

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA

SISTEMA ESPECIALISTA PROTÓTIPO DE SUPORTE À AVALIAÇÃO DE  
COMPETÊNCIAS: ESTUDO DE CASO PARA A EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE

MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

SILVANA ROSA LISBOA DE SÁ

FLORIANÓPOLIS, MAIO DE 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA

SISTEMA ESPECIALISTA PROTÓTIPO DE SUPORTE À AVALIAÇÃO DE  
COMPETÊNCIAS: ESTUDO DE CASO PARA A EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

SILVANA ROSA LISBOA DE SÁ

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA

sendo aprovada em sua forma final.

---

Prof. Jonny Carlos da Silva, Dr. Eng. - Orientador

---

José Antônio Bellini da Cunha Neto, Dr. – Coordenador do Curso

Banca Examinadora

---

Prof. Acires Dias, Dr.Eng.

---

Prof. André Ogliari, Dr.Eng.

---

Prof. Armando Albertazzi Gonçalves Jr., Dr.Eng.

---

Prof. Irlan von Linsingen, Dr. Edu.

“Eu queria uma escola que cultivasse a curiosidade e alegria de aprender que é em você natural.

Eu queria uma escola que educasse seu corpo e seus movimentos; que possibilitasse seu crescimento físico, sadio e normal.

Eu queria uma escola que lhes ensinasse tudo sobre a natureza, o ar, a matéria, as plantas, os animais, seu próprio corpo, Deus.

Mas que ensinasse primeiro pela observação, pela descoberta, pela experimentação.

E que dessas coisas lhe ensinasse não só a conhecer, como também a aceitar, amar e preservar.

E que dessas coisas lhe ensinasse tudo sobre a nossa história e a nossa terra, de uma maneira viva e atuante.

Eu queria uma escola que ensinasse a vocês a usar bem a nossa língua: a pensar e a expressar com clareza.

Eu queria uma escola que ensinasse a vocês a amar a nossa literatura e a nossa poesia.

Eu queria uma escola que, desde cedo, usasse materiais concretos pra que vocês pudessem ir formando corretamente os conceitos de números, as operações...

Usando palitos, tampinhas, pedrinhas... só porcarias!!!!...fazendo vocês aprender brincando.

Deus que livre vocês de uma escola que tenham que copiar pontos.

Deus que livre vocês de decorar sem entender, nomes, datas, fatos...

Deus que livre vocês de aceitar conhecimentos prontosmediocremente embalados nos livros didáticos descartáveis.

Deus que livre vocês de ficar passivos, ouvindo e repetindo e repetindo...

Eu também queria uma escola que também desenvolvesse a sensibilidade que vocês já têm para apreciar o que é terno e bonito.

Eu queria uma escola que ensinasse a vocês a conviver, a cooperar, a respeitar, a esperar, e saber viver numa comunidade, em união.

Que vocês aprendessem a transformar e criar.

Que lhes desse múltiplos meios de vocês expressarem cada sentimento, cada drama, cada emoção.

Ah! E antes que eu me esqueça: Deus me livre vocês de um professor incompetente”.

**Carlos Drummond de Andrade**

**Dedico este trabalho a meu esposo Anderson,  
a meus filhos Anderson Jr. e Andresa,  
a meus pais José e Daura,  
a meus irmãos Sandra, Sérgio,  
Sidnei, Silvio, Saulo  
a minha sogra Isabel  
pelo apoio incondicional que ofereceram  
e por seu amor,  
que me confortou**

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Jonny que aceitou o desafio da orientação deste tema, atuando com competência e dedicação para o melhoramento da Educação.

Ao Prof. Sadir Tomasi, que além de ter desempenhado papel essencial neste trabalho me ensinou muito com seu profissionalismo e competência.

Aos professores Acires Dias, André Ogliari, Armando Albertazzi Gonçalves Jr. e Irlan von Linsingen, por aceitarem participar da avaliação deste trabalho.

Aos professores André Roberto de Souza e Bruno Manoel Neves por avaliarem o *Métrron*, contribuindo com críticas e sugestões valiosas.

Ao Prof. Fernando Forcellini por me acolher no NeDIP, onde pude conviver com Luiz Fernando, Brasil, Fábio, Andréia, Ivo, Márcio, Aldrwin, Fernando, George, entre outros, partilhando de momentos acadêmicos memoráveis, e em especial a minha amiga Viviane por ouvir meus desabafos e me incentivar a vencer os desafios de uma pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica de Universidade Federal de Santa Catarina, em possibilitar a realização desta pesquisa.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, que por seu perfil empreendedor possibilitou e suportou este trabalho, em especial a Consuelo, Regina, Zapelini, Gariba e Bruno que com suas experiências acadêmicas no domínio desta pesquisa contribuíram significativamente.

Aos colegas da Gerência Educacional de Metal Mecânica que forneceram comigo a energia necessária à realização deste trabalho, em especial a Felício e André.

Ao meu amigo Christian Fernandes por me acompanhar *full time* na reta final.

A Karine, Anderson, Sandra e Daura, que cuidaram dos meus filhos, Anderson e Andresa, nos momentos de minha ausência e toda a minha família que entendeu a importância deste trabalho e me apoiou.

## SUMÁRIO

<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>x</b>
<b>Lista de Siglas.....</b>	<b>xi</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>xii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xiii</b>
<b>Capítulo I .....</b>	<b>1</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 - O problema.....	1
1.2 - Objetivos do trabalho.....	6
1.3 - Metodologia de Trabalho.....	6
1.4 – Justificativa.....	7
1.5 - Estrutura do Trabalho.....	7
<b>Capítulo II.....</b>	<b>9</b>
<b>A Reforma da Educação Profissional.....</b>	<b>9</b>
2.1 – Introdução.....	9
2.2 - A Reforma da Educação Profissional no Mundo.....	10
2.3 - A Reforma da Educação no Brasil.....	15
2.4 - A Reforma da Educação no CEFET/SC.....	19
2.5 - A Reforma da Educação no Curso Técnico de Mecânica da GEMM.....	20
2.6 - Considerações Finais do Capítulo.....	25
<b>Capítulo III.....</b>	<b>27</b>
<b>Avaliação de Competências.....</b>	<b>27</b>
3.1 - Introdução.....	27
3.2 - A Pedagogia das Competências.....	28
3.2.1 - Conceitos básicos.....	28
3.2.2 - Princípios norteadores de uma pedagogia das competências.....	33
3.2.2.1 - Uma formação humana integral, sólida e <i>omnilateral</i> só possível com justiça social.....	33
3.2.2.2 - O significado da aprendizagem.....	33
3.2.2.3 - O papel dos saberes dos alunos nas atividades educativas.....	34
3.2.2.4 - A diversificação das atividades formativas.....	34

3.2.2.5 - O trabalho coletivo.....	35
3.2.2.6 - A investigação integrada ao ensino-aprendizagem.....	35
<b>3.3 - A Avaliação de Competências.....</b>	<b>37</b>
3.3.1 - Conceituação.....	37
3.3.2 - A avaliação de competências no Curso Técnico de Mecânica Industrial da GEMM.....	41
<b>3.4 - Considerações Finais do Capítulo.....</b>	<b>45</b>
<b>Capítulo IV.....</b>	<b>46</b>
<b>Sistemas Especialistas.....</b>	<b>46</b>
4.1 - Introdução.....	46
4.2 - Contextualização dos Sistemas Especialistas.....	46
4.2.1 - A inteligência artificial e os sistemas especialistas.....	46
4.2.2 - Histórico dos sistemas especialistas.....	48
4.2.3 - A inteligência artificial na educação.....	50
4.3 - Sistemas Especialistas.....	51
4.3.1 - Aquisição do conhecimento.....	57
4.3.2 - Representação do conhecimento.....	59
4.3.2.1 - Regras.....	59
4.3.2.2 - Redes semânticas.....	61
4.3.2.3 - Orientação a objetos.....	62
4.3.3 - Implementação do conhecimento.....	64
4.3.4 - Teste do SE.....	65
4.3.5 - Modelos de ciclo de vida para SE .....	65
4.4 - Considerações Finais do Capítulo.....	67
<b>Capítulo V.....</b>	<b>68</b>
<b>Desenvolvimento do Protótipo.....</b>	<b>68</b>
5.1 - Introdução.....	68
5.2 - Metodologia de Projeto de Sistemas Especialistas.....	68
5.3 - Análise da Viabilidade do <i>Métron</i> .....	69
5.3.1 - O problema realmente existe?.....	69
5.3.2 - A técnica de SE é aplicável ao problema?.....	70
5.3.3 - A abordagem via SE é justificável?.....	72
5.4 - Especificação do <i>Métron</i> .....	73
5.4.1 - Definição das fronteiras do campo de aplicação.....	73

5.4.2 - Funções do <i>Métrron</i> .....	75
5.5 - Projeto Preliminar.....	77
5.5.1 - Determinação das ferramentas computacionais.....	78
5.5.2 - Definição das formas de representação do conhecimento.....	80
5.5.3 - Escolha das fontes de conhecimento.....	81
5.5.4 - Configuração dos módulos do sistema.....	82
5.5.5 - Estabelecimento das versões do sistema.....	84
5.5.6 - Interfaces do sistema.....	84
5.6 - Prototipagem Inicial.....	86
5.7 - Projeto Detalhado.....	90
5.8 - Implementação.....	92
5.8.1 - Implementação da segunda versão do <i>Métrron</i> .....	92
5.8.2 - Implementação da terceira versão do <i>Métrron</i> .....	93
5.9 - Testes do SE.....	94
5.10 - Ajuste de Projeto.....	95
5.11 - Manutenção do SE.....	95
5.12 - Considerações Finais do Capítulo.....	95
<b>Capítulo VI.....</b>	<b>97</b>
<b>Testes do Protótipo.....</b>	<b>97</b>
6.1 - Introdução.....	97
6.2 - Testes do Protótipo.....	97
6.3 - Verificação.....	98
6.4 - Validação.....	101
6.4.1 - Validação pelo especialista consultado.....	102
6.4.2 - Validação por outros especialistas.....	103
6.5 - Considerações Finais do Capítulo.....	107
<b>Capítulo VII.....</b>	<b>108</b>
<b>Conclusões e Recomendações.....</b>	<b>108</b>
7.1 - Conclusões.....	108
7.2 - Recomendações.....	111
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>112</b>
<b>Bibliografia Consultada.....</b>	<b>118</b>
<b>Apêndices.....</b>	<b>120</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Estrutura do Curso Técnico de Mecânica Industrial da GEMM do CEFET/SC.....	23
Figura 3.1 - As três dimensões da competência.....	29
Figura 3.2 - Competências como fonte de valor para o indivíduo e para a organização.....	32
Figura 3.3 - Modelos de extrusoras de macarrão produzidas durante o ProIn I.....	42
Figura 4.1 - Espiral do conhecimento – Modos de conversão na interação entre conhecimento tácito e explícito.....	53
Figura 4.2 - Interações na construção dos SE.....	55
Figura 4.3 - Resolução de problemas por Especialista Humano.....	55
Figura 4.4 - Componentes de um sistema especialista.....	56
Figura 4.5 - Exemplo de rede semântica.....	62
Figura 4.6 - Modelos de ciclo de vida no desenvolvimento de software.....	66
Figura 5.1 - Número de SE desenvolvidos por tipo de aplicação.....	74
Figura 5.2 - Funções exercidas pelos SE.....	75
Figura 5.3 - Estrutura funcional do sistema.....	77
Figura 5.4 - Algumas ferramentas computacionais para o desenvolvimento de SE, destacando-se as opções a serem usadas no protótipo.....	78
Figura 5.5 - Estrutura básica de objetos do <i>Métron</i> .....	81
Figura 5.6 - Módulos do <i>Métron</i> .....	83
Figura 5.7 - Estrutura global do <i>Métron</i> .....	85
Figura 5.8 - Primeira versão do sistema no ambiente do <i>Shell CLIPS</i> .....	90
Figura 5.9 - Segunda versão do <i>Métron</i> na interface do <i>Shell CLIPS</i> , melhoramentos.....	93
Figura 5.10 -Tabela em HTML gerada pelo sistema.....	94
Figura 6.1 - Espiral de desenvolvimento de SE.....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Mudança de paradigma no núcleo da reforma da educação.....	15
Tabela 2.2 - O novo marco legal da educação profissional no Brasil.....	17
Tabela 2.3 - Atual legislação da educação profissional no Brasil.....	18
Tabela 2.4 - Qualificações Profissionais do Curso de Mecânica Industrial do CEFET/SC.....	22
Tabela 2.5 - Principais diferenças entre o extinto e o atual Curso Técnico de Mecânica.....	25
Tabela 3.1 - Etapas do processo avaliativo.....	38
Tabela 4.1 - Linhas de pesquisa em IA.....	47
Tabela 4.2 - Tabela OVA, exemplo de uso no sistema proposto.....	64
Tabela 5.1 - Critérios avaliativos para a competência técnica do eixo temático de metrologia.....	88
Tabela 5.2 - Exemplo de inferência dos critérios avaliativos para o caso de um aluno com conceito proficiente.....	89
Tabela 6.1 - Resultado da validação feita pelo Professor André Roberto de Sousa.....	104
Tabela 6.2 – Resultado da validação feita pelo Professor Bruno Manoel Neves.....	105
Tabela 6.3 – Exemplos de slots da classe de objetos Eixo Temático e sua relação com o conhecimento externalizado.....	107

## **LISTA DE SIGLAS**

- BC – Base de Conhecimento  
CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica  
CEFET/SC – Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina  
CINTERFOR/OIT – Centro Interamericano de Investigação e Documentação sobre a Formação Profissional  
CSN - Conselhos Setoriais Nacionais  
DC – Domínio de Conhecimento  
EC – Engenheiro do Conhecimento  
EH – Especialista Humano  
ETF – Escola Técnica Federal  
GEMM – Gerência Educacional de Metal Mecânica  
IA – Inteligência Artificial  
LDBEN – Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional  
MEC – Ministério da Educação  
MS – Ministério da Saúde  
MTE – Ministério do Trabalho e do emprego  
PLANFOR – Programa de Formação Profissional  
PROEP – Programa de Expansão da Educação Nacional  
ProIn – Projeto Integrador  
SE – Sistema Especialista  
SEGRed – Sistema Especialista de Gerenciamento de Rede de Gás Natural  
SEMTEC – Secretaria de Educação Média e Tecnológica  
SENA – Serviço Nacional de Aprendizagem  
SETEC – Secretaria de Educação Média e Tecnológica  
UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

## RESUMO

As transformações sociais ocorridas nas últimas décadas podem ser atribuídas à revolução tecnológica que abrange todas as áreas de conhecimento e influencia fortemente a capacitação profissional e as relações sociais. As atuais tecnologias caracterizadas pelos computadores e as novas mídias, alteraram significativamente os processos de produção de bens materiais, os processos de difusão das idéias e, consequentemente, o modo de viver coletivo. Para muitos a educação é uma das áreas que mais sente o impacto dessas mudanças, reconhecendo a necessidade de objetivos que correspondam à transição de uma sociedade onde a informação é uma das suas principais características. Sendo assim, os sistemas educacionais passaram por reformas e impuseram quebra de paradigmas. Hoje para lecionar não basta transmitir conteúdos, tem-se que mediar a construção de competências. A educação profissional oferecida pela rede federal de ensino sofreu muitas alterações, entre as mais significativas podem ser identificadas a redução brusca da duração dos cursos e a quebra da estrutura disciplinar para a formação da estrutura modular. Neste contexto, a avaliação do processo educativo passou a necessitar de ferramentas que auxiliem na seleção e interpretação de informações necessárias para a tomada de decisão tanto pelos professores em relação à construção de competências, quanto pela Instituição para atuar no melhoramento contínuo e geração de memória corporativa. Como o conhecimento manipulado na avaliação em educação é de natureza heurística, apresenta-se nesta dissertação um sistema especialista protótipo de suporte à avaliação de competências, em um estudo de caso na educação profissional com a participação de um especialista em metrologia, consultado para externalizar o processo de tomada de decisão em relação aos conceitos atribuídos aos alunos. Para construção desta ferramenta, orientada pela metodologia do modelo incremental de desenvolvimento de Sistemas Especialistas, foram considerados os aspectos relacionados à reforma da educação, bem como os ciclos de aquisição, representação, implementação do conhecimento e seu teste. Como resultante deste estudo tem-se um protótipo de Sistema Especialista avaliador de competências técnicas na área de metrologia para docentes de ensino profissionalizante.

**Palavras chave:** Sistemas Especialistas, Avaliação de Competências, Educação Profissional.

## ABSTRACT

The social transformations that have occurred in the past decades can be attributed to the technological revolution that encompasses all the knowledge areas and strongly influence strong the professional qualification as well as the social relations. The current technologies, characterized by the computers and the new medias, have significantly modified the production processes of goods in addition to processes of the ideas dissemination and, consequently, the societal way of living. For many, education is one of the areas is more directly affected by these changes. They recognize the necessity of objectives that correspond to the transition of a society, where the information is one of its main characteristics. Therefore, the educational systems have undergone reforms, thus imposing break paradigms. Then, in order to teach nowadays, it is not enough to transmit contents; it is also necessary to develop competence, as well. The professional education offered by the federal system of education has gone through many changes, the most significant being identified as the sudden reduction of the course time as well as the substitution of the discipline structure for the modular structure. In this context, the evaluation of the educative process started to need tools that assist the selection and interpretation of the necessary information for the decision making not only for the teachers regarding the development of the competences, but also for the Institution to act in the continuous improvement and generation of corporative memory. As the knowledge handled in the evaluation of education has heuristic nature. It is presented in this dissertation, an expert system prototype to give support to the evaluation of competence, with a case study carried out in the Professional Education with the participation of a specialist in Metrology, consulted to clarify his decision making process happens in relation to the grading to be attributed to the students. In order to develop this tool, which was oriented by the incremental model of expert system development the aspects related to the education reform were considered, as well as the cycles of knowledge acquisition, representation, implementation and test. This study resulted in as expert system to evaluate technical competences in the area of metrology for professional education teachers.

**Key - words:** Expert Systems, Evaluation of competence, Professional Education.

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

### 1.1 – O PROBLEMA

Vivencia-se hodiernamente uma transição conjuntural - de conceitos, princípios e ideologias que simplificadamente tem sido denominada, dentre outras formas, “crise da modernidade”. O processo de ingresso no período “pós-moderno”, ou da “modernidade tardia”, é marcado pelo pluralismo, a abertura a posturas novas e a tolerância a posições divergentes. Talvez pela primeira vez desde o início do processo de industrialização, a sociedade ocidental esteja se dispondo a conviver com a complexidade ao invés de combatê-la. Em tal contexto, a instabilidade, a “perda de certezas”, passa a constituir a maior possibilidade a se aceitar.

Costuma-se dizer que das crises nascem oportunidades. A falta de certezas do momento histórico presente oferece uma grande oportunidade para que formadores de profissionais da indústria lancem novas bases para a discussão do papel dos processos de formação para o exercício profissional nesta área no século XXI.

Para Resende (2000), os fenômenos de transformação social, política, organizacional e comportamental, como os que se verificam presentemente, em sua dinâmica se caracterizam periodicamente sob determinados modelos produtivo-organizacionais predominantes, constituindo eras. Fenômeno paralelo, e não menos importante, é a concomitância a todo esse processo de *eras de paradigmas*, ou seja, de modelos predominantes também na concepção de referenciais teóricos para os mecanismos de interação entre produção, desenvolvimento social e educação. Na sucessão desses  *períodos, eras ou gerações* têm se observado uma aceleração cada vez maior das transições, com a redução do tempo entre eles, e de suas durações. A *era do conhecimento* em sua fase mais recente, de investimento no modelo das *competências* como referencial para a construção de propostas sócio-educativo-produtivas, cuja concretização verifica-se agora de forma iminente no âmbito da reforma educacional brasileira, suscitou o interesse que definiu o objeto de estudo desta pesquisa acadêmica.

O desafio gerado por esse contexto em transformação à área da educação, especialmente a educação profissionalizante, é a superação dos padrões convencionais e tradicionais de ensino. Mais voltados para a aquisição do *saber* do que para a construção do *saber fazer*, esses padrões conduziram o perfil de qualificação, capacitação e atuação profissional, a uma

---

acomodação em padrões bem pouco exigentes, se comparados aos solicitados pela sociedade e pelo mercado.

Esses saberes são aqui compreendidos como produto do fenômeno que alguns ramos das ciências sociais, como a antropologia física, e as ciências cognitivas identificaram como nosso fator de evolução de simples primatas à condição humana - a cognição. Este fenômeno é então aqui interpretado como a capacidade de construção de processos mentais inventivos que facultam ao homem a transformação das condições de sobrevivência, e mais, de existência, pela intervenção criativa e criadora nos ambientes natural, social e mesmo psíquico. É, portanto, a capacidade de construção de conhecimento. E as sociedades caracterizadas pela predominância de trabalhadores do setor terciário, são, por excelência, sociedades de trabalhadores do conhecimento, os chamados *brain workers*.

Reconhecendo o papel do conhecimento como o grande axioma entre tantas abordagens que pretendem compreender a problemática contemporânea e oferecer-lhe alternativas à superação dos desafios impostos ao desenvolvimento produtivo e social, constata-se que se a atual conjuntura chegou a um estágio em que o conhecimento constitui além da matéria-prima para a carreira profissional dos indivíduos inseridos no contexto produtivo, o fator decisivo para a sobrevivência das organizações, seu gerenciamento impõe-se como a fundamental estratégia para a competitividade.

A gestão estratégica do conhecimento parte assim do pressuposto que qualquer estrutura produtiva deve ter o embasamento de sua economia no conhecimento, a qualificação de seus quadros de trabalhadores na criatividade e na densa especialização e a utilização da mais alta tecnologia, para a melhoria da qualidade e da produtividade. Concepção que claramente prioriza o investimento na potencialidade intelectual dos trabalhadores, os ‘cérebros de obra’, sistematizando os procedimentos que geram, selecionam, experienciam, e avaliam os conhecimentos na implementação de práticas organizacionais de operações produtivas, a gestão estratégica do conhecimento busca otimizar as condições de trabalho dentro das áreas especializadas de atuação mediando a interação e cooperação entre seus profissionais (Zapelini, 2002).

Se, conforme se mencionou anteriormente, além da predominância de modelos econômicos e fatores competitivos delimitando fases no processo histórico da produtividade, observam-se também outros movimentos provenientes de necessidades sociais, organizacionais e individuais, cabe lembrar que experiencia-se no momento uma etapa singular na história da informação como uma dessas necessidades. Cinco décadas após o início do uso de computadores digitais para fins comerciais verifica-se a exploração massificada da Internet e, menos evidentemente, a manipulação do conhecimento através do

computador na intenção de se dotar os sistemas de informação de comportamentos mais próximos aos do ser humano. Resultantes das pesquisas desenvolvidas nessa área, conhecida como Inteligência Artificial (IA), surgiram novas tecnologias que partindo da atuação no nível operacional dos meios de produção, alcançaram nos dias atuais a aplicabilidade nos níveis táticos e estratégicos, ou seja, de gerenciamento e direção. Um dos mais notáveis campos da IA, se insere nesse contexto como disciplina proponente de alternativas para a administração da problemática da aquisição do conhecimento explícito de especialistas (coleta, seleção, decomposição, composição e modelagem) e sua integração com o conhecimento implícito, existente em bases de dados relacionadas ao escopo de sua especialidade, a Engenharia do Conhecimento. Objetivando a criação de sistemas inteligentes que auxiliem e/ou substituam especialistas humanos em suas tarefas, a Engenharia do Conhecimento atua na operacionalização de atividades consideradas inteligentes como, por exemplo: previsões, reconhecimento de padrões, classificação, diagnóstico, capacidade de aprender com novos fatos, realização de inferências, realização de análises, tomadas de decisões e etc.

É esse mote que no escopo desta pesquisa pretende-se explorar para o oferecimento de um contributo à educação profissionalizante. Tal contribuição ao estudo e desenvolvimento de instrumentos facilitadores da formação de indivíduos para a atuação no mercado de trabalho – os sistemas especialistas, diferentemente de constituírem puros exercícios de programação convencional, potencialmente têm a capacidade de gerar processos altamente interativos com os especialistas em educação profissionalizante, coadjuvando-os a implementarem métodos mais eficazes de mediação na construção de competências técnicas. O papel do engenheiro de conhecimento nesses processos seria assim construir o sistema, testá-lo, e então modificar o conhecimento repetindo esses procedimentos durante todo o projeto em que a base de conhecimento do sistema e as próprias habilidades do engenheiro do conhecimento crescem juntos em cada teste.

A revisão crítica às políticas educacionais vigentes no início da década de 90 veio alinhar a comunidade pedagógica ao processo de transição dos modelos de interação social, produtiva e educacional. A constatação de que, com a transformação no processo de veiculação da informação no planeta, não mais lhe cabia simplesmente transmitir *saberes*, fazendo-a sentir-se deslocada de sua longeva e confortável posição na ordem social. Assim a comunidade educacional está sendo levada a admitir a necessidade de reconsiderar o estatuto do *saber* em suas premissas e práticas na formação de cidadãos e profissionais. Propondo as bases para uma educação no aprendizado do *conhecimento*, da *ação*, da *sociabilidade* e do *autodesenvolvimento* pessoal, a educação profissional contemporânea, em construção conforme se verá em capítulo específico, passou a dialogar diretamente com as áreas de

gerenciamento e gestão do conhecimento assim como outras áreas da comunidade acadêmicas o vêm fazendo com o segmento empresarial há mais tempo. E a partir desse diálogo, que levantou novos questionamentos sobre a condição do sistema educacional ao arguir-lhe não apenas “o que se estava ensinando”, mas, principalmente, “para que se estava educando”, a participação dos segmentos das estruturas de organização social no processo de reforma da educação efetivou a adoção de novos modelos nos países desenvolvidos. Pautados pelas diferentes necessidades e aspirações dos sujeitos e das organizações sociais, estes modelos receberam feições diferenciadas em cada sociedade em que se instauraram, dependendo do papel e da participação que assumiram os órgãos governamentais e de representação empresarial e sindical em seus sistemas de formação e qualificação profissional.

Toda mudança na concepção de uma práxis educativa tem como resultante direta a reestruturação da sua prática avaliativa. Essa reestruturação envolve repensar a intencionalidade, o objeto e, por conseguinte, os métodos de verificação da produtividade intelectual (conceitos, princípios e valores refletidos e introjetados), e comportamental (ações resultantes). Inspirada nos vários modelos em que o processo de reforma da educação internacional se deu, a reforma da educação profissional no Brasil reflete essa situação. Ela concretiza-se a partir de pequenas experiências isoladas que adotam a proposta de uma educação pelo exercício e aprimoramento de habilidades na aplicação de conhecimentos adquiridos gerando a construção de competências.

Tal operacionalização, pressupondo a mediação, o acompanhamento e monitoramento de atividades didáticas pelos ministrantes dos componentes curriculares, orientando e partilhando as experiências do educando, põe em questão outros requisitos de qualificação para o professor. Requisitos que implicam em ir além do “inovar” no planejamento de atividades didáticas e na avaliação, que implicam numa mudança nos valores dos professores. E, uma vez que todos os estudos mostram que a avaliação é a prática pedagógica que menos os motiva e mais os aborrece, uma mudança nos propósitos, é o primeiro ponto a ser considerado.

Um ambiente como a GEMM (Gerencia Educacional de Metal-Mecânica) do CEFET/SC (Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina), parece constituir um campo de pesquisa específico da educação profissionalizante verdadeiramente carente da contribuição de modelos avaliadores experimentais à reelaboração e consequente atualização do trabalho de formação de profissionais em resposta à demanda social e mercadológica contemporânea. Isto, porquanto a premissa de que a institucionalização do processo de reforma da educação ao atingir a rede federal técnico-profissionalizante da qual a GEMM é

integrante implicou em consequências diretas e evidentes nos procedimentos avaliativos empregados pelos seus professores, mobilizados em adaptar-se às diretrizes impostas pelo MEC (Ministério da Educação). Esse pressuposto, levantado inicialmente como hipótese que poderia suscitar a contribuição de uma pesquisa de desenvolvimento de sistema especialista, que se evidenciou pela alteração significativa na carga de trabalho, na quantidade de informação gerada e no tempo dispendido pelos processos de avaliação, consequentes da tentativa de avaliar dentro da nova perspectiva, nos depoimentos colhidos ao longo do processo de diagnóstico da realidade do ambiente em estudo, como mostra o Apêndice C, onde se apontam:

- Sobrecarga de trabalho dos professores, pela velocidade com que a reforma no ensino técnico foi implantada concomitantemente com a implantação dos cursos superiores de tecnologia, impedindo que os mesmos desenvolvessem métodos de avaliação adequados à nova realidade.
- Indefinição de parâmetros e critérios, mesmo nos instrumentos formais de avaliação de eixos temáticos que, pela natureza técnica dos conhecimentos abordados, deveriam apresentar um grau de objetividade mais explícito, gerando dubiedade de interpretação dos fatores avaliativos pelos alunos.
- Dificuldades de tomada de decisões, pelo alto grau de subjetividade considerada, nesses processos de avaliação.
- Não-sistematização de informações para a geração dos conceitos dos alunos nas competências desenvolvidas em cada eixo temático pelos ministrantes.
- Emprego de tempo excessivo em atividades participativas intermediárias e conclusivas coletivas dos processos de ensino (conselhos de classe), que iniciaram com duração de 4 horas, consequentes da falta de critérios e emprego de muita subjetividade nas tomadas de decisões, por sua vez decorrentes da ausência de uma sistematização das informações resultantes das conclusões.

Estabelecer critérios e parâmetros para a construção de competências técnicas de um eixo temático de curso de formação para a área da indústria, mediando o processo com o auxílio de um sistema especialista desenvolvido a partir da metodologia da engenharia do conhecimento em colaboração com o ministrante desse eixo, constituiu o desafio proposto pelo projeto originador desta pesquisa.

## 1.2 - OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo geral aqui proposto é desenvolver um protótipo baseado em técnicas de sistemas especialistas capaz de avaliar a competência técnica desenvolvida pelos alunos do eixo temático de metrologia ao longo de um período letivo, dando suporte ao professor na atribuição dos conceitos.

Como objetivos específicos destacam-se:

- Analisar a prática de avaliação do modelo de educação por construção de competências.
- Apresentar um *feedback* das principais dificuldades encontradas pelos professores durante o processo de avaliação segundo o modelo de educação por construção de competências.
- Aplicar técnicas e metodologias da Inteligência Artificial ao gerenciamento pedagógico de cursos técnico-profissionalizantes.
- Desenvolver uma ferramenta de avaliação diagnóstica de competências técnicas, como recurso subsidiador para o aprimoramento contínuo do processo educacional.
- Compilar informações que contribuam para a formação do repertório básico possibilitador da geração de uma memória corporativa.

## 1.3 – METODOLOGIA DE TRABALHO

Para se alcançar os objetivos propostos neste trabalho, o mesmo será desenvolvido através de uma metodologia geral de pesquisa que compreende:

1. Estudar a reforma da educação profissional e suas implicações curriculares, com base na legislação atual.
2. Analisar os mecanismos de verificação de evidências intelectuais e atitudinais nos processos de avaliação de competências na educação profissional, baseado nos princípios de uma pedagogia para o desenvolvimento de competências.
3. Pesquisar sobre a IA e os sistemas especialistas e estabelecer uma metodologia específica para o desenvolvimento do sistema.
4. Desenvolver o sistema baseando-se numa metodologia específica para o desenvolvimento de sistemas especialistas.

- 
5. Avaliar o protótipo de sistema especialista desenvolvido, analisando as vantagens e desvantagens do uso da Engenharia do Conhecimento.

## 1.4 – JUSTIFICATIVA

A longa experiência dos professores numa instituição de tradição de ensino quase centenária, fez com que estes adaptassem os métodos de avaliação usados nos cursos anteriores aos resultantes da reforma, tornando-os adequados para um momento de transição. A experiência mostra, no entanto, que há necessidade do desenvolvimento de métodos mais adequados à nova realidade. Conforme se exemplificou anteriormente, o modelo avaliativo adotado, uma vez que não se baseia nos já consagrados métodos quantitativos e classificatórios de representação numérica do desempenho, dá margem a uma subjetividade tal que o risco de eventualmente aprovar alunos que não desenvolveram as competências propostas pelos projetos dos cursos e de reprovar os que possivelmente as desenvolveram parece afigura-se ainda maior.

Diante deste quadro sente-se que não mais se pode prescindir do aporte de outras áreas de estudo e operacionalização do conhecimento na elaboração de processos de formação e capacitação profissionalizante. A interface com outras especialidades da produção científica e tecnológica como participantes das novas concepções de gerenciamento pedagógico se faz necessária.

## 1.5 – ESTRUTURA DO TRABALHO

Composto por sete capítulos este trabalho destaca nesta Introdução a problemática do tema em questão, seu contexto de aplicação, os objetivos a que se propõe a pesquisa e a justificativa de sua relevância no âmbito da produção acadêmica.

No capítulo 2, versando sobre a reforma da educação profissional, explana-se sobre o contexto histórico desta no mundo e no Brasil observando como se transplantaram modelos e referências das mais variadas origens até implantar-se uma nova concepção pedagógica de ensino técnico para a área da indústria no CEFET/SC.

Enfocando o problema da avaliação de competências, o capítulo 3 apresenta a conceituação de *competência* e dos princípios norteadores de uma pedagogia nela centrada,

---

discute o papel da avaliação na educação e dos critérios formadores de diretrizes de julgamento da qualidade de desempenhos apresentando por fim a realidade da GEMM e a concepção adotada de avaliação de competências em seu curso técnico de mecânica industrial.

Em Sistemas Especialistas, o capítulo 4, discorre-se sobre a Inteligência Artificial, suas linhas de pesquisa e áreas de aplicação enfocando a aplicabilidade da engenharia do conhecimento no âmbito da educação.

No capítulo 5, relata-se o desenvolvimento do protótipo do Sistema Especialista detalhando as etapas executadas das fases propostas pelo modelo incremental descrevendo a evolução do sistema e suas principais características.

A validação do protótipo no capítulo 6 enfatiza a importância da avaliação do sistema ao longo de seu desempenho para assegurar a qualidade.

Ao fim o capítulo 7, de conclusões e recomendações, apresenta as constatações do contributo desta pesquisa à educação profissionalizante e referenda os possíveis desdobramentos e ampliações para a continuidade da parceria da engenharia do conhecimento com a área educacional.

## CAPÍTULO II

# A REFORMA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

### 2.1 – INTRODUÇÃO

A influência direta dos processos de transformação social leva a educação a se ajustar às constantemente renovadas necessidades organizacionais da coletividade, buscando, para tanto, otimizar as condições do indivíduo de compreender e adaptar-se ao contexto no qual se insere. Assim, de tempos em tempos, os sistemas educacionais sofrem reformas promovendo, de certa forma, a possibilidade de acompanhamento dessas transformações. Presentemente vivenciamos uma transformação de modelos vigentes há algum tempo, pretendendo-se que o indivíduo seja competente e a educação em consonância com tal concepção se propõe a promover a capacitação para a construção de competências.

O marco da discussão internacional do modelo das *competências profissionais* no mundo empresarial é a década de oitenta, no contexto da crise estrutural do capitalismo prefigurada, nos países centrais, no início da década anterior. Deluiz (2001) cita como as características que configuram esta crise: o esgotamento do padrão de acumulação taylorista/fordista; a hipertrofia da esfera financeira na nova fase do processo de internacionalização do capital; a acirrada concorrência intercapitalista, com tendência crescente à concentração de capitais devido às fusões entre as empresas monopolistas e oligopolistas; e a desregulamentação dos mercados e da força de trabalho, resultantes da crise da organização assalariada do trabalho e do contrato social.

Pode-se ver que a discussão sobre o papel das *competências* se afirma no âmbito da educação no rol de questionamentos feitos ao sistema educacional frente às exigências de competitividade, produtividade e inovação do sistema produtivo, conforme Sacristán (1996) (Deluiz, 2001). Numa conjuntura de crise econômica e êxito de políticas de restrição de investimentos sociais, a pressão eficientista exige otimização de recursos e controla os sistemas educacionais para ajustar os seus objetivos às demandas do mundo do emprego.

Diante do exposto, este capítulo apresenta uma visão geral de como a reforma da educação, e em particular a educação profissional, está implantando o modelo das competências, mostrando este processo no mundo ocidental, no Brasil, no CEFET/SC, enfatizando as mudanças ocorridas no curso técnico de mecânica, foco deste trabalho.

## 2.2 – A REFORMA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL NO MUNDO OCIDENTAL

A “Declaração Mundial sobre a Educação para todos” lançada em 1990 em Jomtien na Tailândia marcou as conclusões da Conferência Internacional sobre Educação, patrocinada pela UNESCO, expressando a angústia de educadores do mundo todo com o extraordinário avanço no processo de veiculação da informação no planeta que conduzia, consequentemente, a educação a mudanças inevitáveis. Diante do fenômeno da banalização da informação não mais lhe cabia simplesmente transmitir saberes acumulados no processo histórico da humanidade, mas principalmente assimilar e disseminar as referências de formação de consciência crítica (Antunes, 2001).

Dando continuidade ao processo deflagrado, o relatório “Educação – Um tesouro a descobrir” (Delors et al. 2001), constituiu singular revisão crítica às políticas educacionais vigentes propondo quatro pilares para a educação: aprender a conhecer; aprender a fazer; aprender a viver juntos, a viver com os outros e aprender a ser.

Considerando a participação dos segmentos das estruturas de organização social (Estado, classe empresarial, trabalhadores, educadores e especialistas) no processo de reforma, entende-se como se efetivou a adoção do novo modelo nos países desenvolvidos ao identificar-se o papel que assumiram o Estado e as organizações sociais nos sistemas de formação profissional e de certificação de competências destas sociedades (Ramos, 2001). Observa-se, que a interação entre esses agentes no processo geraram ao menos três modelos de implementação:

1. Implementação impulsionada pelos governos: Reino Unido, Austrália, México e Espanha.
2. Implementação impulsionada pelo mercado: Estados Unidos.
3. Implementação impulsionada pelos sujeitos sociais: Alemanha, França e Canadá.

No Reino Unido, Austrália, México e Espanha, o modelo implementado é coordenado por um Conselho Nacional, promovido pelos órgãos governamentais responsáveis pela educação e/ou pelo trabalho e emprego, incumbido de tornar o sistema coerente e orientar a convergência de esforços a esta implementação. Neste caso cabe ao governo o papel impulsionador da reforma, ainda que estejam representados no processo empregadores e trabalhadores, e também lhe é atribuída a responsabilidade de fazer com que os órgãos de representação empresarial e sindical mantenham a liderança no desenvolvimento dos padrões,

para que a comunidade empresarial reconheça o valor dessas iniciativas em seu êxito econômico e as aceitem como suas.

Conceitualmente essas experiências se baseiam numa abordagem da competência orientada expressivamente para os resultados e alicerçada na avaliação, de acordo com os padrões indicados. Os métodos de investigação dos processos de trabalho são de matriz funcionalista<sup>1</sup> com algum aporte da Teoria Geral dos Sistemas.

Os Australianos distinguindo-se dos outros países se preocupam com o marco curricular. Críticos elaboraram um marco conceitual próprio chamado de integral ou holístico enquanto seus procedimentos de investigação dos processos de trabalho têm se afastado em certa medida da lógica estritamente funcionalista indo em direção a uma lógica construtivista elaborada por franceses.

Nos Estados Unidos, o impulso para a reforma tem sido dado pelos sistemas econômicos, como uma ação autodirigida e nas mãos da iniciativa privada sob a argumentação de que tais ações permitem controlar e limitar melhor os custos e evitar regulações excessivas por parte do governo. Além disso, a manipulação privada obriga os provedores dos serviços que envolvem as competências a estarem mais atualizados acerca das transformações que ocorrem no mercado de trabalho (Ramos, 2001).

A representação sindical tem participação condicionada à inclusão da capacitação nas pautas de negociação coletiva, quando há desenvolvimento de programas de formação gerenciados em parceria empresa-sindicato. A inexistência de mecanismos asseguradores da qualidade dos programas aprovados, comprometendo o fluxo da certificação de um estado para outro, e também a ausência de um marco conceitual com uma linguagem comum entre os diversos programas de certificação, a comunidade educativa como um todo, e o público em geral, problematizam a possibilidade de implementação deste modelo.

No caso da Alemanha, o papel dos interlocutores sociais na formação profissional, planificação em escala empresarial e política do mercado de trabalho é significativo. A formação continuada, em contrapartida, muito menos regulada e desenvolvida, em geral reserva-se à empresa. O debate sobre a competência profissional, conforme Ramos (2001), se estende há mais de quinze anos num contexto de não-especificação da educação profissionalizante em que fez-se uma mudança do saber profissional para as qualificações

<sup>1</sup> A matriz funcionalista de investigação dos processos de trabalho e de identificação, definição e construção de competências profissionais têm sua base no pensamento funcionalista da sociologia e seu fundamento metodológico-técnico é a Teoria dos Sistemas Sociais. Propõe-se a analisar não somente um sistema em si, mas a relação entre o sistema e seu entorno.

profissionais e, finalmente, destas para as competências profissionais iniciada em princípios dos anos 70 com a definição, ainda que generalizadamente, da “competência do aprendiz” como objetivo dos processos de ensino pelo Conselho de Formação Alemão. Exigência contínua foi a do desenvolvimento simultâneo das competências humana e sócio-política, além da técnica, em processos de aprendizagem integrados. O conceito de competência foi adaptado pela pedagogia profissionalizante e empresarial, no sentido de agregar reflexões sobre transformações técnicas, econômicas e sociais do presente ao ensino definindo-se grupos de qualificações: técnicas, metódicas, sociais e participativas. Quem possui ou dispõe destas qualificações, constrói as respectivas competências.

Na França, segundo Ramos (2001) a falta de aplicabilidade dos conhecimentos oferecidos pela formação profissional aos trabalhadores, o não reconhecimento dos diplomas pela classe empresarial e as dificuldades de articulação da certificação existente com os níveis subseqüentes do ensino superior provocaram importantes mudanças em um sistema de formação e certificação que até os anos 70 tinha no Estado o único responsável pela diplomação profissional.

A reforma educacional, tanto da formação geral quanto da profissional, foi elaborada congregando classe empresarial, movimentos sindicais, ministérios e especialistas do que se convencionou denominar referenciais, instrumentos de comunicação entre categorias de parcerias diferentes, notadamente os que intervêm na elaboração dos diplomas: agentes de instituição escolar, e representantes das áreas profissionais.

