais ou de conhecimento prévio são dispostos na forma de conteúdo hipertextual).

Fonte: o próprio autor.

Destaca-se que a proposta não se configura como a criação de um ambiente autônomo de estudo que dispense as aulas convencionais. A ideia resume-se em atender necessidades particulares de aprendizagem, o que não é possível tradicionalmente, de forma a acelerar a percepção e o processamento da informação propiciando tempo útil em sala de aula para que se possam estabelecer as **discussões** e **mediações** necessárias à consolidação de novas estruturas do conhecimento. É neste instante em que se acredita construir modelos completos cientificamente.

Reforça-se, então, a importância das exposições verbalizadas na apresentação das teorias, sejam pré-simulação ou pós-simulação no *software* e na discussão dos resultados.

Assim como sugerido por Hoff e Hauser (2008) no desenvolvimento de EMS para centros de controle, esta proposta não visa solucionar todos os problemas referentes a evasão e principalmente às metodologias utilizadas em objetos educacionais – foco deste trabalho. Trata-se de uma tentativa inicial de mudança de paradigma no desenvolvimento destes recursos (os quais se apresentam como ferramentas indispensáveis para as estratégias

modernas de educação em engenharia), ao mesmo tempo em que sugere uma inovadora metodologia construtiva e estabelece as condições iniciais para o planejamento de interfaces, especialmente àquelas que envolvem conteúdos não tangíveis como os verificados na engenharia elétrica. Entende-se que tal proposta se aplica também a outros conteúdos no ensino de engenharia, entretanto, para utilizá-la idealmente faz-se necessário um novo estudo referente aos modelos mentais, o que fornecerá subsídios para o planejamento adequado dos novos níveis hierárquicos verticais⁶⁷.

Nada impede que na prática, para manter os pressupostos de democratização, os níveis hierárquicos sejam definidos pela experiência do próprio professor (afinal este procedimento é convencionalmente adotado nas aulas). Ainda assim ter-se-ia uma ferramenta automatizada de ensino bem elaborada e suscetível a promover evolução do entendimento (através de um princípio inexistente na sala de aula: a individualização). Todavia, já foram apresentados neste trabalho resultados que indicam falhas nesta definição. Embora um completo estudo sobre os modelos mentais, para um novo assunto, seja um procedimento extremamente demorado e complexo ele ainda é o mais indicado do ponto de vista da confiabilidade científica.

Conclui-se que esta estratégia condiz com aquela proposta em Gomes (2007). O autor apresenta três grandes tendências que demarcam as diferentes relações entre a educação e os *softwares* educacionais. Na década de 1970 estes recursos visavam além da transmissão de informações a realização de tarefas de fixação e reforço da aprendizagem. Nos anos 1980 o princípio construtivista da aprendizagem por descoberta influenciou a criação de ambientes cuja interação estimulasse conflitos cognitivos de modo a alterar os esquemas de conhecimentos dos alunos. Entretanto, críticas no que diz respeito à condução pedagógica deste processo foram feitas, como a de que a desestabilização causada por estes conflitos não necessariamente propiciavam a construção de conhecimentos superiores aos esquemas prévios. Deste modo a partir dos anos 1990, surge o pressuposto de que as interações originadas por estas ferramentas deveriam mudar a capacidade de pensar do aluno, o que coincide com a atualização profissional requerida e a ideia de descobrir novos problemas e propor novas soluções mediante o aperfeiçoamento de distintas habilidades e diferentes estilos de aprendizagem.

⁶⁷ Observa-se ainda que uma vez desenvolvido tal recurso para um tópico específico (Ex: potência em corrente contínua), este objeto pode ser encarado na forma de um bloco que, por sua vez, pode ser acoplado a outros blocos correlatos (Ex: potência em circuitos de corrente alternada e fluxo de potência) o que geraria objetos de aprendizagem cada vez mais completos, constituídos de micro e macro níveis hierárquicos.

6. CONCLUSÃO

Pode-se observar que a abordagem sugerida coincide também com outras propostas teóricas consolidadas no campo da educação como, por exemplo, a teoria de aprendizagem de David Ausubel e Joseph Novak que se baseia no renomado princípio da Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 1999). Para estes autores a aprendizagem só ocorre se for significativa no sentido de se “ancorar” a conceitos pré-existentes nos alunos. Entretanto, os próprios autores levantam um problema prático em relação ao método: a existência de alunos cujos conceitos prévios tenham sido construídos, e evoluído, de forma equivocada pode promover a ancoragem baseada em uma sucessão de conceitos errados. Segundo esta teoria, nestes casos a aprendizagem também ocorreu, entretanto, incoerente com concepções cientificamente aceitas. Com o dia-a-dia da sala de aula podem-se estabelecer algumas conjecturas que corroboram com esta hipótese como, por exemplo, turmas heterogêneas compostas por alunos com *déficit* conceitual muito grande.

Por esta perspectiva, entende-se que uma aula bem dada não é garantia de sucesso, pois, não se pode assegurar que as ancoragens prévias foram coerentemente estabelecidas. Neste caso, tampouco é possível promover uma completa mudança conceitual exigindo o abandono imediato de uma série de conceitos prévios já consolidados. Segundo Moreira (1999) este é, aliás, um dos erros mais comuns nas pesquisas envolvendo métodos de ensino. Novak então sugere como solução uma “reaprendizagem significativa” gradual, onde novas estruturas devem ser construídas de modo a se sobreponem às antigas. A complexidade de tal intervenção, porém, exige que em algum momento a instrução seja **individualizada** para que cada aluno possa regredir até o seu nível particular de falhas conceituais ou evoluir conforme suas características pessoais.

Sendo isto verdade e sabendo-se ainda da dificuldade operacional de se individualizar procedimentos de ensino, principalmente pelas políticas institucionais de se manter salas de aula com elevado número de alunos, acredita-se que esta proposta atende este pressuposto, além de possibilitar a utilização de recursos modernos de ensino de forma a contribuir em alguma escala com os problemas atuais identificados na educação em engenharia.

Pode-se encontrar fundamento também na renomada teoria das Inteligências Múltiplas (GARDNER, 1994), apresentada em 1983 por um dos maiores teóricos vivos da psicologia educacional: Howard Gardner⁶⁸. Em oposição aos testes unidimensionais de inteligência (QI) e aos métodos escolares uniformes, que se adaptam apenas a uma parcela dos alunos, Gardner e seus colaboradores do departamento de educação da Universidade de Harvard formularam o conceito de que a inteligência está associada a habilidades particulares, identificando sete diferentes inteligências: linguística, lógico-matemática, espacial, musical, corporal-sinestésica, interpessoal e intrapessoal.

Embora estas diversas inteligências possam frequentemente, operar juntas para solucionar muitos problemas, Gardner (1994) defende a necessidade de que a escola seja **centrada no aluno** de modo a propiciar o desenvolvimento ótimo dos perfis cognitivos **individuais**. Em um de seus livros, “Inteligências Múltiplas: a teoria na prática”, Gardner já previa as tendências educacionais neste sentido e a influência dos objetos de aprendizagem para torná-las possíveis:

[...] a escola do futuro poderia ter o “agente do currículo para o aluno”. Sua tarefa seria a de ajudar a combinar os perfis, objetivos e interesses dos alunos a determinados currículos e determinados **estilos de aprendizagem (grifo meu)**. Inicialmente, penso que **as novas tecnologias interativas (grifo meu)** são consideravelmente promissoras nesta área: no futuro, provavelmente, será muito mais fácil para esses “agentes” combinarem cada aluno com o modo de aprendizagem mais confortável para ele (GARDNER, 1995).

Ele próprio abre ainda precedente para uma melhor utilização do termo “confortável” ao afirmar que é possível aprimorar outras habilidades nos alunos, desde que sejam necessárias para melhor adequá-los as oportunidades de trabalho, a sua profissão e a sua atuação na sociedade:

Se uma fraqueza é identificada precocemente, existe a chance de cuidarmos disso antes que seja tarde demais, e de planejarmos maneiras alternativas de ensino ou de compensarmos uma área importante de capacidade (GARDNER, 1995).

Acredita-se, portanto, que este trabalho além de contribuir com problemas atuais no ensino de engenharia está em conformidade com algumas teorias e tendências relacionadas à escola do futuro já estabelecidas pelos principais nomes da literatura contemporânea.

Para continuação deste trabalho é sugerido que a estratégia para o planejamento de interfaces educacionais aqui proposta e implementada seja testada para quantificar sua

⁶⁸ Uma edição especial da revista Nova Escola, da editora Abril, aponta Gardner como um dos 41 maiores educadores da história. Fazem parte da lista outros pensadores como Sócrates, Platão, Aristóteles, Marx, Piaget, Paulo Freire etc. (NOVA ESCOLA, 2009).

eficiência. Sugere-se a realização paralela de testes com turmas de engenharia divididas em dois grupos, nos quais em um se utilize apenas as metodologias tradicionais de ensino e no outro se adicione a utilização do AVA. Chama-se atenção para o fato de que este mecanismo de comparação requer também um profundo estudo quanto à metodologia adotada. Ao contrário do exposto nos experimentos realizados durante o projeto Identity (Scutaru et al., 2008a), não se pode garantir que dois grupos diferentes estejam em plenas condições de igualdade ao se realizar um teste por mais que os procedimentos avaliativos sejam idênticos. Isto ocorre porque não é possível assegurar que ambos os grupos de estudo possuam as mesmas características cognitivas, emocionais e ambientais. Exemplo disto é o próprio comportamento não linear da mente visto nos resultados encontrados por Wiegmann et al. (2005).

Por esta razão é importante que futuras análises desta interface levem em consideração um amplo estudo científico no que diz respeito à mensuração do erro contido neste procedimento, baseada em uma extensa revisão de princípios complementares da Teoria de Resposta ao Item, a fim de apresentar resultados confiáveis quanto a sua validação.

Sugerem-se também que novos valores sejam atribuídos à formação dos professores e pesquisadores em ensino de engenharia. Como na maioria dos casos, as instituições brasileiras contratam apenas professores com pós-graduação *stricto sensu*, estes cursos poderiam contribuir significativamente com este quadro ao inserir em seus currículos além de conteúdos específicos, disciplinas de capacitação docente.

Já existem movimentos favoráveis a esta demanda e é preciso destacar os positivos avanços promovidos pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE)⁶⁹, os estudos amplamente divulgados pelo Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) que acontece ininterruptamente desde 1973 e o manifesto de um grupo de pesquisas da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) pelo reconhecimento da área de conhecimento “educação em engenharia” (GRUPO DE PESQUISA EM INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – GRITEE, 2006).

Entretanto, muito ainda há que se fazer. A engenharia de três décadas atrás é obsoleta perante a engenharia moderna. Os métodos de ensino também. A diferença é que continua se ensinando como antes.

⁶⁹ www.abenge.org.br (Acesso em: 20 ago. 2011).

As teorias aqui utilizadas, as quais convergiram para uma nova metodologia de desenvolvimento de *softwares* educacionais não são dogmáticas. Outras estratégias poderão também convergir para o desenvolvimento de novas metodologias ou objetos de aprendizagem em engenharia, observando que a multidisciplinaridade sempre deve estar associada à pesquisa nesta área do conhecimento. Se houver resistência em relação a este aspecto, especificamente às ciências cognitivas⁷⁰ ou a educação propriamente, as investigações e produções acadêmicas neste campo serão, por vezes, mais especulativas do que científicas.

Portanto, espera-se que em um futuro breve as metodologias e os grupos de pesquisa nesta área se tornem mais sólidos e que o ensino de engenharia consiga atender satisfatoriamente a demanda que lhe compete pelo desenvolvimento do país.

Como sugestões para trabalhos futuros apontam-se, no aspecto técnico, a construção de novos módulos deste *software* (que se configurou neste trabalho como na sua versão *beta*):

- Permitir exportar o perfil do usuário para que possa ser executado em diferentes computadores;
- Permitir a execução de cursos simultâneos;
- Implementar o módulo de análise estatística para que além da quantidade de erros e acertos se verifique o tempo médio utilizado para cada questão;
- Estudar a viabilidade de sua execução via *web*.
- Criar uma conexão com um servidor para que, quando utilizado em larga escala, a informação sobre a calibração de itens possa ser enviada automaticamente para os usuários;
- Criar um repositório *online* com conteúdos para este *software*.

No aspecto científico reforça-se a sugestão de uma completa revisão bibliográfica sobre TRI para tornar possível uma análise de eficiência em campo da concepção aqui proposta⁷¹.

⁷⁰ Gardner (2003) em seu livro intitulado “A nova ciência da mente” lembra que não existe pesquisa em ciências cognitivas sem a convergência de distintas áreas como: engenharia, psicologia, matemática, computação e etc.

⁷¹ Vídeos didáticos simulando a operação do AVA Sophia, assim como seu arquivo de instalação, podem ser solicitados no e-mail: niltom@gmail.com

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13596**: tecnologia de informação – avaliação de produto de software – características de qualidade e diretrizes para o seu uso. Rio de Janeiro, 1996.
- ANASTASI, A.; URBINA, S. **Testagem psicológica**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.
- ANGELOV, A. N.; SMIEJA, T.; STYCZYNSKI, Z. Acceptance of 3D visualizations methods for learning and training in the area of electrical engineering. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION, 1., 2007, Coimbra. **Anais...** Coimbra: University of Coimbra, 2007.
- ARRUDA, D. M. Ministério da ciência e tecnologia. Instituto nacional de tecnologia (INT). **Modelos mentais**: nota técnica. Rio de Janeiro: INT, 2003. 26 p.
- AZEVEDO, G. P. ; SOUZA, C. S. ; FEIJÓ, B. . Enhancing the human-computer interface of power system applications. **IEEE Transactions on Power Systems**, New York, v. 11, n. 2, p. 639-645, 1996.
- BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, p. 182-217, 2006.
- BARRETO JÚNIOR, J. (Comp.). **Página pessoal sobre qualidade de software**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<http://www.barreto.com.br/qualidade>>. Acesso em: 10 fev. 2008.
- BAUER, P.; FEDÁK, V.; ROMPELMAN, O. PEMCWebLab – distance and virtual laboratories in electrical engineering: development and trends. In: IEEE INTERNATIONAL POWER ELECTRONICS AND MOTION CONTROL CONFERENCE, 13., 2008, Poznan. **Proceedings...** Poznan: EPE-PEMC, 2008.
- BAUER, P.; FEDÁK, V.; HÁJEK, V. E-learning in electrical (power) engineering, from idea to reality: state of the art and challenges. In: IEEE POWER ELECTRONIC SPECIALISTS CONFERENCE, 33, 2006, Cairns. **Proceedings...** Cairns: IEEE, 2006.
- BAZZO, W. A. **Ciência, tecnologia e sociedade**: e o contexto da educação tecnológica. Florianópolis: Editora da UFSC, 1998.