O sistema francês confere no momento três tipos de certificação: diplomas conferidos pela Educação Nacional e Ministério da Agricultura e Saúde, títulos outorgados pelo Ministério do Emprego e Solidariedade e certificações das áreas profissionais. Seus Centros de Balanço de Competência, criados nos anos 80 com o propósito de oferecer aos cidadãos um perfil (mapeamento) de suas qualificações, os orientam e apóiam para as negociações com os empregadores elucidando-os sobre a significação de suas competências como recursos negociáveis. A adoção da *gestão por competência* no âmbito empresarial, de desenvolvimento notável, considera três grandes áreas: competências técnicas, competências de gestão e competências de organização, que se concentram na comunicação, na iniciativa e autonomia dos operários.

O Canadá já possuía experiência de formação profissional semelhante ao sistema atual, que a aprimorou e aperfeiçoou, a partir dos anos 60, com a política de formação para orientadores vocacionais em desenvolvimento curricular e quando realizaram-se as primeiras experimentações de determinação de objetivos de aprendizagem programada, instrução

modular, apresentação multimídia, cursos por correspondência, contratos de aprendizagem dos estudantes, dentre outras (RAMOS, 2001).

Estas iniciativas geraram o que se conhece por educação baseada em competência e sua mais recente manifestação, educação baseada nos resultados, decorrente de um acordo em torno da qualificação dos trabalhadores, realizado entre a classe empresarial, representantes das classes profissionais e educadores num comitê convocado para estudar os problemas da transformação do mercado de trabalho ao fim da década de 80 quando instituem-se os Conselhos Setoriais Nacionais (CSN) articulando claramente a formação dirigida aos mercados de trabalho interno e externo.

É esta dupla modalidade que distingue o modelo em questão dos demais, pois o surgimento dos CSN refletiu a crescente consciência dos segmentos sociais em elaborar colaborativamente elementos-chave em matéria de capacitação e ajuste de recursos humanos: a necessidade dos sindicalizados envolverem cada vez mais seus sindicatos nos temas de capacitação; a necessidade de se tratar os temas fora do marco tradicional do modelo de negociação coletiva; a questão das empresas aproveitarem trabalhadores que outras capacitaram.

Concluiu-se então que era preferível adotar abordagens de temas relativos à formação ao nível setorial do que diretamente ao nível da empresa.

Na América Latina a discussão sobre competência remonta ao ano de 1975, ocasião em que se realizou a XI Reunião da Comissão Técnica do CINTERFOR/OIT (Centro Interamericano de Investigação e Documentação sobre Formação Profissional/Organização Internacional do Trabalho), resultando em um projeto sobre a mensuração e certificação das qualificações ocupacionais adquiridas pelos trabalhadores em cursos de formação sistemática, mediante a experiência profissional, ou por uma combinação de ambas que teria surgido para atender a necessidades decorrentes das três principais deficiências:

- De sistemas de formação suficientes e qualificados para o atendimento da demanda do mercado, face ao crescimento demográfico e tecnológico dos países latinos;
- De modelos adequados “de avaliação” para a demanda de validação das experiências adquiridas na vida profissional dos trabalhadores, consequente das reformas educacionais;
- De dados atualizados, nem sempre disponíveis aos serviços nacionais de emprego, das estimativas sobre os requerimentos qualitativos e quantitativos do mercado de

---

trabalho, possibilitando identificar tendências da oferta e demanda de mão-de-obra qualificada.

Em resposta a estas questões, a OIT, por meio de CINTERFOR, concentra a atenção no desenvolvimento da formação e certificação, organizadas por competência profissional, reorientando as políticas de mercado de trabalho e de formação profissional. Esta política educacional tem como agentes os sujeitos sociais dos vários segmentos - empresarial, trabalhador e educacional - que ao exercitar sua capacidade de mobilização planejando, executando e avaliando os programas de formação profissionalizante, tornam-se responsáveis pela otimização da produtividade e da capacitação. Contudo, a tradição histórica dos países latinos é a da tutela do Estado como promotor da reforma. A experiência britânica nesse sentido vem sendo adotada como modelo de sistema de competência profissional bem sucedido a ser observado. Em países como Argentina e Chile, o debate sobre a competência profissional associado às reformas dos sistemas educativos é promovido pelos respectivos Ministérios da educação. No caso da Colômbia a oferta de Educação Profissional é centralizada pelo Serviço Nacional de Aprendizagem (SENA), de caráter público e vinculado ao ministério do trabalho e Seguridade Social que, portanto, se responsabiliza pelas reformulações.

Em se tratando de metodologia na organização dos estudos dos processos de trabalho a análise funcional é utilizada no Chile, onde os resultados são, entretanto, aferidos com outras mediações. Na Argentina o marco conceitual de competência assemelha-se à abordagem integrada dos modelos francês e australiano com diferenças terminológicas.

Constata-se, com esta síntese, que a reforma da educação profissional no mundo ocidental, consequente das transformações nas esferas econômica e tecnológica, gerou a necessidade de capacitar os trabalhadores, de forma que, tanto os sistemas formais de educação, quanto os outros agentes de formação do indivíduo para o trabalho, se vêem confrontados com a premência de se prepararem para o dinamismo e a diversidade do mundo contemporâneo.

Como seqüência deste estudo tem-se uma descrição sucinta de como esta reforma está acontecendo no Brasil.

## 2.3 – A REFORMA DA EDUCAÇÃO NO BRASIL

O Brasil começa a pensar em reforma da educação a partir de 1975 com o CINTERFOR/OIT. No entanto, na prática, as mudanças da educação aconteceram em 1996 com a regulamentação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – Lei 9.394/96 (LDBEN), em que as reformas curriculares tiveram o objetivo de re-orientar a prática pedagógica organizada em torno da transmissão de conteúdos disciplinares, para a prática voltada para a construção de competências e, então, os fundamentos dos quatro pilares da educação foram incorporados e a pedagogia das competências passou a ser discutida em todo país. A tabela 2.1 mostra os pontos essenciais da mudança de paradigma<sup>2</sup> que está no núcleo da reforma da educação e particularmente da educação profissional.

Tabela 2.1 Mudança de paradigma no núcleo da reforma da educação. Fonte: Souza, 2000

PARADIGMA EM SUPERAÇÃO	PARADIGMA EM IMPLANTAÇÃO
<p>Foco nos <b>conteúdos</b> a serem ensinados.</p> <p><b>Curriculum como fim</b>, como conjunto regulamentado de <b>disciplinas</b>.</p> <p>Alvo de controle oficial: <b>Cumprimento do Curriculum</b>.</p>	<p>Foco nas <b>competências</b> a serem desenvolvidas/nos <b>saberes</b> (saber, saber fazer e saber ser) a serem construídos.</p> <p><b>Curriculum integrado e articulado de situações meio</b>, pedagogicamente concebidas e organizadas para promover aprendizagens profissionais significativas.</p> <p>Alvo de controle oficial: <b>Geração das Competências Profissionais Gerais</b>.</p>

É interessante constatar que o termo educação profissional no Brasil foi introduzido com a nova LDBEN, (Cap. III, Art. 39): “...A educação profissional, integrada às diferentes formas de educação, ao trabalho, à ciência e à tecnologia, conduz ao permanente desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva”. Junto com o surgimento oficial do termo no Brasil, a reforma estabeleceu uma nova configuração da educação profissional (Decreto nº 2.208/97 e portaria MEC nº 646/97), com o apoio do Programa de Expansão da Educação Profissional (PROEP) (Portaria MEC nº 1.005/97), com repercussão não apenas no sistema federal de ensino, mas também nos estaduais.

Empreenderam-se, assim, ações convergentes com a educação profissional conduzida pelo PLANFOR (Programa de Formação Profissional), através da oferta da educação

<sup>2</sup> A conotação aqui atribuída ao termo é a adotada pelo Ministério da Educação ao definir os referenciais da reforma educacional brasileira a partir da LDBEN (Lei 9.394/96) como concepção teórica do modelo de educação idealizado.

profissional de nível básico “... destinado à qualificação e re-profissionalização de trabalhadores, independente de escolaridade prévia” (Art. 3º, Inc. I do Decreto nº 2.208). Reduziu-se a oferta de ensino médio dos CEFETs e das Escolas Técnicas Federais a 50% da oferta de 1997 (Portaria nº 646/97, Art. 3º, Caput) e criou-se a oferta de cursos modulares, seja para a realização do nível técnico concomitante com o ensino médio ou seqüencial ao mesmo (Art. 5º, Caput). Estabeleceu-se, ainda, o nível tecnológico “... correspondente a curso de nível superior na área tecnológica, destinados a egressos do ensino médio e técnico” (Art. 3º, Inc. III do Decreto nº 2.208).

Tendo a legislação disponível, como mostra a tabela 2.2, o MEC passa a implantar a reforma da educação profissional e Berger (1998) aponta as principais etapas da construção curricular baseada em competências a serem seguidas pela então SEMTEC (Secretaria de Educação Média e Tecnologia), hoje SETEC (Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica): a) a análise do processo de trabalho; b) construção de uma matriz referencial de competências, etapas realizadas pela SEMTEC, através de comissões técnicas compostas por professores e profissionais do setor ou área de produção; e c) elaboração de um projeto pedagógico e dos respectivos planos de curso, mediante a transposição didática da matriz referencial de competência, adotando-se a organização curricular modular e uma abordagem metodológica baseada em projetos ou resolução de problemas, etapa essa que deve ser executada pelas escolas e instituições de formação profissional.

Para Ramos (2001) a reforma da educação profissional no Brasil, sob a ótica do sistema de competência, pouco se diferenciou da reforma nos países da América Latina, ou seja, constata-se que a análise funcional é a metodologia apropriada pelo MEC para proceder a investigação dos processos de trabalho.

No entanto, Deluiz (2001) ressalta que o modelo de competências e sua implementação nos planos e programas da educação profissional têm ocorrido de forma diferenciada em função de vários fatores: da ênfase atribuída ao foco do mercado de trabalho ou no indivíduo; da articulação ou desarticulação entre a formação geral e formação profissional; dos distintos modelos epistemológicos que orientam a identificação, definição e construção de competências – condutivista, funcionalista, construtivista ou crítico; dos diferentes enfoques conceituais de competências adotados: centrados no indivíduo e na subjetividade do trabalhador ou no coletivo de trabalhadores e no contexto em que se insere o trabalho e o trabalhador. Essa diferenciação pode ser observada nas políticas da educação profissional do Ministério da Educação (MEC), do Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE), e mais recentemente do Ministério da Saúde (MS).

Independente das visões geradas por especialistas, na prática para os trabalhadores da educação profissional que atuam no sistema federal de ensino nos centros de educação tecnológica, a reforma começou a ser discutida no segundo semestre de 1997, quando representantes dos CEFET participaram de reuniões convocadas pelo Ministério da educação (MEC), para elaborarem os parâmetros curriculares nacionais para as áreas de conhecimento. Nestas reuniões tomou-se conhecimento da reforma na educação profissional pretendida pelo governo e como ela se daria.

Tabela 2.2. O novo marco legal da educação profissional no Brasil. Fonte: Lima Filho, 2002.

<b>Documento ou Medida Legal</b>	<b>Data</b>	<b>Objetivo ou influência sobre a educação profissional</b>
Planejamento político-estratégico do MEC – 1995/1998	Maio/1995	Estabelece as diretrizes e metas para a elaboração de reformas e implementação das políticas educacionais no período; trata de educação profissional no tópico relativo ao ensino médio
Projeto de Lei nº 1.603/96	Mar/1996	Propõe nova definição, objetivos e estrutura para a educação profissional: constituição de um sistema específico, independente do sistema de educação regular, organizado em três níveis: básico, técnico e tecnológico.
Lei nº 9.394/96 (LDBEN)	20/dez./96	O Capítulo III (artigos 39 a 42) da LDB trata “da educação profissional”, considerando, entre outros aspectos, que “será desenvolvida em articulação com o ensino regular ou por diferentes estratégias de educação continuada, em instituições especializadas ou no ambiente de trabalho” (art. 40).
Medida Provisória nº 1.548-28	14/mar./97	Condiciona a expansão da rede de escolas técnicas, agrotécnicas e CEFET a parceiras e autoriza a transferência – para outras instâncias públicas ou privadas – da responsabilidade pela manutenção e gestão de novas unidades que venham a ser construídas, ou reformadas, total ou parcialmente, com recursos públicos.
Decreto nº 2.208/97	17/abr./97	Regulamenta os artigos da LDB que tratam da educação profissional; retoma integralmente os termos definidos no PL n. 1.603/96
Portaria MEC nº 646/97	14/mai./97	Estabelece prazos e orientações para a implantação na rede federal de educação profissional do disposto no Decreto n. 2.208/97
Portaria MEC nº 1005/97	Jun./1997	Implementa o Programa de Reforma da Educação Profissional – PROEP.
Plano de Implantação da Reforma (PIR/PROEP)	Set./97	Estabelece orientação às Instituições Federais de Educação Tecnológica para preparação do Plano de Implantação da Reforma (PIR) e define critérios para habilitação aos recursos do PROEP.
Decreto nº 2.406/97	27/nov./97	Regulamenta a Lei Federal nº 8.948/94 (trata da transformação das escolas técnicas e agrotécnicas federais em CEFET).
Portaria MEC nº 2.267/97	19/dez./97	Estabelece diretrizes para a elaboração do projeto institucional para implantação de novos CEFET

Em 1999 o Conselho Nacional de Educação, a partir do Parecer CEB/CNE nº 16/99 e da Resolução CEB/CNE nº 04/99 apresentaram os Referenciais Curriculares Nacionais, que passaram a oferecer informações e indicações adicionais para a elaboração de planos de

cursos nas diferentes áreas profissionais<sup>3</sup>, incluindo a caracterização de seus respectivos processos de produção, a identificação de funções e subfunções neles distinguidas, competências, habilidades e bases tecnológicas nelas envolvidas ou para elas necessárias.

Assim, com toda orientação necessária, os CEFET começaram a efetivamente reformular seus cursos de nível técnico e de certa forma foi dado aos profissionais da educação a missão de tornar esta reforma realidade como cita o então ministro da educação Paulo Renato de Souza:

O avanço decisivo para a implantação da nova educação profissional depende, certamente, da iniciativa, do empenho e do preparo das equipes de educadores para uma revolução responsável na concepção e na prática pedagógica realizada no espaço de cada instituição ou rede educacional que, exercendo sua autonomia, abrindo-se, integrando-se e aliando-se à comunidade e às organizações do trabalho, estará construindo, cotidianamente, a verdadeira reforma da educação profissional. (Souza, 2000, p.6)

Com o estudo realizado acerca da reforma da educação profissional, conclui-se que a mesma ainda não acabou, muitas discussões ainda acontecem e muitas modificações ainda poderão acontecer, como a publicação ao longo do ano de 2004 de outros Decretos mostrados na tabela 2.3. Estas mudanças causam discussões somente no âmbito do relacionamento entre a educação básica e a educação profissional, sem alterar os princípios teóricos metodológicos que apontam para a pedagogia das competências.

Tabela 2.3. Atual legislação da educação profissional no Brasil.

Documento ou Medida Legal	Data	Objetivo ou influência sobre a educação profissional
<b>Decreto nº 5154/04,</b>	julho de 2004	Revoga o decreto 2208/97, abrindo a possibilidade de <b>curso integrado</b> (Ensino Médio e Ensino Técnico)
<b>Decreto nº 5159/04</b>	julho de 2004	Muda a <b>estrutura regimental do MEC</b> , separando o Ensino Médio da Educação Profissional. Cria a Secretaria da Educação Profissional e Tecnológica - <b>SETEC</b> .
<b>Decretos nº 5.225 e c 5.224</b>	outubro de 2004	Modificam a estrutura da educação federal tecnológica, reconhecendo os <b>CEFETs</b> como <b>instituições federais de educação superior (IES)</b> , e exigem a adequação de seus <b>Estatutos</b> .

No próximo item, uma breve descrição de como a reforma atingiu o CEFET/SC, em especial o curso técnico de mecânica da unidade de Florianópolis, administrado pela Gerência Educacional de Metal Mecânica, foco deste trabalho.

<sup>3</sup> Para a Educação Profissional, foram criadas vinte áreas profissionais, sendo elas: Agropecuária, Artes, Comércio, Comunicação, Construção Civil, Design, Geomática, Gestão, Imagem Pessoal, Indústria, Informática, Lazer e Desenvolvimento Social, Meio Ambiente, Mineração, Química, Recursos Pesqueiros, Saúde, Telecomunicações, Transportes, Turismo e Hospitalidade.

## 2.4 – A REFORMA DA EDUCAÇÃO NO CEFET/SC

O CEFET/SC, como integrante do sistema federal de ensino, sofre influência direta da reforma da educação, tanto no que tange ao ensino médio quanto na educação profissional. Desde o início acompanha o processo, estabelecendo internamente canais de discussão que se intensificaram em 1997, com a publicação da legislação pertinente, citada anteriormente.

O ano de 1998 é marcado por mudanças significativas na estrutura administrativa do CEFET/SC implantando-se na prática um sistema composto por três unidades de ensino (Florianópolis, São José e Jaraguá do Sul). Assim, cada unidade ganha autonomia e passa a administrar o ensino de forma descentralizada como no caso da Unidade de Florianópolis que migra da administração centralizadora do Departamento de Ensino, para a gestão através de gerências educacionais por áreas de atuação<sup>4</sup>.

Na área pedagógica do CEFET/SC, as implicações da nova educação foram sentidas quando os cursos técnicos oferecidos, antes chamados cursos técnicos integrados nos quais o aluno cursava concomitantemente o ensino médio e o ensino técnico, foram desvinculados e o número vagas oferecidas para o ensino médio diminuíram gradativamente, até chegarem a metade das oferecidas anteriormente.

Hoje, após ter sido transformado de Escola Técnica Federal (ETF) em Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) em março de 2002, um processo político que demorou mais do que o esperado, causando uma certa desmotivação na comunidade escolar e colocando em jogo os objetivos da reforma, o CEFET/SC oferece cursos na modalidade da educação básica e educação profissional tais como: o ensino médio, os cursos superiores de tecnologia, os cursos técnicos e básicos profissionalizantes. A política pedagógica da instituição, publicizada em seu material de divulgação dos cursos oferecidos, destaca os seguintes valores conceituais: (CEFET/SC, 2005)

**Interdisciplinaridade** - O currículo é composto por temas transversais como empreendedorismo e a educação ambiental, que hoje são componentes essenciais na educação nacional.

**Aprender fazendo** - No CEFET/SC o aluno aprende fazendo, já que, atuando na empresa que aprende, ele como empregado também aprende e ensina.

---

<sup>4</sup> Para Unidade de Florianópolis do CEFET/SC, foram criadas cinco gerências educacionais: Metal Mecânica, Eletrônica, Eletrotécnica, Construção Civil e Formação Geral e Serviços. Cada qual passou a gerenciar tanto administrativamente quanto pedagogicamente os cursos oferecidos em suas áreas de atuação.

**Estímulo ao empreendedorismo** - O Programa MEC/SEBRAE capacitou professores para desenvolver o espírito empreendedor no aluno, incentivando-o a começar seu próprio negócio.

**Organização de eixos temáticos e por módulos** - No CEFET/SC existem eixos temáticos e não mais disciplinas. Na organização do ensino por módulos o aluno estará apto a desempenhar aquela função ao terminar o módulo recebendo certificado correspondente. Será diplomado ao final de todos os módulos.

**Aprendizado e avaliação por competência** - No desenvolvimento do ensino através da organização curricular por competências o estudante é agente na construção do conhecimento. O professor deixa de ser o transmissor da informação para ser facilitador na construção da competência. O professor desenvolve suas aulas combinando conhecimento, habilidades, e características pessoais do aluno. Desse aprendizado é que o aluno será avaliado, recebendo o conceito pela competência adquirida com o conhecimento somado a suas atitudes e o desenvolvimento de habilidades.

A Gerência Educacional de Metal Mecânica oferece os cursos técnicos de Mecânica Industrial e Automobilística e os cursos superiores de tecnologia em Automação Industrial e Design de Produto, cada qual com seus currículos diferenciados que possuem bancos de competências específicas, metodologias e critérios de avaliação específicos. O fluxo de informação que circula no processo administrativo e pedagógico dos cursos é extraordinariamente rico e diversificado, devendo ser administrado para gerar conhecimento institucional no sentido de assegurar e aprimorar o melhoramento da educação.

Como o foco deste trabalho é o sistema da avaliação do Curso Técnico de Mecânica Industrial, descreve-se as principais características do curso técnico de mecânica oferecido pela GEMM antes e após a reforma, explicitando suas implicações neste estudo.

## **2.5 - A REFORMA DA EDUCAÇÃO NO CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA DA GEMM**

Antes da reforma, o Curso Técnico de Mecânica, possuía sua estrutura curricular formada por disciplinas, com duração de oito semestres e era oferecido de forma concomitante ao ensino médio, ou seja, o aluno cursava no mesmo período letivo disciplinas da formação geral e disciplinas da formação técnica. Após a conclusão do sexto semestre, que eqüivalia ao terceiro ano do ensino médio, o aluno poderia requerer seu certificado de conclusão do ensino médio e prosseguir seus estudos técnico-profissionalizantes. Para ter a

habilitação de técnico, o aluno cursava mais dois semestres, sendo que no último optava entre as especializações de projetos, produção e manutenção, fazia um estágio curricular e após a aprovação de seu relatório de estágio é que recebia seu diploma de técnico em mecânica.

A avaliação do aluno durante o curso era realizada por disciplina. Cada professor atribuía sua nota, e os ministrantes do bloco de disciplinas de cada semestre se reuniam em dois conselhos de classe, um no meio e no outro final do período letivo, para discutirem o andamento geral e encaminharem possíveis problemas administrativos e ou pedagógicos ocorridos na turma, ou com alunos, individualmente. Este conselho de classe era apenas consultivo para o professor cabendo a ele a decisão final da nota do aluno. Os estudantes que freqüentavam este curso eram na grande maioria *jovens* (adolescentes), que ainda não tinham escolhido uma carreira, e sua formação geral era realizada pela própria instituição.

Antes de passar a ofertar o atual curso técnico de mecânica industrial, a GEMM ofereceu o curso técnico de mecânica pós-médio que possuía duração de quatro semestres e matrícula por disciplina. Neste curso estudaram alunos egressos do ensino médio que, na maioria das vezes, estavam fora do mercado de trabalho e/ou fora do ensino superior. Durante a oferta deste curso pôde-se diagnosticar a diferença de trabalhar com alunos *adultos*, que tinham uma formação geral deficiente e exigiam dos professores uma reflexão de como transformar estes educandos em técnicos com redução brusca de tempo.

O atual Curso Técnico de Mecânica Industrial foi implantado em 2000 após sofrer um processo de discussão e amadurecimento por quase dois anos, tendo sua fundamentação baseada nas competências, habilidades e bases tecnológicas estabelecidas pelo Parecer CNE/CEB nº 16/99 e Resolução nº 04/99. Para a criação do novo curso as matrizes da área da indústria, publicadas a partir dos Referenciais Curriculares Nacionais, tiveram que ser amplamente estudadas e a partir delas foram traçadas competências específicas a serem desenvolvidas pelo técnico de mecânica, agrupadas em blocos de conhecimento que permitiram a definição de uma qualificação profissional. A Tabela 2.4 mostra as qualificações profissionais do curso de mecânica industrial, bem como sua relação direta com a matriz funcional, estabelecida pelo Parecer CNE/CEB nº 16/99. Estes blocos de conhecimento foram denominados de Projetos Integradores (ProIn). Assim, o curso passou a conter cinco módulos e prever habilitações profissionais de Manutenção Industrial, Produção Mecânica e Projetos Mecânicos, e ainda duas qualificações profissionais de Auxiliar de Mecânica Industrial e Auxiliar de Fabricação.

As certificações emitidas pelos Projetos Integradores possuem terminalidades cujas demandas foram detectadas nas pesquisas de mercado, na análise sistematizada dos relatórios

de estágio, nos dados estatísticos do Serviço de Integração Escola-Empresa e a partir da experiência acumulada pelos professores do Curso de Mecânica da GEMM.

Tabela 2.4 – Qualificações Profissionais do Curso de Mecânica Industrial do CEFET/SC.  
Fonte: GEMM, 2000.

Área: <b>Indústria</b>					
<b>Projeto Integrador</b>	<b>Duração</b>	<b>Subárea</b>	<b>Função</b>	<b>Subfunção</b>	<b>Qualificação Profissional Habilitação</b>
I	400h	Produção	Manufatura	-	Auxiliar de Fabricação
II	400h	Produção	Manufatura	-	Auxiliar de Mecânica Industrial
III	400h	Manutenção	Planejamento Controle Execução	Estudo, Programação e Controle Manutenção de Sistemas Industriais	Habilitação em Manutenção Industrial
IV	400h	Produção	Planejamento Manufatura Controle	Planejamento da Produção Programação e Controle da Produção Operação do Processo e Gestão da Qualidade	Habilitação em Produção Mecânica
V	400h	Produção	Planejamento	Desenvolvimento de Projetos	Habilitação em Projetos Mecânicos

O curso técnico de mecânica industrial ficou assim organizado em cinco módulos semestrais de quatrocentas horas, estruturados em conjuntos de competências, onde se evidenciam as habilidades exercitadas e as bases tecnológicas estudadas, específicas para cada certificação parcial. Essas bases tecnológicas são constituídas por conjuntos de saberes que, articulados com as habilidades exercitadas em atividades mediadas pelo corpo docente nas unidades curriculares, formam o que se convencionou denominar eixos temáticos. Com isso, o curso deixou de ser constituído por disciplinas e passou a ser desenvolvido numa perspectiva em que o material intelectual que se oferece ao educando é o conhecimento experienciado através da verificação de sua aplicabilidade pelo exercício de habilidades diante de situações concretas. A figura 2.1 apresenta a estrutura do novo curso de mecânica, as habilitações e qualificações oferecidas, bem como os eixos temáticos que formam cada módulo. Os Projetos Integradores receberam este título para caracterizarem que a metodologia a ser aplicada na construção das competências do aluno devesse ser orientada por projetos. Assim sendo, os blocos de conhecimento passariam a ter como resultado um produto que agregasse as bases tecnológicas estabelecidas. Este produto poderia ser um conjunto mecânico, um plano de manutenção, a programação de um sistema produtivo, etc.

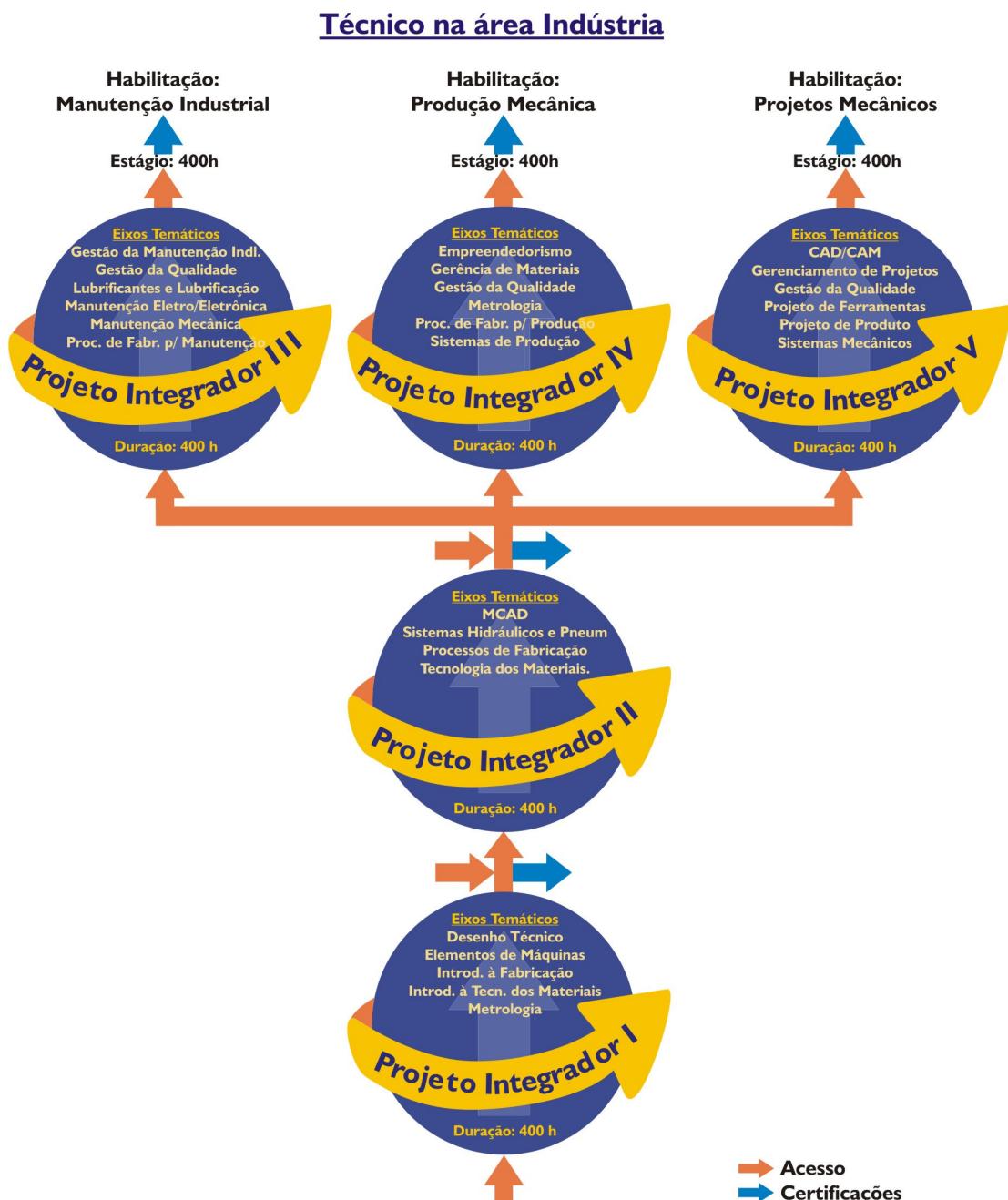


Figura 2.1 – Estrutura do Curso Técnico de Mecânica Industrial da GEMM do CEFET/SC

A avaliação dos alunos passa a ser realizada ao longo do desenvolvimento de cada Projeto Integrador, com a realização de três conselhos de classe participativos que acontecem no cumprimento de 100, 250 e 400 horas de atividades do curso, onde os professores em consenso atribuem os conceitos aos alunos.

Cabe ressaltar que para o grupo de professores da GEMM que trabalham com a formação de técnicos em mecânica há anos e sempre tiveram a preocupação de manter a qualidade do curso, seja buscando qualificação profissional ou atualização tecnológica dos laboratórios, esta reforma teve um custo pessoal muito elevado, pois quebrou paradigmas que

não acreditava-se serem superáveis. Situação essa que gerou resistência. Conforme a perspectiva apresentada por Ramos (2001), quando comenta que a defesa do ensino que leve à compreensão do processo sócio-histórico de construção do conhecimento, possibilitando uma leitura crítica do mundo, não admite o uso instrumental de conteúdos. A concepção da *pedagogia das competências* tem como variável, nesse contexto, a possibilidade de restringir-se a recortes do que se deve ensinar limitando-se à dimensão instrumental. Com isso há o risco de empobrecimento da formação pelo condicionamento ao exercício de práticas, tarefas e desempenhos prescritos e observáveis. A ameaça dessa involução no processo pedagógico explica “a resistência, ainda que não organizada, da maioria dos professores em conhecer, compreender e praticar a pedagogia da competência. A isto chamaríamos de resistência histórica” (Ramos, 2001, p.154).

Apesar da resistência, era imperativo mudar, assim a legislação obrigava. Para isso, a criatividade e o profissionalismo do grupo prevaleceram. Resolveu-se então, acreditar numa visão mais otimista como a de Saraiva & Masson (2003), de que a pedagogia das competências

“... pode vir a ser um instrumento de luta contra-hegemônica, especialmente porque, primeiro, não significa necessariamente aligeiramento, nem desconsideração pela apreensão dos conhecimentos, e em segundo lugar, reconhece a importância crucial das experiências existenciais dos agentes sociais como elemento de todo processo de apreensão do conhecimento, pois este é, sobretudo, entendido como visão de mundo, de interpretação/leitura do mundo e que, portanto, para ter efetiva significação, não pode ser mera informação, precisa ter uma dimensão existencial, demonstrável nas práticas sociais cotidianas, como bem lembra toda a obra de um educador altamente comprometido com os interesses dos trabalhadores, como Paulo Freire” (Saraiva & Masson, 2003, p.4)

Como diz o próprio lema criado pelo grupo da GEMM, citado em muitos momentos de discussão nesses tempos de mudanças: “... *de uma reforma que nos ofereceu um limão, tentamos fazer uma limonada*”.

Tenta-se até os dias atuais vencer as dificuldades, evitando o risco apontado por vários especialistas de que a ausência de um marco curricular teoricamente consistente traz “de se estruturarem itinerários de formação ecléticos e desagregados que, nem bem transmitem conteúdos, nem bem desenvolvem competências.” (Ramos, 2001, p.154).

Como resumo do que foi descrito anteriormente, tem-se a tabela 2.5, mostrando as principais diferenças entre o extinto e o atual curso técnico de mecânica industrial. Tais diferenças caracterizam a concretização da reforma da educação profissional na prática. Para o contexto deste trabalho, cabe destacar que as mudanças mais significativas foram: a redução drástica do tempo de formação do aluno e a configuração curricular, baseada na construção de

competências, necessitando que a manipulação das informações seja mais eficiente tanto no uso das práticas pedagógicas, quanto na avaliação do processo. Também professor e aluno passam a ter outros comportamentos. O professor não é mais apenas um mero transmissor e sim um orientador, agente da aprendizagem. E o aluno deixa de ser um simples receptor passivo para ser um questionador crítico e ativo no processo de aprendizagem. Assim acredita-se que o aporte da engenharia do conhecimento pode auxiliar significativamente este processo, na seleção e exploração das informações como recurso para otimização da formação profissional.

O Apêndice A exibe os modelos de históricos escolares comparando as competências construídas, no modelo vigente, em contraste com o rol de disciplinas cursadas, no modelo anterior.

Tabela 2.5 - Principais diferenças entre o extinto e o atual curso técnico de mecânica.

Características do extinto curso técnico de mecânica	Características do atual curso técnico de mecânica
Duração de 8 semestres	Duração de 3 semestres
Curriculum conteudista, formado por disciplinas	Curriculum baseado em competências
Certificação só com a conclusão dos 8 semestres	Certificações com a conclusão de cada módulo
Metodologia baseada no cumprimento dos objetivos	Metodologia orientada por projetos
Avaliação por disciplina, baseada na nota atribuída pelo professor	Avaliação baseada no desenvolvimento das competências, cujo conceito é um consenso dos professores que desenvolvem a competência
Integrado ao ensino médio	Seqüencial ao ensino médio

## 2.6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Constata-se com o estudo apresentado que o movimento de reforma da educação acontece hegemonicamente no mundo ocidental. Os países não tiveram outra alternativa, e para continuar crescendo precisaram investir em educação devido às necessidades que o mercado atual exige.

Se mudar era inevitável, no Brasil a legislação garantiu a implantação da reforma e obrigou todos os envolvidos com a educação a se adaptarem a nova realidade. Mas toda mudança de estado necessita de energia extra para acontecer. O trabalho dispendido nesse processo foi e está sendo fornecido pelos envolvidos com a educação, tais como: os

---

administradores, tanto do governo quanto da escola, os professores, os técnicos administrativos e os alunos.

Os professores, como responsáveis diretos pela transformação em sala de aula, vindos de uma formação acadêmica centrada nos conteúdos, de práticas pedagógicas vinculadas a transmissão de informações e da avaliação simplificada pela memorização, estão tendo que vencer vários desafios, pois hoje encontram um ambiente escolar muito mais dinâmico. Alunos com acesso a todos os tipos de informação e escolas buscando sempre novas tecnologias educacionais mostram que o paradigma de mediar o desenvolvimento de competências é muito diferente de “ministrar uma ‘disciplina’”.

Se o dilema das práticas pedagógicas neste novo contexto já causou desconforto, lidar com a avaliação se caracterizou por aumento de trabalho. Exigiu maior volume de informações para aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem e, em última análise, tomar a decisão sobre se o aluno deveria ou não avançar às etapas subsequentes do curso. Um sistema especialista que pretenda atuar de alguma forma para melhorar o gerenciamento destas informações deve estar focado nos problemas gerados pela reforma da educação.

Nesta perspectiva, o trabalho prossegue descrevendo de forma sucinta, o que vem a ser *pedagogia das competências*, suas principais características e como se dá o processo avaliativo dentro do enfoque do desenvolvimento de competências.

## CAPÍTULO III

# AVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS

### **3.1 – INTRODUÇÃO**

Questão crucial para os processos educativos, o julgamento do desempenho e a atribuição de um valor, atestando a capacitação do indivíduo, tem acompanhado o desenvolvimento de todas as ações pedagógicas. Na discussão do papel da avaliação nos processos de formação encontrada na literatura dois pontos comuns aproximam as diversas perspectivas de abordagem adotadas: o caráter classificatório e o quantitativo.

Na crítica ao desenvolvimento histórico dos procedimentos avaliativos, Demo (1999) afirma que “numa sociedade de classes, é impossível limpar totalmente processos avaliativos da imisão classificatória” (Demo, 1999, p.15). Também o caráter de mensuração, tão empregado nos métodos tradicionais, enfatiza, associado a essa postura classificatória, a natureza quantitativa que a avaliação adquiriu em nosso tempo.

Como a proposta de avaliação de competências é um processo em construção, a partir dos referenciais teóricos já estudados nesse âmbito se pretende oferecer algum subsídio à elaboração de novos referenciais sobre o ato avaliativo numa dimensão preponderantemente qualitativa.

Partindo do pressuposto que a educação formal contribui, dentro de suas atribuições, para a qualificação do indivíduo, este capítulo mostrará como o termo competência é incorporado ao ambiente escolar através dos princípios conceituais e operacionais que orientam a aplicabilidade dessa concepção pedagógica, bem como de métodos, técnicas, recursos e estratégias que constituem a práxis avaliativa da mesma.

## 3.2 – A PEDAGOGIA DAS COMPETÊNCIAS

### 3.2.1 - Conceitos Básicos

Segundo Zapelini (2003) em 1905, Alfred Binet, um psicólogo francês desenvolve teste de QI para medir a capacidade intelectual que serviu de base para medir as competências lógico-matemática e lingüística.

Gardner (1994) (Zapelini, 2003) nos anos 80, identificou outras capacidades importantes na vida de uma pessoa. Definiu inteligência como a capacidade de resolver problemas ou de elaborar produtos valorizados em um ambiente cultural e comunitário, descrevendo as chamadas inteligências múltiplas:

- *Lógico-matemática* – habilidade para o raciocínio dedutivo e para solucionar problemas matemáticos;
- *Lingüística* – habilidade para lidar com as palavras e se expressar corretamente;
- *Musical* – capacidade de entender e de expressar a linguagem sonora;
- *Pictórica-espacial* – capacidade de reproduzir pelo desenho situações reais ou mentais;
- *Cinético-corporal* – capacidade de utilizar o próprio corpo para expressar idéias, sentimentos, ações;
- *Interpessoal* – capacidade de compreender as pessoas e de interagir bem com as outras;
- *Intrapessoal* – capacidade de conhecer-se e de estar bem consigo mesmo.

Em 1995 Goleman (1995) demonstrou que capacidades relativas à inteligência emocional têm maior repercussão na vida das pessoas do que a inteligência intelectual.

Henri Pestalozzi, um pedagogo suíço, idealizou a educação como o desenvolvimento natural, espontâneo e harmônico de todas as capacidades (inteligências) humanas, que se revelam nas atividades da cabeça, das mãos e do coração (*head, hand e heart*), isto é, na vida intelectual, psicomotora e moral do indivíduo.

Existem vários conceitos de competência na literatura, “...competência é utilizada na língua portuguesa para designar aptidão, habilidade, saber, conhecimento e idoneidade. Na língua inglesa, o uso é semelhante, segundo o dicionário Webster (1981) competência é a

“qualidade ou estado de ser funcionalmente adequado ou ter suficiente conhecimento, julgamento, habilidades ou força para determinada atividade” (Zapelini, 2003).

Durand 1998 e 1999 (Santos, 2002) ratifica as premissas de Pestalozzi, para quem o conceito de competência é baseado em três dimensões: *conhecimento, habilidade e atitude*. Estas dimensões englobam questões técnicas, bem como a cognição e a atitude relacionadas ao trabalho. Portanto, a competência relaciona-se ao conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes interdependentes e necessárias à consecução de determinado propósito.

Durand (1999) acrescenta, que o desenvolvimento de competências ocorre por meio da aprendizagem individual e coletiva, envolvendo as três dimensões do modelo, ou seja, pela assimilação de conhecimentos, pela integração de habilidades e pela adoção de atitudes relevantes para um contexto organizacional específico ou para a obtenção de alto desempenho num ambiente acadêmico ou empresarial. A Fig. 3.1 elucida o conceito de competência postulado por Durand, enfocando o caráter de interdependência e complementaridade entre as dimensões do modelo (conhecimentos, habilidades e atitudes), além da necessidade de aplicação conjunta dessas dimensões no âmbito de um objetivo qualquer.

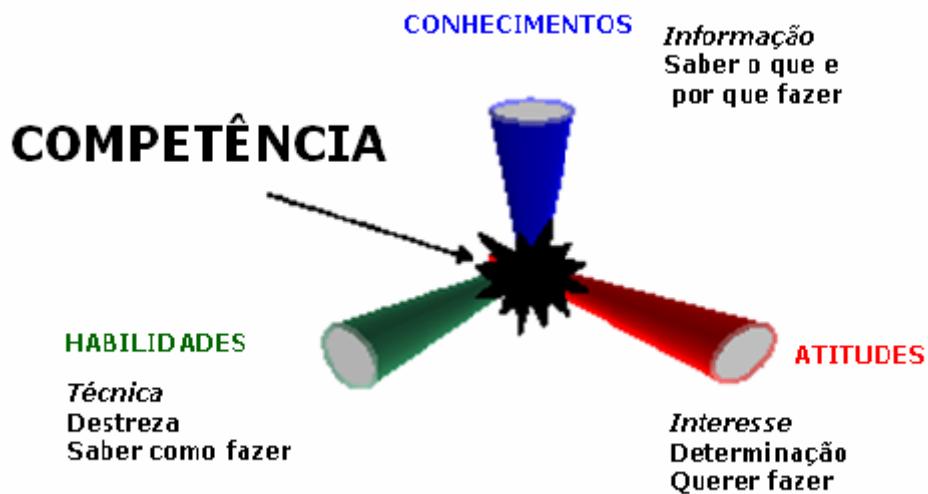


Figura 3.1 – As três dimensões da competência. Fonte: Durand (1999).

Conforme Durand (1999), a dimensão *conhecimento* corresponde a uma série de informações assimiladas e estruturadas pelo indivíduo, que lhe permitem “entender o mundo”, ou seja, saber o que a pessoa acumulou ao longo da vida. Essa dimensão do modelo proposto por Durand faz parte do que Bloom et al. (1979), em sua taxonomia de objetivos educacionais, denominaram de domínio cognitivo. Para esses autores, conhecimento é algo

relacionado à lembrança de idéias ou fenômenos, alguma coisa registrada ou acumulada na mente da pessoa. Da mesma forma, Gagné et al. (1988), ao também classificarem objetivos instrucionais, fazem referência ao conhecimento como estruturas de informações ou proposições armazenadas na memória do indivíduo.

A dimensão *habilidade* está relacionada ao *saber como fazer* algo (Gagné et al., 1988), ou à capacidade de aplicar e fazer uso produtivo do conhecimento adquirido, ou seja, de instaurar informações e utilizá-las em uma ação, visando atingir um propósito específico (Durand, 1999).

Segundo Bloom et al. (1979), a definição operacional mais comum sobre habilidade é a de que o indivíduo pode buscar em suas experiências anteriores, informações, sejam elas de fatos ou princípios, e técnicas apropriadas para examinar e solucionar um problema qualquer. As habilidades podem ser classificadas como intelectuais, quando abrangerem essencialmente processos mentais de organização e reorganização de informações – por exemplo, em uma conversação ou na realização de uma operação matemática – e como motoras ou manipulativas, quando partirem do pressuposto de uma coordenação neuromuscular, como na realização de um desenho ou na escrita a lápis, por exemplo, (Bloom et al, 1979; Gagné et al, 1988).

A *atitude*, terceira dimensão da competência, diz respeito a aspectos sociais e afetivos relacionados às atividades de trabalho. Gagné et al. (1988) comentam que atitudes são estados complexos do ser humano que afetam o comportamento, em relação às pessoas, coisas e eventos, determinando a escolha de um curso de ação pessoal. Segundo esses autores, as pessoas têm preferências por alguns tipos de atividades e mostram interesse por certos eventos mais que por outros. O efeito da atitude é justamente ampliar a reação positiva ou negativa de uma pessoa, ou seja, sua predisposição, em relação à adoção de uma ação específica. Essa última dimensão do conceito de competência sugerido por Durand (1999) faz parte do que Bloom et al. (1973), em sua taxionomia de objetivos educacionais, denominaram domínio afetivo, ou seja, aquele relacionado a um sentimento, uma emoção ou um grau de aceitação ou rejeição da pessoa em relação aos outros, a objetos ou a situações.

Com a tríade descrita acima: conhecimento, habilidade e atitude têm-se os componentes da competência conforme esta é concebida no contexto do curso técnico de mecânica industrial da GEMM. No entanto, segundo Perrenoud (1999) para se desenvolver as competências precisa-se criar as *situações complexas* que desafiem a aprender a identificar e a encontrar os conhecimentos pertinentes para resolvê-las. Analisando-se os conceitos de competências aplicados em educação, traz-se no âmbito escolar a antiga discussão entre teoria e prática. No contexto da pedagogia das competências, essa discussão assume papel essencial

na medida em que “... enfatiza a ação do indivíduo numa dada situação, sua performance no cumprimento dos resultados ou na resolução de problemas, em suma em ações” (Saraiva e Masson, 2003, p.4), dando primordial importância à idéia de *resultado*. São as idéias claras ou implícitas de saber fazer, saber aplicar, saber agir, saber resolver – porque o *saber operacionalizado* resulta em resultados. Quando se fala de competência importa verificar as consequências do que se faz ou o que se realiza” (Resende, 2000, p.32).

Woodruffe (1991), corroborando os escritos de outros autores, diferencia na língua inglesa, a palavra ***competency***, retratando-se às extensões de comportamento sob um desempenho competente, da palavra ***competence*** que indica setores de trabalho em que o indivíduo é capaz.

Sob tal ótica, Resende (2000) classifica as competências quanto ao domínio e aplicação que as pessoas determinam em suas atividades. Num grupo, estão as pessoas potencialmente competentes, ou seja, que desenvolveram e possuem características, atributos e requisitos, tais como conhecimentos, habilidades, habilitações, mas não conseguem aplicá-los objetivamente na prática, ou não tiveram a oportunidade de mostrar resultados nas ações e em seus trabalhos. No outro grupo, as pessoas efetivamente competentes, isto é, são aquelas que aplicam essas características, atributos e requisitos e mostram claramente resultados satisfatórios.

Brandão (1999) ressalta que existem autores que “definem competências não apenas como um conjunto de qualificações que o indivíduo detém, mas também como resultado ou efeito da aplicação dessas qualificações no trabalho”. Fleury e Fleury (2000) afirmam que “as competências devem agregar valor econômico para a organização e valor social para o indivíduo”, conforme apresenta a Fig. 3.2.

Portanto, a questão crucial está em apontar dois tipos distintos de competência: *competency* (relacionada com as potencialidades de cada pessoa) e *competence* (relacionada com a efetividade na aplicação das potencialidades). Infelizmente, as diretrizes e parâmetros curriculares da educação profissional não estabelecem esta diferenciação, nem os próprios dicionários da língua portuguesa fazem esta distinção. Porém, aqui se realça a essência para conceber, desenvolver e implementar um curso construído por competências.

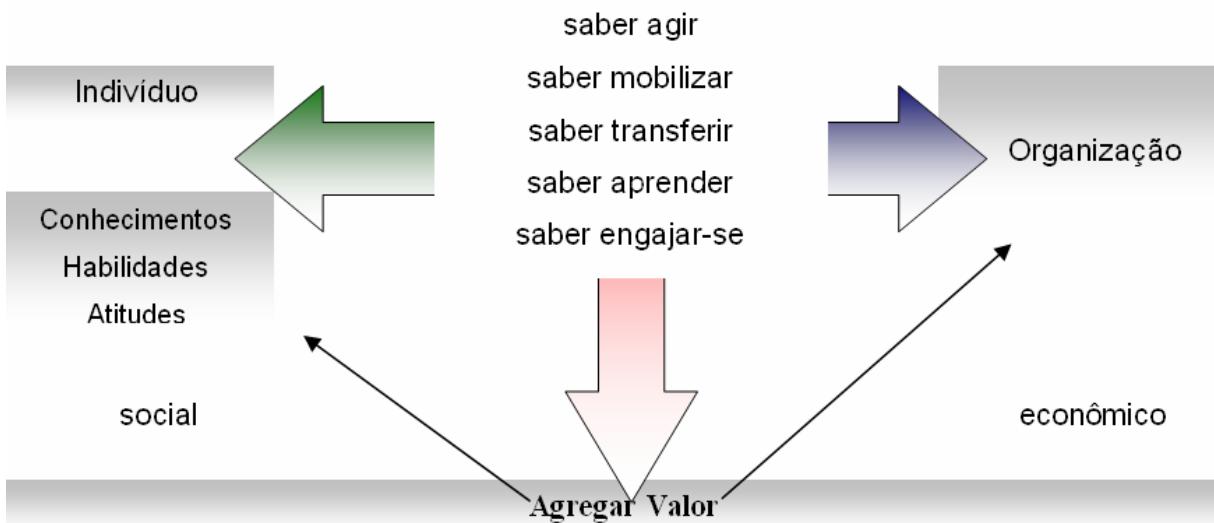


Figura 3.2 – Competências como fonte de valor para o indivíduo e para a organização.

Fonte: Zapelini, (2003)

Na *competency* pode-se trabalhar, individualmente, em cada unidade curricular pelo professor as competências para potencializar o aluno, ou para conduzir a uma condição de potencialmente competente. Por outro lado, na *competence*, pode-se trabalhar, coletivamente, pelo conjunto dos professores num projeto integrador ou trabalho interdisciplinar, onde o aluno irá demonstrar se é efetivamente competente, a partir de sua *competency*.

No momento em que estes conceitos estão claros, a seleção de competências (com conhecimentos, habilidades e atitudes) para as unidades curriculares e para o projeto integrador ou interdisciplinar fica muito mais fácil. A competência selecionada para o projeto (*competence*) irá respaldar e complementar as competências selecionadas para as unidades curriculares (*competency*).

Posto que ambas as possibilidades de evidenciação de construção de competência, diferenciadas pelo léxico anglo-saxônico, concorrem para demonstrar na prática operativa do indivíduo sua qualificação faz-se necessário eleger um rol de princípios norteadores para se estabelecer uma *pedagogia das competências*.

### **3.2.2 - Princípios Norteadores de uma Pedagogia das Competências**

Com o objetivo de oferecer alguns referenciais teórico-metodológicos para a prática pedagógica dos professores junto a seus alunos na construção cotidiana de projetos pedagógicos, Burnier (2001) apresenta alguns princípios norteadores de uma Pedagogia das Competências:

#### *3.2.2.1 - Uma formação humana integral, sólida e omnilateral só possível com justiça social*

Este princípio está fundamentado na preocupação de aumentar o nível de escolaridade dos trabalhadores, pois estes hoje precisam enfrentar a complexidade da vida moderna que em primeiro lugar os expõe a um grande número de relações interpessoais que também são mais complexas: os grandes centros urbanos e os inúmeros contatos que eles proporcionam nas grandes escolas, igrejas, nos conjuntos habitacionais, nos eventos sociais, no comércio, no mundo do trabalho, nos órgãos de governo e nas ONGs. Em segundo lugar, os cidadãos estão em contato cada vez mais intenso com informações as mais diversas que eles precisam selecionar, analisar e utilizar.

#### *3.2.2.2 - O significado da aprendizagem*

As novas pedagogias e, entre elas, a Pedagogia das Competências, acreditam que o aluno envolvido e interessado aprende com uma energia incomparável. Por isso é preciso tornar os saberes significativos interessantes. O aluno precisa compreender já o real valor do que está sendo trabalhado e acreditar nisso. Para garantir que os conhecimentos ou conteúdos trabalhados tenham um significado real para o aluno, um outro cuidado é necessário: lembrar-se de que os conhecimentos não existem, no mundo real, divididos em disciplinas. Daí a noção de globalização que tem sido muito valorizada no campo da educação e que a Pedagogia das Competências também tem levantado. A idéia de globalização remete a essa visão de que o conhecimento é global, não segmentado e que sua fragmentação em disciplinas faz parte de um momento de sua produção. Entretanto, é necessário alcançar uma nova etapa: aprofundar-se nos conhecimentos, trabalhando com eles em sua especialização mas não parar aí: reconstruir seu caráter global a cada passo, garantindo assim seu significado real na vida e no mundo.

Isso impõe novos desafios ao professor: romper os limites de sua formação fragmentada e reconstruir as relações de sua área específica de conhecimento com outras áreas de saber correlatas. No mundo do trabalho os saberes são necessariamente integrados e a

solução dos problemas está cada vez mais evidentemente vinculada a uma visão mais global dos processos. Por isso a exigência de os educadores da Educação Profissional trabalharem nesse sentido.

### *3.2.2.3 - O papel dos saberes dos alunos nas atividades educativas*

Nem todos os saberes que orientam a vida humana são provenientes da ciência e da tecnologia. A vida humana é complexa e o campo do desconhecido é infinito. Os desafios propostos ao ser humano estão longe de ser esgotados pela ciência e existem outras esferas de saber que oferecem respostas para as indagações e necessidades humanas, como a arte e a religião, por exemplo. Além disso, saberes oriundos das práticas sociais nem sempre estão incorporados nos saberes acadêmicos e escolares: os conhecimentos tácitos, as práticas sociais, as experiências acumuladas nas lutas políticas e no cotidiano têm um importante papel na orientação da conduta humana. As empresas já descobriram que há inúmeros saberes fundamentais ao desempenho profissional que não estão organizados no campo da ciência e da tecnologia: eles se encontram difusos na mente dos trabalhadores, muitas vezes de forma inconsciente, mas são, sem dúvida, poderosos orientadores nas tomadas de decisão.

As atividades de ensino-aprendizagem devem permitir, portanto, a mais ampla circulação de informações e conhecimentos anteriores dos alunos, de suas visões de mundo e da vida profissional. É a reflexão sobre a experiência político-social dos alunos que dará a direção dos valores que orientarão as ações, posturas e opções dos trabalhadores no mundo do trabalho e na vida social.

### *3.2.2.4 - A diversificação das atividades formativas*

Desenvolver competências exige que se programem atividades de acordo com o tipo de experiência que cada uma delas proporciona ao aluno: algumas desenvolvem a capacidade de pesquisa, outras desenvolvem a capacidade de concentração, ou de síntese, de relacionamento interpessoal, de crítica, de planejamento, outras atividades pedagógicas desenvolvem a comunicação escrita, a leitura e interpretação, a solução de problemas, além das diferentes competências ligadas ao desempenho profissional.

Trabalhar com vista ao desenvolvimento integral do ser humano exige, assim, a diversificação de atividades educativas. O educador deve ser um colecionador incansável de experiências didáticas bem-sucedidas, suas e de outros colegas, e de técnicas e dinâmicas de ensino. Deve ser ainda um profissional especializado na elaboração de recursos de ensino

(textos, roteiros de trabalho, apostilas, exercícios), visando não só a aquisição de conhecimentos cognitivos, mas também de outros saberes e competências sociais, políticas, instrumentais, ultimamente denominados de saber, saber ser e saber fazer.

### *3.2.2.5 - O Trabalho Coletivo*

O trabalho coletivo tem sido valorizado já há muito tempo, em processos sociais os mais diversos: os governos democráticos, a gestão colegiada de empresas, universidades, ONGs e sindicatos, a produção científica através de grupos de pesquisa, a administração democrática de cidades e escolas, a gestão compartilhada de salas de aula. O trabalho coletivo é também um dos caminhos fundamentais da formação do aluno, por sua condição de favorecer o desenvolvimento de habilidades sociais e éticas: conviver com opiniões e valores diferentes e respeitá-los sem deixar de interagir com eles é um dos maiores desafios colocados hoje para os cidadãos de todo o mundo e para os trabalhadores de qualquer tipo de setor ou empresa.

Trabalhar coletivamente ainda é um desafio para a maioria dos professores, que foram formados em uma sociedade individualista. Por isso, o trabalho coletivo deve ser um objetivo institucional, com tempos e espaços previstos para que ele aconteça. Os professores precisam ter tempo remunerado para elaborar planejamentos coletivos, compartilhar suas aulas com os colegas e analisá-las conjuntamente, realizar avaliações coletivas periódicas do desenvolvimento dos alunos, propor atividades conjuntas extra-classe. Além disso, as escolas precisam ainda ajudar os professores a construir essas práticas coletivas: orientando reuniões de trabalho para que sejam produtivas e não se percam em comentários isolados, dando visibilidade às metas definidas e assegurando oportunidades periódicas de avaliação do alcance de tais metas, dos entraves encontrados e dos meios de sua superação.

### *3.2.2.6 - A investigação integrada ao ensino-aprendizagem*

Construir saberes: esse é o papel da escola. Vimos que esses saberes são múltiplos. Eles também são históricos, são dinâmicos. Para os cientistas, que, como os educadores, são profissionais do conhecimento, a principal virtude é a capacidade de colocar todas as verdades em cheque, refazendo perguntas básicas. “... Aprender não é acabar com dúvidas, mas conviver criativamente com elas. O conhecimento não deve gerar respostas definitivas, e sim perguntas inteligentes” (Demo, 1998, p.6).

Perguntar é colocar-se em posição de investigação. É reconhecer que o que se sabe é sempre questionável e que em qualquer ponto que se esteja é possível crescer. Mas só cresce quem carrega a humildade e a rebeldia do aprendiz. A cultura escolar brasileira construiu a ética anti-pergunta. Fazer uma pergunta é motivo de ansiedade para o aluno, de medo de exposição ao ridículo, quando deveria ser encarado como habilidade, como sinal de inteligência, de capacidade de questionamento, de busca ativa pela informação. Para valorizar o saber e construir a capacidade de pesquisa e aprendizagem entre alunos, é a construção, pelos professores, de sua própria capacidade de investigação. O professor deve ser um perguntaador de sua prática, sempre com a ajuda dos colegas. O professor tem que ser também um investigador permanente de sua área de conhecimento.

Analizando-se criticamente os princípios da pedagogia das competências descritos acima, destacam-se dois pontos: o primeiro é que as práticas pedagógicas formalistas, caracterizadas pela transmissão de conhecimento sistematizado, estão em processo de superação. Para Demo (1998) a visão mais dinâmica do processo de aprender encontra hoje fundamentos mais explícitos nas áreas das ciências naturais, do que na pedagogia ou nas ciências ditas humanas. Combate-se a propensão instrucionista da pedagogia atual, fixada no treinamento de fora para dentro e marcada pela idéia de ensino. O segundo está focado na capacitação dos professores que foram formados dentro desta pedagogia formalista, e na educação profissional, isto é ainda mais grave, pois repete na maioria das vezes o que acontece no ensino superior de engenharia, que para lecionar basta ser engenheiro. “...Como resultado disso, os que assumem a condição de engenheiros-professores acabam aprendendo a ser docentes – *quando isso acontece de fato* – pela própria experiência, o que em geral se dá como um esforço solidário, sem benefícios de uma sistematização racional de procedimentos” (Bazzo, 1998, p.249).

Para Melchior (2001) há a necessidade de uma nova postura pedagógica dos docentes: uma postura de busca de aperfeiçoamento e atualização dos conhecimentos sobre os conteúdos; de diversificadas metodologias e de diferentes recursos através de novas tecnologias; do aperfeiçoamento de metodologias avaliativas, com função de melhorar o processo, bem como do conhecimento, com maior profundidade e objetividade dos avanços, deficiências e limitações enfrentadas pelos educadores na sua prática pedagógica.

Mesmo com todas as dificuldades encontradas na capacitação dos professores, acredita-se que os mesmos possuem a responsabilidade de participar ativamente do processo de mudança na educação. Aos poucos irão incorporar novos paradigmas e perceberão que os conteúdos deixaram de ser o “todo” do processo de ensino e passaram a ser apenas um “componente”, tão importante quanto os outros. Assim, será necessário criar, inovar, agir e

assumir seu atual papel de mediação. O aluno é que tem a responsabilidade de aprender, os professores, mostram possíveis alternativas para este aprendizado.

Os cursos profissionalizantes oferecidos pela GEMM possuem os currículos baseados no desenvolvimento de competências. Sendo assim, os professores já convivem com a mudança, trabalham de forma integrada através dos projetos integradores e realizam a avaliação de forma participativa. Deste modo, avaliar deixou de ser meramente uma atribuição de notas, a elaboração de uma média aritmética, e passou a ser a construção de um conceito que carrega consigo uma história. A seguir descreve-se a avaliação de competências, enfatizando sua importância no processo de formação dos alunos.

### **3.3 – A AVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS**

#### **3.3.1 – Conceituação**

Ao se pesquisar sobre avaliação na educação encontra-se diferentes conceitos tais como: avaliação emancipatória trabalhado por Saul (1995), avaliação dialética-libertadora desenvolvido por Vasconcellos (1995), avaliação formativa usado por Perrenoud (1999), avaliação participativa pesquisada por Diligent (2003), etc. Estes conceitos, apesar de serem descritos sob óticas diferentes, concordam que a avaliação na educação não deve ser usada para “....reprimir, estigmatizar, classificar, sobretudo, punir (Demo, 1999, p.01)”.

Ainda para Luckesi (1990), a avaliação escolar tem um papel político muito forte, contribuindo significativamente para um processo que inviabiliza a democratização do ensino, pois quando é conduzida de forma inadequada pode possibilitar a repetência e esta tem como consequência a evasão escolar, que no Brasil ainda possui índices muito preocupantes. Diante desta realidade, a *escola* é ineficiente, mas “... se torna eficiente, do ponto de vista da redução ou do impedimento da elevação cultural das camadas populares da sociedade. Quanto mais ignorância e mais inconsciência, melhor para os segmentos dominantes da sociedade (Luckesi 1990)”.

Diante da diversidade de opiniões constata-se que a avaliação em educação tem sido pesquisada e estudada com variados enfoques de tratamentos, tais como tecnológico, sociológico, filosófico e político. Como o objetivo deste trabalho está fundamentado no pressuposto dos professores serem especialistas no que fazem e por consequência avaliarem seus alunos de forma que acreditam ser apropriada, vai-se direcionar o estudo da avaliação cumprindo sua função no melhoramento do processo de ensino aprendizagem. E ainda para as

diferenças existentes entre a avaliação utilizada nos currículos conteudistas, chamada de tradicional e na avaliação dos currículos por competências, enfatizando o papel do professor e sua influência na tomada de decisões ao longo da avaliação.

Sabe-se que a avaliação na educação, seja tradicional ou de competências, é um processo e está classicamente estabelecido pela tradição pedagógica considerando minimamente três estágios processuais, apenas diferindo terminologicamente entre algumas abordagens. A tabela 3.1 mostra a seguir algumas destas terminologias.

Tabela 3.1 Etapas do processo avaliativo.

Etapas	Autor
Avaliação diagnóstica, a avaliação formativa, e a avaliação somativa.	Turra (et al. 1995)
Avaliação prognóstica, avaliação formativa e avaliação cumulativa	Hadji (2001)
Avaliação inicial, avaliação durante o processo e avaliação final	Melchior (2001)
Avaliação inicial, avaliação formativa e avaliação somativa	Ballester (et al. 2003)

Estas três instâncias inter-relacionadas e complementares do processo avaliativo, na educação formal compreendem:

A avaliação diagnóstica ou prognóstica ou inicial, no início do processo, às vezes antes mesmo do planejamento, constitui a busca de informações sobre o grupo, seus conhecimentos e aspectos comportamentais (aí se incluindo os hábitos e práticas mais usuais em relação ao estudo). Essa etapa constitui uma forma de avaliação inicial com função de diagnóstico considerando que o professor necessita conhecer seu grupo para programar-se e planejar suas estratégias de mediação da construção de conhecimento.

A avaliação formativa ou avaliação durante o processo, no decorrer do ciclo, é executada pela análise da dinâmica das aulas e das atividades que cada educando realiza, para verificar se os objetivos propostos estão sendo alcançados. Considera-se este estágio, com função pedagógico-didática, o mais importante porquanto, na medida em que se desenvolve processualmente a avaliação, as informações concernentes ao grau de desenvolvimento do aluno na sua relação com as questões que são trabalhadas, as situações que são vivenciadas e seu posicionamento como sujeito diante de novas informações, são coletadas e documentadas.

A avaliação somativa ou cumulativa ou avaliação final, no término da intervenção pedagógica, gera a conclusão do resultado obtido, quando são consideradas todas as

intervenções feitas ao longo do processo. Esta etapa final, com função de verificar através dos resultados se o desempenho correspondeu às expectativas e intenções do educador e atingiu os objetivos propostos à formação dos educandos, visibiliza o processo como um todo. Tal visão panorâmica fornece subsídios para uma retroalimentação de toda a comunidade escolar.

A despeito da práxis de alguns educadores, buscando privilegiar as posturas dos alunos como construtores de conhecimento, o que implica em observar não apenas os aspectos conteudísticos no julgamento de seu desempenho, há que se considerar que essa não é a regra nas concepções avaliativas tradicionais, que, conscientemente ou não, tendem a se voltar para uma função classificatória.

A proposta da pedagogia das competências se centra na verificação da capacidade do educando no confronto com situações concretas. Verificação esta não enfocando apenas o desempenho de tarefas como evidência para o julgamento e sim considerando paritariamente a mobilização e articulação de recursos de que o avaliado dispõe.

Esses recursos, construídos formal ou informalmente pelo indivíduo, se constituem de saberes – saber fazer e saber ser – aplicados a uma determinada atividade profissional e que estão intimamente associados ao desenvolvimento da autonomia, da tomada de responsabilidades, da elaboração de uma postura crítica e principalmente da construção de um comportamento ético.

Depresbiteris elucida que “... a avaliação de competências está intrinsecamente ligada ao conceito que se tem de competências” (Depresbiteris, 2001 p.41).

Dessa forma, se uma concepção teórico-metodológica operacionaliza-se em uma situação específica pela verificação de sua aplicabilidade a partir da adoção e experimentação conscientes dessa concepção e se no âmbito da educação profissionalizante o conceito de competência mais usual ainda é o de Durand (1999), a realização da avaliação de sua construção tem como pressupostos fundamentais a definição de critérios, modelos de análise e seleção de instrumentos e técnicas de avaliação.

Os critérios constituem diretrizes que servirão de base para o julgamento da qualidade dos desempenhos, aqui entendidos conforme já mencionado, não apenas como execução de tarefas, mas como mobilização de conjuntos de atributos que concorrem para a concretização de uma práxis. O método avaliativo dessa forma considera também aspectos descriptivos da qualidade do desempenho. Elaborar critérios é, portanto, refletir sobre o que avaliar e em se tratando de educação profissionalizante considerar que eles sejam múltiplos e flexíveis, de acordo com as situações.

Se pensar critérios é fator indissociável do processo de avaliação, a partir da definição conceitual de competência, eleger a abordagem para a análise dos desempenhos o é concomitantemente. Encontramos na literatura de avaliação referenciados em normas e critérios dois modelos de análise: A abordagem comparativa dos resultados dos educandos entre si, considerando o desempenho do grupo e a abordagem do desempenho do indivíduo determinando até que ponto cada qual desenvolve as competências estabelecidas, sendo esta a mais afim com o modelo de educação profissionalizante. Isso porquanto privilegia o diálogo do professor com o educando a respeito dos conhecimentos e habilidades que estão sendo construídos, o que, considerando-se o fim a que se destina essa formação, constitui instrumental elementar de ação. Do ponto de vista do educando, esse procedimento de análise presta-se à orientação da otimização de suas formas de pensar; ao educador, como indicador dos possíveis problemas curriculares em todos os seus aspectos: objetivos, conteúdos, estratégias, desempenho docente e das próprias formas de avaliação.

Uma vez assimilados os conceitos que permeiam qualquer processo ou atividade, no ensino ou no trabalho, amparado em competências, o próximo passo refere-se à avaliação. Esta pautada nas competências e padrões desejados, bem como na natureza da profissão, deve considerar uma seleção de instrumentos, conjugados numa variedade que alcance as diversas dimensões dos domínios das competências (conhecimentos – gerais e técnicos específicos - habilidades e atitudes).

Para Zapelini (2003) os *conhecimentos* podem ser avaliados pelos instrumentos já conhecidos no meio acadêmico: testes teóricos e práticos, resolução de problemas, trabalhos de pesquisa, relatórios de atividades desenvolvidas, dentre outros. Nesta empreitada deve-se privilegiar aqueles que submetem o aluno à necessidade de tomada de decisões e exercício da cooperação e interação tais como o desenvolvimento de projetos, observação da resolução de problemas em situações simuladas a partir da realidade, estudo de casos, provas operatórias, portfólios, etc... Jamais deverá ser utilizada a memória como fator ou aspecto preponderante. Portanto, mesmo que se empreguem instrumentos de avaliação idênticos aos empregados no ensino de cunho *conteudistas*, faz-se imprescindível uma abordagem mais qualitativa que quantitativa.

Para avaliar *habilidades e atitudes*, as dificuldades aumentam. São características pessoais subjetivas que não são possíveis de se avaliar pelos meios tradicionais. Se forem características essencialmente subjetivas, os instrumentos de avaliação devem ser essencialmente qualitativos. Porém, não se deve confundir qualitativo com subjetividade. A busca é pela objetividade na avaliação, buscando meios quantitativos e qualitativos. Para isso,

Zapelini (2003) sugere que se tem como exemplo de um bom instrumento de avaliação, a denominada *Ficha de Observação Experimental*, largamente empregada na Pesquisa-Ação ou Pesquisa Participante, uma modalidade de pesquisa com amplo respaldo no meio acadêmico, particularmente, na área de ciências sociais.

Diante do exposto vai-se demonstrar como acontece o processo de avaliação de competências no curso técnico de mecânica industrial da GEMM.

### **3.3.2 – A avaliação de competências no Curso Técnico de Mecânica Industrial da GEMM**

Como afirmado acima, avaliar competência está intimamente ligado com o conceito de competência incorporado. Os professores da GEMM, como já é sabido, trabalham na perspectiva de Durand (1999) assumindo que a competência é constituída de três dimensões: conhecimento, habilidades e atitudes. Para permitir que estas dimensões fossem contempladas no processo avaliativo, as competências a serem desenvolvidas pelos alunos do curso foram agrupadas em três categorias: competências comportamentais, competências técnicas e competências de desenvolvimento de projeto.

O primeiro grupo é caracterizado pelas competências comportamentais e possui nove características pessoais a serem observadas durante a avaliação, sendo iguais para todos os módulos, a saber:

- **Assiduidade:** comparecimento regular
- **Pontualidade:** cumprimento dos cronogramas
- **Relacionamento:** facilidade de convivência com as pessoas envolvidas
- **Cooperação:** auxílio prestado aos colegas e capacidade de acatar decisões
- **Iniciativa:** capacidade de desencadear o processo
- **Autonomia:** capacidade de assumir a busca de soluções dentro dos limites
- **Criatividade:** capacidade de inovar e correlacionar informações
- **Liderança:** capacidade de gerenciar o grupo
- **Qualidade do trabalho:** apresentação e ordem nas tarefas propostas

As competências técnicas formam o segundo grupo, e é composto pelas competências específicas de cada perfil profissional estabelecido pela qualificação que o aluno receberá ao final de cada módulo cursado. A seguir tem-se como exemplo as competências técnicas do Projeto Integrador I do CEFET/SC, que fornecem a qualificação de Auxiliar de Fabricação:

- Conhecer as diferentes solicitações mecânicas.
- Conhecer e correlacionar às diversas operações de ajustagem.

- Conhecer e especificar as diversas ferramentas manuais.
- Conhecer o torno, a furadeira e suas potencialidades.
- Conhecer os elementos de máquinas.
- Conhecer os sistemas de medição linear e angular e suas potencialidades.
- Correlacionar às propriedades mecânicas dos materiais ferrosos com suas aplicações.
- Diferenciar os diversos tipos de rosas.
- Interpretar legislação e normas de saúde e segurança do trabalho, de qualidade e ambientais.
- Ler e interpretar catálogos, manuais e tabelas.
- Ler e interpretar desenho técnico mecânico.

O terceiro grupo corresponde às competências que são avaliadas durante a execução do projeto integrador, ou seja, o aluno projeta, fabrica ou dá manutenção, a um produto cujo processo de desenvolvimento é capaz de gerar várias situações complexas que irão nortear as atividades didático-pedagógicas no sentido do desenvolvimento das competências específicas correspondentes ao módulo. A figura 3.3 ilustra modelos de extrusoras de macarrão produzidas durante o ProIn I.



Figura 3.3 – Modelos de extrusoras de macarrão produzidas durante o ProIn I. Fonte:GEMM.

Os aspectos observados no grupo das competências de projeto são:

- Capacidade de correlacionar conhecimentos
- Contribuição para o projeto
- Qualidade do produto

A prática docente na GEMM adotando os referenciais propostos na reforma numa intenção de contemplar a articulação de saberes conceituais e atitudinais exercita a aplicação dessa concepção sem contar com nenhum relato de experiência semelhante desenvolvido nesta ou em outra instituição constrói seu modelo a partir de uma proposta autônoma de caráter pioneiro e experimental. Assim, valendo-se da estruturação segmentada do conceito de Durand os professores observam os aspectos do domínio cognitivo, envolvendo a natureza técnica do conhecimento, e afetivo e social, que contemplam os domínios de interação e sociabilização, em princípio separadamente nos grupos de competências comportamentais e competências técnicas. Posteriormente esses aspectos são confrontados para uma visão sistemática do perfil de desempenho do avaliado no grupo das competências de projeto. No decorrer dessas duas etapas compõe-se uma leitura panorâmica e processual das diversas evidências que se podem considerar para a formulação de um julgamento da construção de competências pelo avaliado. Tais evidências ao serem registradas em instrumentos específicos, documentam os respectivos aspectos que representam possibilitando preservar-se a clareza sobre as potencialidades do avaliado em cada domínio e mediar a construção e aperfeiçoamento de cada um deles.

O processo avaliativo possui três momentos específicos, onde são realizados os conselhos de classe participativos, com a presença de todos os alunos, todos os professores juntamente com a supervisão pedagógica e/ou orientação educacional, sob a coordenação do professor articulador, que tem como função manter a GEMM, os alunos e os professores envolvidos em cada projeto integrador, a par do andamento do desenvolvimento das competências. Em cada período anterior ao conselho de classe, o professor registra os conceitos em relação (não necessariamente em relação a todas as competências) ao que foi possível avaliar, em ficha própria para cada aluno. Tendo as informações disponíveis, os professores responsáveis pelo Projeto Integrador, em consenso, no conselho de classe, formam uma ficha única de avaliação para cada aluno, de acordo com a organização didática do CEFET/SC. O Apêndice B mostra as fichas utilizadas neste processo.

Após cada conselho de classe, a Coordenação Pedagógica da GEMM, acompanhada do professor articulador de cada turma, atende individualmente os alunos e traça uma linha de ação para que as competências sejam desenvolvidas.

A contribuição dos aspectos analisados na avaliação durante o desenvolvimento do Projeto Integrador é o seguinte:

Competências Comportamentais - 30%

Competências Técnicas - 35%

Desenvolvimento do Projeto - 35%

Os conceitos atribuídos no processo são:

- **Excelente (E)** – muito bom, superior, extremado dos outros, que excede.
- **Proficiente (P)** – capaz; que atingiu os objetivos.
- **Insuficiente (I)** – não suficiente, que não atingiu os objetivos.

As premissas para aprovação do aluno, para que o mesmo possa prosseguir seus estudos são:

- a. No grupo das **competências comportamentais**, o(a) aluno(a) deve ter **pelo menos 50%** cinqüenta de conceitos diferentes de **Insuficiente**;
- b. No grupo das **competências técnicas**, o(a) aluno(a) **pode ter até 20%** (vinte por cento) das competências avaliadas como **Insuficientes**;
- c. No **desenvolvimento do projeto**, o(a) aluno(a) **não pode ter conceito Insuficiente** em **nenhum** dos aspectos avaliados.

Sendo assim, ao final do Projeto Integrador podem prosseguir os estudos o(a) aluno(a) que:

1. Obtém conceito final, igual ou superior a **Proficiente** e freqüência igual ou superior a **75%** (setenta e cinco por cento) das aulas;
2. Demonstra crescimento ao longo do Projeto.

Esta é a proposta do projeto pedagógico do Curso Técnico de Mecânica Industrial, não existindo, contudo, nenhum trabalho sistemático de discussão da prática docente que conte com o aporte de um estudo teórico mais aprofundado, embasado nos princípios conceituais e aplicativos dos estudos até o presente publicados sobre a pedagogia de competências. O empirismo que caracteriza essa prática decorre em grande parte da escassez de relatos de experiências dessa natureza até sua execução. Até por isso o trabalho de construção dessa nova prática pedagógica realizado no CEFET/SC e no curso de mecânica é pioneiro nesse sentido. O professor media e avalia a construção de competências, muitas vezes intuitivamente, de forma a tentar superar os métodos e práticas recorrentes à concepção tradicional de ensino. Apesar do projeto integrador não se basear numa fundamentação teórica mais densa, subjazem a esta experiência alguns princípios que são claramente inspirados numa concepção não-conteudista de trabalho pedagógico ainda que não se tenha conseguido implementar na execução do projeto uma práxis avaliativa totalmente focada para a nova concepção.

Acredita-se que este trabalho oferece o contributo de uma reflexão voltada especificamente para a realidade em construção, na medida em que explicita possibilidades de

uma prática avaliadora elaborada a partir da experiência concreta de um docente que, munido de referencial teórico, ainda que em primeiro contato, e de instrumental técnico-didático-pedagógico, selecionado a partir de sua pressuposta vivência como especialista, pode verificar a exeqüibilidade do método, sua eficácia e seus limites.

### **3.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO**

Com o estudo realizado constata-se que a pedagogia das competências trouxe o desafio de ampliar os aspectos desenvolvidos na educação profissional. Em especial para os professores da GEMM, que estão em estado de transformação e mudança de paradigma, lecionar deixou de ser apenas ministrar conteúdos, e passou a ser o de orientar no sentido de desenvolver de competências.

Uma das formas de se perceber se o trabalho está sendo realizado conforme o esperado é avaliar seu andamento. Assim, a partir da reforma, avaliar deixa de ter caráter quantitativo para assumir caráter qualitativo, pois, um número não possui nenhuma representatividade ao tentar quantificar uma competência.

Para Santos e Schneider (2003) o resumo sobre a avaliação das aprendizagens no desenvolvimento das competências é que esta acontece de forma natural e contínua, no processo de acompanhamento de tutoria. Envolve observação e análise de desempenho, com visão integrada e abrangente, com foco na ação, nos resultados dela e nos conhecimentos, habilidades e valores que ela mobiliza e articula. Acontece de forma pontual apenas para auxiliar no diagnóstico e requisita a identificação de indicadores, critérios e evidências.

Dentro desta perspectiva, o professor precisa sistematizar as informações que são geradas ao longo do processo de aprendizagem, atuando continuamente no processo e fazendo com que suas práticas pedagógicas consigam instigar nos alunos a vontade necessária para promover seu aprendizado.

No próximo capítulo aborda-se as possibilidades de manipulação de conhecimentos de domínio específico por sistemas especialistas, elucidando sua origem, estruturação e metodologias de desenvolvimento, na fundamentação e contextualização da Inteligência Artificial e de suas linhas de pesquisa dando especial tratamento à investigação de sua aplicabilidade no âmbito da educação.

## CAPÍTULO IV

# SISTEMAS ESPECIALISTAS

### 4.1 – INTRODUÇÃO

Na sociedade atual os computadores passaram a ser ferramentas indispensáveis em muitas áreas. A educação em especial faz uso dessa tecnologia para auxiliar na busca, disseminação e armazenamento de informações, na aprendizagem à distância, na gestão das Instituições, etc.. Vários *software* são disponibilizados no mercado para atenderem essas demandas, no entanto, produtos que auxiliem os professores na tarefa da avaliação são raros.

Encontrou-se nos fundamentos da Inteligência Artificial (IA), por meio dos sistemas especialistas (SE), uma linha de pesquisa para o desenvolvimento de um protótipo capaz de simular a tomada de decisão pelo professor ao atribuir um conceito ao aluno. Sendo o processo avaliativo caracterizado por uma série de procedimentos de observação, reflexão, orientação, análise e julgamento das ações e dos registros documentais destas, realizadas por educandos, ele requer uma qualificação especializada. Assim a capacidade que os SE têm de manipular conhecimento de natureza predominantemente heurística de domínio específico é característica fundamental neste trabalho. O professor avaliador sendo o especialista consultado terá seu conhecimento heurístico de avaliação implementado em um software agregando valor ao processo avaliativo. Terá seu trabalho sistematizado e reduzido e a instituição na qual atua gerará sua memória corporativa.

Com o intuito de apresentar subsídios a esta pesquisa, este capítulo dissertará sobre a IA, no sentido de elucidar sua origem e aplicações dispensando especial atenção aos sistemas especialistas em sua conceituação, estrutura e metodologias de desenvolvimento.

### 4.2 – CONTEXTUALIZAÇÃO DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS

#### 4.2.1 – A Inteligência Artificial e os Sistemas Especialistas

Os sistemas especialistas são decorrentes de pesquisas realizadas na área da Inteligência Artificial (IA) que, segundo Marvin Minsky “... é a ciência de fazer com que máquinas façam coisas que requerem inteligência, se feitas pelos homens” (Rabuske, 1995, p. 21). Estas pesquisas se desenvolveram em várias áreas de aplicação, tais como:

- *Processamento de linguagem Natural* – estudo voltado para a construção de programas capazes de compreender a linguagem natural (interpretação) e geração

de textos. A implementação desta linguagem em computador, seja de forma escrita (mais simples), seja de forma falada, é bastante difícil. Grandes avanços já foram feitos nesta área. Em alguns países já existem tradutores automáticos de uma língua para outra (Rabuske, 1995), mas persistem os problemas no tocante à linguagem figurada, dupla interpretação e outros.

- *Reconhecimento de Padrões* – uma das áreas de pesquisa mais avançadas da IA. A capacidade de reconhecimento de padrões permite ao programa reconhecer a fala em linguagem natural, os caracteres digitados e a escrita.
- *Programação de Jogos* – estudo voltado para a construção de programas de jogos envolvendo raciocínio.
- *Robótica* – campo de estudos voltados para desenvolver meios de construir máquinas que possam interagir com o meio (ver, ouvir e reagir aos estímulos sensoriais).
- *Aprendizado* – Constituída por programas de IA que conseguem aprender certos fatos por meio da experiência, desde que esse conhecimento possa ser representado de acordo com o formalismo adotado pelo programa.
- *Sistemas Especialistas* - Sistemas que fornecem conclusões peritas acerca de assuntos especializados (Rabuske, 1995).

Tabela 4.1 - Linhas de pesquisa em IA.

		LINHAS DE PESQUISA NA IA	
		Conexionista	Simbólica
FUNDAMENTAÇÃO		Modela inteligência humana através da simulação dos componentes do cérebro, os neurônios, e suas interligações	Enfatiza os processos cognitivos, ou seja, a forma como o ser humano raciocina. Tenta explicação para comportamentos inteligentes baseada em aspectos psicológicos e algorítmicos.
PIONEIROS		Representação e formalização matemática dos neurônios artificiais, McCulloch e Pitts (1943)  Perceptron, primeiro modelo de rede neuronal proposto por Rosenblatt, teve suas limitações demonstradas por Minsky e Papert (Minsky & Papert, 1969) (Bittencourt, 1999)	Os pioneiros dessa corrente foram McCarthy, Minsky, Newell e Simon (Bittencourt, 1999). As primeiras modelagens da inteligência surgiram na década de 50 e tiveram como base as "regras de produção" e a "lógica dos predicados". A formalização da lógica facilitou o processo de representação dos conhecimentos a serem utilizados pelos programas de computador. Inicialmente, esses conhecimentos se restringiram a esquemas de raciocínios para jogos, aplicações matemáticas e simuladores.

A IA se desdobra em duas linhas de pesquisa distintas, a linha conexionista e a simbólica. Na IA simbólica o comportamento inteligente é simulado, baseado nos princípios da psicologia cognitiva sendo mais explorada em situações onde o domínio do problema é bem definido, em que se tem idéia de como ele será resolvido e em que se tem explícito o

modo de achar uma solução. Dela surgiram os SE. Para a linha IA conexionista, acredita-se na construção de neurocomputadores que funcionem de forma semelhante ao cérebro humano, no sentido de apresentar um comportamento inteligente. Na Tabela 4.1, tem-se descrito a fundamentação e os pesquisadores pioneiros nestas áreas.