BOARETTO JR., H. **Ensino apoiado por computador aplicado a ferramentas gráficas gerenciais**. 1996. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

BORGES, A. T. Como evoluem os modelos mentais. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 85-125, 1999.

BORGES, A. T. Modelos mentais de eletromagnetismo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 1, p. 7-31, 1998.

BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em ensino de ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 207-226, 1997.

BORGES, A. T. **Mental models of electromagnetism**. 1996. 100f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Faculty of Education, University of Reading, Reading, 1996.

BRETAS, N. G.; RAMOS, R. A. Metodologia de ensino de engenharia elétrica para a formação de profissionais com alta capacidade de adaptação. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 16., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: Comitê nacional brasileiro de produção e transmissão de energia elétrica (CIGRÉ-Brasil), 2001.

BREWER, W. F. Schemas versus mental models in human memory. In: MORRIS, P. (Ed.) **Modelling cognition**. Chichester: John Wiley, 1987.

BYRNE, C. **Water on tap: the use of virtual reality as an educational tool**. 1996. 101f. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) – Faculty of Engineering, University of Washington, Seattle, 1996.

BOYLESTAD, R. L. **Introdução à análise de circuitos**. São Paulo: Pearson, 2004.

CAMPOS, F. C. A., ROCHA, A. R. C.; CAMPOS, G. H. B. Design instrucional e construtivismo: em busca de modelos para o desenvolvimento de software. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 4., 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: RIBIE, 1998. Disponível em: <<http://www.url.edu.gt/sitios/tice/docs/trabalhos/250m.pdf>>. Acesso em: 4 mar. 2009.

CANOSSA, J. H. **Um programa interativo para estudos de fluxo de potência**. 2007. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

CARNEIRO, A. M. O que é cognitivismo? **Psico-USF**, Itatiba, v. 12, n. 2, p. 337-338, jan./jun 2007. Disponível em: <<http://pepsic.bvs-psi.org.br/pdf/psicousf/v12n2/v12n2a23.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2009.

CARNEIRO, M. F. D.; MACHADO, Luiz. **Física: 3ª série – ensino médio**. Belo Horizonte: Soma, 2007.

CASAS, L. A.; BRIDI, V.; FIALHO, F. Construção de conhecimento por imersão em ambientes de realidade virtual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 7., 1996, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CBIE, 1996. p. 29-43.

CAMPOS, F. C. A., ROCHA, A. R. C., CAMPOS, G. H. B. (1998). Design instrucional e construtivismo: em busca de modelos para o desenvolvimento de software. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 4., 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: RIBIE, 1998.

CATHOLICO, R. A. R.; OLIVEIRA NETO, J. D. Inventário de estilos de aprendizagem em um curso técnico de eletroeletrônica. In: CONGRESSO INTERNACIONAL ABED DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 14., 2008, Santos. **Anais...** Santos: Associação Brasileira de Educação a Distância, 2008.

CERQUEIRA, T. C. S. **Estilos de Aprendizagem em Universitários**. 2000. 155f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2000.

COCCO, A. P. **Modelo de adaptação de ensino utilizando agentes pedagógicos**. 2004. 113f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

COELHO, G. R. **A evolução dos modelos explicativos dos estudantes sobre circuitos elétricos e sobre a natureza da luz em um currículo recursivo**. 2007. 112f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

COHEN, E.; ZAMBALDI, F.; ARANHA, F. Aplicação das técnicas de análise fatorial e modelagem de equações estruturais no estudo da operacionalização dos construtos de lealdade comportamental e atitudinal de clientes de um cartão de crédito private label. In: ENCONTRO DA ANPAD, 28., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANPAD, 2004.

COSTA, R. M. E. M.; CARVALHO, L. A.; ARAGON, D. Explorando as possibilidades dos ambientes virtuais para a reabilitação cognitiva. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 9., 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CBIE, 1998.

CRAIK, K. J. W. **The nature of explanation**. Cambridge: University Press, 1943.

DAVIS, J.C. **Statistics and Data Analysis in Geology**. New York: John Wiley and Sons, 1986.

DE SOUZA, C. S. ; LEITE, J. C.; PRATES, R. O.; BARBOSA, S. D. J. Interação humano-computador: perspectivas cognitivas e semióticas. In: FUKS, H. (Org.). JORNADAS DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: EntreLugar, 1999.

DE SOUZA, C. S. **The semiotic engineering of human-computer**. Cambridge: The MIT Press, 2005.

DE SOUZA, C. S. The semiotic engineering of user interface languages. **International journal of man-machine studies**, Londres, v. 39, n. 5, p. 753-773, 1993.

DRIVER, R. **Making sense of secondary science Research into children's ideas**. New York: Routledge, 1994.

EISENCK, M. W.; KEANE, M. T. **Psicologia cognitiva: um manual introdutório**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

FEDÁK, V.; BAUER, P. E-learning in education of electrical drives and power electronics: opportunities and challenges. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL DRIVES AND POWER ELECTRONICS, 11., 2005, Dubrovnik. **Proceedings...** Dubrovnik: EDPE, 2005.

FELDER, R. M.; BRENT, R. Understanding student differences. **Journal of Engineering Education**, Washington, v. 94, n. 1, p. 57-72, 2005.

FELDER, R. M.; HENRIQUES, E. R. Learning and Teaching Styles in Foreign and Second Language Education. **Foreign Language Annals**, Wiley, v. 28, n.1, p. 21-31, 1995. Disponível em: <<http://www.ncsu.edu/felder-public/Papers/FLAnnals.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2009.

FELDER, R. M.; SPURLIN, J.E. Applications, reliability, and validity of the index of learning styles. **International Journal of Engineering Education**, Whashington, v. 21, n. 1, p. 103-112, 2005.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and teaching styles in engineering education. **Journal of Engineering Education**, Whashington, v. 7, n. 78, p. 674 – 681, 1988. Disponível em: <<http://www.ncsu.edu/felder-public/Papers/LS-1988.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2009.

FELDER, R. M.; SOLOMAN, B. A. Index of learning styles questionnaire. **North Carolina State University**, Raleigh, 1991. Disponível em: <<http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>>. Acesso em: 26 jun. 2009.

FIGUEIREDO, R. S.; NORONHA, C. M. S.; OLIVEIRA NETO, O. J. Estilos de aprendizagem no ensino técnico agropecuário das escolas técnicas federais do estado de Goiás. **Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional**, Taubaté, v. 4, p. 41-57, 2008.

FORBUS, K. D. Qualitative process theory. In: BOBROW, D. G. (Ed.) **Qualitative reasoning about physical systems**. Cambridge: MIT Press, 1984.

FURTADO, D. **Análise multivariada**. Lavras: Editora da UFLA, 1996.

GARDNER, H. **A nova ciência da mente**. São Paulo: Editora da USP, 2003.

GARDNER, H. **Estruturas da mente: a teoria das inteligências múltiplas**. Porto Alegre: Artmed, 1994.

GARDNER, H. **Inteligências múltiplas: a teoria na prática**. Porto Alegre: Artmed, 1995.

GARDNER, H. **The minds new science: a history of the cognitive revolution**. New York: Basic Books, 1985.

GENTNER, D.; GENTNER, D. R. Flowing waters or moving crowd: mental models of electricity. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Ed.). **Mental models**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Ed.). **Mental models**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

GIBBONS, A. S.; NELSON, Jon. The nature and origin of instructional objects. In: WILEY, D. A. **The instructional use of learning objects**. Bloomington: Association for Educational Communications and Technology, 2000. Disponível em: <http://reusability.org/read/chapters/gibbons.doc>. Acesso em: 06 fev. 2009.

GIBSON, J.J. **The ecological approach to visual perception**. Hillsdale: LEA, 1979.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Aprendendo ciências através de modelos e modelagem. In: COLINVAUX, D. (Org.). **Modelos e educação em ciências**. Rio de Janeiro: Ravel, 1998.

GODLESKI, E. S. Faculty-student compatibility. In: SUMMER NATIONAL MEETING OF THE AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, 1., 1983, Denver. **Proceedings...** Denver: AIChE, 1983.

GODLESKI, E. S. Learning style compatibility of engineering students and faculty. In: ANNUAL FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 24., 1984, Philadelphia. **Proceedings...** Philadelphia: IEEE, 1984.

GOMES, C. M. A. Softwares educacionais podem ser instrumentos psicológicos. **Psicologia escolar e educacional**, Maringá, v. 11, n. 2, p. 391-401, 2007.

GOMES, C. M. A. **Uma análise dos fatores cognitivos mensurado pelo exame nacional do ensino médio (ENEM)**. 2005. 315f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

GORSUCH, Richard L. **Factor analysis**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

GRASHA, A. F.; RIECHMANN, S. A rational approach to developing and assessing the construct validity of a student learning scale instrument. **The Journal of Psychology**, Filadélfia, v. 87, n. 2, p.213-223, 1974.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. The kinds of mental representations – models, propositions, and images – used by college physics students regarding the concept of field. **International Journal of Science Education**, Londres, v. 19, n. 6, p. 711-724, 1997.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Um estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético em alunos de física geral, estudantes de postgrado y físicos profesionales. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 1: p. 95-108, 1996.

GRUPO DE PESQUISA EM INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. GRITEE. **Manifesto em defesa da área de conhecimento educação em engenharia**. Guaíba: UERGS, 2006.

GUTIERREZ, R.; OGBORN, J. A causal framework for analysing alternative conceptions. **International Journal of Science Education**, Londres, v. 14, n. 2, p. 201-220, 1992.

HAIR, J. F., ANDERSON, R. E. TATHAM, R. L., BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

HALLOUN, I. Schematic modeling for meaningful learning of physics. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 33, n. 9, p. 1019-1041, 1996.

HAMBLETON, R. K; SWAMINATHAN, H. **Item response theory: principles and applications**. Boston: Kluwer Nijhoff Publishing, 1985.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry. **Science Education**, Salem, v. 80, n. 5, p. 509-534, 1996.

HAYES, J. ALLINSON, C. W. The implications of learning styles for training and development: a discussion of the matching hypothesis. **British Journal of Management**, Chichester, v. 7, n. 1, p. 63-73, 1996.

HAYES, J.; ALLINSON, C. W. Matching learning style and instructional strategy: an application of the person-environment interaction paradigm. **Perceptual and motor skills**, Missoula, v. 76, n. 1, p. 63-79, 1993.

HERMAN, Harry H. **Modern factor analysis**. Chicago: The University of Chicago Press, 1976.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

HOFF, Thomas; HAUSER, Andreas. Applying a cognitive engineering approach to interface design of energy management systems. **PsychNology Journal**, New York, v. 6, n. 3, p. 321-345, 2008.

HOSSAIN, P. Redefining Instructional Technology: Transformation from audio-visual aids to information technology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNOLOGY AND EDUCATION, 13., 1996, New Orleans. **Proceedings...** New Orleans: ICTE, 1996.

IVANCEVIC, T.; JOVANOVIC, B.; DJUKIC, S.; DJUKIC, M.; MARKOVIC, S. **Complex sports biodynamics**. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2009.

JOHNSON-LAIRD, P. **Mental models**. Cambridge: Harvard University Press, 1983.

JUNG, C. G. **Tipos psicológicos**. Petrópolis: Vozes, 1991.

KAKINOKI, T.; MASUYAMA, Y.; MATSUMURA, T.; NAKANO, T.; FUJITA, G.; YOKOYAMA, R. Visualization of power system transient stability. In: INTERNATIONAL TECHNOLOGY BASED HIGHER EDUCATION AND TRAINING, 1., 2001, Kamamoto, Japão. **Proceedings...** Kamamoto: Electrical engineering and computer science, 2001.

KEIRSEY, D.; BATES, M. **Please understand me: character & temperament types**. Del Mar: Prometheus Nemesis Book Company, 1984.

KIM, J.; MUELLER, C. W. **Factor analysis: statistical methods and practical issues**. Londres: Sage Publications, 1978.

KLEER, J.; BROWN, J. S. Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Ed.). **Mental models**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

KLUMP, R. P.; SCHOOLEY, D.; OVERBYE, T. J. An advanced visualization platform for real-time power system operations. In: POWER SYSTEMS COMPUTATION CONFERENCE, 14., 2002, Seville. **Proceedings...** Seville: PSCC, 2002.

KLUMP, R.; WU, W.; DOOLEY, G. Displaying aggregate data, interrelated quantities, and data trends in electric power systems. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 36., 2003, Big Island. **Proceedings...** Big Island: HICSS, 2003.

KOBAYASHI, N.; YAMADA, T.; OKAMOTO, H.; TADA, Y.; KURITA, A.; SEKINE, Y. P-6 map, Q-6-V map and short circuit current map. In: POWER SYSTEMS COMPUTATION CONFERENCE, 12., 1996, Dresden. **Proceedings...** Dresden: PSCC, 1996.

KOBAYASHI, N.; OKAMOTO, H.; SEKINE, Y. New methods for visualization of dynamic behavior of power systems. **IEEE Transactions on Power Systems**, New York, v. 13, n. 3, 1998.

KOLB, D. A. **Individual learning styles and learning process**. Massachusetts: Sloan School of Management, 1971.

KOLB, D. A. **Experiential learning: experience as the source of learning and development**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984.

KREITZBERG, C. B.; STOCKING, M. L.; SWANSON, L. Computerized adaptive testing: principles and directions. **Computer & Education**, New York, v. 2, n.10, 1978.

KURI, N. P. Kolb's learning cycle: an alternative strategy for engineering education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION, 1., 1998, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: International Network on Engineering Education and Research, 1998.