#### 4.2.2 – Histórico dos Sistemas Especialistas

A evolução histórica das pesquisas da linha simbólica da IA será apresentada de forma mais detalhada, para entender-se como os sistemas especialistas evoluíram ao longo do tempo. Conhecer alguns dos erros e acertos deste processo servirá de fundamentação para o planejamento e execução do projeto em questão. Este estudo será apresentado conforme proposto em relatórios internos do MIT (Massachusetts Institute of Technology), aonde a história da IA simbólica foi divida em épocas. Bittencourt (1999) mostra estas épocas como sendo:

##### *Clássica (1956-1970)*

- Objetivo: simular a inteligência humana
- Métodos: solucionadores gerais de problemas e lógica
- Limites de eficácia: subestimação da complexidade computacional dos problemas

Os sistemas desenvolvidos nesta época tinham como meta principal, a demonstração da técnica utilizada, e não a solução de um problema real. Esta situação levou a dois tipos diferentes de solução: o primeiro usou métodos formais de inferência mais fracos do que a lógica de primeira ordem, que garantisse certa eficiência aos programas, por exemplo, lógicas multi-valores e linguagem terminológica; o segundo desenvolveu métodos heurísticos e lógicos não convencionais para permitir a representação de crenças, incoerências e incompletudes, por exemplo, lógica modal, lógica de exceções e lógica nebulosa.

##### *Romântica (1970-1980)*

- Objetivo: simular a inteligência humana em situações pré-determinadas.
- Métodos: formalismos de representação de conhecimento adaptados ao tipo de problema, mecanismos de ligação procedural visando maior eficiência computacional.
- Limites de eficácia: subestimação da quantidade de conhecimento necessária para tratar mesmo o mais banal problema de senso comum.

Nesta época, aparecem os primeiros SE's, dentre estes: o DENDRAL, o primeiro programa especialista baseado em conhecimento, que tinha como objetivo detectar a estrutura molecular de um componente orgânico, sendo de grande ajuda na química e medicina; o MYCIN, desenvolvido por uma equipe de médicos e especialistas em IA na Universidade de

Stanford que contém o conhecimento dos mais destacados especialistas no campo de doenças infecciosas. O MYCIN foi projetado para auxiliar no diagnóstico e tratamento de meningite (inflamação das membranas que envolvem o cérebro e a medula espinhal) e bacteriemia (infecção bacteriana no sangue).

Na Universidade de Yale, a lingüística girava em torno das investigações de IA desenvolvidas por Roger Schank. Segundo Russel e Norvig (1995), Schank e seus estudantes construíram uma série dos programas que tinham como objetivo a compreensão da linguagem natural. O foco de atenção não estava na linguagem propriamente dita, mas nos problemas vinculados a representação e no armazenamento do conhecimento necessário para a sua compreensão. Entre os problemas encontrava-se a representação de situações estereotipadas, a organização humana da memória e a compreensão de planos e metas. William Woods (1973) (Russel & Norvig, 1995) construiu o sistema LUNAR, que permitiu que o geólogo fizesse a pergunta em inglês sobre as amostras de rocha trazidas pela missão Apollo. LUNAR foi o primeiro programa a utilizar linguagem natural, que foi usado por outras pessoas. Desde então, muitos programas em linguagem natural foram usados como resultados das relações com bases de dados.

#### *Moderna (1980-1990)*

- Objetivo: simular o comportamento de um especialista humano ao resolver problemas em um domínio específico.
- Métodos: Sistemas de regras, representação da incerteza, conexionismo.
- Limites de eficácia: subestimação da complexidade do problema de aquisição de conhecimento.

Nesta época, a tecnologia dos SE se disseminou rapidamente e muitos sistemas foram desenvolvidos, tais como os citados por Gonzales e Dankel (1993): ISIS (1984) – Utilizado na geração de planos de alocação de mão-de-obra para chão de fábrica. Desenvolvido pela parceria da Universidade de Carnegie Mellon e Westinghouse Electric Corporation; GENAID (1986) – servindo para o monitoramento e diagnóstico de condições operacionais de grande geradores em tempo real. Desenvolvido pela Westinghouse Electric Corporation com suporte da Texas Utilities e da Universidade de Carnegie Mellon; LES (1987) – usado no monitoramento e diagnóstico do processo de abastecimento de oxigênio líquido em tanque de naves espaciais. Desenvolvido por MITRE Corporation e NASA-KSC (Kennedy Space Center).

A pouca ênfase atribuída à aquisição de conhecimento, uma das questões mais problematizantes do desenvolvimento de um SE, foi nas primeiras fases históricas dessa nova

tecnologia, um dos fatores limitadores do alcance de resultados, contudo, tiveram o reconhecimento de suas potencialidades, tanto quanto das suas limitações, como mostra Waterman (1986). Atualmente os SE são considerados como parte de uma tecnologia de desenvolvimento de *software* estabelecida, sendo objeto de diversas conferências internacionais e submetidas a avaliações rigorosas de desempenho.

Assim, além dos benefícios apresentados pelos SE, a saber: distribuição de conhecimento especializado; memória institucional; flexibilidade no fornecimento de serviços (consultas médicas, jurídicas, técnicas, etc.); facilidade na operação de equipamentos; maior confiabilidade de operação; possibilidade de tratar situações a partir de conhecimento incompletos ou incertos; treinamentos, etc., a decisão de se desenvolver um sistema especialista para auxiliar na avaliação do processo educativo, foi pautada em experiências como o SEGRed (LASHIP, 2005), e no estudo de viabilidade da aplicação desta área da IA em avaliação na educação executado em 2003 durante o trabalho final da disciplina de sistemas especialistas do POSMEC, onde um protótipo de sistema foi desenvolvido para auxiliar o professor do eixo temático de História de Arte e do Design do Curso Superior de Tecnologia em Design de Produto do CEFET/SC a avaliar seus alunos apresentando no final resultados satisfatórios. Este sistema, denominado COMPAVA, tem as seguintes características:

- Utilizou-se para o desenvolvimento o modelo Codificar-&-Corrigir;
- O conhecimento foi representado através de fatos e regras;
- Usou-se o CLIPS como ferramenta computacional de desenvolvimento;
- Foi implantado em PC;
- Um único especialista foi consultado, representado neste caso pelo professor Christian Fernandes.

Com isso, embora sejam raras as pesquisas que envolvem a aplicação da IA e dos SE's na avaliação, quando comparado a outras atividades, na educação, como mostra a descrição a seguir, acredita-se que este trabalho contribuirá de maneira significativa para alavancar outros estudos nesta área, pois o processo educativo possui como principal insumo o conhecimento, e manipular o conhecimento é uma das principais características dos SE.

#### **4.2.3 - A Inteligência Artificial na Educação**

A aplicação da IA em educação está centrada no desenvolvimento de programas que dão suporte ao aprendizado e treinamento. Neste ramo de pesquisa estão incluídas: a Instrução Assistida por Computador (CAI - *Computer Assisted Instruction*); a Educação Assistida por

Computador (CAE - *Computer Assisted Education*) e o Aprendizado Assistido por Computador (CAL - *Computer Assisted Learning*). No entanto, é mais comum encontrar-se os Sistemas Tutoriais Inteligentes (ITS - *Intelligent Tutorial System*).

Os ITS são uma evolução dos sistemas tutoriais tradicionais, que possuem como base a suposição de que o processo de pensamento do aluno pode ser modelado, organizado e corrigido. Usando-se os princípios da Instrução Assistida por Computador (CAI) implementou-se um modelo genérico que pudesse servir para o ensino. Os sistemas tutoriais recebem o termo inteligente, para referir-se a habilidade dos mesmos em saber o que, quando e como ensinar, tendo a capacidade de compreender, aprender, razoar e resolver problemas. Os programas de Pós-graduação da UFSC têm realizado diversos trabalhos nesta área resultando no desenvolvimento de vários ITS, como os seguintes exemplos: Nievola e Lima (1995), Bugay (1999), Zuchi (2000), Pozzebon (2003).

Neste contexto, surgem os ambientes de ensino interativo (ILE - *Interactive Learning Environment*) que são uma evolução dos sistemas ITS, onde se procura contemplar os novos métodos educacionais. McArthur (1993) acredita que a migração de sistemas ITS para ILE é um processo que representa um padrão na educação atual. O objetivo não é apenas ensinar as habilidades tradicionais de forma mais rápida, eficiente e com menos custo. O objetivo é trabalhar na mudança dos métodos educacionais para redefinir novas metas e aplicá-las também em sala de aula.

Após exaustiva busca, encontrou-se poucos casos em que a aplicação dos sistemas especialistas em educação diferissem dos tutores inteligentes. Mais raro ainda é encontrar exemplos de SE sendo utilizado como ferramenta de auxílio na avaliação do processo educativo. Um destes casos é o trabalho de Silva (1994), que desenvolveu um sistema especialista conjugado a um sistema CAD para avaliar e diagnosticar os conhecimentos de um estudante sobre cotagem no desenho técnico. Para o autor o sistema desenvolvido é viável, cumpre sua função de avaliação e facilita o trabalho do professor especialista na área de desenho técnico e contribui para a melhoria da qualidade do ensino, auxiliando nas tarefas referentes à avaliação.

A partir deste ponto, a pesquisa prossegue especificando com mais detalhes os SE.

#### **4.3 – SISTEMAS ESPECIALISTAS**

Segundo Durkin (1994), sistema especialista é um programa computacional desenvolvido para modelar a habilidade de resolução de problemas de um especialista humano. Ou seja, tal qual um especialista, o sistema deve ser capaz de emitir decisões

justificadas acerca de um determinado assunto a partir de uma base de conhecimento. Ainda para Feigenbaum (1983) (Maziero, 1995), "... sistema especialista é um programa de computador inteligente que usa conhecimento e procedimentos de inferência para resolver problemas que são muito difíceis e que requerem um especialista humano para resolver o problema." (Maziero, 1995, p.8). Pode-se perceber que dois termos são comuns nas duas definições apresentadas, um é o *conhecimento* e o outro é o *especialista humano*.

De acordo com a definição lexical, empregada em dicionários, conhecimento é o ato ou efeito de conhecer: ciência; informação; notícia; experiência; vivência. Ou seja, conhecimento é um termo abstrato que tenta capturar a compreensão do indivíduo sobre um dado domínio. Siqueira (1999) classifica o conhecimento como:

*Conhecimento Procedural*: descreve como um problema é resolvido. Este tipo de conhecimento produz controle sobre como fazer alguma coisa. Exemplos: regras, estratégias, pautas, procedimentos.

*Conhecimento Declarativo*: descreve o que é conhecido sobre o problema. Inclui simples declarações que assumem valores verdadeiro ou falso. Inclui ainda uma lista de declarações que mais claramente descreve: conceitos, objetos ou fatos.

*Conhecimento Heurístico*: descreve um conjunto de regras que conduzem o processo de raciocínio. É empírico e representa o conhecimento compilado por um especialista através da experiência de resolução de problemas passados em forma de regras práticas

*Conhecimento Estrutural*: descreve as estruturas do conhecimento. Este tipo de conhecimento descreve a forma como o conhecimento está estruturado na mente do um especialista, conjunto de regras, relações entre conceitos, relações entre conceitos e objetos.

*Meta-conhecimento*: descreve o conhecimento sobre conhecimento. Este tipo de conhecimento é usado para selecionar outro conhecimento que é mais apropriado para a resolução do problema.

Para Nonaka e Takeuchi (1997) (Zapelini, 2002) o conhecimento humano pode ser classificado em dois tipos, "... um é o *conhecimento explícito*, que pode ser articulado na linguagem formal, inclusive em afirmações gramaticais, expressões matemáticas, especificações, manuais e assim por diante. Esse tipo de conhecimento pode ser transmitido, formal e facilmente, entre os indivíduos. (...) outro é o *conhecimento tácito*, difícil de ser articulado na linguagem formal, é o tipo de conhecimento mais importante. É o conhecimento pessoal incorporado à experiência individual e envolve fatores intangíveis como, por exemplo, crenças pessoais, perspectivas e sistemas de valor" (Zapelini, 2002, p. 51). Para os autores o conhecimento tácito é uma fonte importante da competitividade das empresas, e aquelas que conseguem converter este conhecimento em explícito ganham em diferencial.

Esta conversão pode ser estabelecida através quatro modos da interação entre eles, como mostra a Fig. 4.1.

Neste trabalho, o modo de conversão do conhecimento tácito em conhecimento explícito conhecido como *Externalização* tem sua aplicação na medida em que o especialista consultado estará disponibilizando seu conhecimento de natureza predominantemente heurística para uso próprio e da Instituição.



Figura 4.1 – Espiral do conhecimento – Modos de conversão na interação entre conhecimento tácito e explícito (Nonaka e Takeuchi, 1997) (Zapelini, 2002).

Em sistemas computacionais duas abordagens podem ser usadas para atacar um problema: uma abordagem heurística que é preferencialmente utilizada quando as informações a serem processadas são de natureza qualitativa, e outra algorítmica que manipula principalmente informações quantitativas. Assim, enquanto os resultados de abordagens algorítmicas são sempre precisos, uma estimativa heurística com precisão aceitável pode ser obtida com menos esforço, no entanto, apenas especialistas são capazes de obtê-la, existindo nestes casos, o risco de se cometer erros.

Como são baseados em abordagens heurísticas os SE devem ser capazes de justificarem sua resposta de forma semelhante a um Especialista Humano (EH), pois, algo de grande valor pode depender das respostas do sistema. A capacidade de explicação é igualmente importante também na fase de desenvolvimento do sistema para confirmar se o conhecimento foi corretamente adquirido e modelado.

Fundamentados nesta capacidade de explicação os sistemas especialistas são aplicados em diversas áreas, entre as quais se pode citar: interpretação de dados, simulação, diagnóstico, projeto, planejamento, monitoramento, reparo, instrução e controle.

Conforme Waterman (1986), para o desenvolvimento de um sistema especialista, são necessários: o *domínio do conhecimento* (DC), o(s) *especialista(s) humano(s)* (EH), o(s) *engenheiro(s) de conhecimento(s)* (EC), a *ferramenta* para a construção do sistema e o(s) *usuário(s)*.

O *Domínio do Conhecimento* é o conhecimento específico da área de aplicação do sistema especialista.

O *Especialista humano* é “... uma pessoa que possui a habilidade e conhecimento para solucionar um problema específico de modo superior aos outros” (Durkin, 1994, p.44), onde seu conhecimento pode ser expresso pela diferença entre: conhecimento do especialista e o dos não especialistas. O EH utiliza estratégias para tornar a pesquisa de uma solução mais eficiente e o SE modela estas estratégias. Algumas qualificações necessárias ao especialista podem ser destacadas: domínio do conhecimento, comunicação do conhecimento e tempo disponível.

O *Engenheiro do Conhecimento* é uma pessoa geralmente com algum conhecimento em computação e IA capaz de desenvolver um SE.

A *ferramenta*, denominada *Shell*, é uma linguagem de programação usada pelo Engenheiro de Conhecimento ou programador para a implementação do conhecimento no SE. Esta ferramenta difere das linguagens de programação convencionais por prover maneiras mais adequada para representar conceitos complexos e de alto nível. No modelo desenvolvido neste trabalho foi utilizado a *Shell CLIPS*. E o *usuário* é quem utiliza o SE.

Assim sendo, a tarefa de transferência do conhecimento do Especialista Humano para o computador é realizada pelo Engenheiro do Conhecimento, que externaliza, formaliza e codificando-o no computador formando a Base de Conhecimento (BC) para um específico Domínio de Conhecimento. Na Fig. 4.2 tem-se a representação da estrutura elementar de transferência de conhecimento do EH para o SE, com a intervenção do EC, bem a atuação de outros profissionais na construção do SE, sugerida por Waterman (1986).

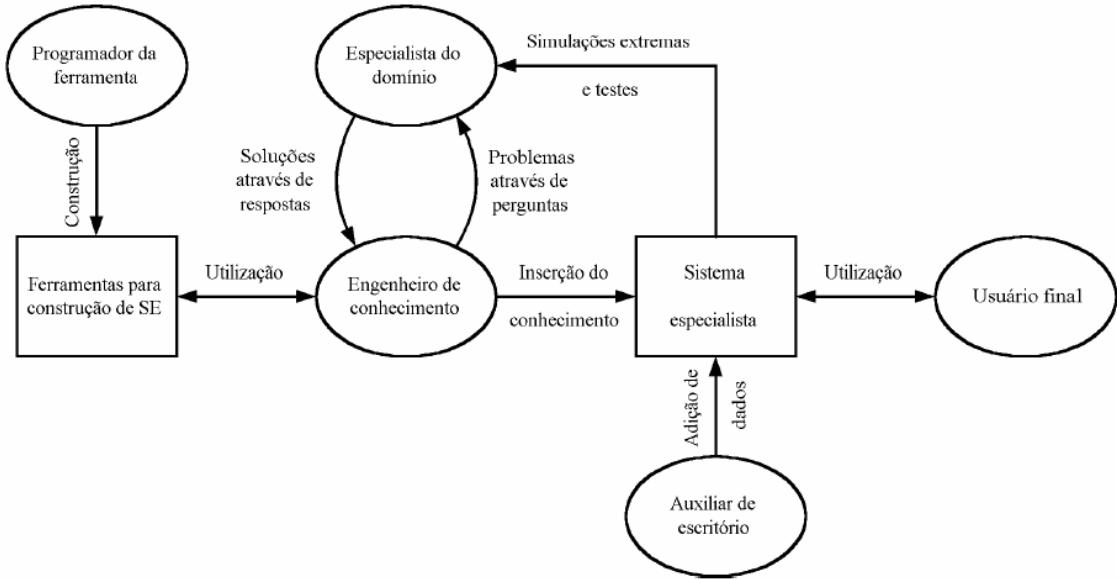


Figura 4.2 – Interações na construção dos SE. Fonte: Waterman (1986).

Para Durkin (1994), um especialista armazena o domínio de conhecimento em sua memória de longo prazo e quando fornece uma solução, primeiramente obtém os fatos sobre o problema e armazena na memória de curto prazo. Então, ao ser convocado a elucidar uma situação, raciocina sobre esta combinando os fatos da memória de curto prazo com o conhecimento da memória de longo prazo. Usando este processo, infere a informação nova do problema e chega eventualmente na conclusão. A Fig. 4.3 a seguir ilustra este processo.

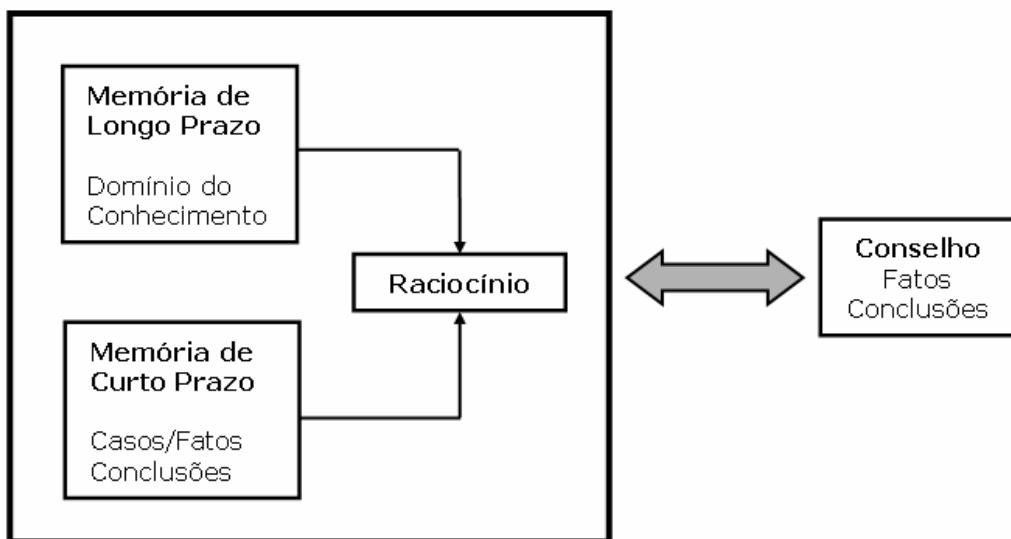


Figura 4.3 - Resolução de problemas por Especialista Humano - Fonte: Durkin (1994).

Os sistemas especialistas são estruturados de forma a permitir que o conhecimento seja manipulado de maneira semelhante ao raciocínio de um especialista humano, Giarratano e Rilley (1994) propõe uma estrutura modular, visualizada na Fig. 4.4, que atende estas características.

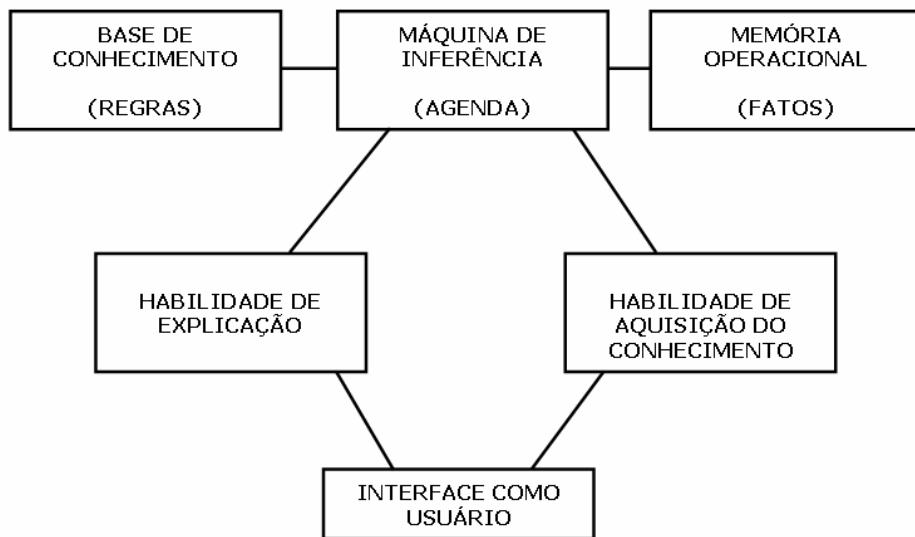


Figura 4.4 - Componentes de um sistema especialista - Fonte: Giarratano e Rilley (1994).

Os módulos contidos em um SE segundo Giarratano e Rilley (1994) são:

*Interface com o usuário* - mecanismo de comunicação entre usuário e o SE.

*Módulo de explanação* - esclarece as razões encontradas pelo SE.

*Memória operacional* – atua como *memória de curto prazo*, uma vez que é usada para armazenamento temporário de conhecimento (fatos) durante a solução de um problema.

*Máquina de Inferência* - é o mecanismo que decide através da *agenda* quais regras são satisfeitas, prioriza as regras satisfeitas e executa a regra de maior prioridade. A *agenda* é uma lista das regras priorizadas pela Máquina de Inferência, cujas condições são satisfeitas pelos fatos ou objetos na memória operacional.

*Módulo de aquisição* - propicia ao usuário uma forma automática de inserir o conhecimento no sistema, sem necessitar de codificação por parte do programador. O módulo de aquisição é um atributo adicional em muitos sistemas. Algumas ferramentas de desenvolvimento (*Shell*) oferecem um mecanismo para indução de regras. Contudo, a maioria dos exemplos que permitem a indução é baseada em conhecimento advindo de uma forma relativamente simples e bem classificada.

*Base de Conhecimento* - representa uma *memória de longo prazo*, onde o conhecimento permanente, representado pelas regras, é armazenado.

O SE armazena o domínio de conhecimento do Especialista Humano na Base de Conhecimento, que é um modelo da memória de longo prazo. Durante a consulta, o usuário entra com os dados do problema a ser resolvido na Memória Operacional, que se assemelha a memória de curto prazo, que através da Máquina de Inferência relaciona estes dados com a Base de Conhecimento para inferir novos fatos que surgem das tomadas de decisão do sistema e são inseridos na Memória Operacional num processo contínuo. O módulo de explicação vai fornecendo ao usuário as informações sobre o andamento do processo de resolução do problema, e pede a intervenção do mesmo sempre que novos dados devam ser inseridos no sistema.

Para que esta dinâmica de manipulação do conhecimento se processe, é necessário que etapas sejam executadas para que o SE evolua. Independente da metodologia de desenvolvimento adotada para o sistema, as etapas de aquisição do conhecimento, representação do conhecimento, implementação do conhecimento e teste do SE sempre ocorrerão, assim vai-se detalhar estas etapas.

#### 4.3.1 – Aquisição do Conhecimento

É nesta etapa que o Engenheiro do Conhecimento (EC) se responsabiliza em identificar e coletar o conhecimento necessário para a formação da Base de Conhecimento (BC). Este conhecimento pode estar disponível em diversas fontes, sendo que a mais utilizada é o Especialista Humano, pois este conhece, mesmo que intuitivamente, os meios pelos quais se chega a uma possível solução para o problema proposto.

Existem várias técnicas que podem ser usadas para a aquisição do conhecimento, Rabuske (1995) descreve algumas destas como sendo: entrevistas, análise de protocolos, observação direta e *brainwriting* (funciona como o *brainstorming* com a diferença essencial de que todas as idéias são escritas, trazendo calma e ordem no processo). Barreto (1997) propõe a observação, a entrevista com o especialista, a análise do discurso, a discussão focalizada, a análise de protocolo, o ordenamento de cartões, a geração de matriz e o *teachback* (consiste de uma conversação entre entrevistador e entrevistado até chegarem a um consenso sobre o pensamento do entrevistado). No entanto, os Engenheiros do Conhecimento utilizam com mais freqüência às entrevistas.

As entrevistas envolvem perguntas, respostas e discussões necessitando para sua realização muito tempo, semanas ou até mesmo alguns meses, tornando-a cansativa e muitas

vezes tediosa para o EH, que normalmente é uma pessoa extremamente ocupada e com tempo limitado. Além do tempo, uma outra barreira enfrentada do desenvolvimento das entrevistas é a personalidade dos envolvidos. Espera-se que o EH tenha motivação para colaborar no projeto e conheça as potencialidades e limitações do sistema a ser desenvolvido para ajudar na externalização do conhecimento. E do EC exige-se que para iniciar o desenvolvimento tenha conhecimentos básicos no domínio específico e evolua junto com o sistema e se prepare para efetuar as entrevistas.

Sempre que possível, é recomendado que outras técnicas além da entrevistas sejam usadas para a aquisição do conhecimento. Casos em que existe barreiras de comunicação entre o EC e o EH recomenda-se a técnica de observação. Para Gonzalez e Dankel (1993) esta técnica pode se desenvolver de três formas: a primeira o EC em silêncio verifica as etapas e procedimentos utilizados pelo EH no seu cotidiano de trabalho, para inteirar-se das nomenclaturas adotadas e ter uma idéia da amplitude do problema, sendo recomendada para as fases iniciais aquisição do conhecimento, uma desvantagem, é que a observação em silêncio permite pouca interação entre os envolvidos. Na segunda forma, o EC pode ao longo do processo de observação ir indagando o EH acerca de seus procedimentos para a busca de soluções. E como última opção o EC pede para o EH solucionar problemas já resolvidos, no intuito de extrair a técnica para resolução do problema.

Quando o EC já possui experiência e um significativo nível de entendimento acerca do Domínio do Conhecimento usado no SE, Gonzalez e Dankel (1993) sugerem que a técnica *intuitiva* possa ser adotada. Nesta condição o EC atua como um pseudo EH, utilizando-se de sua intuição para coletar o conhecimento através de estudos e simulações de abordagens usadas pelo EH.

Ainda para aquisição do conhecimento, Vinadé (1998), usou em seu trabalho o método indutivo, que foi abordado por Hart (1990) e Kidd (1987). Este método ajuda a descobrir o conhecimento tácito (conhecimento que o especialista dispõe, mas não tem como evidenciá-lo de forma clara e objetiva) na tomada de decisões para solução de um grupo de problemas em um domínio através do princípio da indução. O uso deste princípio é apropriado nos casos onde o especialista apresenta uma coleção de problemas já resolvidos com diferentes tipos de soluções. Junto com cada exemplo são enfocadas algumas características quantitativas ou qualitativas que influenciaram na decisão por uma determinada solução. Este conjunto de exemplos forma a base para o aprendizado indutivo cujo procedimento primeiramente foca as características relevantes para então tomar uma decisão e formar uma regra geral.

O conhecimento manipulado pelo sistema especialista proposto foi elaborado utilizando-se além das técnicas descritas acima, de uma densa pesquisa bibliográfica já

descrita nos capítulos anteriores sobre a educação profissional e a avaliação. A descrição da etapa de aquisição do conhecimento será abordada no próximo capítulo.

#### 4.3.2 – Representação do Conhecimento

A Representação do Conhecimento consiste de métodos e técnicas utilizadas para modelar o conhecimento de especialistas, e colocá-lo de maneira acessível na base do conhecimento de um SE para ser acessado pelo usuário. Não há uma única teoria para explicar a organização do conhecimento humano ou a melhor técnica para estruturar os dados em um computador.

Segundo Durkin (1994), Psicólogos Cognitivistas têm elaborado várias teorias para explicar como os humanos resolvem problemas. Estes trabalhos descrevem como o conhecimento humano é comumente usado, como é mentalmente organizado e como é utilizado de maneira eficiente para resolver problemas. Pesquisadores da IA têm usado os resultados destes trabalhos para estudar e desenvolver técnicas para melhor representar os diferentes tipos de conhecimento no computador.

Uma das maiores responsabilidades do EC é escolher a melhor técnica de representação que se adapte à aplicação. Conforme Durkin (1994), as formas de representação de conhecimento mais comumente usadas em IA são: Orientação a Objetos, Regras, Redes Semânticas, Frames e Lógica. Cabe ressaltar que outras formas de representação são encontradas na literatura.

Em teorias cognitivas um *fato* é uma forma de conhecimento declarativo, ou seja, ele provém de algum entendimento de um evento ou problema. Em IA e SE, um fato é sempre referenciado como uma proposição que assume o valor de verdadeira ou falsa. Nos SE em particular, os fatos são usados para ajudar a descrever partes do *Frame*, das *Rede Semânticas*, das *Regras* ou ainda, pode ser usado como uma propriedade particular de um *Objeto*.

Na seqüência tem-se o detalhamento das formas utilizadas para representar o conhecimento no SE desenvolvido neste trabalho que foram: Regras, Redes Semânticas e Orientação a Objetos.

##### 4.3.2.1 - Regras

Para Waterman (1986) as regras provêm um modo formal de representar recomendações, diretrivas ou estratégias. Muitas vezes são apropriadas quando o domínio do conhecimento resulta de associações empíricas desenvolvidas através de anos de experiência

em resolução de problemas em uma determinada área. A regra associa uma dada informação a alguma ação. Esta ação pode ser uma declaração de uma nova informação ou algum procedimento a ser executado. Neste caso, uma regra descreve como resolver um problema.

Segundo Kandel (1996) (Heidemann, 1999), regras de produção são um dos métodos mais populares de representação do conhecimento. Isto se deve principalmente a sua facilidade de compreensão e programação. Uma regra de produção é composta de três partes:

- O nome da regra, o qual será identificado pelo mecanismo de inferências;
- A parte IF (SE), que é chamado de premissa ou antecedente de uma regra;
- A parte THEN (ENTÃO), que é chamado de consequente ou conclusão de uma regra.

A premissa de uma regra consiste em cláusulas que são interconectadas por operadores como AND, NOT, OR, etc. A conclusão de uma regra consiste no atendimento das cláusulas das premissas, que geram ações no sistema. A seguir tem-se o exemplo de uma regra de produção:

**Rule** nome da regra: *Avaliar\_assiduidade*

**IF** - SE (premissas): *SE o aluno assistiu a todas as aulas ministradas*

**THEN** – ENTÃO (conclusões): *ENTÃO o seu conceito em assiduidade é EXCELENTE.*

Em um sistema especialista baseado em regras, o domínio do conhecimento é transformado em um conjunto de regras e colocado na Base de Conhecimento. O sistema usa essas regras junto com as informações contidas na memória de trabalho para resolver o problema. Quando a parte IF da regra for igual às informações contidas na memória de trabalho, o sistema executa a ação especificada na parte THEN da regra. Quando isto ocorre, a regra dispara e as declarações da parte THEN são adicionadas na memória de trabalho. As novas declarações adicionadas na memória de trabalho, podem também causar disparo de outras regras.

Sendo assim, a Base de Conhecimento de um SE, dependendo da abrangência e complexidade, é formada por diversas *regras*, as quais têm interações umas com as outras. Para Borges (2002) dependendo da forma como estas regras forem inseridas na BC, podem causar *looping* ou chegarem a conclusões contraditórias.

Conforme Gonzalez e Dankel (1993), o processo de solução de problemas em SE pode ser definido como sendo “... a criação de uma série de inferências que criam um caminho entre a definição do problema e a sua solução” (Borges, 2002, p.33). Métodos de inferência

são usados como estratégia para resolver problemas em sistemas especialistas baseados em regras, os mais comumente usados são os encadeamentos direto e reverso, que refletem a diferença de direção do fluxo de informações que é gerado entre o início da busca até a chegada à solução.

O encadeamento direto é uma estratégia de inferência que começa com um conjunto de fatos conhecidos, deriva novos fatos usando regras cujas premissas combinam com fatos conhecidos, e continua este processo até que o estado final seja alcançado ou até não ter mais regras com premissas combinando com fatos conhecidos ou derivados (Durkin, 1994) (Vinadé, 1998).

O encadeamento reverso começa a partir de uma hipótese, uma conclusão potencial deve ser provada através de fatos que apoiam a hipótese (Giarratano e Riley, 1994) (Vinadé, 1998).

O sistema proposto neste trabalho utilizará o encadeamento direto de regras, pois a partir de critérios observados (fatos conhecidos), o professor avaliador usará regras que combinadas chegarão ao conceito do aluno avaliado.

A representação do conhecimento através de regras é a forma mais utilizada na IA, pois o ser humano usa o par “condição-ação” para raciocinar e decidir. Segundo Rabuske (1995) aproximadamente 70 a 80 por cento dos sistemas atualmente em uso, de alguma maneira valem-se desta forma de representação. Este tipo de representação apresenta vantagens e desvantagens, destacando-se entre as vantagens: a *modularidade*, sendo capacidade do sistema crescer a medida em que novas regras são inseridas; a *naturalidade*, pois, é a representação que mais se assemelha ao raciocínio humano; a *uniformidade*, caracterizada pela padronização das regras, facilitando a implementação. Como desvantagens têm-se: a *opacidade*, que é a dificuldade de verificar os possíveis fluxos de processamento; e a *ineficiência* que pode ser observada em sistemas que possuem um número muito elevado de regras.

#### 4.3.2.2 - Redes Semânticas

Nas Redes Semânticas o conhecimento é representado utilizando-se uma estrutura de rede. Criada por Quillian (1968) (Zuchi, 2000), foi desenvolvida como um modelo explicitamente psicológico da memória associativa humana, e tornou-se um método padrão de representação para IA e SE. Uma Rede Semântica consiste de nós conectados por ligações denominadas arcos que descrevem as relações entre estes nós. Os nós representam objetos, conceitos e eventos. Os arcos normalmente são rotulados por termos como “é-um” ou “tem-parte” para descrever respectivamente uma relação generalização-especificação ou todo-partes,

mas também podem ser definidos numa variedade de modos, dependendo do tipo de conhecimento a ser representado. Exemplificando, uma possível rede semântica pode ser gerada através do seguinte texto: “*O aluno do primeiro módulo do curso técnico de mecânica industrial, recebeu do professor o conceito excelente na competência desenvolvida durante o eixo temático de metrologia*”. A Fig. 4.5 mostra a rede semântica criada.

Conforme Waterman (1986) as relações “é-um” estabelecem uma propriedade de herança e hierarquia na rede, isto é, os nós em níveis mais baixos podem herdar propriedades dos nós em níveis mais altos de uma rede.

Uma característica chave da Rede Semântica é que importantes associações podem ser feitas explicitamente ou sucintamente: fatos relevantes sobre um objeto ou conceito podem ser inferidos dos nós com os quais eles estão ligados, sem uma busca através da ampla base de dados. São um modo usual para representar conhecimento em domínios que usam estruturas bem estabelecidas para simplificar resolução de problemas.

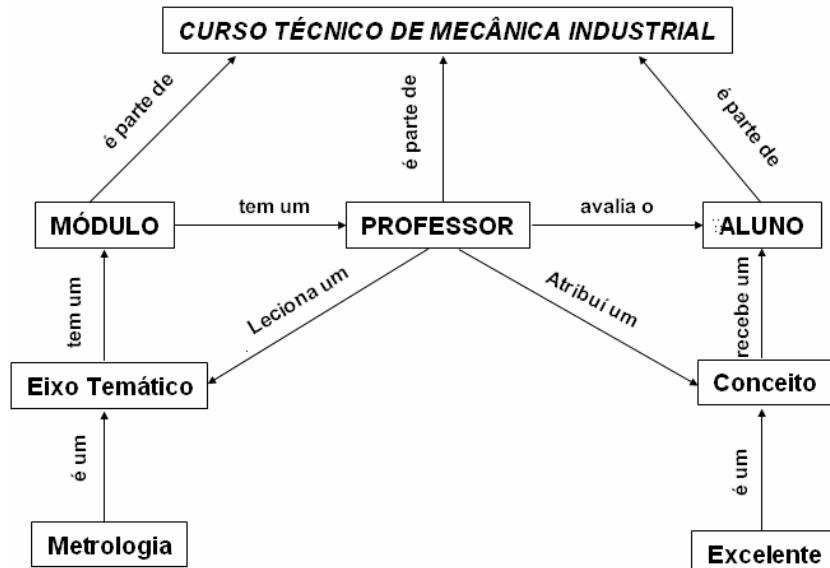


Figura 4.5 – Exemplo de rede semântica.

#### 4.3.2.3 – Orientação a Objetos (OO)

O termo orientação a objetos significa organizar o mundo real como uma coleção de objetos que incorporam estrutura de dados e um conjunto de operações que manipulam estes dados, para serem implementados computacionalmente. Neste tipo de representação alguns termos são utilizados e devem ser definidos para o entendimento de suas relações. A seguir tem-se as definições trabalhadas por Coad e Yourdon (1997) (Vinadé, 1998).

*Objeto*: termo objeto na representação orientada a objeto é uma abstração de alguma coisa no domínio de um problema, refletindo a capacidade de um sistema em manter informações sobre ela, interagir com ela, ou ambos: um encapsulamento de valores de atributos e seus serviços exclusivos.

*Classe*: é uma descrição de um ou mais objetos com um conjunto uniforme de atributos e serviços, podendo ser consideradas como matrizes do mundo real.

*Atributos*: é um dado para o qual cada objeto em uma classe tem seu próprio valor. Estes atributos são de muita importância na abstração da modelagem e que possuem as informações que caracterizam os objetos.

*Abstração*: é a técnica de ignorar os aspectos irrelevantes de algumas informações para a resolução do problema, concentrando-se apenas nos aspectos que são mais relevantes.

*Serviços*: são os procedimentos aos quais os objetos são submetidos, e a forma de comunicação entre os objetos.

*Encapsulamento*: é usado no desenvolvimento de uma estrutura global de programas, onde cada parte do programa deve conter tarefa específica, revelando tão pouco quanto possível sobre os trabalhos internos.

*Herança*: isto permite expressar características comuns possuídas por uma coleção de diferentes classes de objetos em uma só vez.

*Polimorfismo*: permite que uma mesma mensagem seja respondida por diferentes classes de maneira própria de cada classe. Onde mensagem é uma solicitação ou comando enviado por um objeto emissor para um objeto receptor para realização de um serviço ou processamento.

Para Gonzalez e Dankel (1993) (Silva, 1998), os termos abstração, encapsulamento, herança e polimorfismo acima citados são propriedades da técnica orientada a objetos que garantem sua potencialidade de aplicação nos SE.

Além das relações entre objetos como redes semânticas, há situações que requerem uma descrição das características do objeto por meio de fatos. Estes fatos são declarações de um valor para um atributo particular do objeto. Conforme Durkin (1994), este tipo de fato é conhecido como a tríade objeto-atributo-valor (OAV). A representação tríade OAV divide uma dada declaração em três partes distintas: objeto, atributo e valor.

Na tríade OAV, o objeto representado pode ser um item físico, tal como um professor, um aluno, ou um item abstrato tal como o módulo de um curso; o atributo é uma característica do objeto que é importante no domínio do problema; e o valor especifica a designação do atributo, podendo ser booleano, numérico ou não numérico.

Normalmente, os objetos a serem representados em um sistema especialista são formados por mais de um atributo com seus valores correspondentes, pois, geralmente os objetos possuem mais de uma característica relevante. A Tabela 4.2 apresenta um exemplo de tríade OAV, usado no sistema proposto. A representação OAV é útil para modelar as condicionais a serem combinadas com os fatos premissas de uma regra.

Tabela 4.2 – Tabela OAV, exemplo de uso no sistema proposto.

Objeto	Atributo	Valor
Módulo I	Eixo Temático	Metrologia; Desenho Técnico
Módulo I	Professor	“Silvana”
Módulo I	Aluno	“Anderson”
Módulo I	Competência Desenvolvida	Conhecer sistemas de medição linear e angular e suas potencialidades
Módulo I	Conceito final	Excelente, Proficiente e Insuficiente

Esta representação através da tríade OVA, faz com que se tenha uma visão geral dos objetos necessários para resolver o problema, bem como as classes em que estes devem ser agrupados. As classes e objetos especificados são arranjados em estruturas do tipo *todo–parte* ou *generalização–especificação*, de forma idêntica as relações usadas nas redes semânticas “é-um” e “tem–parte”. Estas relações expressam o entendimento do EC a respeito do domínio do problema e a complexidade de manipular múltiplas classes e objetos.

A estrutura *todo–parte* é construída verticalmente, onde uma classe está no topo representando o todo e as demais classes em níveis mais baixos representando as partes do todo. Nesta estrutura, as classes são organizadas tal como os nós das redes semânticas com relações “tem–parte”, com o intuito de representar os componentes de toda montagem.

As técnicas de representação descritas neste item: regras; redes semânticas e orientação a objetos conseguem organizar de forma eficiente o conhecimento, fornecendo meios de estruturá-lo numa seqüência lógica, permitindo uma evolução durante a aquisição. A próxima etapa é implementar este conhecimento para desenvolver o software.

#### 4.3.3 – Implementação do conhecimento

Continuando o desenvolvimento do SE, deve-se transferir o conhecimento já representado para a linguagem de programação adotada pela *Shell*. Esta etapa chama-se implementação do conhecimento, se caracteriza por ser uma tarefa de programação, que consome muito tempo, tornando-a a mais demorada de todas.

#### 4.3.4 – Teste do SE

Esta etapa é formada pelas fases de verificação e validação (VV) do SE e são fases que garantirão a aplicabilidade do sistema. Gonzales e Dankel (1993) afirmam que o futuro de Sistemas Especialistas será severamente comprometido, se os desenvolvedores destes sistemas não atribuírem a devida atenção ao problema da confiabilidade. Além disto, considerando o fato que SE são considerados programas "inteligentes", a perda de credibilidade pelo usuário pode resultar de conclusões errôneas do sistema.

Conforme estes autores as principais fontes de erro em SE são:

- A falta de especificação do sistema, ou quando esta existe, a falta de seu cumprimento.
- Erros de semântica e sintaxe introduzidos durante a implementação do sistema (*bugs*).
- A incorreta representação do domínio, resultando numa solução errônea ou na incapacidade de encontrar uma solução para o problema.

As duas primeiras categorias de erros são consideradas pela verificação que examina o cumprimento das especificações e assegura a consistência e abrangência da base de conhecimento, que são afetadas por erros de semântica ou sintaxe. Além das categorias que a verificação se encarrega, a validação envolve várias questões, buscando detectar se o domínio de conhecimento está correto, e se o sistema desenvolve as soluções de forma correta e precisa. A etapa de teste do SE será abordada com mais detalhe no capítulo 6.

O número de vezes que as etapas de aquisição, representação, implementação e testes serão executadas depende essencialmente do modelo de ciclo de vida adotado no desenvolvimento do SE. Estes modelos estão descritos a seguir.

#### 4.3.5 – Modelos de Ciclo de Vida para SE

Segundo Alves (2001), desenvolver um SE é uma atividade de engenharia que requer um esforço intelectual considerável. Para que este esforço resulte em um projeto eficiente, é necessário que o projeto tenha um planejamento detalhado e seja executado de forma sistemática. Uma das formas de se alcançar os objetivos estabelecidos é a utilização de uma metodologia.

Para o projeto de sistemas computacionais encontram-se diferentes abordagens metodológicas na literatura. Para Durkin (1994), um SE pode ser desenvolvido segundo as seguintes fases: avaliação, aquisição de conhecimento, projeto, teste, documentação e

manutenção. Rabuske (1995) sugere que as fases sejam: identificação, conceituação, formalização, implementação, teste, avaliação e revisão.

No entanto, Silva (1998), afirma que o desenvolvimento de um SE envolve uma boa quantidade de tarefas empíricas, dentre as quais podem ser citadas a interação com especialistas humanos e o processo de validação. Assim, além do modelo consensual como aporte metodológico, o modelo incremental para o ciclo de vida do SE será seguido e os motivos desta escolha serão esclarecidos a seguir.

Conforme Gonzales e Dankel (1993) existem vários diferentes modelos de ciclo de vida para sistemas computacionais, destacando-se: o modelo codificar-&-corrigir, usado comumente por programadores iniciantes. Neste caso, certa parte do código é implementada e então consertada quando não funciona adequadamente. As deficiências deste "modelo" levaram ao desenvolvimento de outros; o modelo cachoeira (*Waterfall*) e o modelo incremental, mostrados na Fig. 4.6.

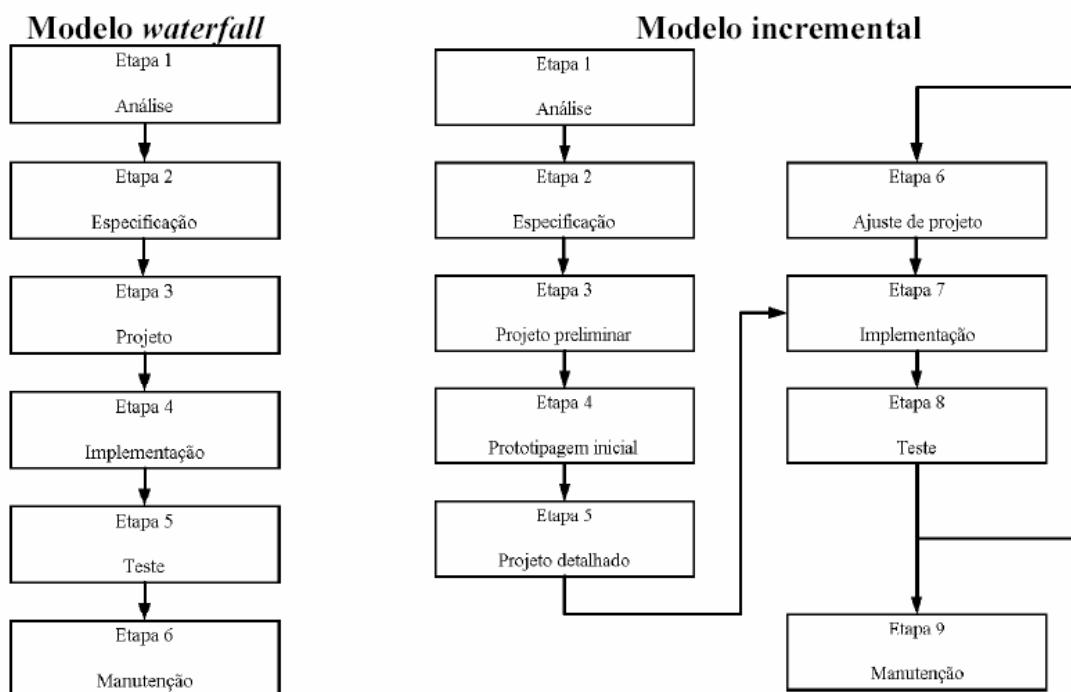


Figura 4.6 – Modelos de ciclo de vida no desenvolvimento de software.

Fonte: Gonzalez e Dankel (1993).

*Modelo cachoeira ou cascata (waterfall)* – muito utilizado por programadores de sistemas convencionais, onde todas as etapas são percorridas de forma que, para ocorrer o prosseguimento para uma etapa posterior, a etapa atual deve estar completamente concluída.

Esta abordagem se torna inadequada para SE, na medida em que a abrangência sobre o Domínio de Conhecimento é muito grande, tornando este modelo muito complexo e rígido por não permitir realimentações e mudanças de paradigmas durante o desenvolvimento do SE.

*Modelo incremental* – Surgido como refinamento do modelo waterfall, baseia-se em desenvolver o sistema com base em incrementos de sua funcionalidade. Este modelo foi usado com sucesso no desenvolvimento de grandes programas convencionais, mostrando-se também aplicável a SE, pois o incremento de regras na Base de Conhecimento amplia as capacidades do sistema numa escala de vários níveis (de um assistente, para um coadjuvante e finalmente para um especialista).

Para Gonzales e Dankel (1993), a principal vantagem do modelo incremental é que o acréscimo nas capacidades funcionais é feito de forma modular sendo mais fácil de testar, verificar e validar. Com este modelo, os custos de incorporar correções no modelo são menores. Construir um SE baseado no modelo incremental é equivalente a dizer que o sistema na forma de protótipo inicial se desenvolve ao longo do ciclo de vida, ao invés de implementar um protótipo apenas para determinar os requisitos do futuro sistema, ou seja, o *protótipo que evolui é o próprio sistema*.

#### **4.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO**

A informação, que hoje é uma das características desta sociedade, pode ser gerida para se tornar conhecimento estratégico para as organizações. O maior desafio é saber como as organizações e a sociedade absorvem novas informações, aprendem a se adaptar para criar, transmitir e usar o conhecimento.

Este capítulo mostrou que desenvolver um sistema aspecialista consegue através da fase de aquisição do conhecimento externalizar o conhecimento tácito do especialista consultado tornando acessível, com isso, o CEFET/SC passará a conhecer uma das formas de avaliação de competências aplicadas. Para os professores, a implementação deste conhecimento em um software, significa ter a disposição uma ferramenta que o apóie na tomada de decisão dos momentos avaliativos. Assim, a fundamentação acerca dos SE garantirá a continuidade da pesquisa, que passará a efetivamente descrever, no próximo capítulo como se deu o desenvolvimento do protótipo de SE.

# CAPÍTULO V

## DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

### 5.1 – INTRODUÇÃO

Os capítulos anteriores forneceram o arcabouço teórico-metodológico para o desenvolvimento do protótipo de sistema especialista proposto nesta pesquisa. Constatou-se até aqui que a reforma da educação é um fenômeno que se dissemina por todo o ocidente. Assim, diante do desafio lançado pelos segmentos sociais envolvidos no processo de discussão do estatuto e função da educação formal, fica evidente que a tarefa de avaliar, que a partir da reforma necessitou de mais informações no julgamento do desempenho dos alunos, se torna a cada dia mais complexa. Diante da nova problemática enfrentada a Inteligência Artificial, por meio da engenharia do conhecimento, pode contribuir significativamente fornecendo um instrumento inteligente, um sistema especialista, que auxilie o professor na tomada de decisão ao atribuir um conceito ao desempenho do aluno.

Assim, este capítulo tem por objetivo relatar o processo de desenvolvimento do sistema, descrevendo sua evolução e suas características através do detalhamento das fases percorridas no modelo incremental de desenvolvimento de SE, mostrado na Fig. 4.6.

Doravante, o SE desenvolvido nesta pesquisa será denominado *Métron*<sup>5</sup>.

### 5.2 – METODOLOGIA DE PROJETO DE SISTEMAS ESPECIALISTAS

A metodologia de projeto fornece aos projetistas o conhecimento sobre o processo de projeto. Este conhecimento compreende basicamente: os modelos e processos de desenvolvimento, representando a estrutura do pensamento e ações no projeto. Procura ensinar como se pode ou deve agir em certas situações (Back e Forcellini, 2003). Assim, ao se

---

<sup>5</sup> *métron* (*μετρον*) etimologicamente: medida de cada um; ‘limite permissível’. Na mitologia grega, consoante Brandão (1991), o *métron* é o ‘limite’ do homem, imposto pelos deuses como uma sinalização de sua condição mortal e inferior na ordem universal, definindo a pequenez humana diante da infinitude do universo. Ultrapassar seu *métron* incorre em excesso, em crime de, desejando igualar-se aos deuses, exceder-se, desrespeitando sua condição e posição nessa ordem. A conotação que aqui se deseja atribuir ao termo é a do homem dimensionado por suas necessidades e capacidades, criando um neologismo, fundado nos referenciais teóricos da pedagogia e da engenharia do conhecimento explorados nesta pesquisa e aplicados na proposta de contributo à avaliação oferecida, em cujo significado se fundem as potencialidades e limites do ser humano, que devem ser conhecidas e respeitadas no julgamento, não do indivíduo, mas de suas ações (interatividade) e do que delas resultar (produtividade). *Métron* é também a expressão que dá origem na língua portuguesa ao termo *metro*, unidade de medida comumente adotada nas culturas neolatinas, e, por conseguinte, ao termo *metrologia*, o estudo das ciências da mensuração e quantificação material. (HATZIS, 1989)

aplicar uma metodologia para desenvolver um produto, seja ele de qualquer natureza, tem-se o aporte referencial necessário para fundamentar as decisões tomadas durante o processo e a orientação na realização das etapas estabelecidas pelo método aplicado.

Como já citado, para o desenvolvimento do protótipo proposto neste trabalho utilizou-se o modelo incremental de desenvolvimento de SE, e incorporando-se esta filosofia, passou-se a execução das fases sugeridas pelo modelo, detalhando-as em etapas baseadas nos trabalhos de Vinadé (1998), Alves (2001), Borges (2002) e nos autores Waterman (1986), Gonzalez e Dankel (1993), Durkin (1994) e Giarratano e Rilley (1994) descritas a seguir.

### **5.3 – ANÁLISE DA VIABILIDADE DO MÉTRON**

Ao iniciar-se um projeto que visa o desenvolvimento de um sistema especialista é necessário que muitos fatores sejam analisados. Estes fatores podem ser agrupados em duas categorias, a saber: adequação da área de aplicação e disponibilidade de recursos. Como resultante desta análise, tem-se a definição do domínio do problema e o estudo de adequação da técnica de SE para este domínio de problema.

O estudo da adequação da área de aplicação do SE se faz necessário, pois muitas falhas ocorridas nos projetos envolvendo SE podem ser atribuídas a uma definição inapropriada ou excessivamente limitada da aplicação. Para auxiliar nesta tarefa algumas questões podem ser consideradas tais como: o problema realmente existe?; a técnica de SE é aplicável?; a abordagem de SE é realmente justificável? A seguir buscam-se as respostas para estas questões.

#### **5.3.1 - O problema realmente existe?**

Nos capítulos anteriores desta pesquisa o problema é abordado de forma genérica, onde se consegue perceber que nos cursos oferecidos pela Gerência Educacional de Metal Mecânica (GEMM) do CEFET/SC, e em especial no pioneiro Curso Técnico de Mecânica Industrial os métodos de ensino e a avaliação sofreram mudanças, ocasionando quebra de paradigmas há muito tempo existentes. A adoção da abordagem de uma pedagogia para o desenvolvimento de competências exigiu a readaptação dos professores, que passaram a enfrentar dificuldades nos momentos avaliativos, pois uma média de valores numéricos atribuídos aos vários instrumentos utilizados tornou-se incoerente com a proposta de ensino aceita.

Com o intuito de verificar se as afirmações de que os professores passaram a ter mais trabalho e dispensar mais tempo para a tarefa de avaliação são verdadeiras, e ainda, levantar

outras informações necessárias ao projeto, realizou-se uma entrevista com vinte e um professores da GEMM (os resultados desta entrevista estão disponíveis no Apêndice C).

A entrevista mostrou que estas afirmações são procedentes, pois dos vinte e um professores consultados, somente um diz que o processo de avaliação não sofreu alteração após a reforma implantada. Este fato realmente é constatado no caso deste professor, que ainda converte notas em conceitos, ou seja, não mudou efetivamente sua forma de avaliar os alunos.

Assim, neste momento da pesquisa cabe uma reflexão: se a reforma da educação não tivesse ocorrido, e ainda hoje os cursos da GEMM fossem baseados em conteúdos, e as avaliações emitissem como resultado números, ter-se-ia a necessidade do uso da engenharia do conhecimento para auxiliar na tarefa da avaliação?

Ponderando-se o que foi apresentado nos capítulos anteriores, acredita-se que não seria necessário o desenvolvimento de um sistema especialista para auxiliar na tarefa da avaliação quando se usa notas (números), pois nestas situações o parecer final dos professores é baseado em médias numéricas, e uma boa planilha eletrônica poderia ajudá-lo nesta tarefa. No entanto, quando se avalia competências pressupõe-se que ao emitir o parecer da situação final do aluno, o professor leve em consideração critérios previamente estabelecidos visando diagnosticar se o aluno é ou não capaz de resolver problemas relacionados com a competência desenvolvida.

Assim, ao constatar-se que o problema existe, vai-se esclarecer o motivo da escolha da engenharia do conhecimento para resolver o problema, respondendo a próxima questão.

### **5.3.2 - A técnica de SE é aplicável ao problema?**

Ao se responder uma questão como esta que ao apontar uma indicação negativa leva ao descarte do projeto, é necessário ter subsídios suficientes para obter uma resposta adequada a questão. Neste sentido, realizou-se estudos com o intuito de se levantar algumas razões que pudessem caracterizar a aplicação da técnica de SE à avaliação de competências. Apesar do processo de busca destas razões ser inexato, e, portanto, heurístico, tem-se nele um referencial orientativo para responder a questão posta. As razões analisadas foram:

- *Se o tipo de problema reproduz o conhecimento humano na busca de solução:* Na educação profissional, a tarefa de avaliar é executada por professores que desenvolvem critérios baseados na sua experiência, ou seja, é necessário conhecimento humano para avaliar. Para este aspecto, os estudos apresentam uma resposta positiva.

- *Se o tipo de problema é heurístico em sua natureza ou é predominantemente algorítmico:* Ao se avaliar competência, só uma pessoa que conhece bem os critérios e a importância deles é que pode decidir quanto ao conceito dos alunos. Assim, o problema se caracteriza de natureza heurística, pois envolve conhecimento especialista na área em que a competência é desenvolvida. Neste aspecto, a predominância da natureza heurística indica a possibilidade da utilização de um SE ao problema.
- *Se o conhecimento ou especialização muda periodicamente ou permanece constante:* como a educação é muito dinâmica, tem-se a necessidade que os sistemas possam se adaptar as constantes mudanças. Sendo esta uma das principais características dos SE, a flexibilidade.
- *Se experiência é envolvida, ela é relativamente bem entendida e aceita:* na educação profissional as bases tecnológicas que formam os eixos temáticos ministrados pelos professores, são oriundas de áreas de conhecimento consagradas, como: materiais, metrologia, processos de fabricação, etc. Sendo os SE aplicados a domínios que são bem desenvolvidos, este aspecto tem resposta positiva.
- *Se as entradas do problema são sempre corretas e completas:* Em avaliação, depois dos critérios estarem explícitos, acredita-se que as entradas de informações para a emissão do parecer final do professor sofrerão uma variabilidade muito grande, pois cada aluno aprende de uma forma diferente, apresentando desempenhos diversos dentro de um determinado conjunto de critérios avaliativos. Quanto a este aspecto, as entradas não são sempre iguais, assim o uso de SE apresenta uma vantagem distinta.
- *Se o problema pode ser resolvido por outros meios:* Acredita-se que sim, pois os SE representam uma possibilidade de solução e não a única.
- *Se o problema passa pelo teste do telefone:* Este teste questiona se um especialista, através apenas de uma conversação por telefone, pode apresentar suficiente solução para um problema proposto. Ele não deve ser tomado como fator decisivo para a análise da aplicabilidade do SE, pois é apenas mais uma maneira de classificar o tipo de conhecimento que é necessário para resolver o problema. Ele certifica que o tipo de conhecimento não é de natureza visual, auditiva ou táctil, pois, uma predominância deste tipo de conhecimento pode tornar o desenvolvimento de um SE muito complexo. Apesar de existir solução

para que uma limitada porção deste tipo de conhecimento possa ser manipulada por um SE, quando a informação é claramente categorizada e organizada. Para o caso de se avaliar competências desenvolvidas por um aluno na área de metrologia, o problema passa no teste, pois ao ser indagado sobre qual conceito deveria ter um aluno com determinadas características, o professor consegue verbalizar um parecer aceitável.

Analizando-se o que foi descrito acima, as razões que podem justificar a aplicabilidade da técnica de SE para a resolução do problema proposto, indicam uma resposta positiva à questão colocada. Assim, tem-se o prosseguimento do projeto buscando-se resposta a outra questão.

### 5.3.3 - A abordagem via SE é justificável?

Neste momento da análise, busca-se a viabilidade financeira do projeto, pois o custo de desenvolvimento de um SE é geralmente bem superior ao de programas convencionais, por várias razões, entre elas a necessidade de recursos de informática, ou seja, *software (Shell)* e *hardware* apropriados. Outra está na necessidade de pessoal especializado, o EC (Engenheiro de Conhecimento) e o EH (Especialista Humano) que são pessoas que geralmente não dispõem de tempo e implica em alto custo e/ou difíceis de treinar. Sendo assim, a solução via SE deve ser avaliada de acordo com a relação custo/benefício como qualquer outro projeto.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram levantadas as necessidades quanto a recursos físicos, materiais, pessoais e financeiros. Uma vez aceita a proposta pela GEMM os recursos pessoais e o apoio gerencial foram garantidos, contando com o professor Sadir Tomasi, especialista em metrologia (atua na área há mais de trinta anos), na posição de EH (Especialista Humano). A autora deste trabalho, também professora da GEMM, tem parte de sua carga horária disponibilizada para desenvolver o sistema como engenheira de conhecimento (EC) e o professor Orientador fornecendo suporte técnico e treinamento necessários. Os recursos de informática, tais como: microcomputador, impressora, scanner e recursos de comunicação através da *internet*, são disponibilizados no uso das instalações do Nedip da UFSC e da GEMM no CEFET/SC. Os recursos materiais e financeiros são custeados pela autora do projeto que investe em sua formação profissional.

Com o exposto, viu-se que a abordagem para resolver o problema da avaliação de competências via SE é justificada e os recursos necessários estão disponíveis. Assim, inicia-se a etapa de especificação do sistema.

## 5.4 – ESPECIFICAÇÃO DO MÉTRON

Após a identificação da possibilidade de implementação de um instrumento de IA para a resolução do problema da avaliação de competências, realizada na etapa de análise de viabilidade, ratificou-se a validade de desenvolver um sistema especialista. Com base na execução das tarefas pela metodologia do modelo incremental, vai-se especificar as características de configuração do sistema, definindo as fronteiras do campo de aplicação e estabelecendo as funções necessárias para que o problema seja resolvido.

### 5.4.1 – Definição das fronteiras do campo de aplicação

A aplicação dos sistemas especialistas teve, a partir dos anos 90, um crescimento considerável e hoje estes são encontrados em diversas áreas de atuação como mostra a pesquisa realizada por Durkin (1994). O gráfico da Fig. 5.1 mostra o número de SE para cada área de aplicação e destaca a educação como área possível para o desenvolvimento de SE.

Diante destas informações constatou-se que desenvolver um sistema especialista para ser aplicado em educação não constituía novidade. No entanto, ao se aprofundar a busca de informações para especificar o sistema, foram raros os casos encontrados cuja avaliação tenha sido alvo de pesquisas em IA, e mais ainda, não se encontrou nenhuma ocorrência de SE sendo aplicados para avaliação de competências.

Assim, este projeto propõe uma inovação, correndo todos os riscos inerentes a este desafio, sendo os mais evidentes do ponto de vista do desenvolvimento do produto: alta possibilidade de rejeição por parte dos usuários, que até o momento não tem à sua disposição este tipo de ferramenta, ou seja, se está lidando com o desconhecido; necessidade de experimentar o que nunca foi aplicado, podendo-se cometer mais erros durante o desenvolvimento; e a colisão com o *status quo* da Instituição que necessitará dispor de mais “energia” para mudar. No âmbito da discussão pedagógica, por sua vez, os riscos estão associados a uma excessiva uniformização do processo avaliativo, mesmo pressupondo o qualitativo e talvez principalmente pelas incertezas e angústias a ela associadas num mundo em que as certezas constituem a regra a ser seguida.

Ao se propor uma ferramenta para auxiliar a avaliação de competências, além da inovação que sabe-se estar lançando, fator crucial a se considerar é que a tarefa da avaliação no processo de ensino, objeto de tantas pesquisas apontando alto grau de desgaste físico e psicológico dos professores devido à sua complexidade de execução, implica, ao final, na

responsabilidade pela atribuição de um conceito, que vai arbitrar o prosseguimento dos estudos do avaliado, e sua vida social.

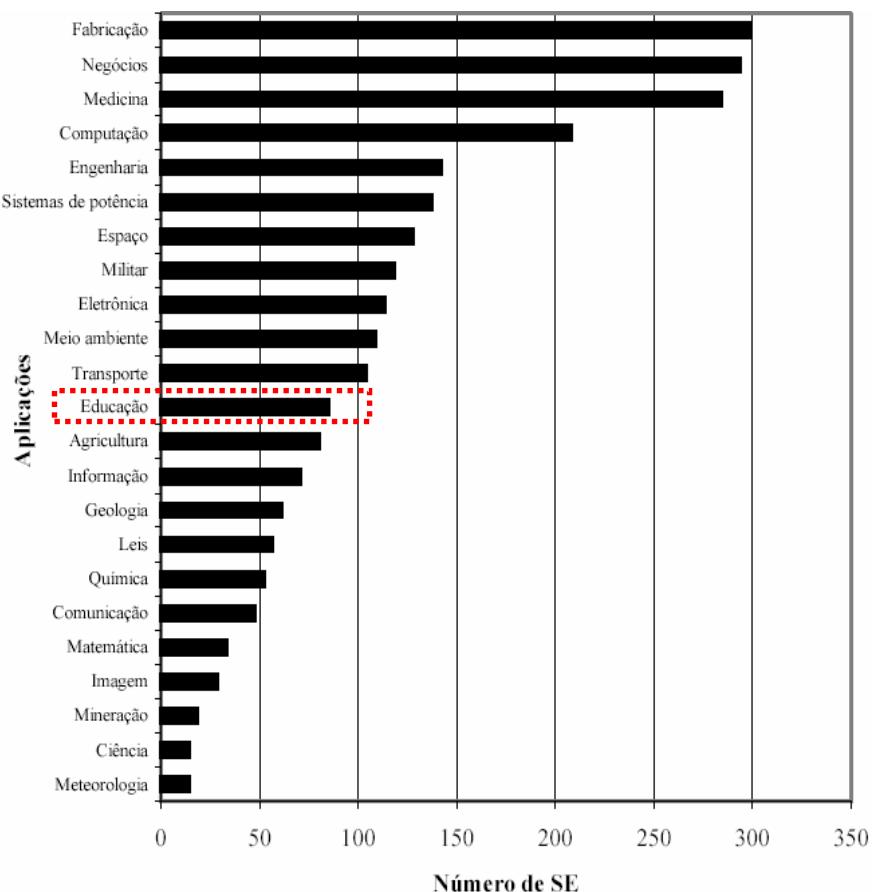


Figura 5.1 – Número de SE desenvolvidos por tipo de aplicação. Fonte: Durkin (1994).

Por isso, é preciso ter cuidado ao se definir: a aplicabilidade do sistema, para não gerar expectativas que não possam ser atendidas e a abrangência do domínio de conhecimento, que deve ter suas fronteiras bem definidas para percorrer-se o ciclo de desenvolvimento do sistema. As fases de aquisição, representação, implementação e testes devem ser desenvolvidas em tempo hábil de se concluir a pesquisa e apresentar os resultados à instituição.

Com isso, decidiu-se que o primeiro protótipo de sistema especialista a ser desenvolvido para avaliação de competências na educação profissional será aplicado no eixo temático de metrologia, que desenvolve a competência técnica de conhecer os sistemas de medição linear e angular e suas potencialidades, trabalhando com a base tecnológica dos instrumentos de medição (paquímetro, micrômetro, relógio comparador, calibradores, transferidores e goniômetros), atuando no sentido de diagnosticar se o aluno possui a

habilidade de utilizar os instrumentos de medição, uma habilidade necessária para profissão de técnico em mecânica.

Tendo-se então definido a abrangência do campo de aplicação, segue-se o desenvolvimento do sistema definindo-se suas funções, etapa escrita a seguir.

#### 5.4.2 – Funções do *Métrron*

Os SE podem atender a diversas funções dependendo do campo de aplicação. Durkin (1994) identificou através de pesquisa as principais funções exercidas pelos SE, a Fig. 5.2 mostra o gráfico desta pesquisa. Analisando-se a pesquisa percebe-se uma predominância da função diagnóstica, secundada pela função interpretativa, que necessita da experiência do especialista humano para emitir um parecer. O sistema proposto também terá a função principal de interpretar através do confronto de critérios e valores se o aluno demonstrou a apropriação e aplicação de informações que podem gerar a construção da competência técnica de metrologia ou não, e em qual nível de desenvolvimento ele se encontra.

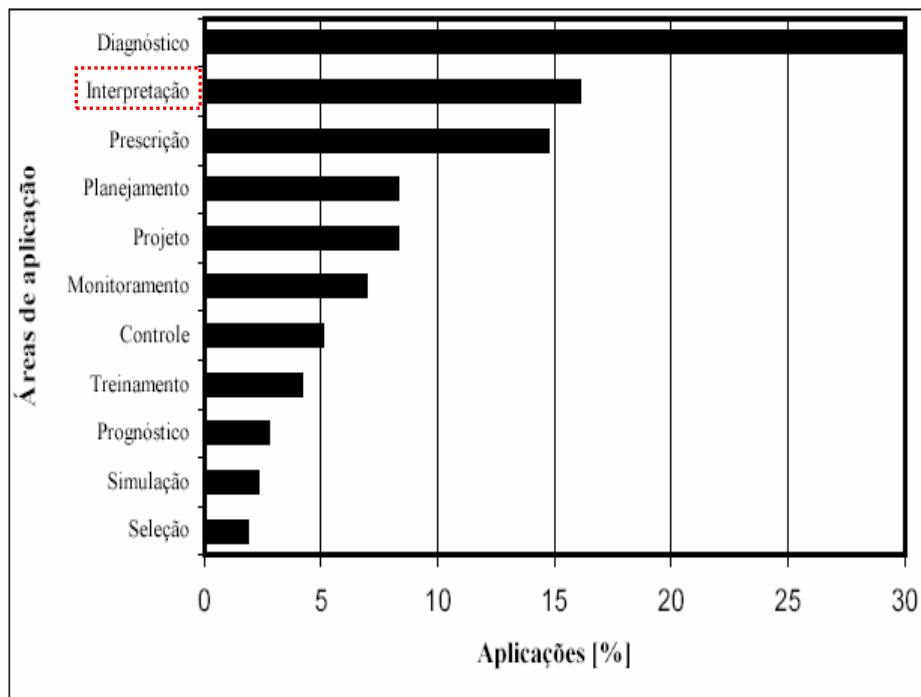


Figura 5.2 – Funções exercidas pelos SE (Durkin, 1994).

Para desenvolver uma estrutura funcional a partir da função interpretativa, identificou-se através de entrevistas não estruturadas com os professores da GEMM, quais necessidades eles têm ao usar um sistema que os auxilie no processo de avaliação. Destas entrevistas surgiram inúmeras necessidades para o sistema, tais como:

- Utilizar critérios dos professores para avaliar;
- Considerar todas as categorias de competências (técnicas, comportamentais e de projeto) na avaliação;
- Permitir modificações de conceitos emitidos pelo sistema;
- Permitir avaliação cumulativa do processo;
- Explicitar como se atribuíram os conceitos;
- Diminuir o tempo do processo de avaliação;
- Possuir interface amigável;
- Ter conectibilidade com o sistema acadêmico do CEFET/SC;
- Armazenar informações sobre o aluno constituindo banco de dados do processo avaliativo;

Estas entrevistas mostraram a aceitação de alguns professores à idéia de ter um sistema que os auxilie na avaliação. Com o intuito de verificar se este sentimento era compartilhado pela maioria, realizou-se outras entrevistas estruturadas com que constataram que dos vinte e um professores entrevistados, dezesseis gostariam de ter um sistema desta natureza à sua disposição e ainda, que as necessidades identificadas acima realmente eram as mais importantes (ver entrevista no Apêndice C).

Com isso, gerou-se uma estrutura funcional para o sistema que está mostrada na Fig. 5.3, onde o sistema através da entrada dos valores dos critérios do professor, fará a interpretação acerca do desempenho do aluno e fornecerá como saída o conceito do aluno. Para que a função principal seja executada pelo sistema é necessário que o mesmo efetue outras funções secundárias tais como: adquirir os valores dos critérios do professor; interpretar os dados inferindo sobre o conhecimento do professor; conceituar o aluno; armazenar as informações geradas na aquisição, interpretação e conceituação (uma função que é realizada cada vez que o sistema agrupa algum valor ou modifica a informação); informar aos usuários os conceitos gerados pelo sistema.

Tendo-se determinada à abrangência do campo de aplicação e identificadas às funções do sistema, finaliza-se a etapa de especificação e parte-se para o projeto preliminar, onde se busca soluções para que o sistema satisfaça as especificações estabelecidas.

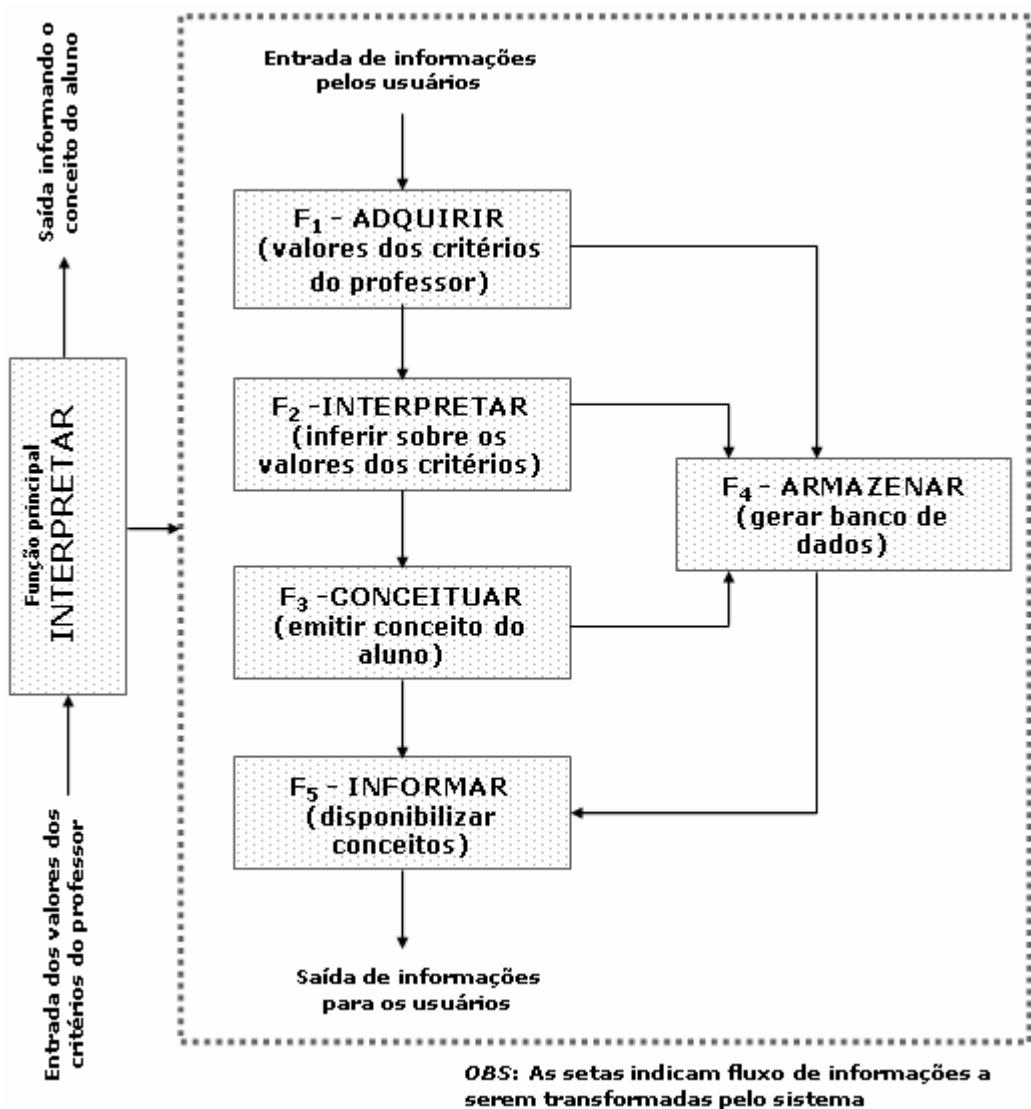


Figura 5.3 – Estrutura funcional do sistema.

## 5.5 - PROJETO PRELIMINAR

Nesta pesquisa, a etapa do projeto preliminar teve o objetivo de gerar uma configuração para o sistema, e para isso, estabeleceu-se algumas metas a serem atendidas:

- Determinar as ferramentas computacionais para a construção do software;
- Definir as formas com que o conhecimento será inserido na base de conhecimento;
- Escolher o especialista humano (EH) e/ou fontes de conhecimento alternativas a serem consultadas;
- Configurar os módulos do sistema para executar as funções estabelecidas e permitir a expansão dentro do campo de aplicação;
- Estabelecer o número de versões necessárias para o sistema;

- Prever necessidades de interface do sistema com outro software.

### 5.5.1 – Determinação das ferramentas computacionais

Em um projeto de SE quando se faz menção às ferramentas computacionais, está se referindo ao *hardware* e ao *software* necessários para o desenvolvimento do sistema.. Encontram-se disponíveis no mercado inúmeros *hardware*, como mostra a Fig. 5.4, no entanto, com o surgimento dos computadores pessoais (PC), as áreas que aplicam a informática como recurso de pesquisa e desenvolvimento, tiveram grande crescimento, destacando-se neste contexto a IA, que segundo Durkin(1994) evoluiu de forma significativa nas décadas de 80 e 90 devido à troca de plataforma física das estações de trabalho para os PC. Hoje em dia, os PC possuem como principais vantagens o elevado nível de desempenho e o custo acessível que permitem sua utilização de forma generalizada em muitas áreas. Com tais justificativas, este projeto vai adotar o PC como *hardware*.

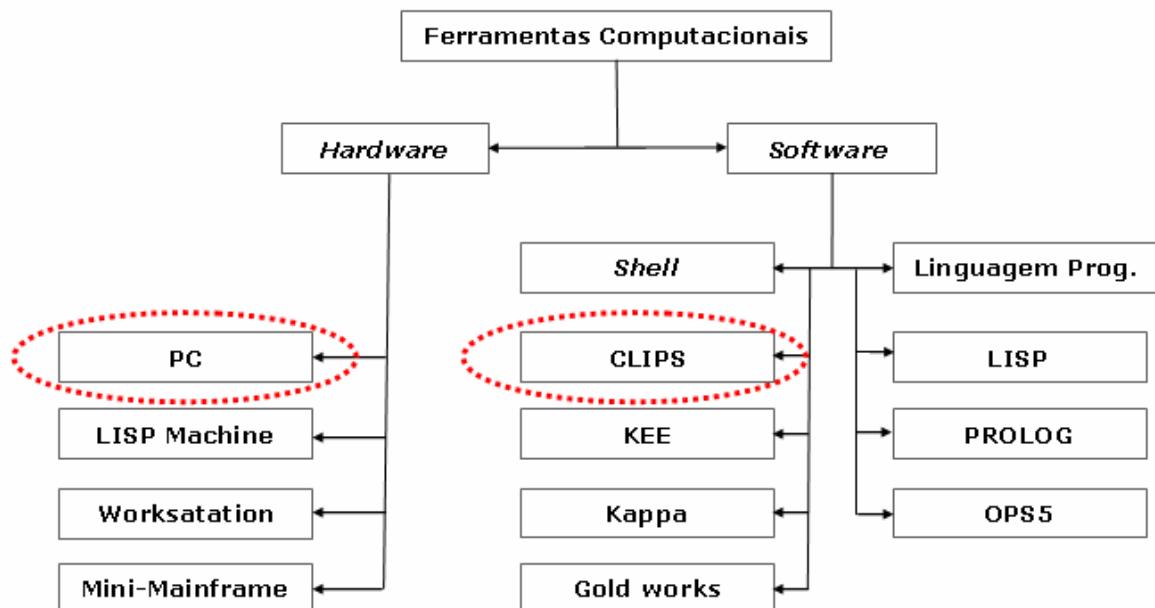


Figura 5.4 – Algumas ferramentas computacionais para o desenvolvimento de SE, destacando-se as opções a serem usadas no protótipo.

Ao se realizar a escolha do *software* para o desenvolvimento de um SE, Durkin (1994) indica a possibilidade de se optar em usar uma linguagem de programação ou um sistema *Shell*. O uso de uma linguagem de programação pressupõe que a equipe de execução do projeto do sistema está disposta a desenvolver todas as partes do programa que não fazem parte da Base de Conhecimento (BC), como a *máquina de inferência*, a *agenda*, as interfaces

com usuário, entre outros. Os sistemas *Shell* disponibilizam os mecanismos necessários para a resolução dos problemas, sendo que o conhecimento específico em um determinado Domínio de Conhecimento é inserido posteriormente de acordo com a aplicação do sistema. A Fig. 5.4 mostra algumas opções de *software* para o desenvolvimento de SE disponíveis no mercado.

Para desenvolver o protótipo proposto neste projeto, optou-se por usar um sistema *Shell*, algumas razões levaram a esta escolha, sendo que as principais são: a não disponibilidade de programadores especializados, o tempo reduzido para se realizar a pesquisa e o nível de implementação que se pretende alcançar no protótipo. Após a opção pelo sistema *Shell*, é necessário escolher qual dentre os oferecidos no mercado será usado. Para isso, podem-se levar em consideração alguns critérios abordados por Gonzalez e Dankel (1993) e Borges (2002), sendo que os mais relevantes são:

- *Representação do conhecimento*: deve-se observar se a ferramenta oferece a possibilidade de manipular as formas de representação do conhecimento necessárias para a geração da Base de Conhecimento (BC) do sistema.
- *Desempenho*: independente do tamanho da BC, o desempenho deve atender as expectativas do usuário.
- *Custo*: relacionado não só com a aquisição, mas também com o desempenho e manutenção da ferramenta.
- *Flexibilidade*: o *Shell* deve possuir funções e/ou rotinas que facilite a formação da BC, bem como, possibilitar a criação de funções e rotinas pelo programador; ainda, o *Shell* deve permitir a interface com outros software, como banco de dados e interfaces gráficas;
- *Suporte do fornecedor*: o *Shell* deve possuir documentação técnica como manuais, tutoriais, etc., ajuda *on-line*, treinamento e consultoria.

Analizando-se os critérios acima, o sistema CLIPS, que foi desenvolvido pela Software Technology Branch (STB), NASA/Lyndon B. Johnson Space Center, Riley (2005), satisfaz a todos, como percebe-se na descrição a seguir e é usado no desenvolvimento do protótipo proposto neste trabalho.

Análise dos critérios de escolha do sistema *Shell* para o CLIPS:

- *Representação do conhecimento*: permite a representação através de regras e orientação a objetos, satisfazendo as necessidades do projeto.
- *Desempenho*: baseado nas experiências de Silva (1998), Alves (2001), Borges (2002), Vinadé (2003), no projeto SEGRed LASHIP (2005) o CLIPS mostrou bons resultados.

- *Custo*: o CLIPS é um *freeware*, ou seja, está disponível sem custos e pode ser obtido em Riley (2005).
- *Flexibilidade*: o CLIPS suporta o interfaceamento com vários software, como mostram as experiências citadas anteriormente e os exemplos encontrados em Riley (2005).
- *Suporte do fornecedor*: na referência Riley (2005), é encontrada toda documentação técnica referente ao CLIPS, bem como fóruns de usuários, exemplos de aplicações, referências bibliográficas, etc.

Com a escolha do PC como *hardware* e do CLIPS como *software*, destacados na Fig. 5.4, conclui-se a etapa de escolha das ferramentas computacionais no projeto preliminar e parte-se para a definição das formas de representação do conhecimento.

### 5.5.2 – Definição das formas de representação do conhecimento

Conforme constatado anteriormente, uma das maiores responsabilidades do EC é escolher a melhor técnica de representação do conhecimento que se adapte à aplicação do SE. Conforme descrito no capítulo anterior, para Durkin (1994) existem várias formas de representar o conhecimento durante o desenvolvimento de sistemas inteligentes, sendo que as mais comuns são: orientação a objetos (OO), regras, redes semânticas, frames e lógica. Neste projeto, utilizam-se estas formas com exceção dos frames e da lógica. Cabe ressaltar agora, como estas formas são usadas no desenvolvimento do sistema.