KURI, N. P.. **Tipos de personalidade e estilos de aprendizagem: proposições para o ensino de engenharia**. 2004. 324f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

KURI, N. P.; TRUZZI, O. M. S. Learning styles of freshmen engineering students. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION, 4., 2001, Arlington. **Proceedings...** Arlington: International network for engineering education and research, 2002.

LAGRECA, M. C. B.; MOREIRA, M. A. Tipos de representações mentais utilizadas por estudantes de física geral na área de mecânica clássica e possíveis modelos mentais nessa área. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n. 1, p.202-215, 1999.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos multivariados**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

LAWRENCE, G. **People types and tiger stripes**. Gainesville: Center for Applications of Psychological Type, 1994.

LEAL, F.; GOULART, A. T.; ALMEIDA, D. A.; PINHO, A. F. Avaliação ergonômica e mensuração do estresse em salas de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENEGEP, 2006.

LÉVY, P. **O que é virtual**. Tradução Paulo Neves. São Paulo: Editora 34, 1996. 157 p.

LÉVY, P. **Tecnologias da Inteligência**. Tradução Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1993.

LI, H.; LIU, C. C.; DAMBORG, Mark J. Web-based tutoring in power engineering. **IEEE Transactions on Power System**, New York, v. 18, n. 3, p. 1227-1234, 2003.

LINSINGEN, I. V.; PEREIRA, L. T. V; CABRAL, C.; BAZZO, W. (org). **Formação do engenheiro**: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões contemporâneas da educação tecnológica. Florianópolis: UFSC, 1999.

LIVESAY, G. A.; DEE, K. C.; NAUMAN, E. A.; HITES, L. S. Engineering student learning styles: a statistical analysis using Felder's index of learning styles. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION, 12., 2002, Montreal, Quebec. **Proceedings...** Montreal: ASEE, 2002.

LOPES, W. M. G. **ILS – inventário de estilos de aprendizagem de Felder-Soloman**: investigação de sua validade em estudantes universitários de Belo Horizonte. 2002. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MCCULLOCH, W.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas imanente in nervous activity. **Bulletin of mathematical biophysics**, New York, v. 5, n. 4, 1943.

MACHADO, C. S.; PALHANO, M. D. M.; PECONIK, M. L.; AVILA, V. A.. Estilos de Aprendizagem – Uma Abordagem Utilizando o ILS – index of learning styles. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., 2001. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2001.

MAHADEV, M.; CHRISTIE, R. D. Envisioning power system data: concepts and a prototype system state representation. **IEEE Transactions on Power System**, New York, v. 8, n. 3, 1993.

MANI, K.; JOHNSON-LAIRD, P. The mental representation of spatial descriptions. **Memory and cognition**, Brighton, v. 10, n. 2, 1982.

MCCULLOCH, W.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. **Bulletin of Mathematical Biophysics**, Michigan, v. 5, n. 4, p. 115-133, 1943.

MELEIRO, A.; GIORDAN, M. Hipermídia no ensino de modelos atômicos. **Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Telemática Educacional**, São Paulo, v. 1, n. 9, 2003.

MELLO, Carla Virmond. **Os tipos psicológicos e as competências nos novos modelos de gestão**. 2003. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MICHAELS, C.F.; CARELLO, C. **Direct perception**. Englewood: Prentice Hall, 1981.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Medidas para reduzir a evasão nos cursos de engenharia**. Brasília: [s. n.], 2008. Disponível em: <<http://agenciact.mct.gov.br/index.php/content/view/149094.html>>. Acesso em: 30 set. 2009.

MOITA NETO, J. M. Estatística multivariada: uma visão didática-metodológica. **Crítica**, Ouro Preto, 9 mai. 2004, Seção Filosofia da Ciência. Disponível em: <http://criticanarede.com/cien_estatistica.html>. Acesso em: 14 jun. 2010.

MOREIRA, M. A. ; SOARES, S. ; PAULO, I. Mapas conceituais como instrumento de avaliação em um curso introdutório de mecânica quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 1-12, 2008.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Cadernos do Aplicação**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 143-156, 1998.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. In: ENCONTRO SOBRE TEORIA E PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIA, 1., 1997, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Faculdade de Educação da UFMG, 1997.

MOREIRA, M. A. **Teorias da aprendizagem**. São Paulo: Editora EPU, 1999.

MOREIRA, M. A.; OLIVEIRA, Adriano P. Dificuldade dos alunos na aprendizagem da lei de Ampère, à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 3, setembro, 2003.

MOREIRA, M. A.; SOARES, Sabrina; PAULO, Iramaia Cabral de. Mapas conceituais como instrumento de avaliação em um curso introdutório de mecânica quântica. **Revista Brasileira de Educação Científica e Tecnológica**, Curitiba, v. 1, n. 3, 2008.

MOTA, A. D. A. ; MOTA, L. T. M. ; MORELATO, A. Teaching power engineering basics using advanced web technologies and problem-based learning environment. **IEEE Transactions on Power Systems**, New York, v. 19, n. 1, p. 96-103, 2004.

MUZIO, J.; HEINS, T.; MUNDELL, R. **Experiences with reusable e-learning objects: from theory to practice**. CEDAR: Victoria, 2001. Disponível em: <<http://www.udutu.com/pdfs/eLearning-objects.pdf>>. Acesso em: 9 fev. 2009.

MYERS, I. B.; MCCAULLEY, M. H. **Manual: a guide to the development and use of the Myers-Briggs type indicador**. Palo Alto: Consulting Psychologist Press, 1986.

NAKAO, O.S. **Aperfeiçoamento didático de um curso de mecânica das estruturas**. 2000. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

NORMAN, D. A. Cognitive engineering. In: Norman, D. A.; DRAPER, S. W. (Ed.). **User center system design**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1986.

NORMAN, D. A. Some observations on mental models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Ed.). **Mental models**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

NOVA ESCOLA. **Grandes pensadores**. São Paulo: Abril, 2009. (Edição Especial n. 25).

OHASHI, T.; ONO, T. Visualization and interactive simulation for power system 199roficiência and education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN POWER SYSTEM CONTROL, 4., 1997, Hong Kong. **Proceedings...** Hong Kong: APSCOM, 1997.

OLIVEIRA, L. H. M. **Testes adaptativos sensíveis ao conteúdo do banco de itens: uma aplicação em exames de proficiência em inglês para programas de pós-graduação**. 2002. 200f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

OTTO, C. S. Utilização de agentes tutores inteligentes para promover o ensino adaptativo a educação a distância. In: SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 12., 2007, Cruz Alta. **Anais...** Cruz Alta: UNICRUZ, 2007.

OVERBYE, T. J.; SAUER, P. W.; MARZINZIK, C. M.; GROSS, G. A user-friendly simulation program for teaching power system operations. **IEEE Transactions on Power System**, New York, v. 10, n. 2, p. 1725-1733, 1995.

OVERBYE, T. J.; WEBER, J. D. New methods for the visualization of electric power system information. In: IEEE SYMPOSIUM ON INFORMATION VISUALIZATION, 6., 2000, Salt Lake City, USA. **Proceedings...** Salt Lake City: IEEE computer society technical committee on visualization and graphics, 2000.

OVERBYE, T. J.; WIEGMANN, D. A.; RICH, A.M.; SUN, Y. Human factor aspects of power system voltage contour visualizations. **IEEE Transactions on Power System**, New York, v. 18, n. 1, p. 76-82, 2003.

PASQUALI, L. **Análise fatorial**: um manual teórico-prático. Brasília: Mimeo, 1998.

PEREIRA, M. B. C. **Desenvolvimento de um objeto de aprendizagem para análise de sistemas de energia elétrica**. 2008. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

PEREIRA, M. A.. **Ensino-aprendizagem em um contexto dinâmico – o caso de planejamento de transportes**. 2005. 147f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

RASMUSSEN, J. Skills, rules and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, New York, v. 13, n. 3, p. 257-266, 1983.

REIS, C. I. ; PELLANDA, N. M. C. . Autonarrativas e leitura: o uso de blogs e hipertexto como dispositivo cognitivo/afetivo. In: COLÓQUIO DE LEITURA E COGNIÇÃO, 2., 2005, Santa Cruz do Sul. **Anais...** Santa Cruz do Sul: Ed. Instituto Padre Reus, 2005.

RIBEIRO, L. R. C. **A aprendizagem baseada em problemas (PBL)**: uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores. 2005. 235f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

ROSÁRIO, J. A. **Estilos de aprendizagem de alunos de engenharia química e engenharia de alimentos da UFSC**: o caso da disciplina de análise e simulação de processos. 2006. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

ROSENBLUETH, A.; WIENER, N.; BIGELOW, J. Behavior, Purpose and Teleology. **Philosophy of Science**, Chicago, v.1, n.10, p. 18-24, 1943.

ROUSE, W. B.; MORRIS, N. M. On looking into the black box: prospects and limits in the search for mental models. **Psychological Bulletin**, Washington, v. 100, n. 3, p. 349-363, 1986.

SADLER-SMITH, E. The relationship between learning style and cognitive style. **Personality and individual differences**, New York, vol. 30, n. 4, p. 609-616, 2001.

RUMMEL, R. J. **Applied factor analysis**. Evanston: Northwestern University Press, 1970.

SANTANA, A. L. Behaviorismo. InfoEscola: navegando e aprendendo. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/psicologia/behaviorismo>>. Acesso em: 11 ago. 2009.

SANTOS, D. F.; RIBEIRO, L. G.; GUEDES, L. G. R.; MARTINS, W. Ferramenta avaliativa pedagógica para cursos a distância baseada em testes adaptativos informatizados e teoria de resposta ao item. In: SEMINÁRIO DE COMPUTAÇÃO, 14., 2004, Blumenau. **Anais...** Blumenau: Sociedade Brasileira de Computação, 2004.

SARAIVA, C. A. E.; ARGIMON, I. L. Ciência da computação e ciência cognitiva: um paralelo de semelhanças. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 150-155, dez. 2007.

SCHMECK, R.. **Learning strategies and learning styles**. New York: Plenum Press, 1988.

SCHMIDT, H. G. As bases cognitivas da aprendizagem baseada em problemas. In: MAMEDE, S.; PENAFORTE, J. (org). **Aprendizagem baseada em problemas: anatomia de uma nova abordagem educacional**. São Paulo: Hucitec, 2001.

SCUTARU, G.; SANDU, F.; COCORADA, E.; PAVALACHE, M.; KRISTALY, D.; MORSKY-LINDQUIST, A.; NEUNDORF, V.; SCAPOLLA, A.; MUSTICA, M.; CSEREY, S.; DASCALU, M.; FEDÁK, V.; PERDUKOVÁ, D.; LINDQUIST, K.; VLAESCU, G. European Commission. **Relatório educativo**. Identity. Brasov, 2008a. 78 p. Disponível em: <http://iesc.unitbv.ro/identity/docs/Expected_outputs/Educational_Report_PT.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2009.

SCUTARU, G.; SCAPOLLA, A. M.; MUSTICA, M.; SANDU, F.; KRISTALY, D. Individualized learning enhanced by virtual reality. In: IEEE OPTIMIZATION OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT, 11., 2008b, Brasov. **Proceedings...** Brasov: IEEE, 2008b.

SEERY, N; GAUGHRAN, W. F.; WALDMANN, T. Multi-modal learning in engineering education. In: ANNUAL ASEE CONFERENCE AND EXPOSITION, 100., 2003, Washington. **Proceedings...** Washington: ASEE, 2003.

SENRA, C. M. S.; LIMA, G. F. C. A.; DA SILVA F. W. O. A Relação entre os Estilos de Aprendizagem de Richard Felder e os Tipos Psicológicos de Carl Jung. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA, 1., 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CEFET-MG, 2008.

SHIN, J. R.; LEE, W. H.; IM, D. H.. A windows-bases interactive and graphic package for the education and training of power system analysis and operation. **IEEE Transactions on Power Systems**, New York, v. 14, n. 4, 1999.

SILVA, A. R. **Ciência cognitiva**: computadores, cérebros e mente. [S.l.: s.n., 200-]. Curso online. Disponível em: <<http://www.geocities.com/discursus/html/cognitiv.html>>. Acesso em: 14 ago. 2009.

SILVERMAN, L. **Upside-down brilliance**: the visual-spatial learner. Denver: DeLeon Publishing, 2002.

SIMON, H. A. **The sciences of the artificial**. Cambridge: The MIT Press, 1996.

SOUZA, C. M. S. G. de; MOREIRA, M. A. A causalidade piagetiana e os modelos mentais: explicações sobre o funcionamento do giroscópio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n. 2, p. 213-231, 2000.

STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

SUN, X. The application of factor analysis in Chinese stock market. **Sciencepaper**, [S.l.], n. 21, p. 1-5, out. 2008.

SUN, Y.; OVERBYE, T. J. Visualizations for power system contingency analysis data. **IEEE Transactions on Power Systems**, New York, v. 19, n. 4, 2004.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 72-85, 2007.

TRUMPER, R. The need for change in elementary school teacher training: the case of the energy concept is an example. **Educational Research**, v. 39, n. 2, p. 157-174, 1997.

TUCKMAN, B. W. **Conducting educational research**. New York: Wadsworth group, 1999.

VAN ZWANENBERG, N.; WILKINSON, L. J.; ANDSERON, A. Felder and Silverman's index of learning styles and Honey and Mumford's learning styles questionnaire: how do they compare and how do they predict? **Educ. Psych**, New York, v. 20, n. 3, p. 365-381, 2000.

VIEIRA JUNIOR, N.; COLVARA, L. D. Tecnologia motivacional: aplicação de um software educacional para sistemas elétricos de potência. In: TOZZI, M.; OLIVEIRA, V. F.;

GIORGETTI M. F.; ROCHA, A. (Org.). **Novos paradigmas na educação em engenharia**. Curitiba: ABENGE, 2007a.

VIEIRA JUNIOR, N.. **Educação em engenharia**: estudo de metodologias pedagógicas e desenvolvimento de um software aplicado ao ensino de estabilidade de sistemas de energia elétrica. 2007. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

VIEIRA JUNIOR, N.; COLVARA, L. D. A importância do professor conforme estilos de aprendizagem e modelos mentais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 34., 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, 2006, p. 1239-1250.

VIEIRA JUNIOR, N.; COLVARA, L. D. Engenharia para as novas gerações: visualizações gráficas para o ensino de estabilidade de sistemas de energia elétrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 35., 2007, Curitiba. **Anais...** Passo Fundo: Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, 2007b.

VIEIRA JUNIOR, N. **Fundamentos de instalações elétricas**. Florianópolis: UFSC/IFMG/Etec, 2011.

VIEIRA JUNIOR, N.; COLVARA, L. D. Os modelos mentais de alunos em relação a vetores em duas e três dimensões: uma análise da dinâmica da aprendizagem e da inadequação das avaliações tradicionais. **Revista Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 055-069, 2010a.

VIEIRA JUNIOR, N.; COLVARA, L. D. Os modelos mentais de frações: como universitários lidam com conceitos fundamentais de matemática? **Revista Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 124-136, 2010b.

VIEIRA JUNIOR, N.; SILVA, André Luiz Vieira da; VIEIRA, Danilo Batista. Os estilos de aprendizagem no desenvolvimento de robôs didáticos. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND COMPUTER EDUCATION, 6., 2009, Buenos Aires. **Proceedings...** Buenos Aires: COPEC, 2009.

VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. **Learning and Instruction**, Washington, v.10, n. 4, p. 45-69, 1994.

WATTS, D. M.; GILBERT, J. K. **Appraising the understanding of science concepts: energy**. Guildford: University of Surrey, 1985.

WEBER, J.D.; OVERBYE, T. J. Voltage contours for power system visualization. **IEEE Transactions on Power System**, New York, v. 15, n. 1, p. 404-409, 2000.

WEISS, D. J. Adaptive testing by computer. **Journal of consulting and clinical psychology**, Arlington, v. 53, n.6, 1985.

WHITE, R.; GUNSTONE, R. **Probing understanding**. London: Falmer Press, 1992.

WIEGMANN, D. A.; ESSENBERG, G. R.; OVERBYE, T. J.; SUN, Y. Human factors aspects on power system flow animation. **IEEE Transactions on Power System**, New York, v. 20, n. 3, p. 1233-1240, 2005.

WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: a definition a metaphor, and a taxonomy. 2000. In: _____. **The instructional use of learning objects**. Bloomington: Association for Educational Communications and Technology, 2000. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 02 fev. 2009.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física I: mecânica**. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física III: eletromagnetismo**. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

ZYWNO, M. S. A contribution of validation of score meaning for Felder-Soloman's index of learning styles. In: ANNUAL ASEE CONFERENCE AND EXPOSITION, 110., Washington, 2003. **Proceedings...** Washington: American Society for Engineering Education.

ARTIGOS PUBLICADOS DURANTE O TRABALHO

PIMENTA, G. V.; SILVA, G. B. D.; EUFRÁSIO, A. R.; PORTO, A. A.; VIEIRA JUNIOR, N. Os modelos mentais relacionados ao aprendizado de sistemas lineares no ensino superior. **Revista Alexandria (UFSC)**, Florianópolis, v. 5, p. 205-226, 2012.

VIEIRA JUNIOR, N.; COLVARA, L. D. Os modelos mentais de frações: como universitários lidam com conceitos fundamentais de matemática? **Revista Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 124-136, 2010a.

VIEIRA JUNIOR, N.; COLVARA, L. D. Os modelos mentais de alunos em relação a vetores em duas e três dimensões: uma análise da dinâmica da aprendizagem e da inadequação das avaliações tradicionais. **Revista Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 055-069, 2010b.

VIEIRA JUNIOR, N.; COLVARA, L. D. Objetos de aprendizagem na engenharia elétrica: uma nova abordagem baseada em aspectos cognitivos. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNOLOGY AND ENGINEERING EDUCATION, 11., 2010, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: COPEC, 2010.

VIEIRA JUNIOR, N.; SILVA, A. L. V. O uso de protótipos para o ensino de robótica e desenvolvimento dos modelos mentais. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 64-68, 2009.

VIEIRA JUNIOR, N. Estilos de aprendizagem: é seguro medi-los e utilizá-los? **Revista P@rtes**, São Paulo, v. online, p. 03 jul, 2010. Disponível em: <<http://www.partes.com.br/educacao/estilosdeaprendizagem.asp>>. Acesso em: 01 nov. 2012.

VIEIRA JUNIOR, N. Softwares educacionais: interatividade e aprendizagem garantidas? **Revista P@rtes**, São Paulo, v. online, p. 02 jun, 2010. Disponível em: <<http://www.partes.com.br/educacao/softwareeducacionais.asp>>. Acesso em: 01 nov. 2012.

APÊNDICE A

O texto a seguir apresenta os estilos de aprendizagem dos alunos pertencentes à amostra que tornou válida a nova versão reduzida do ILS. Os perfis de aprendizagem da referida amostra encontram-se na Tabela 27.

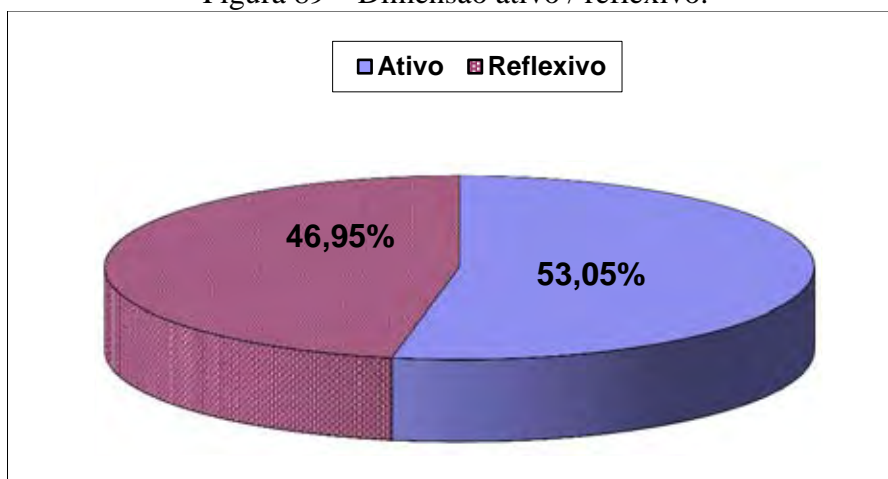
Tabela 27 – Os estilos de aprendizagem identificados.

DIMENSÃO			
Estilo	ATIVO	REFLEXIVO	TOTAL POR TIPO DE PREFERÊNCIA
Preferência Leve	23,66 %	19,85 %	43,51 %
Preferência Moderada	20,23 %	14,5 %	34,73 %
Preferência Forte	9,16 %	12,6 %	21,76 %
Total por polo	53,05 %	46,95 %	100 %
DIMENSÃO			
Estilo	SENSITIVO	INTUITIVO	TOTAL POR TIPO DE PREFERÊNCIA
Preferência Leve	10,69 %	5,73 %	16,42 %
Preferência Moderada	32,44 %	4,20 %	36,64 %
Preferência Forte	44,27 %	2,67 %	46,94 %
Total por polo	87,40 %	12,60 %	100 %
DIMENSÃO			
Estilo	VISUAL	VERBAL	TOTAL POR TIPO DE PREFERÊNCIA
Preferência Leve	18,32 %	12,21 %	30,53 %
Preferência Moderada	24,43 %	9,16 %	33,59 %
Preferência Forte	31,68 %	4,20 %	35,88 %
Total por polo	74,43 %	25,57 %	100 %
DIMENSÃO			
Estilo	SEQUENCIAL	GLOBAL	TOTAL POR TIPO DE PREFERÊNCIA
Preferência Leve	22,90 %	16,79 %	39,69 %
Preferência Moderada	30,53 %	10,69 %	41,22 %
Preferência Forte	15,27 %	3,82 %	19,09 %
Total por polo	68,70 %	31,30 %	100 %

Fonte: o próprio autor.

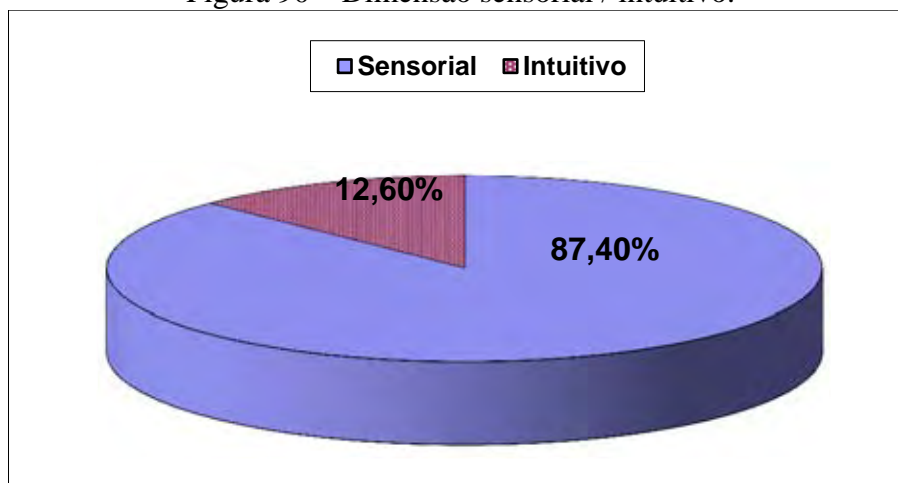
Os mesmos resultados são apontados graficamente.

Figura 89 – Dimensão ativo / reflexivo.



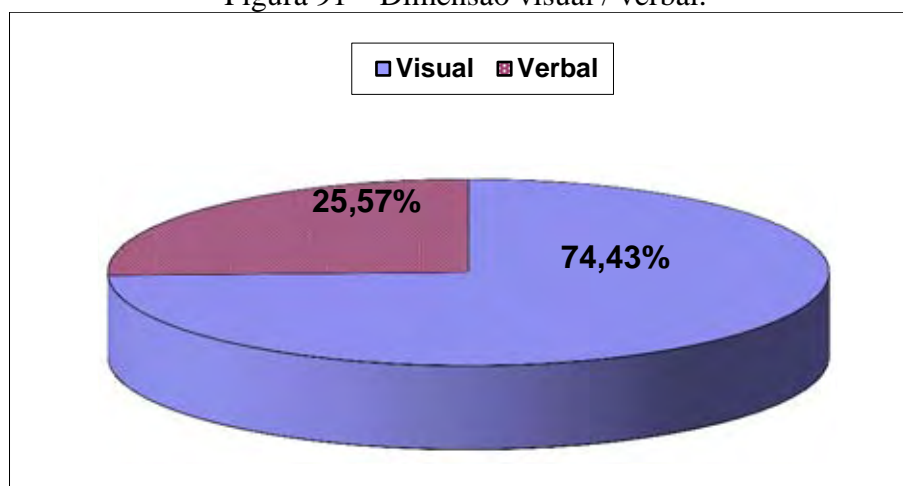
Fonte: o próprio autor.

Figura 90 – Dimensão sensorial / intuitivo.



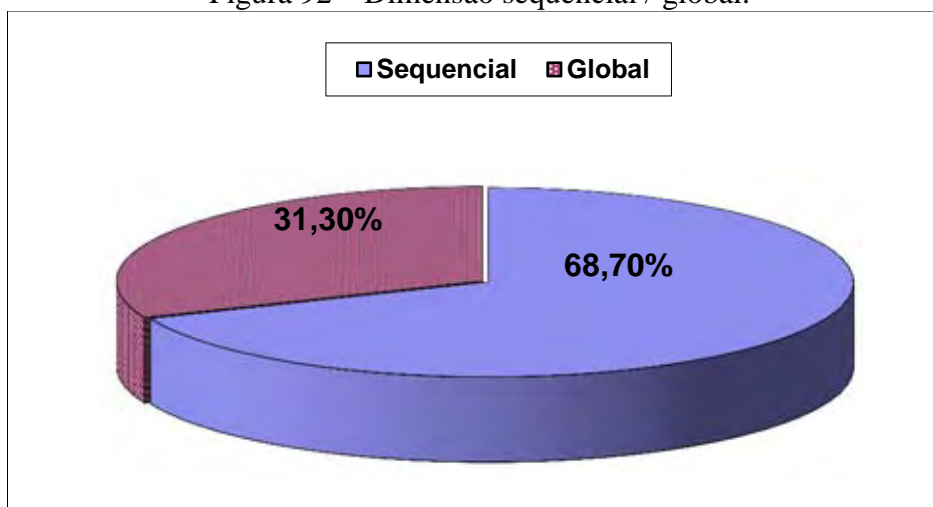
Fonte: o próprio autor.

Figura 91 – Dimensão visual / verbal.



Fonte: o próprio autor.

Figura 92 – Dimensão sequencial / global.

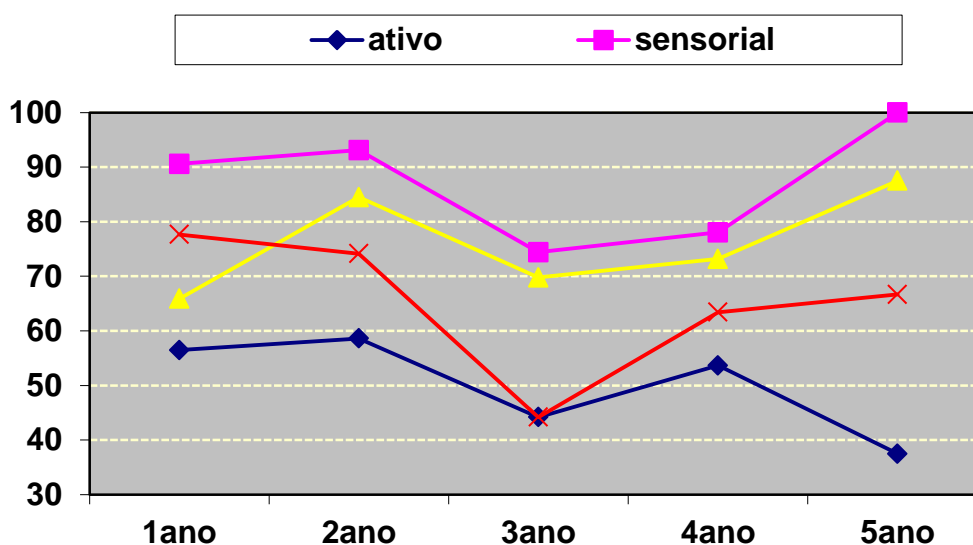


Fonte: o próprio autor.