As redes semânticas determinam quais e quantos objetos são necessários, bem como suas relações. A orientação a objetos permite, através de suas características, modelar o conhecimento de maneira a possibilitar sua modularização, sua expansão e facilitar sua manipulação através das regras, que têm a incumbência de inferir diretamente no processo de resolução do problema, sendo obtidas através da interação com o especialista.

Como primeira análise do conhecimento inserido na Base de Conhecimento do sistema, idealiza-se uma estrutura básica de objetos capaz de suportar o nível de complexidade exigido do sistema em gerar conceito final do aluno. Esta estrutura, testada durante a elaboração da prototipagem inicial do sistema, é apresentada na Fig. 5.5.

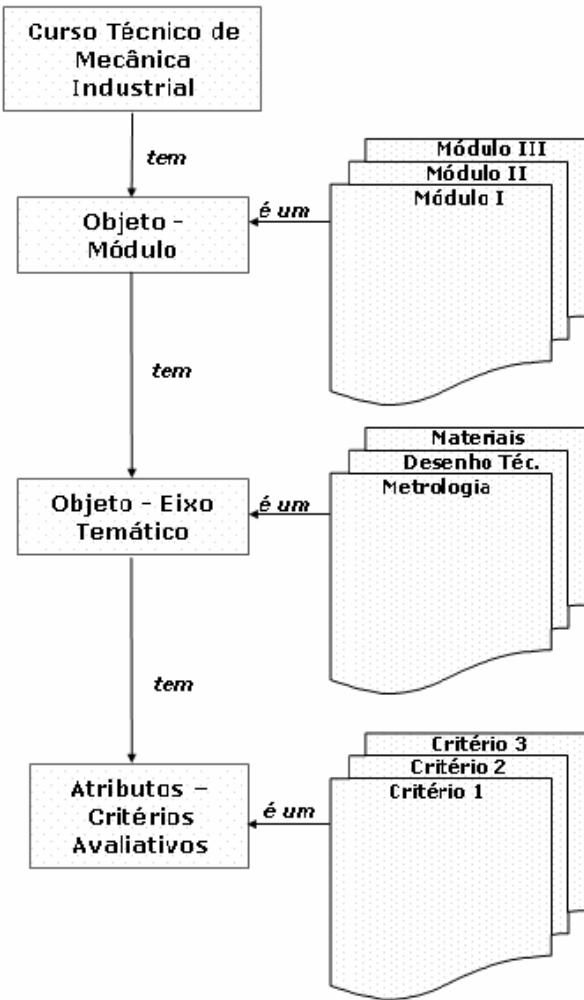


Figura 5.5 – Estrutura básica de objetos do *Métron*.

Tendo-se definido as formas de representar o conhecimento, passa-se a escolher as principais fontes de consulta para geração da Base de Conhecimento do sistema.

### 5.5.3 – Escolha das fontes de conhecimento

Para Waterman (1986), o conhecimento a ser implementado em um sistema especialista pode se originar de várias fontes como: livros, banco de dados, estudo de casos, dados empíricos, e experiência pessoal. No entanto, o conhecimento dominante provém de um domínio especialista. Como este trabalho está se propondo a desenvolver um sistema que auxilie um profissional a realizar uma tarefa, este profissional, especialista no que faz, será usado como fonte de conhecimento.

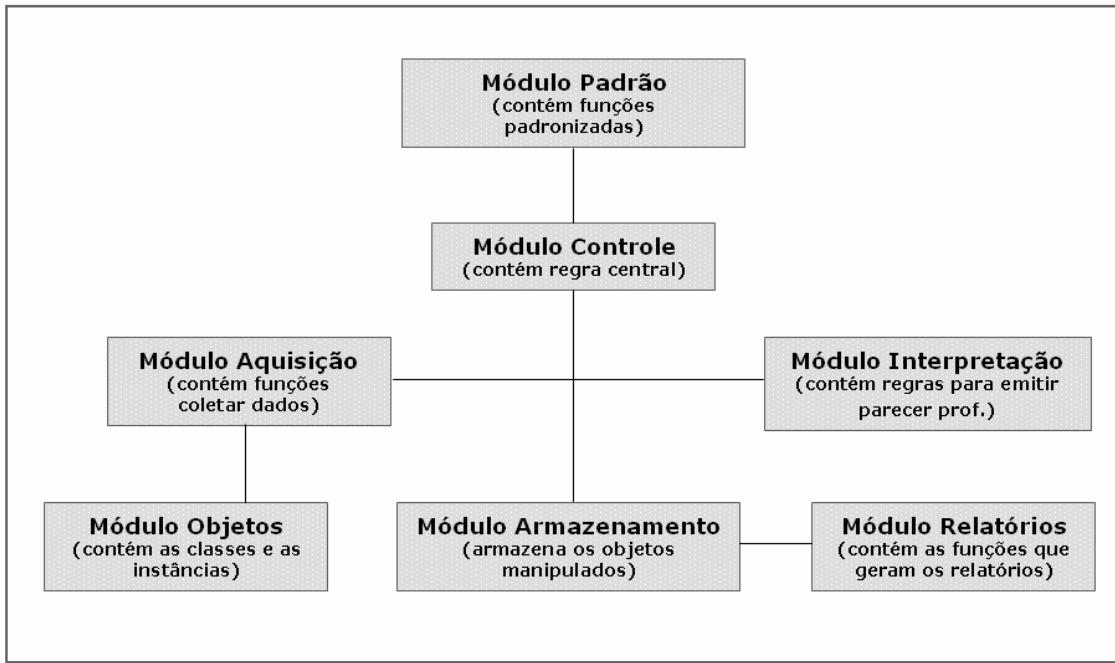
Ao se escolher dentro do Ambiente de pesquisa o especialista a ser consultado, devem-se levar em consideração algumas características, que definem um perfil para o especialista:

- *Competência* - pode ser medida de várias formas: anos de trabalho, publicações, patentes no domínio, reputação entre os pares, etc.
- *Capacidade de articulação* - isto facilita grandemente o processo de aquisição do conhecimento. O especialista deve ser capaz de explicar precisamente como e porque chegou a uma conclusão.
- *Autoconfiança* - o especialista deve estar seguro de sua posição na organização. É muito difícil trabalhar com alguém numa posição defensiva sobre seu papel.
- *Disponibilidade* - o desenvolvimento de SE é uma tarefa que demanda tempo, portanto o especialista deve satisfazer também este critério.
- *Flexibilidade de Aprendizado* - uma abertura para novos campos da tecnologia é importante. Pois a resistência pode ser um grande obstáculo no desenvolvimento do sistema.
- *Sociabilidade* - embora não seja um requisito absoluto, se existe uma escolha, trabalhar com um especialista que trata os outros de forma equânime é uma vantagem.
- *Motivação* - isto auxilia não apenas o processo de entrevista, mas também, e principalmente, o tempo das entrevistas quando são necessárias a documentação e compilação de dados.

No grupo de professores da GEMM do CEFET/SC, a maioria corresponde ao perfil descrito, mas optou-se em consultar o professor de metrologia Sadir Tomasi pelo fato do mesmo estar em processo de aposentadoria nos próximos semestres, e esta ser uma oportunidade ímpar para a Instituição de conhecer e disponibilizar sua experiência em avaliação, deixando seu legado para as outras gerações de professores.

#### **5.5.4 – Configuração dos módulos do sistema**

Baseando-se na perspectiva de se desenvolver um sistema modular, possibilitando a expansão da Base de Conhecimento para ser aplicado em outros eixos temáticos do curso técnico de mecânica industrial, e ser usado por outros professores, buscou-se compô-lo em módulos independentes, permitindo que as funções requeridas sejam executadas através do controle de uma regra central. Os módulos contidos no SE desenvolvido nesta pesquisa são mostrados na Fig. 5.6, sendo que suas descrições serão feitas a seguir:

Figura 5.6 – Módulos do *Métron*.

- *Módulo Padrão*: este módulo contém as funções e regras necessárias para iniciar e finalizar o funcionamento do sistema.
- *Módulo Controle*: a regra central é modelada neste módulo, que é responsável pelo gerenciamento do disparo das regras que executam as principais funções do sistema que são a aquisição e o interpretação.
- *Módulo Aquisição*: os critérios usados pelo especialista para emitir o conceito do aluno são inseridos na BC através deste módulo, que obtém os valores através da interação com o usuário.
- *Módulo InterpretAÇÃO*: este módulo infere diretamente na atribuição do conceito ao aluno, é através dele que são inseridas na BC as regras usadas pelo professor.
- *Módulo Armazenamento*: o armazenamento dos dados obtidos pela inferência do sistema ao manipular os objetos é feito por este módulo que salva todos os objetos através das instâncias criadas.
- *Módulo Objetos*: neste módulo são modeladas as classes e as instâncias necessárias para representar o conhecimento.
- *Módulo Relatórios*: as informações são repassadas aos usuários através de relatórios parciais que são gerados neste módulo.

O grau de desenvolvimento que os módulos alcançam depende da configuração estabelecida para o sistema, apresentada na próxima etapa.

### 5.5.5 – Estabelecimento das versões do sistema

Nesta etapa do projeto preliminar, vai-se estabelecer o estágio geral de desenvolvimento que o sistema especialista alcançará e o seu porte. Segundo Waterman (1986), este estágio depende da atuação do SE e de sua maturidade e capacidade para resolver os problemas, podendo alcançar os seguintes estágios:

- *Protótipo Rápido* (Inicial) – é um SE rapidamente desenvolvido para demonstrar idéias, despertar entusiasmo e impressionar o alto nível de gerência.
- *Sistema Refinado* ( $\alpha$  - teste) – serve para verificação interna do sistema em problemas reais, executada pelos: engenheiro do conhecimento (EC) e especialista humano (EH).
- *Teste de Campo* ( $\beta$ - teste) - é um sistema testado por usuários selecionados (não EC ou EH).
- *Sistema comercial* – é um SE validado e testado. Exige documentação, treinamento e rápido apoio ao usuário via telefone ou e-mail.
- *Manutenção ou evolução* – serve para ampliar as capacidades e corrigir *bugs*, que para Gonzalez e Dankel (1993), são erros de sintaxe ou semântica que ocorrem durante a implementação do SE.

Nesta pesquisa o SE alcança o estágio de teste de campo e se denomina protótipo, por não atingir o estágio de um sistema comercial. Para que o sistema atenda a estas especificações, é necessária a geração de um número adequado de versões, no sentido de promover a evolução da BC a cada passagem no ciclo incremental de desenvolvimento.

Assim, o *Métrron* é desenvolvido com três versões evolutivas do sistema que correspondem aos estágios iniciais de aplicação dos SE: a primeira versão, um *protótipo inicial*, tem sua avaliação feita pelo EC e EH baseando-se nos casos dos alunos que cursaram o módulo I do Curso Técnico de Mecânica Industrial nos semestres 2003/II; a segunda versão corresponde a um *sistema refinado* verificado pelo EC e validado pelo EH com exemplos dos alunos do semestre 2004/I; a terceira versão constitui um sistema *teste de campo* verificado pelos EC, usando os casos dos alunos do semestre 2004/II validado pelo EH e por dois outros especialistas na área de metrologia convidados.

### 5.5.6 – Interfaces do sistema

As etapas desenvolvidas até o momento, configuraram o sistema sem considerar a necessidade de se ter o interfaceamento do sistema *Shell CLIPS* com outro *software*. No entanto, se estabeleceu na etapa de especificação do sistema, que o mesmo deveria se conectar com o banco de dados do CEFT/SC e ter interface amigável com o usuário, especificações

tais, que para serem atendidas requerem o uso de outro software. Com o intuito atender as especificações identificadas nas necessidades dos usuários, o sistema foi idealizado com uma estrutura global, apresentada na Fig. 5.7, que suporte as interfaces necessárias.

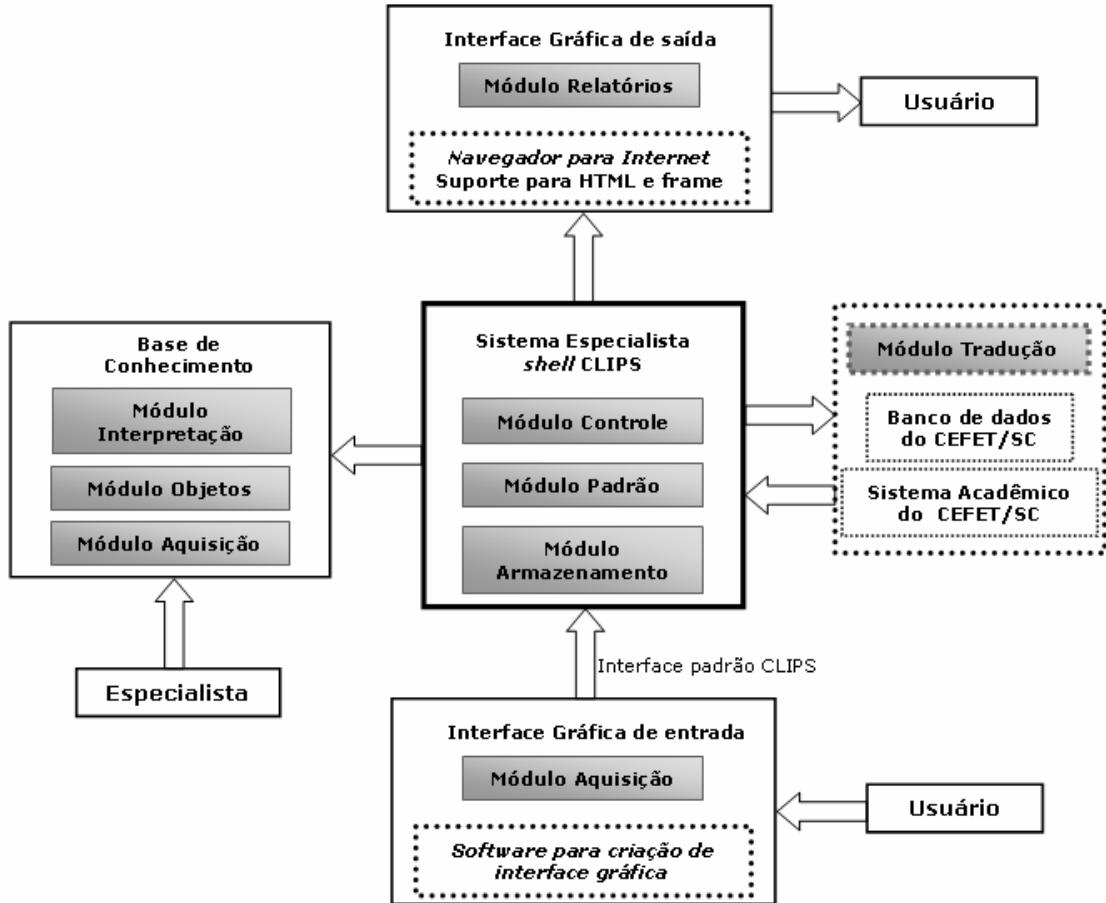


Figura 5.7 – Estrutura global do SE desenvolvido nesta pesquisa.

Ao se analisar a estrutura global do sistema, destaca-se:

- Um módulo de tradução incorporado aos outros para permitir que o *Shell CLIPS* obtenha e emita dados dos sistemas do CEFET/SC;
- Um navegador para a *internet* que suporte HTML e *frame*.
- Um *software* para a criação da interface gráfica que conjugue tanto ergonomia, quanto estética ao sistema.

A definição da incorporação destas características ao protótipo desenvolvido nesta pesquisa, desenvolvida na fase do projeto detalhado, após a realização da prototipagem inicial do sistema que evidencia tanto as dificuldades quanto as facilidades da obtenção dos recursos necessários.

Com a configuração do sistema estabelecida, partiu-se para o desenvolvimento da fase de prototipagem inicial que será descrita a seguir.

## 5.6 - PROTOTIPAGEM INICIAL

A experiência demonstra que ao se desenvolver um SE, a tentativa de obter uma completa e correta especificação do sistema antes de começar sua implementação não é eficaz. No início do projeto existe a difusão e a imprecisão das informações, de tal forma que as pessoas envolvidas sentem dificuldade de descrever as necessidades, e imaginar a ação do sistema na prática. Por conseguinte, podem surgir especificações que são difíceis de entender, como evidencia um jargão computacional de que é *“difícil se imaginar como será um ‘sistema dinâmico’ partindo-se de uma ‘descrição estática’”*.

Com o intuito de minimizar o impacto de uma mudança de paradigma constatada em estágio mais avançado de desenvolvimento do sistema, a fase de prototipagem inicial tem o objetivo de elaborar um SE, com limitações de robustez e abrangência de atuação, mas com possibilidade de obter conclusões sobre a adequação das decisões tomadas na fase do projeto preliminar.

No contexto de sistemas especialistas, a fase de prototipagem inicial pode gerar três tipos de protótipos: um *protótipo descartável*, que é um modelo com a intenção de aprender com base nele e depois descartá-lo; um *protótipo incremental*, configurando-se a concepção de versões evolutivas de teste de um sistema; um *protótipo evolutivo*, caracterizando-se pela contínua modificação de uma versão em estágio de operação. Sendo que para isto, o sistema deve ser concebido para permitir constantes atualizações, como no caso do *Métron*.

A concepção de um protótipo evolutivo do sistema requer a execução das etapas que envolvem o ciclo incremental de desenvolvimento de um SE como a aquisição, representação, implementação do conhecimento e testes. A primeira versão do *Métron* foi gerada com a implementação da parte do conhecimento que evidenciava os critérios e as regras utilizados pelo professor para elaborar o conceito do aluno. Neste estágio o sistema tinha apenas as funções de aquisição e interpretação.

A etapa de aquisição do conhecimento para esta versão do sistema foi realizada através de várias entrevistas que inicialmente, tiveram como objetivos: estabelecer uma relação harmoniosa entre o Engenheiro do Conhecimento (EC) e o Especialista Humano (EH); esclarecer ao EH como seria feito o sistema e quais as contribuições possíveis da Engenharia do Conhecimento neste processo; identificar superestimações ou subestimações das

expectativas, no sentido de neutralizar os efeitos destas tanto no EC quanto no EH em relação ao trabalho.

Dando prosseguimento outras sessões foram realizadas para externalizar o conhecimento de natureza genérica, possuindo caráter educativo para o EC não sendo implementados na Base de Conhecimento, mas servindo para o entendimento necessário na busca de solução de problemas específicos. Com estas entrevistas, passou-se a conhecer as práticas pedagógicas, os métodos e instrumentos avaliativos, os conhecimentos específicos que fazem parte da base tecnológica do eixo temático de metrologia e as competências desenvolvidas e avaliadas.

Num estágio evolutivo das entrevistas, estabeleceu-se como meta externalizar o conhecimento tácito do especialista, ou seja, a maneira de solucionar o problema de atribuir os conceitos aos alunos. Neste contexto, a prática da avaliação no modelo pedagógico de educação por construção de competências, enfatiza a necessidade da aplicação de critérios. Assim, empregaram-se questões fechadas com a finalidade de manter o especialista focado no problema em questão, tentando diminuir a dispersão do mesmo, pois neste momento do trabalho, a evidência da subjetividade dos critérios adotados veio à tona.

Para a explicitação dos critérios avaliativos em um nível que possibilitasse a codificação, várias sessões foram realizadas e muito esforço por parte do EH foi requisitado no sentido de refletir suas práticas avaliativas e analisar os instrumentos utilizados para capturar a essência de suas aplicabilidades. Com base em um estudo de casos dos alunos que cursaram eixo temático de metrologia no semestre 2003/II, estes critérios foram sendo elaborados. Como resultado desta operação, tem-se os critérios levados em consideração pelo professor Sadir Tomasi ao avaliar a competência técnica dos alunos, construída no eixo temático de metrologia. A Tabela 5.1 apresenta estes critérios.

Durante esta primeira etapa de aquisição do conhecimento, percebeu-se que para o professor Sadir Tomasi existia uma forte influência do comportamento do aluno na atribuição do conceito da competência técnica. Constatou-se então, a necessidade de equacionar a relação entre as competências comportamentais e a competência técnica na atribuição do conceito, para posterior implementação no sistema.

Tabela 5.1 – Critérios avaliativos para a competência técnica do eixo temático de metrologia.

<b>Conhecimentos gerais</b>
Conhecer as unidades de medida
Saber converter as unidades
Conhecer os vários tipos de escalas
Conhecer os diversos tipos de erro
Saber escolher os instrumentos pela tolerância da peça
Saber considerar as incertezas no resultado da medição
<b>Paquímetro</b>
Saber a finalidade dos diversos tipos de paquímetros em relação à forma dos apalpadores
Identificar o paquímetro no Sistema Métrico Decimal
Calcular a resolução do paquímetro no Sistema Métrico Decimal
Identificar o paquímetro no Sistema Inglês de Medidas
Calcular a resolução do paquímetro no Sistema Inglês de Medidas
Proceder a medição com o paquímetro
Obter o resultado da medição com o paquímetro
<b>Micrômetro</b>
Saber a finalidade dos diversos tipos de micrômetro em relação à forma dos apalpadores
Conhece e identifica os componentes de um micrômetro e suas finalidades
Saber identificar os micrômetros no Sistema Métrico Decimal
Calcular o valor do colar e do nônio no Sistema Métrico Decimal
Saber identificar os micrômetros no Sistema Inglês de Medidas
Calcular o valor do colar e do nônio no Sistema Inglês de Medidas
Proceder a medição com o micrômetro
Obter o Resultado da Medição com micrômetro

Como mostrado no capítulo 3, no Curso Técnico de Mecânica Industrial da GEMM do CEFET/SC, avalia-se vários aspectos relacionados à competência comportamental, a saber: assiduidade, pontualidade, relacionamento, cooperação, iniciativa, autonomia, criatividade, liderança e qualidade do trabalho. Explicitar os critérios de avaliação para cada um destes aspectos levaria muito tempo e geraria um volume de conhecimento excessivo para ser aplicado em um protótipo evolutivo. Assim, após a realização de outras sessões com o especialista identificou-se que os aspectos mais relevantes para a atribuição do conceito da competência técnica são: autonomia, cooperação, iniciativa e relacionamento.

Conhecidos os critérios, uma nova demanda de sessões foi identificada para extrair a inferência destes critérios na emissão final dos conceitos. Como consequência deste trabalho de interação com o especialista, elaborou-se tabelas com valores para os critérios que reproduziam de forma sintética, o caso de cada aluno que cursava o eixo temático de metrologia no semestre 2003/II, perfazendo um total de 33 avaliações. A Tabela 5.2 a seguir, exemplifica o caso de um aluno com conceito proficiente na competência técnica: “conhecer sistemas de medição linear e angular e suas potencialidades”. A partir da análise das tabelas geradas, abstraiu-se as regras para compor o módulo de interpretação do sistema.

Concluída a etapa inicial de aquisição, inicia-se a representação de modo a efetivar a implementação do conhecimento na Base de Conhecimento do sistema. Como a Tabela 5.2, sintetiza as informações pertinentes à emissão do conceito do aluno, concebeu-se em função destas, a classe de objetos Eixo Temático composta pelos seguintes atributos:

Tabela 5.2 – Exemplo de inferência dos critérios avaliativos para o caso de um aluno com conceito proficiente.

<b>Avaliação da Competência Técnica</b>			
<b>Critério avaliado</b>	<b>Sabe</b>	<b>Sabe (+-)</b>	<b>Não sabe</b>
Conhece as unidades de medida			<b>X</b>
Sabe converter as unidades	<b>X</b>		
Conhece os vários tipos de escalas		<b>X</b>	
Conhece os diversos tipos de erro			<b>X</b>
Sabe escolher os instrumentos pela tolerância da peça		<b>X</b>	
Sabe considerar as incertezas no resultado da medição		<b>X</b>	
<b>Paquímetro</b>			
Sabe a finalidade dos diversos tipos de paquímetro em relação à forma dos apalpadores			<b>X</b>
Identifica o paquímetro no Sistema Métrico Decimal	<b>X</b>		
Calcula a resolução do paquímetro no Sistema Métrico Decimal	<b>X</b>		
Identifica o paquímetro no Sistema Inglês de Medidas	<b>X</b>		
Calcula a resolução do paquímetro no Sistema Inglês de Medidas			<b>X</b>
Procedimento de medição com o paquímetro	<b>X</b>		
Obtenção do Resultado da Medição com o paquímetro	<b>X</b>		
<b>Micrômetro</b>			
Sabe a finalidade dos diversos tipos de micrômetro em relação à forma dos apalpadores		<b>X</b>	
Conhece e identifica os componentes de um micrômetro e suas finalidades	<b>X</b>		
Sabe identificar os micrômetros no Sistema Métrico Decimal	<b>X</b>		
Calcular o valor do colar e do nônio no Sistema Métrico Decimal	<b>X</b>		
Sabe identificar os micrômetros no Sistema Inglês de Medidas	<b>X</b>		
Calcula o valor do colar e do nônio no Sistema Inglês de Medidas		<b>X</b>	
Procedimento de medição com o micrômetro	<b>X</b>		
Obtenção do Resultado da Medição com micrômetro		<b>X</b>	
<b>Aspectos Comportamentais</b>		<b>Valores</b>	
		<b>EXEC</b>	<b>PROF</b>
Autonomia, cooperação, iniciativa e relacionamento.			<b>X</b>
<b>CONCEITO FINAL</b>		<b>PROFICIENTE</b>	

- *Identificador*: que identifica o eixo temático;
- *Aluno*: que identifica o aluno;
- *Avaliador*: que identifica o professor avaliador;
- *Critério 1, 2, 3... n*: que recebem o valor atribuído pelo professor;
- *Conceito dos aspectos comportamentais*: recebe o valor atribuído pelo professor;
- *Conceito final*: gerado pelo sistema;
- *Competência técnica desenvolvida no eixo temático*: é especificada para cada eixo avaliado.

A classe de objetos acima descrita atendeu de forma satisfatória os requisitos necessários para a codificação do conhecimento no sistema. A implementação foi executada gerando a primeira versão do SE, toda ambientalizada no *Shell CLIPS*, como apresenta a Fig. 5.8.

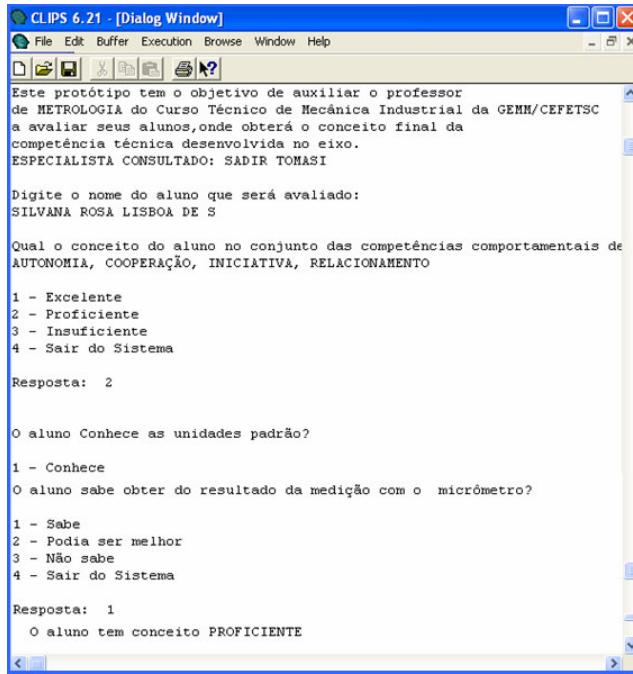


Figura 5.8 – Primeira versão do sistema no ambiente do *Shell CLIPS*.

Com a disponibilização da primeira versão, vários testes foram feitos para avaliar o sistema, e devido à importância dos resultados este assunto será tratado no próximo capítulo. Neste momento, cabe destacar que o principal usuário do sistema, o professor Sadir Tomasi pôde avaliar a aplicabilidade da pesquisa quando, ao manusear o sistema e simular a emissão de seus conceitos aos alunos, teve noção das possibilidades a serem geradas com a continuidade da pesquisa, mostrando grande entusiasmo em dar prosseguimento aos trabalhos.

## 5.7 - PROJETO DETALHADO

Esta fase do desenvolvimento do SE tem por objetivo readequar as decisões tomadas na fase do projeto preliminar fundamentada nos resultados da prototipagem rápida. Após a análise dos resultados obtidos na fase de prototipagem inicial percebeu-se que as decisões

tomadas na elaboração do projeto preliminar estavam adequadas necessitando-se, contudo, aplicar algumas mudanças ao escopo deste trabalho.

Uma delas faz menção à necessidade levantada pelos professores, da possibilidade do SE poder avaliar os três grupos de competências definidas para o Curso Técnico de Mecânica Industrial da GEMM, a saber: competências comportamentais, competências técnicas e competências de projeto. No entanto, esta pesquisa não implementará no sistema a capacidade de avaliar as competências comportamentais e de projeto. Uma vez que a experiência vivenciada na etapa de aquisição do conhecimento da fase de prototipagem inicial evidenciou elevado grau de subjetividade envolvido na consideração do julgamento de competências comportamentais, constatou-se que a elucidação dos critérios avaliativos deste aspecto demandaria o dispêndio de uma carga de tempo inviável, que comprometeria a exeqüibilidade do trabalho.

Quanto à avaliação das competências de projeto, cabe ressaltar que os critérios avaliativos usados para a geração dos conceitos dos três aspectos considerados neste processo que são: capacidade de correlacionar conhecimento, contribuição para o projeto e qualidade do produto, devem ser obtidos através do consenso entre todos os professores ministrantes do primeiro módulo, o que novamente se configura como tarefa com alto grau de dificuldade de ser incorporada a esta pesquisa devido à limitação do tempo.

O módulo de tradução é uma unidade componente do sistema que necessitaria do auxílio de especialistas do setor que desenvolve o sistema acadêmico do CEFET/SC para sua implementação. Contudo, ao se estabelecer a comunicação com o responsável e apresentar-lhe o protótipo do sistema, a despeito do interesse demonstrado em colaborar com a realização da pesquisa, não foi possível compatibilizar a parte do tempo dos colaboradores necessária para auxiliar no trabalho. Constando a impossibilidade da colaboração destes especialistas, se optou em não incluir o desenvolvimento do módulo de tradução no escopo desta pesquisa.

Outra alteração a ser aplicada no desenvolvimento do *Métron*, está na elaboração de uma interface gráfica para o sistema. Ao se testar o protótipo inicial, que foi elaborado utilizando-se a interface do *Shell CLIPS*, evidenciou-se a necessidade de melhorar a forma de interação do usuário com o sistema ao fornecer e receber informações. No entanto, o EC não dispõe de tempo suficiente, e não é capacitado para desenvolver em paralelo o projeto de interface gráfica de um *software* que possui especificidades de criação estético-ergonômicas que não podem ser contempladas no âmbito desta pesquisa.

Essas alterações no escopo do trabalho não trouxeram perdas conceituais à pesquisa, pois as informações que seriam buscadas do banco de dados do CEFET/SC para serem manipuladas pelo sistema foram fornecidas pelo usuário. Por conseguinte, as informações

geradas pelo *Métron*, a serem encaminhas ao sistema acadêmico do CEFET/SC foram representadas sob a forma de *objetos* para fornecerem as saídas necessárias aos usuários. A interface gráfica fornecida pelo *Shell CLIPS* apesar de conter limitações, pode ser programada de maneira a amenizar os efeitos desmotivadores que um projeto gráfico deficiente ergonomicamente pode suscitar nos usuários.

Finalizando-se os ajustes no projeto do sistema, dá-se continuidade à pesquisa executando-se um novo ciclo de incremental de desenvolvimento a fim de gerar as outras versões do sistema.

## 5.8 - IMPLEMENTAÇÃO

Após a execução do projeto detalhado do *Métron*, inicia-se a fase de implementação do conhecimento, através da programação do código. Geram-se então as versões programadas e executam-se as etapas de aquisição, representação e implementação do conhecimento e, por fim os testes, fechando o ciclo de desenvolvimento incremental. Consoante às considerações apresentadas até agora, esta fase de implementação foi feita de forma semelhante à fase de prototipagem inicial que gerou a primeira versão do sistema. Sendo que se considera relevante neste momento, descrever as principais características da segunda e terceira versões do sistema.

### 5.8.1 – Implementação da segunda versão do *Métron*

A segunda versão do *Métron* foi gerada pela implementação de algumas modificações no código do protótipo evolutivo da primeira versão. As modificações necessárias foram constatadas em entrevistas com o especialista na etapa de aquisição do conhecimento e estão descritas a seguir.

Os critérios de avaliação passaram a ser considerados em blocos de conhecimentos desenvolvidos tais como: conhecimento geral em metrologia, paquímetro, micrômetro e medição angular, conforme destaque da Fig. 5.9, para permitir o acompanhamento parcial do desempenho do aluno ao longo do semestre letivo visando incorporar os princípios da avaliação formativa. Ainda neste contexto, os critérios avaliativos dos blocos de conhecimentos foram revisados e acrescidos de novos critérios.

A influência das competências comportamentais desvinculou-se, com a redefinição das regras de julgamento, do conceito da competência técnica. Isto se deu a partir da mudança

na maneira de considerar os critérios por parte do especialista, consequente da análise dos resultados obtidos durante a etapa de testes da primeira versão do sistema. Esta análise evidenciou que as competências comportamentais na filosofia do Curso Técnico de Mecânica Industrial são avaliadas através das características pessoais do aluno (assiduidade, pontualidade, relacionamento, cooperação, iniciativa, autonomia, criatividade, liderança, qualidade do trabalho) em categoria separada, conforme item 3.3.2, e já recebem o destaque necessário dentro do contexto da avaliação.

A função informativa foi aperfeiçoada com a disponibilização de tabelas contendo os valores dos critérios de avaliação fornecidos na entrada das informações, para que o usuário pudesse consultar assim que o sistema emitisse o conceito do aluno. Estas tabelas foram implementadas na tela do ambiente *Shell CLIPS* e em arquivos HTML, conforme ilustram as figuras 5.9 e 5.10.

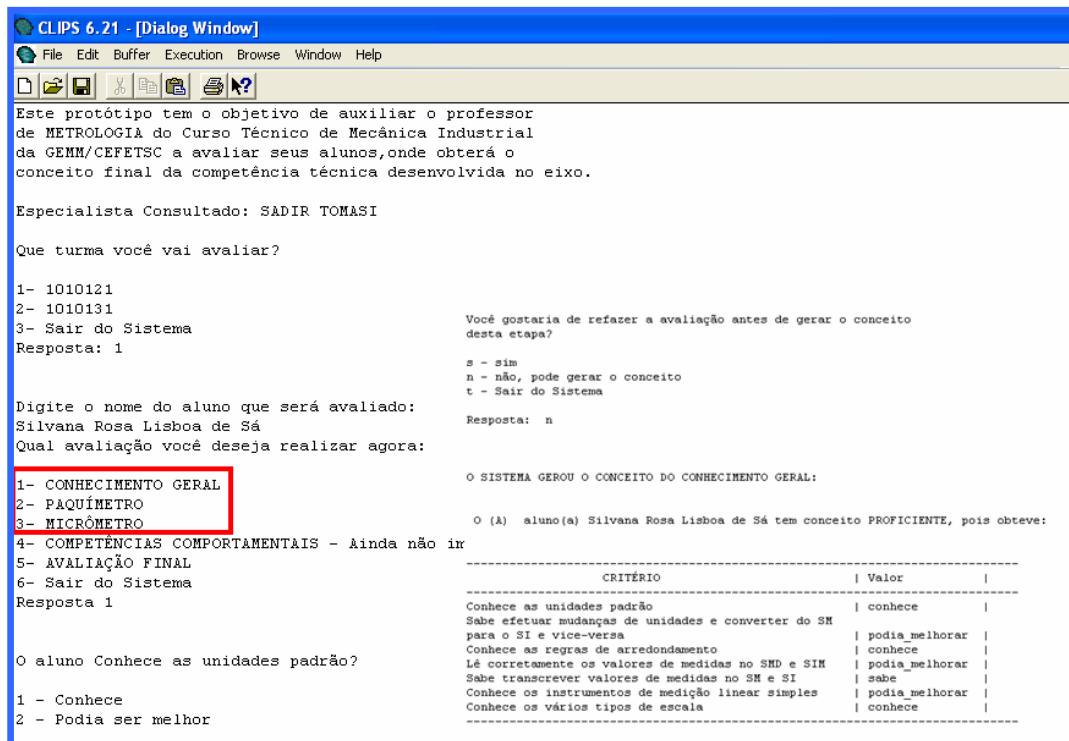


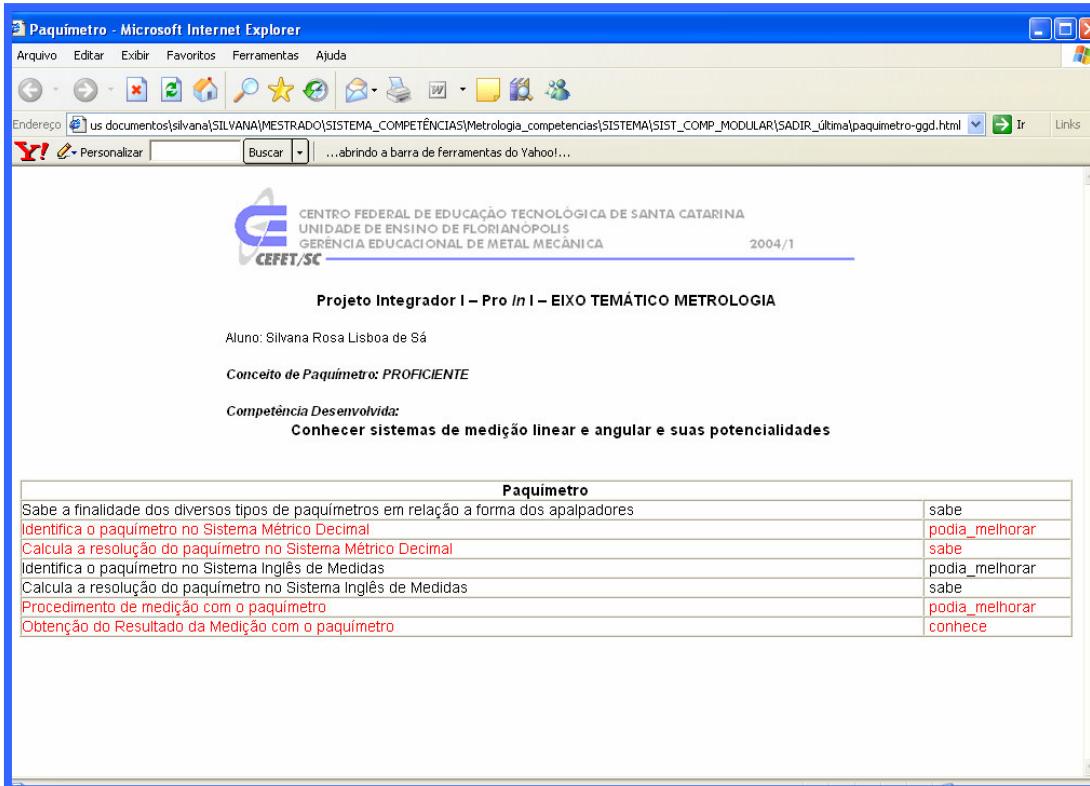
Figura 5.9 – Segunda versão do *Métrron* na interface do *Shell CLIPS*, melhoramentos.

### 5.8.2 – Implementação da terceira versão do *Métrron*

A terceira versão do sistema se caracteriza por apresentar: a implementação do *módulo relatórios* que armazena as informações obtidas ao longo do processo de avaliação do aluno, para serem manipuladas por outros módulos do sistema; a redefinição das regras de obtenção do conceito final do aluno, e a readequação, tanto de nomenclatura quanto de localização, dos critérios avaliativos dentro dos blocos de conhecimento. Estas alterações foram sugeridas pelo

professor Sadir Tomasi após a validação da segunda versão do sistema, processo que gerou reflexão sobre a importância dos critérios avaliativos para a obtenção dos conceitos parciais dos blocos de conhecimento frente ao conceito final da competência técnica avaliada.

Outras mudanças foram implementadas no sentido de melhorar a interface gráfica, e a geração dos arquivos HTML. Assim, configurada a versão mais recente do *Métron* passou-se a executar os testes necessários à sua avaliação, que estão descritos no próximo capítulo.



The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer window with the title 'Paquimetro - Microsoft Internet Explorer'. The address bar shows the URL: 'E:\us documentos\silvana\SILVANA\ESTRADO\SISTEMA\_COMPETENCIAS\Metria\_competencias\SISTEMA\SIST\_COMP\_MODULAR\SADIR\_última\paquimetro-ggd.html'. The page content is a generated HTML table titled 'Paquimetro' for a student named Silvana Rosa Lisboa de Sá. The table lists various tasks and the student's level of achievement: 'sabe' (knows) or 'poderia\_melhorar' (could improve). The table includes the following rows:

Paquimetro	
Sabe a finalidade dos diversos tipos de paquímetros em relação a forma dos apalpadores	sabe
Identifica o paquímetro no Sistema Métrico Decimal	poderia_melhorar
Calcula a resolução do paquímetro no Sistema Métrico Decimal	sabe
Identifica o paquímetro no Sistema Inglês de Medidas	poderia_melhorar
Calcula a resolução do paquímetro no Sistema Inglês de Medidas	sabe
Procedimento de medição com o paquímetro	poderia_melhorar
Obtenção do Resultado da Medição com o paquímetro	conhece

Figura 5.10 – Tabela em HTML gerada pelo sistema.

## 5.9 – TESTES DO SE

Esta etapa tem por objetivo a avaliação do desempenho do SE, que pode ser subdividida em: verificação - etapa da avaliação realizada pelo EC (Engenheiro do Conhecimento); e validação - etapa da avaliação conduzida pelo EH (Especialista Humano) e outros usuários do sistema.

Nesta pesquisa o protótipo sofreu vários estágios de verificação, utilizando-se os casos dos alunos que cursaram o módulo I do Curso Técnico de Mecânica Industrial nos semestres 2003/II, 2004/I e 2004/II, perfazendo um total de 120 alunos. A validação de cada versão do protótipo foi realizada pelo EH e a validação da versão final foi executada por dois especialistas em metrologia do CEFET/SC.

Devido ao grau de importância desta etapa de testes do protótipo para a constatação dos resultados desta pesquisa, ter-se-á sua pormenorização no próximo capítulo.

## 5.10 - AJUSTE DE PROJETO

Com a realização dos testes nas versões do sistema, tem-se a necessidade de executar ajustes a partir do retorno das avaliações, cujo objetivo é fazer com que o sistema atenda às especificações iniciais de projeto, ou sofra alterações para melhorar sua qualidade. Após esta etapa, inicia-se um novo ciclo de implementação e testes, que é conduzido para cada parte de conhecimento a ser inserido no SE.

## 5.11 – MANUTENÇÃO DO SE

Após ser atingida as metas de abrangência da BC, chegando à finalização do SE, existe a etapa de manutenção que é realizada para:

- Corrigir falhas não identificadas durante a construção do SE.
- Atualizar a BC (Base de Conhecimento) para as novas condições do DC (Domínio do Conhecimento).
- Expandir a atuação da BC em relação ao DC.

A manutenção do sistema desenvolvido nesta pesquisa será executada se o CEFET/SC efetivamente implantá-lo e resolver desenvolver as outras versões que englobem outros eixos temáticos.

## 5.12 – CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo descreveu as fases do modelo incremental, detalhando as etapas executadas para desenvolvimento do *Métron*, explicitando suas principais características, mostrando que o trabalho de desenvolver um sistema especialista para auxiliar o professor do eixo temático de metrologia na emissão dos conceitos aos alunos é uma realidade.

Muitas dificuldades foram encontradas durante o processo. Uma delas diz respeito à programação que acarretou em investimento de tempo excessivo na execução das etapas de implementação. No entanto, para garantir a continuidade da pesquisa, buscou-se soluções com o auxílio do professor orientador, em fóruns de discussão da *Shell CLIPS* e em estudos

complementares nas bibliografias especializadas. Outra dificuldade está relacionada com o grau de subjetividade empregada no processo avaliativo que exigiu muita paciência, estudo e dedicação por parte do engenheiro do conhecimento e principalmente do especialista humano, que passou os últimos três semestres letivos tendo sua prática pedagógica questionada e avaliada.

Outro ponto a ressaltar está na característica de modularidade do *Métron*, que somado a facilidade de manipulação do conhecimento fornecida pela representação OO, facilitaram o processo de ajuste do projeto durante o seu desenvolvimento. A capacidade de expansão do sistema ficou garantida com esta característica, pois a simplicidade da representação do conhecimento com a configuração dos módulos simplifica a adição de novos conhecimentos. Após externalizados, estes conhecimentos são implementados através da criação de novos objetos e regras, que representam os outros eixos temáticos acrescentados e as novas inferências para a atribuição dos conceitos de acordo com os professores consultados.

Assim, acredita-se o *Métron* apresenta um resultado satisfatório no contexto da pesquisa como mostrado no capítulo seguinte, que relata os testes realizados com o mesmo.

## CAPÍTULO VI

# TESTES DO PROTÓTIPO

### 6.1 – INTRODUÇÃO

A fase de teste de um sistema especialista é executada durante todo o processo de desenvolvimento do sistema, garantindo que sua evolução seja avaliada quanto ao desempenho e utilidade, evidenciando-se erros desde a sintaxe da linguagem de programação até a representação do conhecimento.

Para Rabuske (1995), a avaliação de um sistema, por se caracterizar uma tarefa pouco excitante, não recebe a devida atenção por parte dos desenvolvedores, e ainda há escassas pesquisas nesta área. No entanto, é salutar considerar-se a importância de tal tarefa para se garantir a qualidade do sistema em cumprir as especificações, enfatizando: a capacidade de explicação, a interação com o usuário, e a aceitação do sistema na área de aplicação.

Com a descrição do desenvolvimento do *Métrron* e suas principais características no capítulo anterior, apresenta-se agora os métodos e métricas adotados para avaliá-lo.

### 6.2 – TESTES DO PROTÓTIPO

Os testes, durante o desenvolvimento dos SE são realizados com a finalidade de obter dados que auxiliem na adequação do sistema às especificações do projeto, direcionando os ajustes necessários ou simplesmente concludo uma fase do seu desenvolvimento.

Para Borges (2002), na abordagem incremental de evolução dos SE, em que a formação da Base de Conhecimento (BC) é realizada em etapas progressivas, os testes são extremamente importantes, pois indicam a possibilidade de continuação do trabalho ou a necessidade de um reprojeto com mudanças de paradigma sobre o SE.

Valendo-se de um modelo análogo Boehm (1988) (Mosqueira-Rey e Moret-Bonillo, 2000) propôs uma espiral de desenvolvimento de SE, mostrada na Fig. 6.1, que explicita como o sistema evolui ao longo do processo. Na metodologia espiral os estágios finais de cada ciclo de desenvolvimento são responsáveis por testar a qualidade do sistema desenvolvido. Estes estágios são conhecidos como verificação e validação, ou simplesmente V&V. A seguir tem-se a descrição destes estágios no desenvolvimento do *Métrron*.

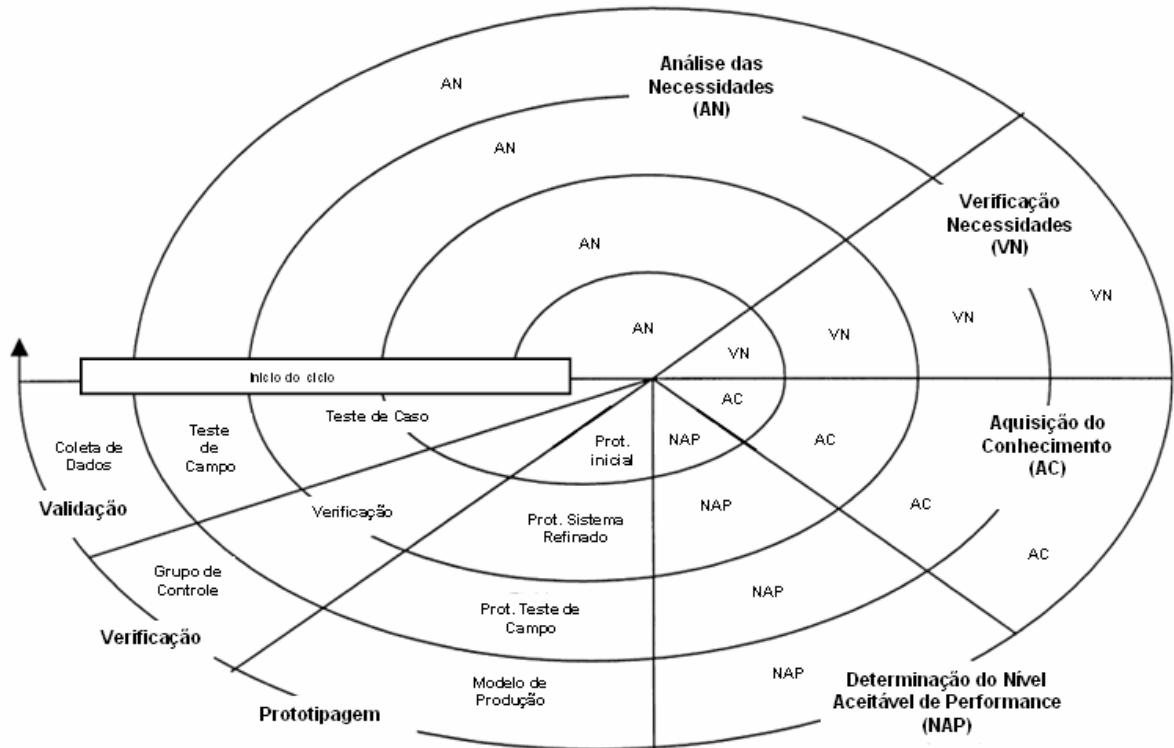


Figura 6.1 - Espiral de desenvolvimento de SE. Fonte: Lee e O'Keefe (1994) (Mosqueira-Rey e Moret-Bonillo, 2000).

### 6.3 – VERIFICAÇÃO

A verificação é executada pelo Engenheiro do Conhecimento, pois se destina à eliminação de erros inseridos durante a fase de implementação. Para Gonzalez e Dankel (1993), quando um SE é desenvolvido utilizando-se um sistema *Shell*, a preocupação com a estrutura da *máquina de inferência* e a *agenda* do sistema pode ser eliminada, pois os desenvolvedores da ferramenta já realizaram os testes necessários nestes componentes. Assim, a verificação pode ser conduzida no sentido de assegurar se existe correspondência entre as especificações do sistema e o que ele realmente consegue executar.

Nos casos em que se utiliza um *Shell* para o desenvolvimento do sistema, a verificação é compreendida por duas etapas:

1. Verificar a existência de erros de semântica e sintaxe na base de conhecimento.
2. Verificar se o sistema atende as especificações definidas no projeto.

Durante a realização da primeira etapa de verificação são identificados os erros computacionais inerentes à programação de um *software*. Quando o programador insere comandos incorretos de digitação na chamada de funções, ou na chamada de comandos, tem-

se a geração dos erros de sintaxe. Já os erros de semântica, se originam da formação incorreta da Base de Conhecimento e tem como característica a inserção de regras incoerentes com a representação do conhecimento. Segundo Gonzalez e Dankel (1993), os erros de semântica mais comum encontrados são:

*Regras redundantes* - regras que possuem premissas idênticas e levam a conclusões idênticas. Isto também acontece mesmo quando as conclusões não são sintaticamente idênticas, mas levam ao mesmo significado.

*Regras conflitantes* - quando as premissas de duas regras são idênticas, mas suas conclusões são conflitantes.

*Regras incluídas* - uma regra é incluída por outra, se esta tem mais restrições condicionais com conclusões idênticas.

*Regras circulares* - conjunto de regras que apresentam um encadeamento entre si formando loops.

*Regra sem-saída* - no encadeamento direto, estas são regras cujas ações não afetam qualquer conclusão e não são usadas por outras regras para gerar outras conclusões.

*Regras inatingíveis* - no sistema de encadeamento direto, este tipo de regra indica que suas premissas jamais serão satisfeitas, ou pela ausência de certas regras ou pela falta de dados de entrada. Isto é equivalente a uma *regra sem-saída* no sistema de encadeamento reverso.

*Regras perdidas* - são caracterizadas por resultarem em fatos que não são usados no processo de inferência, em conclusões não afetadas por qualquer outra regra ou função, ou falhas em cobrir todos os possíveis valores das entradas.

Para identificar e corrigir os erros de sintaxe do *Métron* utilizou-se as ferramentas disponibilizadas pelo *Shell CLIPS*, que durante a implementação do código facilitou a depuração da programação. A eliminação deste tipo de erro é obrigatória para permitir que o sistema seja executado e cumpra suas funções.

Este processo de avaliação dos erros de sintaxe foi realizado durante o desenvolvimento de todas as versões do *Métron*, garantindo que o mesmo evoluísse de acordo com o projeto.

Na busca pelos erros de semântica executou-se uma análise minuciosa da Base de Conhecimento (BC). Ao contrário do que ocorre com os erros de sintaxe, que podem ser identificados pela depuração do sistema, os erros de semântica que têm origem na implementação da BC e/ou interpretação entre EC e EH só podem ser evidenciados pelo uso do sistema. Assim, para corrigir esses erros realizou-se um trabalho exaustivo de simulação de casos hipotéticos de alunos sendo avaliados pelo sistema.

Para poder verificar e ratificar a hipótese de que o sistema respondia à entrada de dados elaborando os resultados coerentemente com os princípios formulados pelo EH, foram executados exercícios de aplicação, testando o *Métron* com as situações registradas dos alunos que cursavam o eixo temático no período letivo corrente. Assim, aplicou-se as tabelas (conforme Apêndice D) geradas para cada versão do sistema que correspondiam aos dados coletados para a avaliação dos alunos que cursaram o eixo temático de metrologia nos semestres letivos de 2003/II, 2004/I e 2004/II.

A importância desse procedimento para o aperfeiçoamento do sistema se manifesta na superação de falhas e implica também na reflexão e aprimoramento do conhecimento do EH envolvido. Após a observação das tabelas fornecendo a geração das regras para a atribuição de conceitos, os casos de discordância entre esses e os resultados obtidos pelo julgamento do EH eram apresentados a este para uma nova rodada de discussões e a reelaboração das regras de julgamento.

Este processo avaliativo foi realizado até que o EC considerasse o sistema em condições de ser avaliado por pessoas externas ao ambiente de desenvolvimento. Pois, a realização, por parte do EC, de uma busca detalhada por erros, tanto de sintaxe quanto de semântica, não garantia que o SE estivesse livre desses.

Na segunda etapa de verificação do sistema, foram considerados vários aspectos referentes à especificação do sistema, a saber:

- Se o paradigma de representação do conhecimento foi implementado adequadamente.
- Se a técnica de raciocínio adequada foi empregada, no caso do *Métron*, se o sistema avalia utilizando os critérios usados pelo professor especialista.
- Se a explicação foi apropriada ao usuário.
- Se a modularidade foi garantida no projeto e na implementação.

Estes aspectos foram avaliados em todas as versões de forma qualitativa pelo EC que ajustou o sistema buscando atender as especificações do projeto segundo sua análise, sendo que o parecer final da qualidade do sistema foi dado por especialistas em metrologia do CEFET/SC que foram convidados a realizar esta avaliação. A próxima seção descreve como se deu este processo.

## 6.4 – VALIDAÇÃO

A fase de testes no desenvolvimento dos SE evolui da verificação para a validação, que envolve a determinação da eficácia do sistema final com relação às necessidades e requisitos do usuário. Esta tarefa é inherentemente mais complexa que a verificação, pois submete o SE a testes, em condições fora do ambiente no qual é desenvolvido.

Segundo O'Keefe et al. (1987) (Mosqueira-Rey e Moret-Bonillo, 2000), os métodos de validação, quanto à análise dos resultados, podem ser classificados freqüentemente em dois grupos principais: qualitativos e quantitativos. Os métodos qualitativos empregam técnicas subjetivas para a comparação do desempenho, e os métodos quantitativos são baseados no uso de medidas estatísticas. Gonzalez e Dankel (1993) sugerem a aplicação de métodos estatísticos no auxílio dos resultados dos testes que envolvam grandes amostragens. Assim, no contexto do *Métrron* que se encontra no estágio evolutivo com aplicabilidade restrita à avaliação em metrologia básica, tendo poucos usuários envolvidos, não se constatou a necessidade do uso de métodos estatísticos de validação, realizando-se somente uma avaliação qualitativa do mesmo.

Ainda para Gonzalez e Dankel (1993), a validação quanto à metodologia aplicada pode ser categorizada em:

*Validação Informal* – é uma avaliação superficial e qualitativa através de reuniões com um ou mais especialistas do domínio. Embora, tal avaliação seja útil durante o desenvolvimento de um módulo da base de conhecimento, este método não pode ser considerado satisfatório como único meio de avaliar a base de conhecimento.

*Validação Formal* – é um método avaliativo, onde o sistema é tratado como uma "caixa preta", tendo suas saídas comparadas com respostas de especialistas, requerendo para isto testes predefinidos. Na comparação, as opiniões dos especialistas podem variar de simples respostas na forma de sim ou não, ou uma faixa de valores, tanto qualitativos como quantitativos.

Para a avaliação do *Métrron* executou-se uma validação formal como etapa final de desenvolvimento de cada versão gerada. Nesse procedimento o responsável pela avaliação do sistema foi o EH. A versão final, terceira aperfeiçoada, foi validada por dois especialistas convidados: André Roberto de Souza, Doutor em Engenharia Mecânica pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFSC, é professor da área de metrologia do CEFET/SC há mais de dez anos e professor associado do Curso de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial da UFSC. Bruno Manoel Neves, Mestre em Engenharia de Produção pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC, é professor

da área de metrologia do CEFET/SC há mais de trinta anos. Tendo participado efetivamente da elaboração do projeto de reforma do Curso Técnico de Mecânica e realizado vários trabalhos relacionados à pedagogia das competências.

### 6.3.1 – Validação pelo especialista consultado

Como principal envolvido o especialista consultado também deve participar de forma significativa da validação. No caso do *Métron* sua participação é imprescindível, pois ele é também o usuário em primeira instância já que o sistema caracteriza-se por ser aplicado ao eixo temático específico em que atua e foi desenvolvido a partir do seu conhecimento.

O prof. Sadir Tomasi validou as três versões realizando uma comparação entre os resultados emitidos pelo sistema e os conceitos que ele atribuiu aos alunos que cursaram o eixo temático de metrologia nos semestres 2003/II, 2004/I e 2004/II. Para controlar as informações geradas nesta avaliação, gerou-se para cada aluno uma tabela contendo os valores dos critérios avaliativos e os conceitos atribuídos pelo professor Sadir Tomasi perfazendo um total de 120 casos analisados. As três diferentes configurações de tabelas usadas nestes testes estão mostradas no Apêndice D.

O resultado das validações evidenciou aspectos positivos na evolução das versões do sistema, do protótipo inicial até a versão final, conforme descrito no capítulo anterior. Contudo, há que se considerar os pontos merecedores de aperfeiçoamento como a readequação das regras de inferência para a atribuição dos conceitos caracterizando a evolução da Base de Conhecimento. Do mesmo modo, para cada versão validada realizou-se os ajustes necessários na interface do sistema. O parecer final do professor Sadir Tomasi em relação ao sistema desenvolvido está descrito a seguir:

*“O sistema desenvolvido para auxiliar na avaliação das competências ora implantado no eixo de Metrologia Básica, traz maiores facilidades ao professor no momento de emitir os conceitos para os alunos. Não quero dizer com isto, que o professor neste momento seja substituído pelo sistema, mas sim, que o sistema auxilia-o para tomadas de decisões mais constantes em relação a qualquer aluno avaliado.*

*O sistema de avaliação usado anteriormente era o mesmo (avaliação de competências), porém sem o gerenciamento do Software, neste caso, o professor deve ter muito mais cuidado na elaboração do conceito final do aluno, precisando recorrer ao portfólio de cada aluno para emissão do conceito. Portanto, no Eixo Temático de Metrologia Básica, considero plenamente viável a utilização deste Gerenciamento através do Software.”*

Analisando-se o parecer acima se pode verificar que o objetivo desta pesquisa foi alcançado, pois, o principal usuário do *Métron* constata um melhoramento do processo avaliativo quando afirma:

- Que “*o sistema de avaliação usado anteriormente era o mesmo*”, como o eixo temático de metrologia já havia sido ministrado nos anos de 2000, 2001, 2002 e 2003, o professor Sadir Tomasi acumulou sete semestres de experiência em avaliação neste novo modelo de construção de competência e pôde comparar o processo avaliativo antes e depois da aplicação do Métron.
- Que a emissão do conceito pelo sistema torna a tomada de decisão mais coerente, diminuindo assim, as variações de critérios subjetivos utilizados no processo de avaliação anterior ao seu uso.

No entanto, cabe ressaltar que muitos autores afirmam que validação feita por apenas um especialista pode ser questionável (Mosqueira-Rey e Moret-Bonillo, 2000), assim o sistema foi avaliado por mais dois especialistas em metrologia, professores do CEFET/SC, conforme citado.

### 6.3.2 – Validação por outros especialistas

Para que os especialistas pudessem realizar a validação do sistema, baseou-se na experiência de Borges (2002) e elaborou-se uma *ficha de avaliação* com o intuito de coletar as informações e facilitar o processo de análise dos resultados. Nesta ficha, os seguintes aspectos foram evidenciados:

*Interface de entrada*, indicando a interação do protótipo com o usuário na entrada dos dados relacionados com a avaliação da competência técnica de metrologia.

*Interface de saída*, descrevendo a facilidade com que o *Métron* explica a maneira como atribui o conceito aos alunos.

*Base de Conhecimento*, descrevendo o conhecimento de metrologia básica necessário para a emissão dos conceitos aos alunos.

Como métrica para os aspectos acima relacionados usou-se uma escala de cinco valores, a saber: ótimo, muito bom, bom, regular e ruim. Estes valores tentaram expressar o real conceito que os especialistas tiveram em relação ao sistema.

A avaliação do sistema pelos especialistas convidados contemplou duas formas de simulação de casos. Com base em sua prática docente em metrologia básica no Curso Técnico de Automobilística, o prof. André Roberto de Sousa julgou os aspectos enfocados na ficha avaliativa simulando a aplicação do sistema em aproximadamente 40 situações de avaliação

de alunos do curso. O prof. Bruno, por sua vez, não ministrando atualmente o eixo temático de metrologia simulou também em média 40 casos hipotéticos de avaliação de desempenho de alunos para a validação sob seu julgamento.

Assim, os resultados finais dessa validação são apresentados nas Tabelas 6.1 e 6.2.

Tabela 6.1 – Resultado da validação feita pelo Professor André Roberto de Sousa.

<b>1. Facilidade de entrada de dados</b>	<b>BOM</b>
<b>Comentário:</b> “A estrutura é objetiva e de fácil manuseio. O formato (interface) pode ser melhorado para não tornar a operação visualmente cansativa”.	
<b>2. Interatividade com os dados de entrada</b>	<b>ÓTIMO</b>
<b>Comentário:</b> “É muito fácil entrar com os dados”.	
<b>3. Conhecimento exigido na entrada de dados</b>	<b>MUITO BOM</b>
<b>Comentário:</b> “Os tópicos listados na entrada de dados são de fácil compreensão para o usuário”.	
<b>4. Facilidade de leitura dos dados de saída</b>	<b>ÓTIMO</b>
<b>Comentário:</b> “Dados objetivos e claros. De fácil entendimento, e bem organizados”.	
<b>5. Apresentação dos dados de saída</b>	<b>BOM</b>
<b>Comentário:</b> “O formato pode ser otimizado, mas o conteúdo está perfeito. Lembrar que para o professor a avaliação é um processo muito repetitivo, que pode se tornar cansativo”.	
<b>6. Velocidade na obtenção das saídas</b>	<b>ÓTIMO</b>
<b>Comentário:</b> “Sistema ‘enxuto’ e muito rápido”.	
<b>7. Conhecimento inserido no programa</b>	<b>MUITO BOM</b>
<b>Comentário:</b> “A base de conhecimento em metrologia é completa nos requisitos que se espera do futuro profissional”.	
<b>8. Coerência entre as entradas e as saídas</b>	<b>MUITO BOM</b>
<b>Comentário:</b> “Nos meus testes o sistema mostrou-se totalmente coerente na correlação entre os ‘estímulos’ (ENTRADAS) e as ‘respostas’ (SAÍDAS)”.	

Tabela 6.2 – Resultado da validação feita pelo Professor Bruno Manoel Neves.

<b>1. Facilidade de entrada de dados</b>	<b>MUITO BOM</b>
<b>Comentário:</b> “Poderia ser implementada uma numeração dos critérios para facilitar a entrada de dados”.	
<b>2. Interatividade com os dados de entrada</b>	<b>BOM</b>
<b>Comentário:</b> “Encontrei dificuldades em corrigir enganos ao fornecer os valores dos critérios na entrada dos dados”.	
<b>3. Conhecimento exigido na entrada de dados</b>	<b>MUITO BOM</b>
<b>Comentário:</b> “Sem comentários”.	
<b>4. Facilidade de leitura dos dados de saída</b>	<b>BOM</b>
<b>Comentário:</b> “Melhorar o visual”.	
<b>5. Apresentação dos dados de saída</b>	<b>BOM</b>
<b>Comentário:</b> “Melhorar o aspecto visual”.	
<b>6. Velocidade na obtenção das saídas</b>	<b>BOM</b>
<b>Comentário:</b> “Sem comentários”.	
<b>7. Conhecimento inserido no programa</b>	<b>MUITO BOM</b>
<b>Comentário:</b> “Sem comentários”.	
<b>8. Coerência entre as entradas e as saídas</b>	<b>ÓTIMO</b>
<b>Comentário:</b> “Sem comentários”.	

Observando-se os resultados obtidos com a validação do sistema pelos professores que ministram o eixo temático de metrologia básica nos outros cursos oferecidos pela GEMM, pode-se concluir que o sistema atendeu de forma satisfatória a todos os aspectos avaliados devendo sofrer ajustes para melhorar as interfaces de entrada e saída. Cabe ressaltar ainda,

que durante o uso do *Métrron* os especialistas avaliadores, em alguns momentos discordaram do conceito final emitido pelo sistema, pois, a inferência dos critérios avaliativos na tomada de decisão para eles era diferente da utilizada pelo especialista consultado. A seguir, têm-se dois exemplos de pontos de discordâncias.

Ao discordar de um conceito proficiente emitido pelo sistema para o bloco de conhecimento em paquímetro de um aluno, o professor André que atribuiria neste caso um conceito excelente, comenta:

*“Os critérios em que o aluno recebeu o valor pode melhorar, são de fácil desenvolvimento na sua vida profissional. O aprendizado na vida real irá complementar esse conhecimento sem prejuízos para sua atuação.”*

Um outro exemplo para o mesmo tipo de avaliação aconteceu com o professor Bruno, que discordou de um conceito emitido pelo sistema indicando a proficiência de um aluno e ele indicaria a excelência. O professor comenta:

*“Considerando a construção das competências em usar e utilizar os procedimentos adequados com o paquímetro, o aluno poderá atingir a excelência dos critérios avaliados em pouco tempo.”*

Estas discordâncias apesar de terem sido constatadas em poucos casos, geraram a seguinte reflexão: para que o *Métrron* possa ser utilizado por mais de um professor ministrante do eixo temático de metrologia básica, tem-se a necessidade de se realizar algumas reuniões com os mesmos a fim de se obter um consenso quanto à inferência dos critérios avaliativos na emissão do conceito final. E assim, obter-se-á um sistema adequado à utilização dos avaliadores em metrologia básica após a realização de pequenos ajustes na Base de Conhecimento, caracterizados por:

- Alteração e/ou substituição de *slots*, que são os atributos da classe de objetos Eixo Temático, a tabela 6.3 exemplifica alguns destes *slots*.
- Alteração das regras de inferência sobre os valores dos critérios avaliativos.

Tabela 6.3 – Exemplos de slots da classe de objetos Eixo Temático e sua relação com o conhecimento externalizado.

<b>Código do CLIPS</b>	<b>Aquisição do Conhecimento</b>
(defclass Eixo-Tematico	Identificação da classe de objetos
(slot identificador	Metrologia
(slot avaliador	Professor usuário
(slot especialista	Especialista consultado
(slot comp_t1	Critério avaliativo: Sabe escolher os instrumentos pela tolerância da peça
(slot comp_t2	Critério avaliativo: Sabe considerar as incertezas no resultado da medição
(slot comp_p1	Critério avaliativo: Identifica o paquímetro no Sistema Métrico Decimal
(slot comp_p2	Critério avaliativo: Calcula a resolução do paquímetro no Sistema Métrico Decimal
(slot comp_m1	Critério avaliativo: Sabe identificar os micrômetros no Sistema Métrico Decimal
(slot comp_m2	Critério avaliativo: Calcular o valor do colar e do nônio no Sistema Métrico Decimal
(slot conceito_final	Conceito final da competência desenvolvida

## 6.5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

A descrição feita neste capítulo finda o ciclo de desenvolvimento do SE proposto neste trabalho de pesquisa, mostrando que a aplicabilidade do mesmo foi confirmada pelo depoimento dos especialistas. A conclusão geral das apreciações do funcionamento do *Métron* revela que é consensual o parecer de que a dinamicidade do sistema ratifica o seu alcance e sua exequibilidade no âmbito a que se destina. No entanto, o sistema deve ser aperfeiçoado com o desenvolvimento de uma interface gráfica mais apropriada para a repetibilidade da tarefa de avaliação e uma conexão do *Métron* aos sistemas de informações do CEFET/SC.

O próximo capítulo explicitará as considerações finais sobre a pesquisa e indicará possibilidades de desdobramentos desta em trabalhos futuros.

## CAPÍTULO VII

# CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 7.1 – CONCLUSÕES

Ao concluir-se este trabalho, considerando que seu objetivo principal se centrava no desenvolvimento de um protótipo avaliador do aspecto da competência técnica de um eixo temático num curso técnico-profissionalizante, constata-se que o alcance da pesquisa desenvolvida tem abrangência bastante ampla ao tangenciar dois campos distintos da reflexão acadêmica, notadamente a discussão educacional e a tecnológica, postos frente à frente e envolvidos neste exercício de interação da EC com a filosofia e metodologia da educação profissional.

Entre as contribuições resultantes do desenvolvimento de uma ferramenta de avaliação interpretativa de competências técnicas, subsidiando o processo educacional, convém destacar o caráter pioneiro da pesquisa, lançado pelo desafio de experienciar a aplicabilidade da Engenharia do Conhecimento na avaliação educacional profissionalizante.

A educação escolarizada constitui área acadêmica que, a despeito de sua longevidade e participação nos processos de revolução científica e tecnológica, assume, contudo, posição ambígua em relação à tecnologia. Isso se constata ao verificar-se a ênfase que educadores dão à importância da tecnologia, enquanto sistema de desenvolvimento de recursos para a otimização da qualidade no mundo do trabalho e na vida social, e, ao mesmo tempo, o preconceito que demonstram em incorporar seu produto, como instrumentos de intervenção e contribuição ao estudo e desenvolvimento dos processos educacionais.

Esse preconceito em relação aos recursos tecnológicos é parcialmente responsável pela dificuldade de se lidar com educandos cada vez mais envolvidos com a presença da tecnologia em seu cotidiano no lazer, na sociabilização e na busca de informações. E, se combater a exclusão, em todos os sentidos, constitui uma das grandes ‘bandeiras’ dos ideólogos da educação progressista contemporânea, a exclusão do acesso aos benefícios resultantes dos progressos tecnológicos é também importante barreira a ser superada. Sob essa ótica não se pode negar aos profissionais que exercitam o educar para viver no mundo contemporâneo o contato com esses artefatos tecnológicos e sua apropriação como instrumento de ação cidadã.

É nesse sentido que percebe-se que uma contribuição significativa foi dada aqui, um novo passo para a superação da obsoleta visão dicotômica da relação entre a sala de aula e o mundo do trabalho.

Ainda sob a perspectiva da inserção da tecnologia no trabalho educacional, especialmente no âmbito da avaliação, ao se analisar a prática de avaliação do modelo de educação por construção de competências, convém lembrar que o caráter mediador do *Métron* desenvolvido, evidenciando critérios explícitos sob o ponto de vista da competência técnica, para a planificação do processo de observação e julgamento de desempenho, não só coadjuva o avaliador na tomada de decisões como possibilita também a auto-avaliação pelo próprio aluno, ou a avaliação paralela por um outro profissional que acompanhe o trabalho do professor, como um laboratorista. Com isso retira-se do ministrante do eixo temático a responsabilidade total pelo julgamento, a partir da tradicional perspectiva da autoridade intelectual do perito, do especialista imerso na sua própria subjetividade, que muitas vezes não tem clareza do alcance dos objetivos do domínio técnico-cognitivo pelo avaliado.

Essa democratização do processo onde, conhecendo os critérios, os alunos, pela sua própria experiência podem se auto-avaliar e discuti-lo com o avaliador caracteriza significativo avanço no desenvolvimento de uma política pedagógica de construção de competências. Conseqüentemente, afigura-se aí uma rica oportunidade de desencadear novas reflexões sobre a problemática da operacionalização da pedagogia das competências, que ainda se mostra pouco compreendida, pela sua incipiente discussão e limitado amadurecimento associados à precoce implementação na prática educativa de nosso país.

O aporte da engenharia mecânica ao processo educativo-profissionalizante é aspecto igualmente merecedor de destaque. A educação profissional é o campo de trabalho da pesquisadora, ao mesmo tempo engenheira mecânica e docente, que, ao elaborar o projeto gerador desta dissertação pôde vislumbrar no desenvolvimento de tecnologia para esse meio, e na consequente otimização do processo de qualificação profissional da mão-de-obra da área da indústria formada e habilitada pela rede federal de educação tecnológica, a mais significativa contribuição a ser oferecida por esta pesquisa.

Um país que pretende se desenvolver pelo incremento da tecnologia precisa de profissionais melhor qualificados para lidar com esse progresso e essa qualificação não se traduz apenas pelo domínio dos instrumentos e recursos tecnológicos. Educar para se pensar, numa perspectiva suplantadora da mera relação operatória com os mecanismos de produção e de contraponto à sujeição do indivíduo às ondas maciças de informação, conforme viu-se no capítulo 2, talvez seja hoje o maior desafio que as instituições de formação enfrentem. Ao desenvolver-se o *Métron* e oferecê-lo à GEMM acredita-se ter somado um contributo ao

processo de interação da engenharia mecânica com a educação profissional e com o campo de produção industrial.

Um desafio a mais a se confrontar, apontado durante a elaboração do projeto desta pesquisa, suscitando dúvida sobre sua validade, se afigurou quando um profissional da indústria e também docente proferiu a sentença: “nunca vi um sistema especialista funcionar”. Acredita-se que a intencionalidade de experienciar a aplicação de técnicas e metodologias da Inteligência Artificial ao gerenciamento pedagógico de um curso técnico-profissionalizante resultou, dentre as conquistas verificadas na execução do desenvolvimento do sistema *Métron*, na conclusão de sua aplicabilidade concreta na prática avaliativa de um especialista em metrologia. A validação do sistema pelo mesmo professor e engenheiro, a princípio cético em relação ao êxito do uso desta ferramenta tecnológica no âmbito da avaliação, ratificou sua eficácia no atendimento das necessidades e requisitos do usuário nesta etapa de sua implementação. Mas, acima de tudo, o exercício de reflexão promovido na externalização do conhecimento pelo especialista (os critérios de julgamento com referência nas bases tecnológicas do eixo temático em questão) possibilitando uma compreensão do verdadeiro papel da EC nesse processo de tomada de decisão, demonstra que a intenção primeira, de funcionalidade de um sistema especialista no âmbito da avaliação de competências técnicas, pode se concretizar de forma satisfatória.

Ao apresentar-se um *feedback* das principais dificuldades encontradas pelos professores da GEMM durante o processo de avaliação segundo esse modelo o contributo do produto final, o sistema *Métron*, ao ambiente que serviu de campo de pesquisa para seu desenvolvimento foi também possibilitar ao curso de formação técnica em mecânica industrial, o ProIn, ao menos em um de seus eixos temáticos a discussão e sistematização dos critérios de avaliação, base com a qual se desenvolveu o SE. Esta elaborada reflexão resultou numa bem sucedida explicitação aos alunos dos aspectos cognitivos que compõem a competência técnica de domínio do conhecimento dos sistemas de mensuração linear e angular e de suas potencialidades.

Por sua vez, a aplicação das metodologias da EC contribuiu duplamente com o trabalho realizado no ambiente do campo de pesquisa:

Convém destacar em primeiro lugar que, durante o processo de externalização do conhecimento do especialista consultado, verificou-se que a metodologia explorada nessa sistematização envolveu o mesmo numa reflexão que gerou uma mudança contínua e progressiva no amadurecimento dos seus procedimentos de avaliação e, por conseguinte, na revisão de sua própria prática docente, dando-se o mesmo com a autora da pesquisa, também docente. Essa constatação ratifica o pressuposto apresentado na introdução de que o trabalho

do engenheiro do conhecimento nesses processos, ao proceder a construção, testes e modificação repetidas vezes durante o desenvolvimento de um SE, promove uma prática reflexiva compartilhada em que a base de conhecimento do sistema, as *competências* do especialista consultado e as suas próprias se aperfeiçoam mutuamente a cada teste.

Ao mesmo tempo, todo esse conhecimento estudado e sistematizado contribuiu para a iniciar a formação de um repertório básico, possibilitador da geração de uma memória corporativa na GEMM e, por uma coincidência feliz, resgatou a contribuição da carreira de um docente com mais de 30 anos de exercício profissional na especialidade enfocada no estudo. Acompanhando-o nos semestres que antecedem sua aposentadoria com a documentação de seu conhecimento como professor, o desenvolvimento do sistema *Métron* marca a singular contribuição do professor Sadir Tomasi à educação técnico-profissionalizante e representa o resgate de sua experiência como legado ao CEFET/SC instaurando, de forma inédita, uma prática salutar e estrategicamente vital para a sua afirmação como uma instituição competitiva no campo em que atua.

## 7.2 – RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Como sugestão para o desdobramento do escopo deste trabalho e que pode gerar a ampliação e otimização das possibilidades de atuação da linha de pesquisa adotada pode-se apontar que:

- Um estudo visando a criação de uma metodologia para o desenvolvimento de sistemas especialistas utilizando-se os conhecimentos das áreas de gerenciamento de projetos, desenvolvimento de produtos e desenvolvimento de *software*. O que proporcionaria uma contribuição significativa para futuros projetos de pesquisa que visassem o desenvolvimento de SE.
- O desencadeamento de um processo de aperfeiçoamento do Curso Técnico de Mecânica Industrial da GEMM, pela inserção do aporte da Engenharia do Conhecimento se estendendo aos outros eixos temáticos, pode ser um empreendimento gerador de benefícios valiosos ao trabalho do CEFET/SC, ainda que ambicioso.
- Uma contribuição futura a ser oferecida à educação técnico-profissionalizante pela Engenharia do Conhecimento em parceria com a pedagogia seria um estudo da implementação de SE de suporte ao acompanhamento e avaliação do processo de construção de competências comportamentais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, G. D. **Sistema Especialista Protótipo para Diagnóstico de Falhas em um Sistema Hidráulico Naval**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- ANTUNES, C. **Como desenvolver as competências em sala de aula**. Petrópolis, 2001.
- BACK, N.; FORCELLINI, F. A. **Apostila de Projeto de Produtos**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, 2002.
- BALLESTER, M et al. **Avaliação como apoio à aprendizagem** – Porto Alegre: Artmed, 2003.
- BARRETO, J. M., **Inteligência Artificial no limiar do século XXI**. Florianópolis: ppp Edições, 1997.
- BAZZO, W. A. **Ciência, tecnologia e sociedade: e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.
- BERGER, Ruy. **Formação Baseada em competências numa Concepção Inovadora para a Formação Tecnológica**. In: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL, 5, Pelotas, ETF-Pel, 1998.
- BITTENCOURT, G. **Breve história da Inteligência Artificial**. Florianópolis, 1999 disponível em <<http://www.das.ufsc.br/gia/history/history.html>> acesso em 22/02/2005.
- BLOOM, B. et al. **Taxonomia de objetivos educacionais: domínio afetivo**. Porto Alegre: Globo, 1973.
- \_\_\_\_\_. **Taxonomia de objetivos educacionais: domínio cognitivo**. Porto Alegre: Globo, 1979.
- BORGES, J. B. **Desenvolvimento de Protótipo Sistema Especialista para Projeto Pneumático**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BURNIER, S. **Pedagogia das competências: conteúdos e métodos**. BOLETIM TÉCNICO DO SENAC, Rio de Janeiro, v.27, n.3, set./dez., 2001.
- BRANDÃO, J. S. **Mitologia grega**. Petrópolis: Vozes, 1991.
- \_\_\_\_\_. **Dicionário Mítico-etimológico**. Petrópolis: Vozes, 1991.
- BRANDÃO, H. P. **Gestão baseada nas competências: um estudo sobre competências essenciais na indústria bancária**. Dissertação (Mestrado em Administração), Universidade de Brasília – UNB, 1999.
- BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. disponível em <<http://portal.mec.gov/arquivos/pdf/ldb.pdf>> acessado em 20/02/2004.

\_\_\_\_\_. **Decreto Lei nº 2.208, de 17 de abril de 1997.** Regulamenta o § 2º do art. 36 e os arts. 39 a 42 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. disponível em <[http://portal.mec.gov/setec/arquivos/pdf/DF2208\\_97.pdf](http://portal.mec.gov/setec/arquivos/pdf/DF2208_97.pdf)> acessado em 20/02/2004.

\_\_\_\_\_. **Portaria nº 646, de 14 de março de 1997.** Regulamenta a implantação do disposto nos artigos 39 a 42 da Lei nº 2.208/97 e dá outras providências. disponível em <[http://portal.mec.gov/arquivos/pdf/PMEC646\\_97.pdf](http://portal.mec.gov/arquivos/pdf/PMEC646_97.pdf)> acessado em 20/02/2004.

\_\_\_\_\_. **Portaria nº 1005, de 10 de setembro de 1997.** Implementa o programa de reforma da educação profissional - PROEP. disponível em <[http://portal.mec.gov/arquivos/pdf/PMEC1005\\_97.pdf](http://portal.mec.gov/arquivos/pdf/PMEC1005_97.pdf)> acessado em 20/02/2004.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 2.406, de 27 de novembro de 1997.** Regulamenta a Lei nº 8.948, de 08 de dezembro de 1994 e dá outras providências. disponível em <[http://portal.mec.gov/setec/arquivos/pdf/DF2406\\_97.pdf](http://portal.mec.gov/setec/arquivos/pdf/DF2406_97.pdf)> acessado em 20/02/2004.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 5154/04, de 23 de julho de 2004.** Regulamenta o § 2º do art. 36 e os arts. 39 a 41 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. disponível em <[http://portal.mec.gov/setec/arquivos/pdf/dec5154\\_04.pdf](http://portal.mec.gov/setec/arquivos/pdf/dec5154_04.pdf)> acessado em 13/12/2004.

BUGAY, E. **Modelo em hipermídia de um tutorial para criação de maquetes eletrônicas.** 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA. CEFET/SC – Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. Disponível em <<http://www.cefetsc.edu.br>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2005.

DELORS, Jacques et al . **Educação: um tesouro a descobrir.** São Paulo: Cortez; Brasília, DF: MEC: UNESCO, 2001.

DELUIZ, N. **O Modelo Das Competências Profissionais No Mundo Do Trabalho E Na Educação: Implicações Para O Currículo,** BOLETIM TÉCNICO DO SENAC, Rio de Janeiro, v.27, n.3, set./dez., 2001.

DEMO, P. **Aprender: o Desafio Reconstitutivo,** BOLETIM TÉCNICO DO SENAC, Rio de Janeiro, v.24, n.3, set/dez., 1998. Disponível em <<http://www.senac.br/informativo/bts/index.asp>> acesso em 3/04/2004.

\_\_\_\_\_. **Mitologias da Avaliação: de como ignorar, em vez de enfrentar problemas –** São Paulo: Campinas, Autores associados, 1999.

DEPRESBITERIS, L. **Avaliando competências na escola de alguns ou na escola de todos?,** BOLETIM TÉCNICO DO SENAC, Rio de Janeiro, v.27, n.3, set./dez., 2001.

DILIGENTI, M. P. **Avaliação participativa no ensino superior e profissionalizante** – Porto Alegre: Mediação, 2003.

DURAND, Thomas. **Forms of incompetence.** In: Fourth International Conference on Competence-Based Management. Oslo: Norwegian School of Management, 1998.