Como apontado por outros estudos já realizados confirma-se, mediante uma versão válida e confiável do ILS, que a maioria dos estudantes destes cursos é ativo/sensorial/visual/sequencial.

Em relação ao comportamento longitudinal destes indivíduos, embora a amostra tenha sido pequena, especialmente para alunos dos últimos anos de graduação, pode-se observar o comportamento a seguir (Figura 93).

Figura 93 – Evolução dos estilos de aprendizagem ao longo da graduação.



Fonte: o próprio autor.

Defende-se que o perfil desejado do engenheiro é aquele que contemple o equilíbrio comportamental. Todavia, supõe-se que os mais “técnicos” apresentariam o estilo

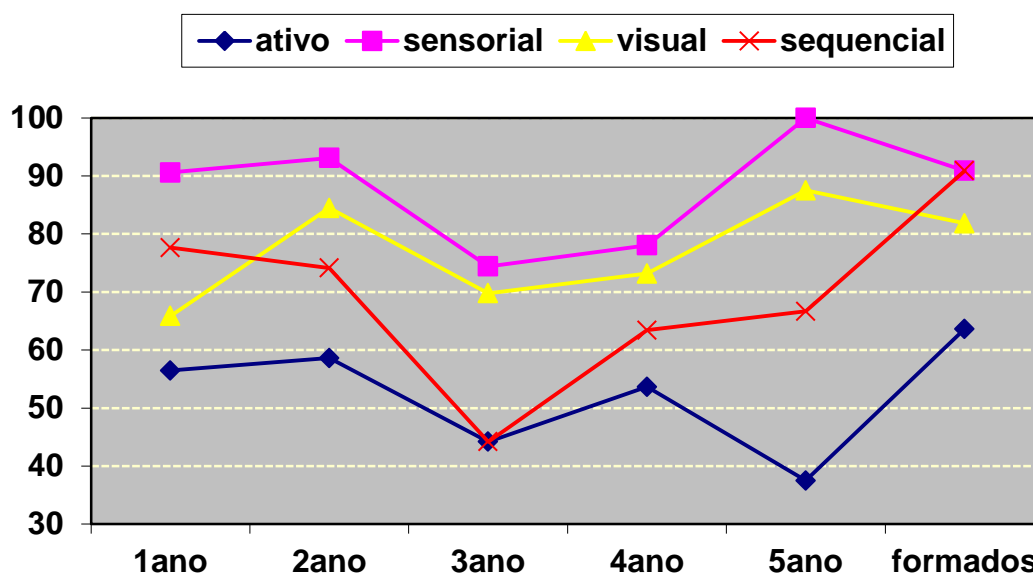
ativo/sensorial/visual/sequencial, enquanto, os mais “teóricos” apresentariam o estilo reflexivo/intuitivo/verbal/global.

O que se pode observar é que os métodos tradicionais de ensino utilizados na academia não têm conseguido promover este equilíbrio, haja visto que pelo menos dois polos fortemente identificados no primeiro ano de graduação tornaram-se ainda mais fortes no último ano (sensorial e visual).

Considerando que a engenharia elétrica, em especial, apresenta fenômenos abstratos e conceitos intangíveis aos sentidos humanos isto demonstra evidências de falhas na formação deste profissional.

Na amostra existia também, uma pequena parcela, constituída de egressos destes cursos. Ao inseri-los no mesmo gráfico observar-se-á outro fenômeno (Figura 94).

Figura 94 – Evolução dos estilos de aprendizagem considerando-se egressos.



Fonte: o próprio autor.

Por se tratar ainda o Brasil de um país emergente, porém, com pouca contribuição no campo da inovação tecnológica e pouquíssima inserção de pesquisa e desenvolvimento nas indústrias, o trabalho de engenharia no país leva seus profissionais a exercerem especialmente dois polos: sequencial e ativo.

O sequencial, justificado pela realização de trabalho linear e repetitivo. O ativo, justificado pela realização prática de projetos e não a criação de tecnologias.

Espera-se que estes fatos possam contribuir com futuras discussões e mediações pedagógicas no ensino de engenharia.

APÊNDICE B

O texto a seguir elucida resumidamente os métodos matemáticos utilizados na validação da nova versão do ILS, justificando-os.

B.1 Análise multivariada

Em qualquer decisão que se tome sempre há de se considerar um grande número de fatores. Uma decisão puramente intuitiva não permite identificar de maneira sistemática tais fatores, tampouco as variáveis que afetam esta decisão. Quando esta tomada de decisão visa estabelecer relações e encontrar ou propor leis explicativas ela segue, comumente, uma padronização científica metodológica.

Tal padronização envolve o uso de estatística univariada, porém, quando um fenômeno depende de muitas variáveis este tipo de análise se torna falho, pois não basta conhecer informações estatísticas isoladas, é preciso conhecer também a totalidade das informações fornecida pelo conjunto das variáveis (MOITA NETO, 2004).

Para Davis (1986) os métodos multivariados são poderosos, permitindo manipular diversas variáveis simultaneamente, mas são também complexos, tanto na sua estrutura teórica quanto operacional. Em alguns casos eles exigem requisitos muito rígidos e em outros, principalmente quando se deseja relacioná-los com problemas reais, sua base teórica impossibilita testes de significância. De todo modo, são métodos promissores quando se lida com um conjunto complexo de dados.

Esta complexidade é frequentemente identificada nas pesquisas que envolvem ciências humanas, em razão de seus conceitos controversos normalmente chamados de variáveis latentes, que recebem este nome por não poderem ser observadas diretamente. Embora haja esta restrição, os efeitos das variáveis latentes podem aparecer em variáveis manifestas e é neste sentido que se utiliza a Análise Fatorial: um método aplicado para investigar a dependência de um conjunto de variáveis manifestas em relação a um número menor de variáveis latentes (COHEN; ZAMBALDI; ARANHA, 2004)⁷².

Trata-se de uma técnica de análise estatística multivariada criada para identificar estruturas em conjuntos de variáveis observadas, explicitando a inter-relação entre os itens

⁷² Eric Cohen é graduado em engenharia elétrica e ex-reitor do Centro Universitário Curitiba. Desenvolve pesquisas em estatística aplicada à gestão de empresas.

visando encontrar fatores (variáveis latentes) e estabelecer dimensões. Neste estudo as variáveis manifestas (ou itens) são as questões do questionário e as variáveis latentes (ou fatores) são as dimensões de estilos de aprendizagem. Existem dois tipos de análise fatorial (HAIR, 2006):

- Análise Fatorial Exploratória – utilizada quando pouco se sabe sobre as relações entre o conjunto de dados;
- Análise Fatorial Confirmatória – utilizada para se testar hipóteses a respeito da estrutura de um conjunto de dados (útil para construção de teorias).

Duas razões motivaram a utilização da análise exploratória neste trabalho: primeiro que todos os estudos de validação do inventário de estilos de aprendizagem de Felder e Soloman (1991) também a utilizaram e, segundo, que ainda existem poucas evidências e muitas divergências quanto ao uso da análise confirmatória na literatura.

Faz-se a seguir as apresentações das técnicas utilizadas na análise exploratória e os resultados encontrados por estes estudos.

B.2 Análise das componentes principais (ACP)

Embora existam alguns equívocos terminológicos a análise das componentes principais não é o mesmo que análise fatorial (LANDIM, 2011). A análise fatorial, na verdade, pode ser pensada como uma extensão da análise das componentes principais, que consiste em calcular os autovalores e autovetores de uma matriz de variâncias-covariâncias ou de uma matriz de correlações (procedimento conhecido como modo “R”).

Sua técnica consiste em uma transformação linear de “m” variáveis originais em “m” novas variáveis, de modo que a primeira nova variável seja responsável pela maior variação possível no conjunto de dados (e assim por diante até que toda variação do conjunto tenha sido explicada). Se cada variável medida pode ser considerada como um eixo de variabilidade, estando usualmente correlacionada com outras variáveis, esta análise transforma os dados de tal modo a descrever a mesma variabilidade total existente, com o mesmo número de eixos originais, porém não mais correlacionados entre si. Graficamente pode ser descrita como a rotação de pontos existentes em um espaço multidimensional originando eixos, ou componentes principais, que dispostos em um espaço a duas dimensões representem variabilidade suficiente que possa indicar algum padrão a ser interpretado –

geralmente os dois ou três primeiros autovetores encontrados explicaram a maior parte da variabilidade presente (LANDIM, 2011).

Considerando a transformação linear citada, um vetor não nulo v será um autovetor de uma matriz simétrica A ($n \times n$) de variâncias e covariâncias, se existir um número real λ tal que:

$$Av = \lambda v$$

Neste caso, λ é o autovalor associado ao vetor v . Tal relação pode ser expressa alternativamente como:

$$[A][V] = [V][\Lambda]$$

Onde,

$[V]$ – é uma matriz, $n \times n$, de todos os autovetores;

$[\Lambda]$ – é uma matriz, $n \times n$, com os autovalores λ_i na diagonal principal.

Multiplicando ambos os lados da equação pela transposta de V , a soma dos autovalores será igual a soma dos termos da diagonal principal, ou seja, a soma das variâncias:

$$\sum \lambda_i = \sum a_{ii}, \text{ sendo por definição } \lambda_1 \geq \lambda_2 \dots \geq \lambda_n.$$

Resolvendo a equação acima para λ , as raízes determinadas serão os autovalores. Substituindo-os coerentemente nas equações, obtém-se para cada autovalor autovetores correspondentes, ou seja, as componentes principais. Os elementos de cada um dos autovetores encontrados são coeficientes de equações lineares que transformam os dados originais em escores indicativos do carregamento sobre seus eixos correspondentes. Por fim, multiplicando-se a matriz de dados originais pela matriz de autovetores, obtém-se uma matriz

transformada que representa as projeções dos pontos, em um espaço multidimensional, sobre as diversas componentes principais (LANDIM, 2011)⁷³.

Baseado nesta técnica, análise das componentes principais, pode-se verificar se a matriz é fatorável e também o número de fatores existentes. Para observar se a matriz é passível de fatoração podem-se adotar os seguintes critérios:

- Inspeção visual – verifica-se se a matriz de dados possui correlações suficientes para justificar a aplicação da análise fatorial. Se não houver um número substancial de correlações maiores que 0,30 então a análise fatorial provavelmente não é apropriada (HAIR et al., 2006);
- Teste Bartlett de esfericidade – verifica se a matriz de correlações é uma matriz identidade (o que indicaria que não há correlações entre os dados). Em síntese, ele procura para um nível de significância de 5% rejeitar a hipótese nula (H_0) de matriz de correlação identidade. Fornece, portanto, o nível de confiança que se pode esperar dos dados quando de sua análise pelo método multivariado. Valores de “significância” maiores que 0,10 indicam que os dados não são adequados para o uso da análise fatorial, já valores menores permitem utilizá-la (HAIR et al., 2006);
- Medida de Adequação da Amostra de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) – indica se a correlação entre os pares de variáveis pode ser explicada por outras variáveis. Esta medida pode ser interpretada conforme as orientações vistas na Tabela 28 (HAIR et al., 2006).

Tabela 28 – Índices do KMO.

KMO	Grau de ajuste à análise fatorial
1-0,9	Muito boa
0,8-0,9	Boa
0,7-0,8	Média
0,6-0,7	Razoável

⁷³ Destaca-se ainda, que ao agrupar variáveis de escalas diferentes elas devem ser previamente tratadas para que variáveis com valores numéricos mais altos não sejam mais importantes no cálculo que as variáveis com valores numéricos mais baixos, para isto utiliza-se a transformação “Z” que transforma as medidas de cada variável de modo que o conjunto de dados tenha média zero e variância unitária. Com isto equaliza-se a importância estatística de todas as variáveis utilizadas – esta transformação é mais bem detalhada em Furtado (1996).

Continuação da Tabela 28 – Índices do KMO.

0,5-0,6	Ruim
< 0,5	Inaceitável

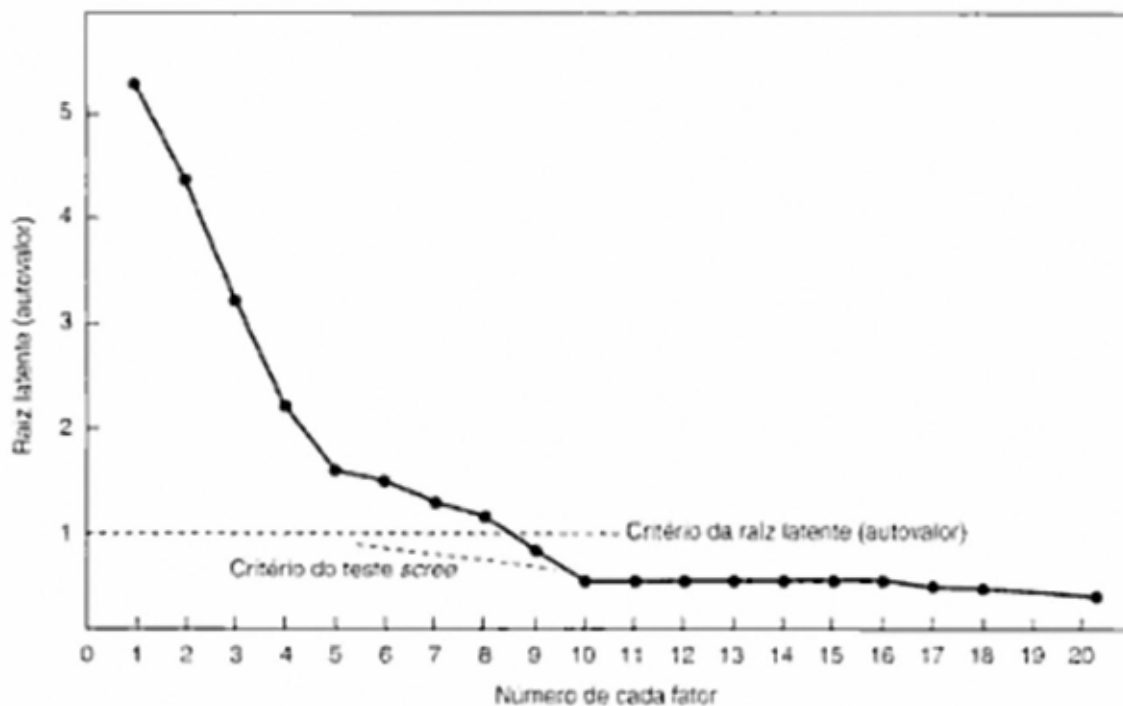
Fonte: Hair et al. (2006).

Já para determinação da quantidade de fatores podem-se adotar os seguintes critérios:

- Critério *a priori* – embora simples, este critério é adotado quando se deseja testar uma teoria ou hipótese sobre um número de fatores já conhecidos. Consiste em pré-determinar no algoritmo o número existente de fatores (HAIR et al., 2006);
- Critério de Kaiser (conhecido por “autovalores > 1” ou “raiz latente”) – segue o raciocínio de que qualquer fator individual deve explicar a variância de pelo menos uma variável, para isto, apenas os autovalores maiores que 1 são considerados significantes. Quando o conjunto de variáveis é maior que 50, este critério tende a extrair um número alto de fatores (HAIR et al., 2006);
- Critério de Harman (conhecido por “variância explicada acumulada”) – baseia-se na adoção de um percentual cumulativo especificado da variância total extraída, visando garantir significância prática para os fatores determinados (garantindo que expliquem pelo menos um montante determinado de variância). Não há um valor determinado. Normalmente, para estudos em ciências naturais a obtenção de fatores encerra-se quando o último fator explicar uma pequena parcela (menos que 5%). Nas ciências sociais, onde as informações são menos precisas, aceitam-se como satisfatórios critérios menos exigentes (HAIR et al., 2006). Outros trabalhos que aplicaram esta técnica para validar o ILS, Lopes (2002) e Machado et al. (2000), adotaram o valor de 3% como a variância mínima que um fator deveria explicar;
- Critério do teste *scree* (conhecido por “*Scree Plot*”) – os fatores extraídos contêm tanto a variância comum (compartilhada com outras variáveis na análise fatorial) quanto a variância específica (única àquela variável e que não é explicada ou associada com outras variáveis). Este critério é usado para identificar o número ótimo de fatores que podem ser extraídos antes que a quantidade de variância específica (maior nos últimos fatores) comece a dominar a estrutura de variância comum. Plota-se o gráfico das raízes latentes em relação ao número de fatores em sua ordem de extração (HAIR et al.,

2006). Sua interpretação é visual e pode ser tomada conforme o exemplo visto na Figura 95.

Figura 95 – Scree plot.



Fonte: Hair et al. (2006).

Para análise do *Scree Plot* deve-se observar até que ponto os ângulos de inclinação decrescem de modo que a curva aproxime-se de uma reta horizontal. O ponto no qual o gráfico começa a ficar horizontal é considerado indicativo do número máximo de fatores a serem extraídos. No exemplo dado, observa-se que o critério de Kaiser (autovalores > 1) extrairia 8 fatores, enquanto o *Scree plot* 10 fatores. Segundo Hair et al. (2006) o teste *scree* geralmente resulta de 1 a 3 fatores a mais que em relação ao critério de Kaiser.

Entretanto, como afirmado por Hair et al. (2006), não existe uma base exata para decidir o número de fatores a extrair e é sugerido que após a determinação de uma solução inicial sejam computadas soluções alternativas adicionais (geralmente com um fator a menos que o número inicial e dois ou três fatores a mais) até se obter um ajuste que apresente uma melhor representação de dados. Neste aspecto, Hair et al. (2006) sugere que o critério *a priori* possa também ser decisivo, o que levaria a utilização de quatro fatores conforme a proposição original do modelo de Felder e Silverman (1988). Corroborou com esta hipótese a afirmação de Furtado (1996) de que, em geral, os componentes acima do “cotovelo” encontrado no

gráfico são suficientes para resumir a variação total e no caso desta amostra, tais componentes também coincidiram com o total de quatro fatores.

B.3 Análise fatorial

Diferentemente da análise das componentes principais, que sozinha é uma manipulação matemática, a análise fatorial é uma técnica estatística que procura descrever a variabilidade (através da covariância) em um conjunto de variáveis observáveis como combinações lineares de outras variáveis, em menor número, não explícitas chamadas fatores (LANDIM, 2011). Desenvolveu-se inicialmente como uma proposta da psicometria para estabelecer procedimentos estatísticos destinados a construir e validar testes (cognitivos) de inteligência. Ivancevic et al. (2009) apresentam um exemplo didático para esta técnica.

Suponha que seja proposta uma teoria onde existem dois tipos de inteligência, a inteligência verbal e inteligência matemática, nenhuma das quais é observada diretamente. A evidência para a teoria é procurada nas notas de 10 diferentes disciplinas, de 1000 alunos. A teoria do psicólogo pode dizer que, para cada uma das 10 disciplinas, a nota média de todos os estudantes que apresentam pares de valores parecidos para as inteligências verbal e matemática é uma constante vezes seu nível de inteligência verbal mais uma constante vezes seu nível de inteligência matemática, ou seja, é uma combinação linear desses dois "fatores". Os números, para uma disciplina em particular, pelo qual os dois tipos de inteligência são multiplicados para obter o resultado esperado, é proposto como sendo o mesmo para todos os pares de nível de inteligência, e são chamados "cargas fatoriais". Por exemplo, a teoria pode estimar que a aptidão média do aluno em uma área é $(10 \times \text{inteligência verbal do aluno}) + (6 \times \text{inteligência matemática do aluno})$. Os números 10 e 6 são as cargas fatoriais associadas com a referida área. Outras disciplinas podem ter diferentes cargas fatoriais.

Dois alunos com graus idênticos de inteligência verbal e graus idênticos de inteligência matemática podem ter aptidões diferentes em determinada área, porque aptidões individuais diferem de aptidões médias. Essa diferença é chamada de "erro" - um termo estatístico que significa o montante pelo qual um indivíduo difere do que é a média para o seu nível de inteligência.

Os dados observáveis que compõem a análise fatorial são as 10 notas de cada um dos 1.000 estudantes, um total de 10.000 números. As cargas fatoriais e os níveis dos dois tipos de inteligência de cada aluno devem ser inferidos a partir dos dados. Até o número de fatores (dois, neste exemplo) deve ser inferido a partir dos dados⁷⁴.

Segundo a estrutura original do ILS as 44 questões seriam as variáveis observáveis e as 4 dimensões as variáveis latentes. Este modelo pode ser expresso como:

⁷⁴ Este trecho, traduzido de Ivancevic et al. (2009), sofreu pequenas adaptações de contexto.

$$\begin{array}{r}
 x_{1,i} = \mu_1 + \ell_{1,1}F_1 + \ell_{1,2}F_2 + \dots + \ell_{1,j}F_j + \varepsilon_{1,i} \\
 \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\
 x_{44,i} = \mu_{44} + \ell_{44,1}F_1 + \ell_{44,2}F_2 + \dots + \ell_{44,j}F_j + \varepsilon_{44,i}
 \end{array}$$

Onde

- $x_{k,i}$ – é o escore do i 'ésimo indivíduo para a k 'ésima questão;
- μ_k – é a média de respostas dos indivíduos para a k 'ésima questão;
- F_j – representa o j 'ésimo fator (dimensão);
- $\ell_{k,j}$ – são os carregamentos fatoriais da k 'ésima questão para o j 'ésimo fator;
- $\varepsilon_{k,i}$ – é a diferença entre o escore médio do i 'ésimo indivíduo para a k 'ésima questão e o escore médio da k 'ésima questão para todos os indivíduos cujos níveis de tendência para cada dimensão é a mesma que a tendência do indivíduo i 'ésimo.

Em notação matricial tem-se que

$$X = \mu + LF + \varepsilon$$

Onde

- X – é uma matriz (número de questões x número de indivíduos) de variáveis observáveis;
- μ – é um vetor coluna (número de questões x 1) de respostas;
- L – é uma matriz (número de questões x número de fatores) de carregamento dos fatores;
- F – é uma matriz (número de fatores x número de indivíduos) de variáveis não observáveis;
- ε – é uma matriz (número de questões x número de indivíduos) de erro.

Na matriz de fatores, outra observação pode ainda ser destacada segundo Ivancevic et al. (2009):

[...] a duplicação da escala em que a inteligência verbal (o primeiro componente em cada coluna de F) é medida e, simultaneamente, a redução pela metade das cargas fatoriais para a inteligência verbal não faz diferença para o modelo. Assim, a generalidade não é perdida ao assumir que o desvio-padrão da inteligência verbal é 1. O mesmo vale para a inteligência matemática. Além disso, por razões semelhantes, não é perdida generalidade, assumindo que os dois fatores estão correlacionados entre si. Os "erros" são tidos como independentes uns dos outros. As variâncias dos erros associados com as 10 diferentes disciplinas, não são tidas como iguais.

De onde se destaca a principal mudança em relação ao método apresentado no item B.2 (ACP). A análise fatorial tornar-se-ia equivalente à análise dos componentes principais se os erros no modelo fatorial forem assumidos como tendo a mesma variância (SUN, 2008).

Segundo Furtado (1996) este modelo pressupõe que as variáveis observáveis podem ser expressas como vetores, cada um deles linearmente dependentes de algumas poucas variáveis não observáveis (latentes)⁷⁵. Estas variáveis deverão se agrupar conforme o relacionamento entre si e por estes agrupamentos de vetores poderão passar eixos denominados fatores. A projeção de cada vetor nestes respectivos eixos indicará a carga fatorial das variáveis sobre eles. Supõe-se que as relações em um conjunto de “m” variáveis seja reflexo das correlações de cada uma dessas variáveis com “p” fatores (sendo $p < m$). Estes fatores representam o número mínimo de causas que condicionam um máximo de variabilidade existente. A comunalidade (h^2), soma dos quadrados das cargas fatoriais das variáveis sobre cada fator, indica a eficiência dos mesmos na explicação da variabilidade total (LANDIM, 2011).

O primeiro fator é encontrado fazendo com que o primeiro eixo esteja na posição onde a soma dos quadrados dos pesos fatoriais em relação a ele seja maximizada. Isto equivale a colocá-lo paralelamente ao principal agrupamento de vetores (pois $\cos 0 = 1$). O segundo eixo é colocado de modo que também seja maximizada a comunalidade para ele e assim por diante para os demais fatores. Por fim, a análise de fatores tem como propósito a determinação dos elementos da matriz de cargas fatoriais e, portanto, a matriz de covariâncias entre as variáveis observáveis.

B.4 Carregamento fatorial

Para se obter o carregamento fatorial métodos diferentes, conforme o tipo de variância desejada podem ser utilizados como a “análise de componentes” (também chamada por “método das componentes principais”) e a “análise de fatores comuns”⁷⁶.

Em linhas gerais, o método das componentes principais considera a variância total. Na prática, ele analisa e reproduz uma versão da matriz composta por valores unitários da diagonal que correspondem à variação total de uma variável medida padronizada. Segundo

⁷⁵ Mais detalhes sobre a mensuração de cada variável do modelo pode ser encontrada em Furtado (1996).

⁷⁶ Existem outros métodos de extração que podem ser encontrados em Warner (2007), mas os aqui apresentados são segundo Hair et al. (2006) os dois modelos básicos mais utilizados.

Furtado (1996), o nome se origina do fato de os fatores serem derivados dos primeiros componentes amostrais.

Já o método de fatores comuns reproduz uma versão da matriz onde as comunalidades (estimativas da variância comum) são inseridas na diagonal. O primeiro modelo é apropriado quando a preocupação principal é identificar o número mínimo de fatores necessários para explicar a maior quantidade de variância do conjunto de dados. O uso dos fatores comuns, por sua vez, é apropriado quando o objetivo maior é identificar dimensões ou construtos latentes. Embora seja teoricamente mais fundamento, e indicado para a intenção deste trabalho, ele apresenta algumas dificuldades para determinação fatorial e para o cálculo das comunalidades estimadas para representar a variância compartilhada (HAIR et al., 2006).

Estas razões têm contribuído para uma maior utilização da “análise de componentes” que é impulsionada ainda pelo fato que empiricamente observa-se resultados similares para ambos os métodos quando o número de variáveis é maior que 30 (HAIR et al., 2006).

B.5 Métodos de rotação

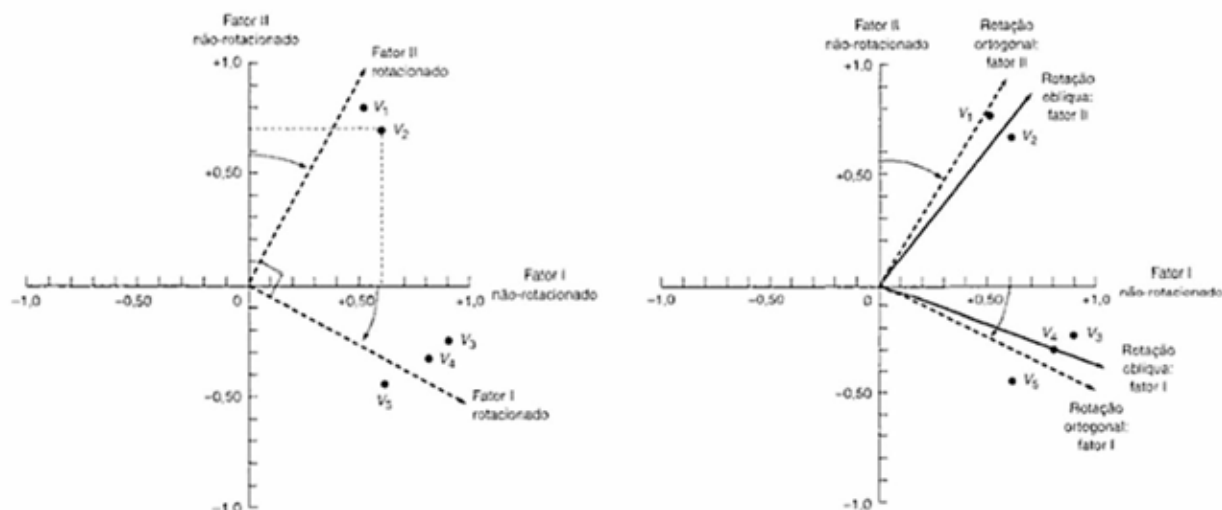
Uma outra dificuldade operacional é que o padrão de carregamento das variáveis pode não fornecer dimensões facilmente interpretáveis. Por exemplo, se em uma matriz de correlações nenhum dos coeficientes for alto, o padrão de carregamento que pode ocorrer com relação ao primeiro fator pode ser similar ao que acontecerá com o segundo fator e assim sucessivamente. É necessária, então, uma rotação dos eixos fatoriais cuja finalidade é colocá-los em uma posição tal que cada fator possa ser interpretado pelos maiores carregamentos possíveis (LANDIM, 2011). Em outras palavras, é necessário utilizar um critério de maximização da variância dos carregamentos sobre os fatores.

A não utilização de nenhum tipo de rotação tende a gerar um fator geral que explica a maior parte da variância. Como, segundo Hair et al. (2006), o efeito final de rotacionar é atingir uma estrutura fatorial mais simples e teoricamente mais significativa, sua utilização é indicada para os propósitos deste trabalho.

Este fato remete a afirmação de Furtado (1996) de que quando o número de variáveis latentes é maior que 1, várias soluções consistentes existem para um modelo de fatores. Na verdade, o que se faz é obter fatores com as mesmas propriedades (já que geram a mesma matriz de covariância), porém com cargas fatoriais diferentes, de modo que seja facilitada a interpretação dos fatores gerados. Esta rotação pode ser ortogonal (na qual os eixos são

mantidos a 90°) ou oblíqua. A Figura 96 ilustra ambos os casos para um exemplo hipotético de um diagrama bidimensional com cinco variáveis.

Figura 96 – Rotação ortogonal e oblíqua.



Fonte: Furtado (1996).

Nos dois gráficos observa-se que após a rotação dos eixos as variáveis 1 e 2 apresentam cargas elevadas no fator II, assim como as variáveis 3, 4 e 5 no fator I.

Existem diversos métodos de rotação e na prática seus objetivos são simplificar as linhas e colunas da matriz fatorial (as colunas representam os fatores e cada linha, corresponde às cargas de uma variável ao longo dos fatores). Simplificar as linhas significa tornar o máximo de valores em cada linha próximos de zero (com isto maximiza-se a carga de uma variável para um único fator). Simplificar as colunas significa tornar o máximo de valores em cada coluna próximos de zero (com isto minimiza-se o número de cargas elevadas, variáveis, por fator). São três as principais abordagens para rotação ortogonal (HAIR et al., 2006):

- Quartimax – cuja meta é simplificar as linhas de uma matriz fatorial. Todavia, esta técnica faz com que muitas variáveis apresentem carga elevada no mesmo fator o que produz um “fator geral”;
- Varimax – cuja meta é simplificar as colunas de uma matriz fatorial. A simplificação máxima é obtida se houverem apenas |1|’s e 0’s (índices de correção) em uma coluna. Ao contrario da Quartimax, onde muitas variáveis apresentam cargas altas em um mesmo fator, neste método há incidência de

cargas altas e próximas de zero em cada fator. Por apresentar uma separação mais clara dos itens correlacionados e não-correlacionados esta técnica é uma das mais utilizadas;

- Equamax – trata-se de uma reunião das características dos dois métodos anteriores, mas não apresenta boa aceitação e é pouco utilizado na prática.

Já no que diz respeito as rotações oblíquas, sua principal característica é a flexibilidade em permitir que os fatores estejam correlacionados. Suas técnicas analíticas são mais complexas do que as utilizadas para rotações ortogonais, porém, uma vantagem em empregá-las é que se os resultados mostrarem-se ortogonais pode-se ter certeza de que não foram impostos pelo método de rotação (KIM; MUELLER, 1978). Entretanto, os pacotes computacionais estatísticos oferecem opções limitadas para sua utilização. O SPSS, por exemplo, dispõe apenas dois métodos:

- Oblimin – é um método padrão que se baseia em outros dois métodos, o Quartimin (versão oblíqua do Quartimax) e o Covarimin (uma versão oblíqua do Varimax). Ele surgiu como tentativa de solucionar alguns inconvenientes de seus anteriores, porque o Quartimin apresentava na solução alta correlação entre os fatores e o Covarimin soluções muito ortogonais. O usuário deve definir um valor para k (uma constante usada no algoritmo), cuja variação proporciona soluções que variam de altamente correlacionadas à ortogonais. Valores entre 0 e 1 produzem soluções mais correlacionadas. Um $k = 1$ produz uma solução com fatores mais correlacionados e um $k = 0$ (peso igual para ambos os métodos: Quartimin e Covarimin) produz uma solução com fatores menos correlacionados. Quanto mais negativo o k menor será a correlação (um $k = -4$, ou inferior, torna os fatores ortogonais). Segundo Gorsuch (1983) deve-se variar k sistematicamente de 1 a -4 e selecionar a solução que maximiza a estrutura observada;
- Promax – trata-se de um método alternativo, computacionalmente mais rápido que o Oblimin e por esta razão, usado para conjuntos de dados maiores. Parte primeiramente de uma lógica de rotação ortogonal (normalmente Varimax), aumentando o carregamento de variáveis altas e reduzindo as cargas menores para próximo de zero, simplificando a matriz. Feito isto, o algoritmo realiza os ajustes necessários para obter uma rotação oblíqua. Como no Oblimin, o usuário também pode interferir na solução mediante uma constante k que altera

o grau de obliquidade. O valor mais apropriado é aquele que proporciona uma estrutura mais simples (interpretativa) com a menor correlação entre os fatores (RUMMEL, 1970). Normalmente o valor ótimo para k é fazê-lo igual a 4, se as correlações forem maiores do que a qualidade da estrutura, reduz-se para 2. Caso a solução com $k = 4$ seja boa, realiza-se testes com valores superiores, por exemplo, $k = 6$ (GORSUCH, 1983)⁷⁷.

Não há uma regra para seleção do critério de rotação e sua escolha deve ser feita com base nas necessidades particulares de cada problema de pesquisa (HAIR et al., 2006). Se o objetivo é reduzir o número de variáveis originais a solução mais apropriada é a ortogonal. Todavia, se a meta é obter fatores ou construtos teoricamente significativos a solução oblíqua é mais indicada.

A ortogonalidade indica que os fatores são matematicamente independentes. No caso dos fatores (dimensões) do inventário de Felder e Soloman (1991) a ortogonalidade significa que as questões (ou características) de uma dimensão não são influenciadas por outra dimensão, o que seria uma situação idealizada. Todavia, uma rotação oblíqua é mais realista porque admite correlações entre os fatores, fato que já foi considerado pelo próprio Felder ao propor seu modelo de estilos de aprendizagem.

Assim, conclui-se pelo exposto que um método oblíquo seria mais adequado para um estudo de validação do questionário de estilos de aprendizagem proposto. Faz-se uma única ressalva no sentido de que a não-ortogonalidade pode tornar válido um conjunto de variáveis para uma determinada amostra, mas nem sempre permite que os resultados sejam generalizados. Este fato é acentuado quando se usa amostras pequenas (HAIR et al., 2006). Por esta razão que se deixou claro que, na pior situação, o novo ILS é válido para alunos das ciências exatas – especialmente estudantes de engenharia elétrica.

⁷⁷ Maiores detalhes sobre o algoritmo utilizado em cada um destes métodos podem ser vistos em Gorsuch (1983), Herman (1967) e Rummel (1970).

APÊNDICE C – Exemplo de uma interface de conteúdo

A seguir apresenta-se, como exemplo, uma das sessenta e quatro interfaces desenvolvidas durante este trabalho. Escolheu-se a interface intuitiva/visual/ativa/sequencial (de nível 4). Sua construção obedeceu aos critérios apresentados na Tabela 26 do Capítulo 5 (item 5.3)

Objetivos

- Definir o conceito de potência em sistemas físicos;
- Compreender o significado da potência elétrica em circuitos;
- Analisar a influência das grandezas nominais no que diz respeito a potência dissipada ou convertida em um circuito.

Potência

A definição de trabalho não faz nenhuma referência ao tempo. Contudo, muitas vezes precisa-se saber quanto tempo leva-se para realizar um trabalho. Isso pode ser descrito pela potência (YOUNG; FREEDMAN, 2008). Na física potência é uma grandeza que mede quanto trabalho pode ser realizado em determinado período de tempo (VIEIRA JUNIOR, 2011):

$$\text{Potência} = \text{Trabalho realizado} / \text{Intervalo de tempo}$$

Como a energia convertida (trabalho) é medida em Joule "J" e o tempo em segundos "s", tem-se que:

$$1 \text{ joule/segundo (J/s)} = 1 \text{ watt (W)}$$

A unidade de medida, o Watt, é derivada do sobrenome de James Watt, ele introduziu a unidade chamada horsepower "hp" como sendo a potência média desenvolvida por um cavalo robusto ao puxar uma carroça durante um dia inteiro de trabalho. As unidades "hp" e "Watt" se relacionam da seguinte forma (BOYLESTAD, 2004):

$$\begin{aligned} 1 \text{ horsepower} &\approx 746 \text{ watts} \\ 1 \text{ horsepower} &\approx 1,015 \text{ cavalo vapor (CV)} \end{aligned}$$

Por exemplo, um motor de automóvel que fornece duas vezes mais potência que outro não necessariamente realiza duas vezes mais trabalho ou faz o carro ir duas vezes mais rápido do que aquele com motor menos potente. Duas vezes mais potência significa que o motor pode realizar a mesma quantidade de trabalho na metade do tempo (HEWITT, 2002).

Desafio

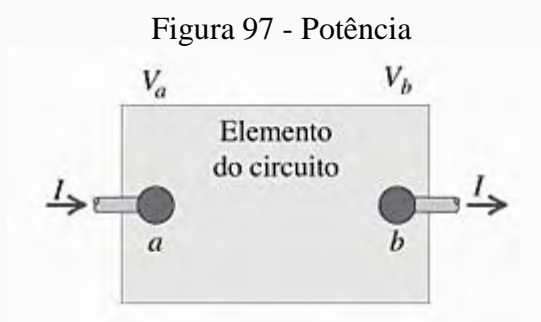
Um motor de potência 250W é utilizado para erguer uma carga de peso 500N a uma altura de 4m, em movimento uniforme. Despreze as eventuais perdas. Em quanto tempo a carga atinge a altura desejada? (Dados: Trabalho = m.g.h)

- [Clique aqui para ver a resposta.](#)

8 segundos

Potência Elétrica em Circuitos

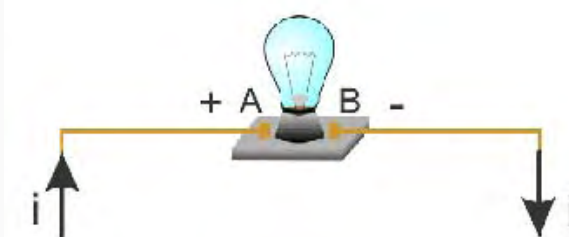
A caixa na Figura 97 representa um elemento de um circuito que possui uma diferença de potencial entre seus terminais, e através dele passa uma corrente no sentido de "a" para "b". À medida que a carga flui através do elemento do circuito, o campo elétrico realiza um trabalho sobre a carga (YOUNG; FREEDMAN, 2009).



Fonte: Young e Freedman (2009).

Quando uma quantidade de carga " q " passa através do elemento do circuito, há uma variação na energia potencial que equivale a " $q \cdot V_{ab}$ ". Assim, a grandeza " $q \cdot V_{ab}$ " representa a energia elétrica transferida para o elemento do circuito (Figura 98) (YOUNG; FREEDMAN, 2009).

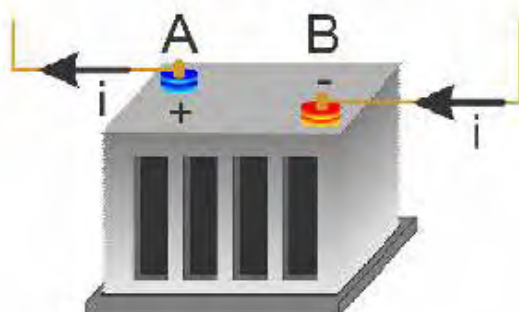
Figura 98 - Energia elétrica convertida em energia térmica



Fonte: o próprio autor.

Pode acontecer que o potencial do ponto "b" seja mais elevado que o potencial de "a"; então " V_{ab} " é negativo e existe uma transferência de energia líquida para fora do elemento do circuito. O elemento está, assim, atuando como uma fonte que fornece energia para o circuito ao qual ela está conectada. Isso ocorre usualmente com uma bateria (Figura 99). Portanto, " $q \cdot V_{ab}$ " pode representar tanto a energia que é fornecida ao elemento do circuito quanto a energia que é extraída desse elemento (YOUNG; FREEDMAN, 2009).

Figura 99 - Energia química convertida em energia elétrica



Fonte: o próprio autor.

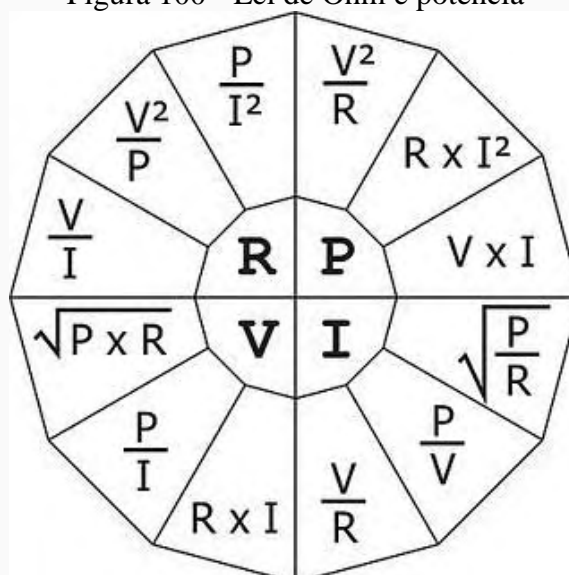
Nos circuitos elétricos o que principalmente interessa é a taxa em que a energia é fornecida ou extraída de um elemento do circuito. Quando a corrente através do elemento é "I", então em um intervalo de tempo " Δt " uma quantidade de carga passa pelo elemento. A variação na energia potencial para essa quantidade de carga é:

$$E_{pa} - E_{pb} = V_a \cdot q - V_b \cdot q = V_{ab} \cdot q$$

Através da equação anterior, obtém-se a expressão para o cálculo da potência elétrica no elemento do circuito (CARNEIRO; MACHADO, 2007):

$$P = V_{ab} \cdot q / \Delta t \rightarrow P = V \cdot I \text{ [W]}$$

Figura 100 - Lei de Ohm e potência



Fonte: o próprio autor.

Ex.: Uma lâmpada incandescente (de filamento) apresenta em seu rótulo as seguintes especificações: 60W e 120V. A corrente elétrica que deverá circular pela lâmpada é 0,5^a e a resistência elétrica 240 Ω , supondo que ela esteja funcionando de acordo com as especificações.

Tabela 29 – Exemplos utilizando o cálculo da potência

Tensão	Potência	Corrente	Resistência
120 V	60 W	0,5 A	240 Ω
240 V	60 W	0,25 A	960 Ω
240 V	120 W	0,5 A	480 Ω

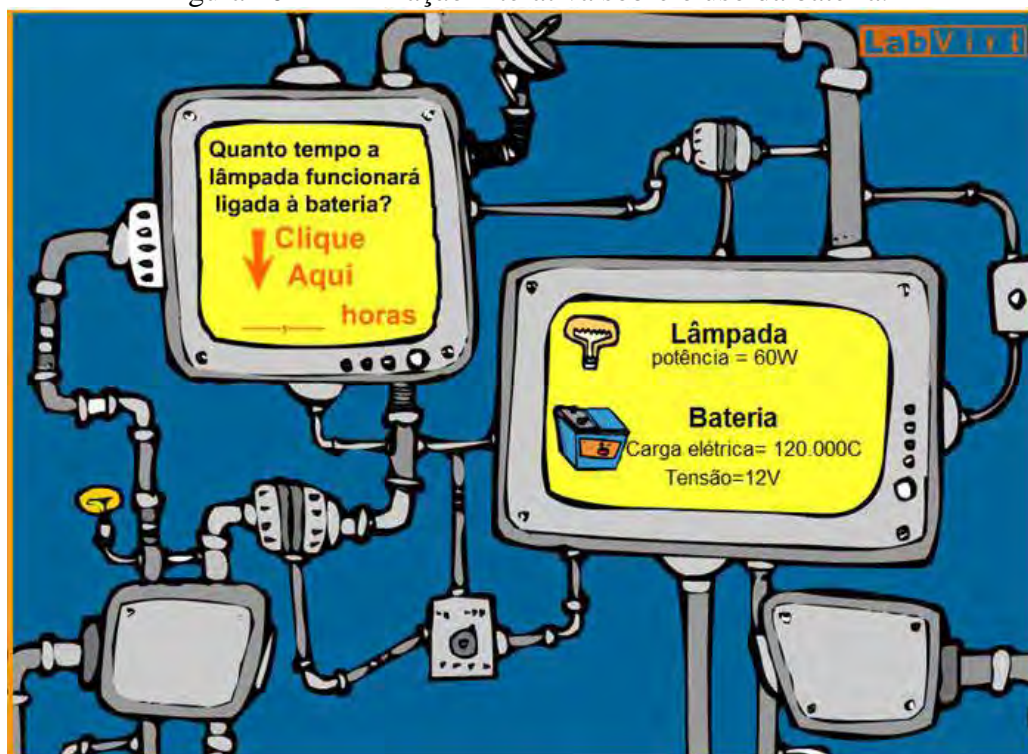
Fonte: o próprio autor.

Em geral, os aparelhos elétricos possuem inscrições dos fabricantes indicando os valores da potência e da tensão a que devem ser submetidos. Esses valores são chamados de nominais. Por exemplo, ao ler em uma lâmpada a inscrição 40W-127V significa que, submetida a uma tensão de 127V, a lâmpada transformará, por segundo, 40J de energia elétrica em luz e calor, caso isso não aconteça na lâmpada:

- tensão menor que a nominal \rightarrow brilho menor que o normal (potência menor que 40W);
- tensão maior que a nominal \rightarrow brilho maior que o normal; a lâmpada pode danificar-se (potência maior que 40W).

A Simulação a seguir tem como intuito analisar as equações para o cálculo da potência e a Lei de Ohm.

Figura 101 – Animação interativa sobre o uso da bateria.



Fonte: www.cienciaamao.usp.br

Desafio

Para instalar uma máquina de lavar roupa, são usados fusíveis que se rompem quando a corrente excede um valor pré-escolhido. No mercado estão disponíveis fusíveis com

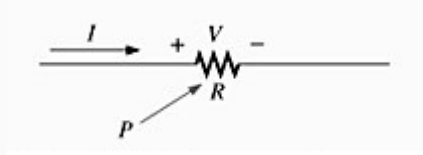
correntes máximas de 2A, 5A, 10A e 15A. Se a rede elétrica é de 220V, qual o fusível de menor valor que pode ser usado para instalar em série com uma máquina de 1400W?

Clique aqui para ver a resposta.

10 A.

Portanto a potência absorvida pelo resistor mostrado na Figura 100 pode ser calculada diretamente dependendo das informações disponíveis.

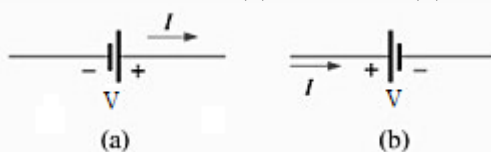
Figura 102 - Potência dissipada por um elemento resistivo.



Fonte: Boylestad (2004).

A potência pode ser entregue ou consumida conforme definido pela polaridade da tensão e o sentido da corrente. Para todas as fontes de tensão de corrente contínua, a potência é fornecida pela fonte se a corrente tiver sentido mostrado na Figura 103a. Se o sentido da corrente e a polaridade forem conforme mostra a Figura 103b, a bateria estará consumindo potência num processo muito semelhante ao que acontece quando está sendo carregada (BOYELSTAD, 2004).

Figura 103 - Potência de uma bateria: (a) fornecida (b) consumida.



Fonte: Boylestad (2004).

No caso de elementos resistivos, toda potência entregue é dissipada na forma de calor. Uma corrente fluindo no sentido contrário ao mostrado na Figura 100 também inverterá a polaridade da tensão sobre o resistor e estará em concordância com as condições mostradas na Figura 101b.

Um aparelho elétrico de potência igual a 1W converte 1J de energia elétrica em outra forma de energia em cada 1s de funcionamento. O "kWh" (lê-se: quilowatt-hora) é uma unidade muito apropriada para informar o consumo dos vários aparelhos elétricos. Por exemplo, uma geladeira de potência nominal igual a 300W, funcionando 6 horas em média por dia, consome, no final de um mês 54kWh (CARNEIRO, MACHADO, 2007):

Ex.: Alimentando com 110V um ferro elétrico de 22Ω em 3 horas, sua potência será de 550W e a energia consumida 1,65kW.


Tabela 30 - Exemplos de consumo de energia.

Tensão	Corrente	Potência	Horas	Energia Consumida
110 V	5 A	550 W	3 h	1,65 kW
220 V	10 A	2200 W	3 h	6,6 kW
220 V	10 A	2200 W	6 h	13,2 kW

Fonte: o próprio autor.

A Simulação a seguir tem como intuito aprender o cálculo de consumo de energia elétrica em determinado período.

Figura 104 – Animação interativa sobre consumo de potência.



LabVirt

Chuveiro de 4500W - Banho de 30 min.
 $4500 : 1000 = 4,5 \text{ kW}$
 $30 : 60 = 0,5\text{h}$

Potencia X Tempo = Energia (kWh)
 $4,5 \times 0,5 = 2,25 \text{ kWh}$

Energia X Tarifa = R\$
 $2,25 \times 0,24 = \text{R\$ } 0,54$

R\$ X Dias = Valor R\$ no mês
 $0,54 \times 30 = \text{R\$ } 16,2$

Você deve transformar a potência (Watt) em kW, e os minutos em horas para obter kWh.

Fonte: www.cienciaamao.usp.br

ANEXO 1 – *New Index of Learning Styles (N-ILS)* de Vieira Junior

Faça um círculo ao redor da letra “a” ou “b” para indicar sua resposta a cada uma das questões. Assinale apenas uma alternativa para cada questão. Se as duas alternativas se aplicam a você, escolha aquela que é mais frequente.

Tabela 31 – Índice de estilos de aprendizagem para o novo ILS.

1 Quando estou aprendendo algum assunto novo, gosto de:
a primeiramente, discuti-lo com outras pessoas.
b primeiramente, refletir sobre ele individualmente.
2 Se eu fosse um professor, eu preferiria ensinar uma disciplina:
a que trate com fatos e situações reais.
b que trate com ideias e teorias.
3 Eu prefiro obter novas informações através de:
a figuras, diagramas, gráficos ou mapas.
b instruções escritas ou informações verbais.
4 Quando resolvo problemas de matemática, eu:
a usualmente preciso resolvê-los por etapas para então chegar a solução.
b usualmente antevjo a solução, mas às vezes me complico para resolver cada uma das etapas.
5 Em um grupo de estudo, trabalhando um material difícil, eu provavelmente:
a tomo a iniciativa e contribuo com ideias.
b assumo uma posição observadora e analiso os fatos.
6 Acho mais fácil aprender:
a a partir de experimentos.
b a partir de conceitos.
7 Ao ler um livro:
a eu primeiramente observo as figuras e desenhos.
b eu primeiramente me atento para o texto escrito.
8 É mais importante para mim que o professor:
a apresente a matéria em etapas sequenciais.
b apresente um quadro geral e relacione a matéria com outros assuntos.

Continuação da Tabela 31 – Índice de estilos de aprendizagem para o novo ILS.

9 Nas turmas em que já estudei, eu:
a fiz amizade com muitos colegas.
b fui reservado e fiz amizade com alguns colegas.
10 Ao ler textos técnicos ou científicos, eu prefiro:
a algo que me ensine como fazer alguma coisa.
b algo que me apresente novas ideias para pensar.
11 Relembro melhor:
a o que vejo.
b o que ouço.
12 Eu aprendo:
a num ritmo constante, etapa por etapa.
b em saltos. Fico confuso(a) por algum tempo e então, repentinamente, tenho um “estalo”.
13 Eu prefiro estudar:
a em grupo.
b sozinho.
14 Prefiro a ideia do:
a concreto.
b conceitual.
15 Quando vejo um diagrama ou esquema em uma aula, relembro mais facilmente:
a a figura.
b o que o professor disse a respeito dela.
16 Quando estou aprendendo um assunto novo, eu prefiro:
a concentrar-me exclusivamente no assunto, aprendendo o máximo possível.
b tentar estabelecer conexões entre o assunto e outros com ele relacionados.
17 Normalmente eu sou considerado(a) :
a extrovertido(a).
b reservado(a).
18 Prefiro disciplinas que enfatizam:
a material concreto (fatos, dados).
b material abstrato (conceitos, teorias).
19 Quando alguém está me mostrando dados, eu prefiro:
a diagramas ou gráficos.

Continuação da Tabela 31 – Índice de estilos de aprendizagem para o novo ILS.

b texto resumando os resultados.
20 Quando estou resolvendo um problema eu:
a primeiramente penso nas etapas do processo para chegar a solução.
b primeiramente penso nas consequências ou aplicações da solução.

Fonte: o próprio autor.

Instruções

1. Coloque “1” nos espaços apropriados na Tabela 32 (por exemplo, se você respondeu “a” na questão 3, coloque o “1” na coluna “a” da questão 3).
2. Some as colunas e escreva os totais nos espaços indicados.
3. Para cada uma das quatro escalas, subtraia o total menor do maior. Escreva a diferença (1 a 5) e a letra (a ou b) com o total maior. Por exemplo, se na coluna “ATI/REF” você teve 2 respostas “a” e 3 respostas “b”, você escreverá o 2 no campo reservado à soma dos *a*'s e o 3 no campo dos *b*'s; e *1b* no campo em branco logo abaixo (o 3 é resultado da subtração $3 - 2$; e a letra *b* corresponde à coluna que obteve mais respostas).

Tabela 32 – Pontuação do ILS.

ATI / REF			SEN / INT			VIS / VER			SEQ / GLO		
Q	a	b	Q	a	b	Q	a	b	Q	a	b
1			2			3			4		
5			6			7			8		
9			10			11			12		
13			14			15			16		
17			18			19			20		
Total (soma <i>x</i> 's de cada coluna)											
ATI / REF			SEN / INT			VIS / VER			SEQ / GLO		
	a	b		a	b		a	b		a	b
(maior – menor) + letra do maior (veja exemplo a seguir)											

* Exemplo: se você totalizou 2 para letra *a* e 3 para a letra *b*, entre com *1b*.

Fonte: o próprio autor.

Escalas

Tabela 33 – Escore para o ILS.

ATI							REF
	5a	3a	1a	1b	3b	5b	
SEN							INT
	5a	3a	1a	1b	3b	5b	
VIS							VER
	5a	3a	1a	1b	3b	5b	
SEQ							GLO
	5a	3a	1a	1b	3b	5b	

Coloque um “X” nos seus escores em cada uma das escalas.

Fonte: o próprio autor.

- Se seu escore na escala é 1: você tem leve preferência entre ambas dimensões da escala.
- Se seu escore na escala é 3: você tem uma preferência moderada por uma das dimensões da escala e aprenderá mais facilmente se o ambiente de ensino favorecer esta dimensão.
- Se seu escore na escala é 5: você tem uma forte preferência por uma das dimensões da escala. Você pode ter dificuldades de aprendizagem em um ambiente que não favoreça essa preferência.