- \_\_\_\_\_. **L'alchimie de la competence.** Revue Française de Gestion (à paraître), 1999.
- DURKIN, J. **Expert Systems - Design And Development.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1994.
- FLEURY, Afonso; FLEURY, Maria Tereza Leme. **Estratégias empresariais e formação de competências: um quebra-cabeça caleidoscópio da indústria brasileira.** São Paulo: Atlas, 2000.
- GAGNÉ, Robert M.; BRIGGS, Leslie J.; WAGER, Walter W. **Principles of Instructional Design.** Orlando, Flórida: Holt, Rinehart and Winston, 1988.
- GEMM. **Projeto do Curso Técnico de Mecânica Industrial.** 1999. Gerência Educacional de Metal Mecânica – Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina.
- GIARRATANO, J.; G. RILEY. **Expert Systems – Principles and Programming.** 2nd. Ed. Boston: PWS Publishing Company, 1994.
- GOLEMAN, Daniel. **Inteligência emocional.** São Paulo: Objetiva, 1995.
- GONZALES, A. J.; DANKE, D. D. **The engineering of knowledge-based systems: theory and practice.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1993.
- HADJI, C. **Avaliação desmitificada** – Porto Alegre: Artmed, 2001.
- HATZIS, T. **Λεξικό: ελληνο - πορτογαλλικο/πορτογαλλο - ελληνικο.** Vitória: Consulado da Grécia, 1989.
- HEIDEMANN, C. **Modelo de Sistema Inteligente para Auxílio na Seleção de Conhecimentos.** 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- LABORATÓRIO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS. LASHIP – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. Disponível em <http://www.laship.ufsc.br/>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2005.
- LIMA FILHO, D. L. **A Reforma da Educação Profissional no Brasil nos Anos Noventa.** 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina.
- LUCKESI, C. C. **Prática Docente e Avaliação** – Rio de Janeiro: ABT, 1990.
- MARCONDES Fº. C. **Sociedade Tecnológica.** São Paulo: Scipione, 1994.
- MAZIERO, N. L., **Um Sistema Computacional Inteligente de Suporte ao Projeto, Manufatura e Montagem de Peças Baseado em Features: Uma Abordagem com Sistemas Especialistas.** 1998. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

- MCARTHUR, D.; LEWIS, M.; BISHAY, M. **The roles of artificial intelligence in education: current progress and future prospects**. Santa Mónica: , 1993.
- MEC-SETEC. **Políticas públicas para a educação profissional e tecnológica**. Brasília, abril de 2004. disponível em <<http://portal.mec.gov/setec/arquivos/pdf/PoliticasPublicas.pdf>> acessado em 9/03/2005.
- MELCHIOR, M. C. **O sucesso escolar através da avaliação e da recuperação**. – Porto Alegre: Premier, 2001.
- MERTENS, L. **Sistemas de Competência Laboral: Surgimento y Modelos. Resumo Executivo**. México: Cinterfor/OIT, 1996.
- MOSQUEIRA-REY, E; MORET-BONILLO, V. **Validation of intelligent systems: a critical study and a tool**. Expert systems with application. n. 18, p. 1-16, 2000. disponível em <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)> acessado em 28/11/2004.
- NIEVOLA, J. C; LIMA W. C. **Sistema inteligente para auxílio ao ensino em traumatología crânio-encefálica**. 1995. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina.
- PERRENOUD, P. **Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas** – Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.
- PERRENOUD, P. et al. **As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação** – Porto Alegre: ARTMED, 2002.
- POZZEBON, E. **Tutor inteligente adaptável conforme as preferências do aprendiz**. 2003. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.
- RABUSKE, R. A. **Inteligência Artificial**, Florianópolis: Ed. da UFSC, 1995.
- RAMOS, M. N. **A pedagogia das competências: autonomia ou adaptação?** – São Paulo: Cortez, 2001.
- RESENDE, E. **O livro das competências: a melhor auto-ajuda para pessoas, organizações e sociedade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.
- RILEY, G., **CLIPS - A Tool for Building Expert Systems**. 2005. disponível em <<http://www.ghg.net/clips/CLIPS.html>> acessado em 4/02/2005
- RUSSEL, S.J; NORVING, P. **Artificial Intelligence: a modern approach**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1995.
- SANTOS, N. dos. **Gestão do Conhecimento. Apostila de Gestão Estratégica do Conhecimento**, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, UFSC, 2002.

- SANTOS, C. A. S.; SCHNEIDER, M. C. K. **Avaliação de Competências**. In: Seminário Catarinense de Educação de Jovens e Adultos – Oficina Pedagógica. Florianópolis, 2003.
- SARAIWA, S.B.C; MASSON, M. A. C. **Competências, Qualificação e Avaliação: Observações sobre Práticas Pedagógicas e Educação Profissional**, BOLETIM TÉCNICO DO SENAC, Rio de Janeiro, v.29, n.1, jan./abr., 2003.
- SAUL, A. M. **Avaliação Emancipatória: desafios à teoria e à prática de avaliação e reformulação do currículo** – São Paulo: Cortez, 1995.
- SILVA, J. C. **Sistema especialista conjugado a um sistema CAD para avaliar e diagnosticar os conhecimentos de um estudante sobre cotagem no desenho técnico**. 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- SILVA, J. C. **Expert System Prototype for Hydraulic System Design Focusing on Concurrent Engineering Aspects**. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- SIQUEIRA, M. L., **Redes Semânticas**. Porto Alegre, 1999. disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/proccpar/disc/cmp135/trabs/992/SemanticNets/artigo.htm>>. Acesso em 02/03/2005.
- SOUZA, Paulo Renato de. Referenciais Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico. Brasília: MEC, 2000. disponível em <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/introduc.pdf>> acessado em 30/03/2004.
- TURRA, C. M. G. et al. **Planejamento de ensino e avaliação** – Porto Alegre: Sagra DC Luzzatto, 1995.
- VASCONCELOS, C. S. **Avaliação, Concepção Dialética – Libertadora do Processo de Avaliação Escolar**. São Paulo: Libertad, 1995.
- VINADÉ, C. A. C. **Sistematização do Processo de Projeto para Confiabilidade e Mantenabilidade Aplicado a Sistemas Hidráulicos e Implementação de um Sistema Especialista**. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- WATERMAN, D. A.. **A guide to expert systems**. 1<sup>a</sup> ed. Addison Wesley, 1986
- WOODRUFFE, C. **Competent by any other name**. Personal Management, september, 1991. p. 30-33.
- ZAPELINI, W. B. **Um Modelo de Avaliação de Programas de Pós-Graduação Baseado no Benchmarking de Competências Organizacionais: Estudo de Caso nas Engenharias da UFSC**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- \_\_\_\_\_. **Avaliação em um Curso Superior de Tecnologia Estruturado por Competências**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia. Rio de Janeiro, 2003.

**ZUCHI, I. O desenvolvimento de um protótipo de Sistema Especialista Baseado em Técnicas de RPG para o Ensino de Matemática.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ANTUNES, C. **A escola com que sempre sonhei sem imaginar que pudesse existir.** Campinas: Papirus, 2001.

\_\_\_\_\_. **A avaliação da aprendizagem escolar.** Petrópolis, 2002.

BARBOSA, E. F. (et al.), **Implantação da Qualidade Total na Educação** – Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1995.

BASSETTO, E. L. **Proposta de metodologia para o ensino das fases de projeto informacional e projeto conceitual.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

BAZZO, W. A., PEREIRA, L. T. V., LINSINGEN, I. V., **Educação Tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia** – Florianópolis: Ed. da UFSC, 2000.

BITTENCOURT, G. **Inteligência Artificial:** ferramentas e teorias. UFSC LCMI - Laboratório de Controle e Microinformática. Florianópolis, 1996.

CHAGAS, C. **Exame é uma bomba.** 2003. Revista Sinapse – Folha de São Paulo.

FREIRE, P. e FAGUNDES, A. **Por uma pedagogia da pergunta** – Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido** – Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

\_\_\_\_\_. **Educação como prática da liberdade** – Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1989.

FURNIVAL, A. C. **Delineando as limitações: sistemas especialistas e conhecimento tácito.** Ciência da Informação, vol. 24, n. 2, 1995. disponível em <<http://www.ibict.br/cienciadainformacao/search.php>>

GIARRATANO, J. **CLIPS user's guide.** Version 6.20. 2002. disponível em <<http://www.ghg.net/clips/CLIPS.html>> acessado em 3/02/2004.

\_\_\_\_\_. **CLIPS reference manual – basic programming guide. Vol II – advanced program guide.** Version 6.22. june 15th 2004. disponível em <<http://www.ghg.net/clips/CLIPS.html>> acessado em 3/09/2004.

\_\_\_\_\_. **CLIPS reference manual – basic programming guide. Vol III – Interfaces guide.** Version 6.22. june 15th 2004. disponível em <<http://www.ghg.net/clips/CLIPS.html>> acessado em 4/09/2004.

GROOTINGS, P. **Da Qualificação à Competência: do que estamos a falar?** Revista Européia de Formação Profissional, n. 1, Berlin, 1994.

HERNÁNDEZ, F., **Transgressão e mudança na educação: os projetos de trabalho** – trad. Jussara Haubert Rodrigues. Porto Alegre: Artmed, 1998.

LOPES, A. C. **Competências na organização curricular da reforma do ensino médio.** BOLETIM TÉCNICO DO SENAC, Rio de Janeiro, v.27, n.3, set./dez., 2001

LYNDON B. JOHNSON SPACE CENTER. **Third conference on CLIPS proceedings** (electronic version). disponível em <http://www.ghg.net/clips/download/documentation/3CCP.pdf> acessado em 7/06/2004.

MEC. **Seminário Nacional de Educação Profissional: “Concepções, Experiências, Problemas e Propostas”**, Brasília, setembro de 2003.

MONTEIRO, R. D. V. **Uma proposta de aprendizagem interativa da lógica utilizando simuladores artificiais inteligentes.** 2002. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciências da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina.

PERRENOUD, P. **Novas competências para ensinar: convite à viagem** – Porto Alegre: Porto Alegre: ARTMED, 2000.

RAMOS, M. **A pedagogia das competências e a psicologização das questões sociais.** BOLETIM TÉCNICO DO SENAC, Rio de Janeiro, v.27, n.3, set./dez., 2001.

RONCA, P. A. C.; TERZI, C. A. **A prova operatória: contribuições da psicologia do desenvolvimento.** São Paulo: Edesplan, 1991.

\_\_\_\_\_. **A aula operatória e a construção do conhecimento.** São Paulo: Edesplan, 1995.

ROUGE, A. et al. **Validation and verification of KADS data and domain knowledge.** Expert systems with application. vol. 8, n. 3, p. 333-341, 1995. disponível em <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)> acessado em 5/10/2004.

SENAC RIO. **A construção da proposta pedagógica do Senac Rio.** Rio de Janeiro: ed. SENAC RIO, 2000.

VICAT, C.; BREZILLON, P.; NOTTOLA, C. **Knowledge validation in the building of a knowledge-based system.** Expert systems with application. vol. 8, n. 3, p. 391-397, 1995. disponível em <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)> acessado em 5/10/2004.

WERNECK, Hamilton. **Se você finge que ensina, eu finjo que aprendo.** Petrópolis: Vozes, 1992.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

Este apêndice tem por objetivo apresentar os Históricos Escolares emitidos pelo CEFET/SC aos alunos que concluíram o Curso Técnico de Mecânica com Habilitação em Projetos antes e depois da reforma.

A primeira tabela (Tabela A.1), corresponde ao Histórico Escolar do extinto Curso Técnico de Mecânica com Habilitação em Projetos. Três aspectos enfatizam o modelo pedagógico adotado anteriormente à reforma da educação:

1. A duração de oito semestres, onde o aluno cursava as disciplinas de formação geral e técnica concomitantemente, ou seja, os ensinos médio e profissionalizante eram desenvolvidos simultaneamente.
2. A listagem das disciplinas com as respectivas cargas horárias, evidenciando a importância dada aos conteúdos, o *saber*, sem se preocupar com o *saber fazer*.
3. A avaliação final do aluno apresentava como resultado uma nota (número), atribuída pelos professores ministrantes das disciplinas, que em última análise classificavam previamente os alunos para o mercado de trabalho.

Por outro lado, a segunda tabela (Tabela A.2) apresenta o Histórico Escolar atualmente emitido aos alunos que cursam o Curso Técnico de Mecânica Industrial com Habilitação em projetos. A evidência de que a reforma da educação alterou de forma significativa o modelo pedagógico desenvolvido hoje, está no fato do histórico apenas listar as competências construídas pelos alunos, enfatizando o *saber fazer*, não se preocupando com os conteúdos. O caráter classificatório atribuído anteriormente à avaliação desaparece, pois o resultado final do processo avaliativo se resume na aptidão para o exercício de atividades profissionais que necessitem das competências descritas no Histórico, ou que possam ser construídas com base nelas.

Acredita-se, que o modelo pedagógico baseado na construção de competências que contempla as dimensões do saber (conhecimento, ação, sociabilidade e autodesenvolvimento) está mais próximo da filosofia da educação técnico-profissionalizante, conforme explicitam os documentos oficiais:

“O técnico não é simplesmente um fazedor de ações, cumpridor de ordens que acaba não raciocinando. Ele exerce a função tomando decisões, relacionando-se com seu superior, com seu colega e com seu subordinado, na execução de suas tarefas. Ou seja, trata-se de um ser reflexivo e crítico que possui funções instrumentais e intelectuais, dependendo da ação a ser tomada” (MEC, 2005).

Tabela A.1 - Histórico Escolar do Curso Técnico de Mecânica – Habilitação em Projetos Mecânicos anterior a reforma.

**Tabela A.2 - Histórico Escolar do Atual Curso Técnico de Mecânica – Habilitação em Projetos Mecânicos**

<b>MÓDULOS</b>	<b>Carga horária</b>
<b>Projeto Integrador I</b>	<b>400</b>
<b>Competências</b>	
Conhecer as diferentes solicitações mecânicas Conhecer e correlacionar às diversas operações de ajustagem Conhecer e especificar as diversas ferramentas manuais Conhecer o torno, a furadeira e suas potencialidades Conhecer os elementos de máquinas Conhecer os sistemas de medição linear e angular e suas potencialidades Correlacionar às propriedades mecânicas dos materiais ferrosos com suas aplicações Diferenciar os diversos tipos de roscas Interpretar legislação e normas de saúde e segurança do trabalho, de qualidade e ambientais Ler e interpretar catálogos, manuais e tabelas Ler e interpretar desenho técnico mecânico	
<b>Projeto Integrador II</b>	<b>400</b>
<b>Competências</b>	
Avaliar recursos de informática e suas aplicações Conhecer desenho técnico mecânico assistido por computador Conhecer programação de tornos CNC Conhecer sistemas hidráulicos e pneumáticos e suas aplicações Correlacionar às propriedades dos materiais não ferrosos e suas aplicações Correlacionar os processos de fabricação e suas aplicações Interpretar legislação e normas de saúde e segurança do trabalho, de qualidade e ambientais Ler e interpretar catálogos, manuais e tabelas	
<b>Projeto Integrador V</b>	<b>400</b>
<b>Competências</b>	
Avaliar recursos de informática para desenvolvimento de projetos Conhecer as ferramentas da qualidade Conhecer as formas de transmissão de movimento Interpretar legislação e normas técnicas, de saúde e segurança do trabalho, de qualidade e ambientais Ler e interpretar catálogos, manuais e tabelas Conhecer o detalhamento de projeto Conhecer as ferramentas de desenvolvimento de sistemas mecânicos Conhecer as filosofias para desenvolvimento de sistemas mecânicos Conhecer os princípios de projeto para manufatura Correlacionar os sistemas CAD e suas aplicações	
<b>Total de horas cumpridas</b>	<b>1.200</b>

## APÊNDICE B –

Exemplo de ficha para a avaliação individual dos alunos durante o desenvolvimento do Projeto Integrador I do Curso Técnico de Mecânica da GEMM.



Aluno(a):

Equipe:

**Fulano de Tal**

1

Exemplo de ficha para a avaliação individual dos alunos durante os conselhos de classes do Projeto Integrador I do Curso Técnico de Mecânica da GEMM.



Aluno(a):

Equipe:

**Fulano de Tal**

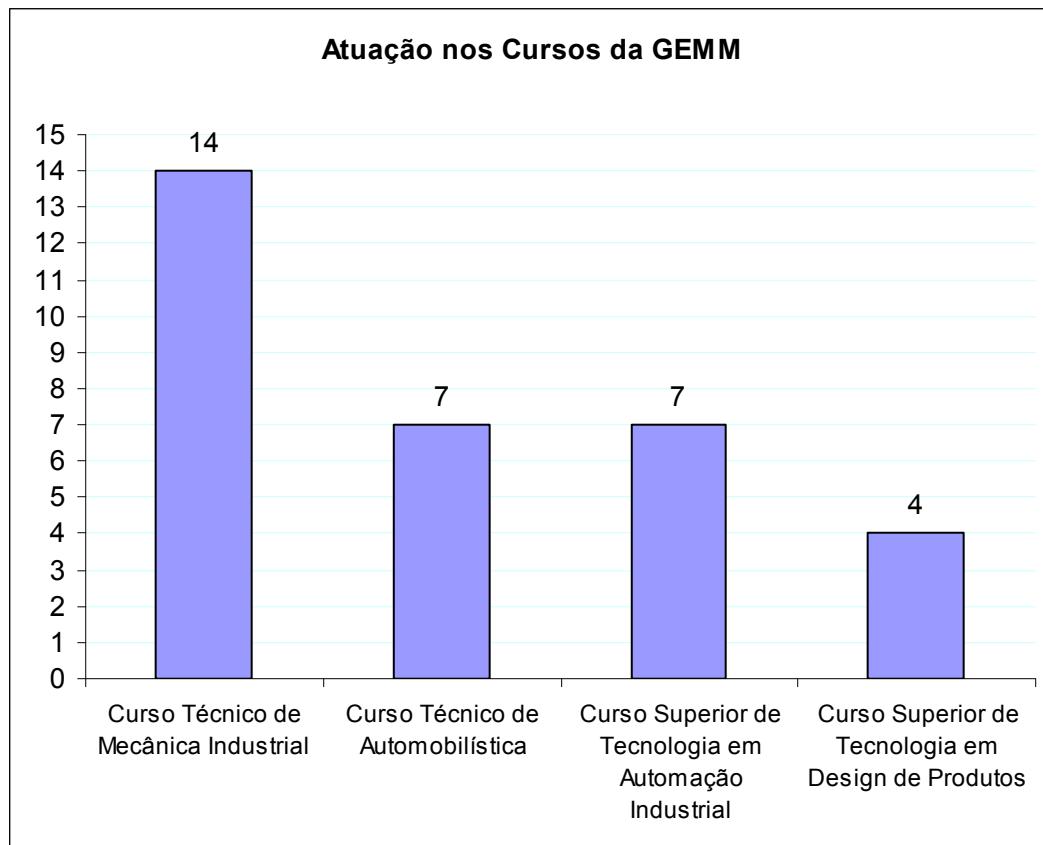
1

## APÊNDICE C

Como aporte à investigação da realidade vivenciada pelos educadores no novo contexto político-pedagógico, realizou-se entrevistas estruturadas com vinte e um docentes do quadro da GEMM. As questões aplicadas durante a entrevista e os resultados obtidos estão apresentados a seguir:

### 1. Quais os cursos da GEMM que você atua?

- ( ) Curso Técnico de Mecânica Industrial
- ( ) Curso Técnico de Automobilística
- ( ) Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial
- ( ) Curso Superior de Tecnologia em Design de Produto



**2. Quantos eixos temáticos diferentes você ministra? \_\_\_\_\_****3. O seu trabalho durante o processo de avaliação após a reforma do ensino feita pela GEMM:**

- (  ) diminuiu  
(  ) aumentou  
(  ) não sofreu alteração



**4. A quantidade de informação gerada no processo de avaliação após a reforma do ensino feita pela GEMM:**

- (  ) diminuiu  
(  ) aumentou  
(  ) não sofreu alteração

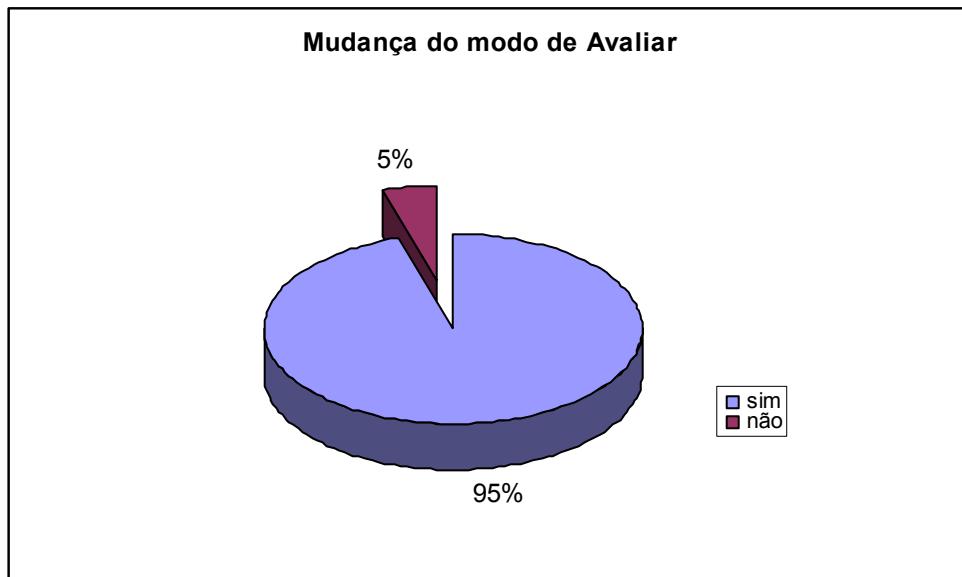
**5. Você dedica mais tempo ao processo de avaliação após a reforma do ensino feita pela GEMM:**

- (  ) sim  
(  ) não

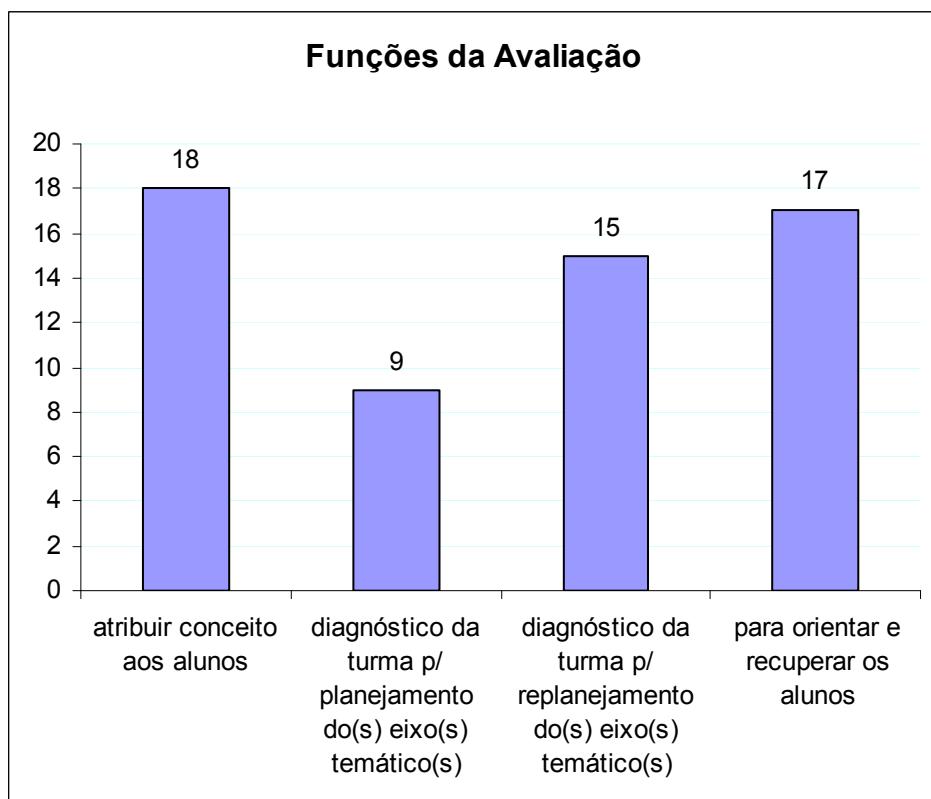


**6. Você mudou sua maneira de avaliar após a reforma do ensino feita pela GEMM?**

- (  ) sim  
(  ) não

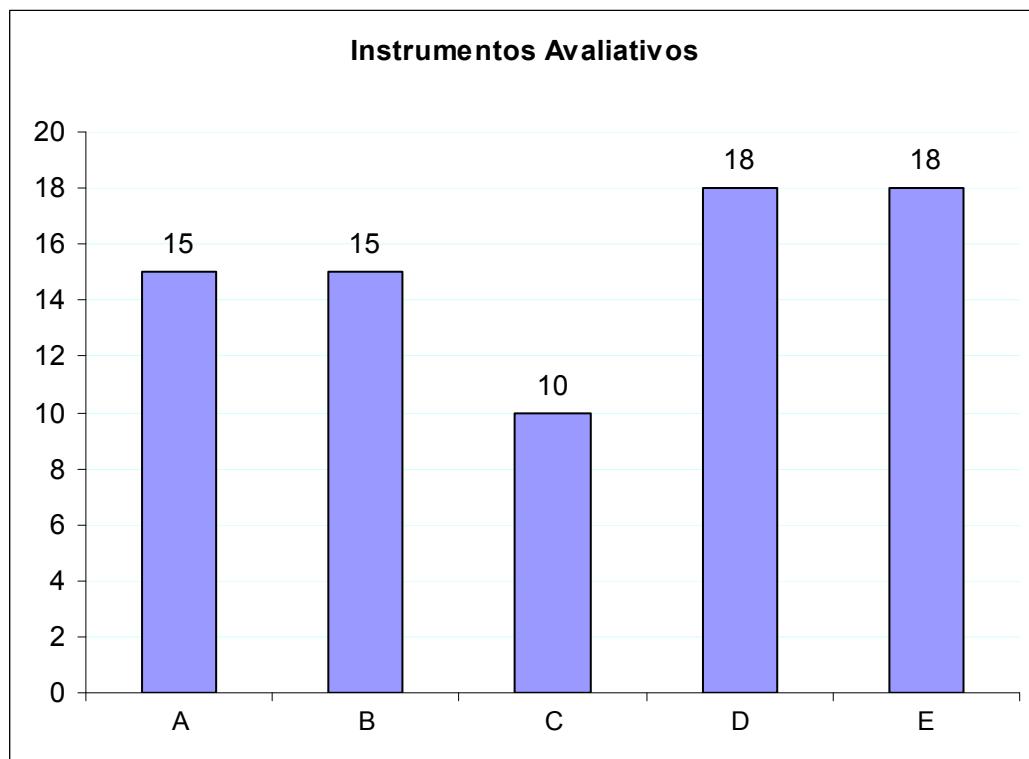
**7. A avaliação que você realiza serve para:**

- (  ) atribuir conceito aos alunos  
(  ) diagnóstico da turma para o planejamento do(s) eixo(s) temático(s)  
(  ) diagnóstico da turma para o replanejamento do(s) eixo(s) temático(s)  
(  ) para orientar e recuperar os alunos

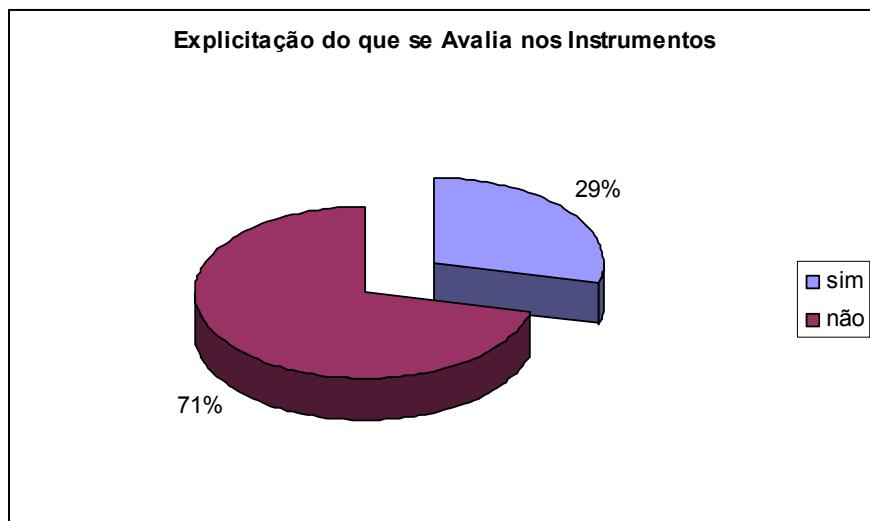


**8. Que tipos instrumentos você utiliza para realizar suas avaliações?**

- Provas teóricas
- Trabalhos escritos individuais/equipe
- Seminários individuais/equipe
- Atividades práticas em laboratório
- Observações do desenvolvimento no ambiente de ensino

**9. Você já explicitou (escreveu) o que está sendo avaliado em cada instrumento utilizado?**

- sim
- não



**10. Você acredita que existam critérios mínimos de aprovação para os alunos no(s) seu(s) eixo(s) temático(s)? (aprendizados mínimos do curso que o aluno não pode deixar de desenvolver)**

- sim  
 não



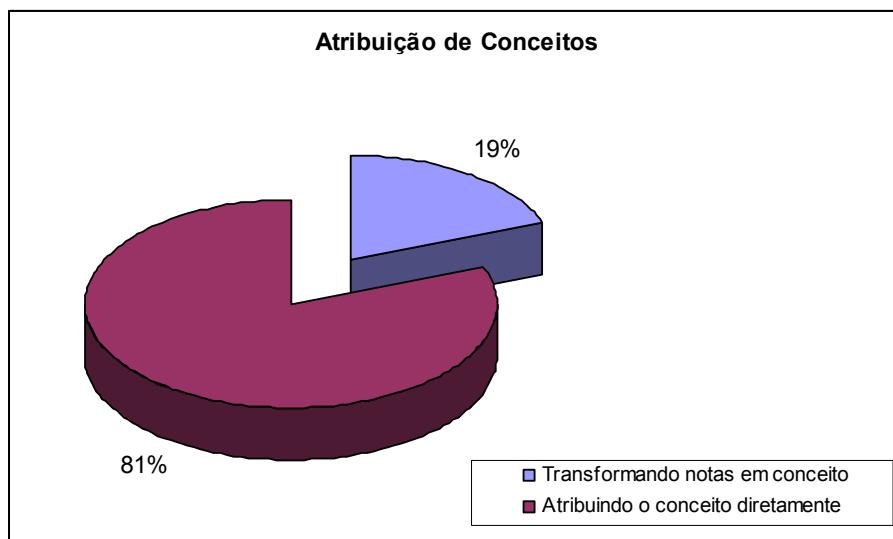
**11. Você já explicitou estes critérios mínimos de aprovação para o(s) eixo(s) temáticos que você leciona?**

- sim  
 não

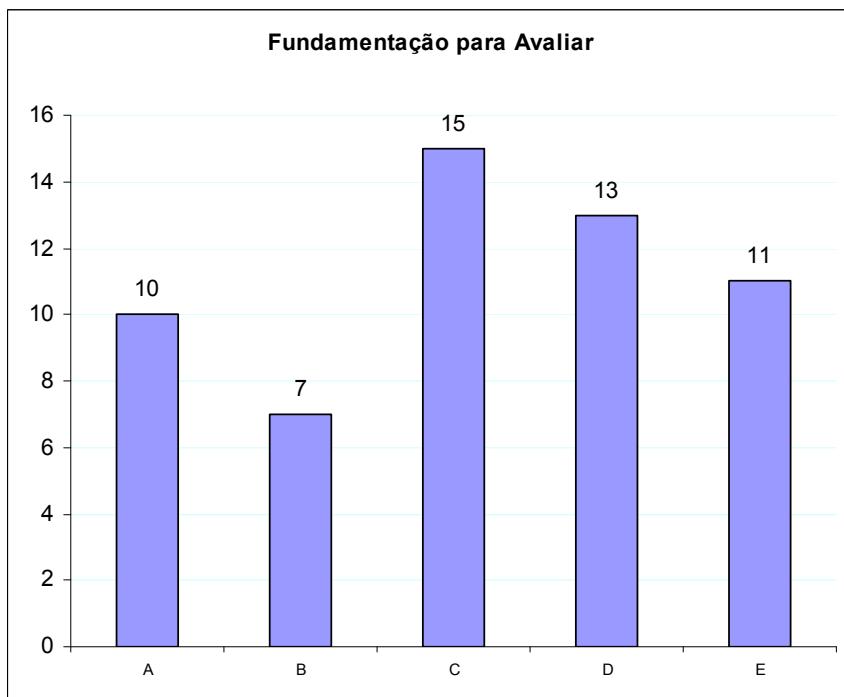


**12. Como você atribui os conceitos aos alunos?**

- Transformando notas em conceitos  
 Usando critérios já bem definidos por você

**13. Sua forma de avaliar está baseada em:**

- A- Reproduzir a experiência vivenciada na sua formação acadêmica  
 B- Um sistema de avaliação desenvolvido por você  
 C- Um sistema de avaliação desenvolvido por você em colaboração com outros professores  
 D- Orientações recebidas pela Instituição  
 E- Em fundamentação teórica (livros, palestras, cursos, etc.)



**14. Você acredita que sua experiência em avaliação deveria ser transformada em “conhecimento” pela Instituição, para ser aplicada no melhoramento contínuo do processo de ensino-aprendizagem?**

sim  
 não



**15. Você estaria disposto a explicitar este “conhecimento”?**

sim  
 não



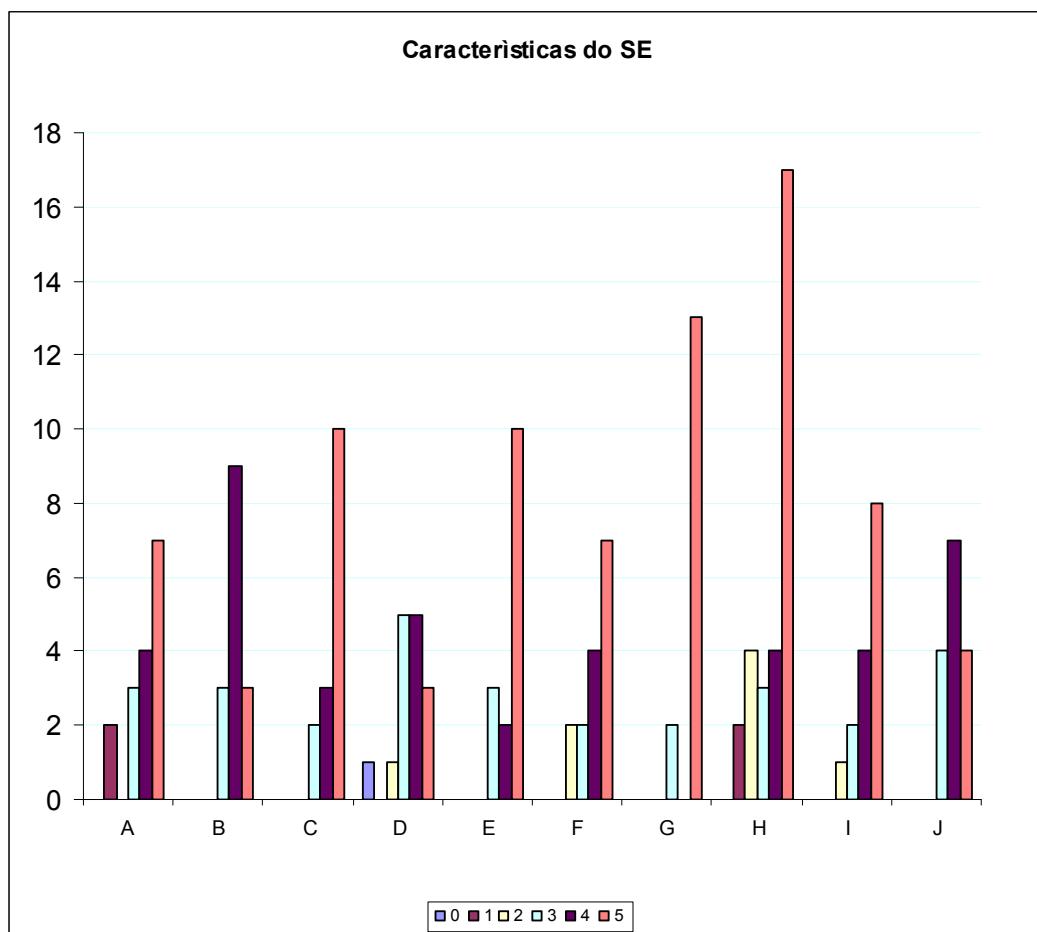
**16. Você gostaria de ter um sistema computacional que “raciocinasse como você”, para ajudá-lo no processo de avaliação dos alunos?**

- (  ) sim  
 (  ) não



**17. Classifique as características que você acha que este sistema deva ter quanto ao grau de importância e indique outras que achar necessárias.**

Característica	Grau de Importância					
	0	1	2	3	4	5
<b>A</b> - Avalie usando seus critérios						
<b>B</b> - Permita modificações de conceitos						
<b>C</b> - Permita avaliação cumulativa						
<b>D</b> - Explique como chegou aos conceitos						
<b>E</b> - Avalie todas as categorias de competências (técnicas, comportamentais e de projeto)						
<b>F</b> - Diminua o tempo do processo de avaliação						
<b>G</b> - Gere um banco de informações sobre o aluno						
<b>H</b> - Seja conectado ao sistema acadêmico do CEFET/SC						
<b>I</b> - Tenha interface amigável						
<b>J</b> - Possua um módulo de auto-avaliação para o aluno						



## APÊNDICE D

Neste apêndice são mostradas as tabelas utilizadas na avaliação dos alunos que cursaram os semestres 2003/II, 2004/I e 2004/II, citadas no capítulo VI. Os campos destacados apresentam os critérios avaliativos que sofreram alterações e/ou substituições na readequação do panorama referencial à nova realidade do processo durante o desenvolvimento do sistema.

Tabela D.1- Critérios avaliativos considerados na avaliação dos alunos no semestre 2003/II.

<b>Avaliação da Competência Técnica</b>				
<b>Critério avaliado</b>	<b>Sabe</b>	<b>Sabe (+-)</b>	<b>Não sabe</b>	
Conhece as unidades de medida				
Sabe converter as unidades				
Conhece os vários tipos de escalas				
Conhece os diversos tipos de erro				
Sabe escolher os instrumentos pela tolerância da peça				
Sabe considerar as incertezas no resultado da medição				
<b>Paquímetro</b>				
Sabe a finalidade dos diversos tipos de paquímetros em relação à forma dos apalpadores				
Identifica o paquímetro no Sistema Métrico Decimal				
Calcula a resolução do paquímetro no Sistema Métrico Decimal				
Identifica o paquímetro no Sistema Inglês de Medidas				
Calcula a resolução do paquímetro no Sistema Inglês de Medidas				
Procedimento de medição com o paquímetro				
Obtenção do Resultado da Medição com o paquímetro				
<b>Micrômetro</b>				
Sabe a finalidade dos diversos tipos de micrômetro em relação à forma dos apalpadores				
Conhece e identifica os componentes de um micrômetro e suas finalidades				
Sabe identificar os micrômetros no Sistema Métrico Decimal				
Calcular o valor do colar e do nônio no Sistema Métrico Decimal				
Sabe identificar os micrômetros no Sistema Inglês de Medidas				
Calcula o valor do colar e do nônio no Inglês de Medidas				
Procedimento de medição com o micrômetro				
Obtenção do Resultado da Medição com micrômetro				
<b>Aspectos Comportamentais</b>		<b>Valores</b>		
		<b>EXEC</b>	<b>PROF</b>	<b>INSF</b>
Autonomia, cooperação, iniciativa e relacionamento.				
<b>CONCEITO FINAL</b>				

Tabela D.2- Critérios avaliativos considerados na avaliação dos alunos no semestre 2004/I.

<b>Avaliação da Competência Técnica</b>			
<b>Critério avaliado</b>	<b>Sabe</b>	<b>Sabe (+-)</b>	<b>Não sabe</b>
Conhece as unidades de medida			
Sabe converter as unidades			
Conhece os vários tipos de escalas			
Conhece os diversos tipos de erro			
<b>Conhece as regras de arredondamentos</b>			
<b>Lê corretamente valores de medidas no Sistema Métrico Decimal e Sistema Inglês de Medidas</b>			
Sabe escolher os instrumentos pela tolerância da peça			
Sabe considerar as incertezas no resultado da medição			
<b>Paquímetro</b>			
Sabe a finalidade dos diversos tipos de paquímetros em relação à forma dos apalpadores			
Identifica o paquímetro no Sistema Métrico Decimal			
Calcula a resolução do paquímetro no Sistema Métrico Decimal			
Identifica o paquímetro no Sistema Inglês de Medidas			
Calcula a resolução do paquímetro no Sistema Inglês de Medidas			
Procedimento de medição com o paquímetro			
Obtenção do Resultado da Medição com o paquímetro			
<b>Micrômetro</b>			
Sabe a finalidade dos diversos tipos de micrômetro em relação à forma dos apalpadores			
Conhece e identifica os componentes de um micrômetro e suas finalidades			
Sabe identificar os micrômetros no Sistema Métrico Decimal			
Calcular o valor do colar e do nônio no Sistema Métrico Decimal			
Sabe identificar os micrômetros no Sistema Inglês de Medidas			
Calcula o valor do colar e do nônio no Inglês de Medidas			
Procedimento de medição com o micrômetro			
Obtenção do Resultado da Medição com micrômetro			
<b>Medição Angular</b>			
<b>Sabe identificar e utilizar corretamente os instrumentos de medição e verificação angular básica</b>			
<b>CONCEITO FINAL</b>			

Tabela D.3- Critérios avaliativos considerados na avaliação dos alunos no semestre 2004/II.

<b>Avaliação da Competência Técnica</b>			
<b>Critério avaliado</b>	<b>Sabe</b>	<b>Sabe (+-)</b>	<b>Não sabe</b>
Conhece as unidades de medida			
<b>Sabe efetuar mudanças de unidades e converter do Sistema Métrico Decimal para o Sistema Inglês de Medidas e vice-versa</b>			
Conhece as regras de arredondamentos			
Lê corretamente valores de medidas no Sistema Métrico Decimal e Sistema Inglês de Medidas			
<b>Sabe transcrever valores de medidas no Sistema Métrico Decimal para o Sistema Inglês de Medidas e vice-versa</b>			
<b>Sabe identificar e utilizar os instrumentos de medição linear simples</b>			
Conhece os vários tipos de escalas			
<b>Paquímetro</b>			
Sabe a finalidade dos diversos tipos de paquímetros em relação à forma dos apalpadores			
<b>Conhece os diversos tipos de erro</b>			
Sabe identificar o paquímetro no Sistema Métrico Decimal			
Sabe calcular a resolução do paquímetro no Sistema Métrico Decimal			
Sabe identificar o paquímetro no Sistema Inglês de Medidas			
Sabe calcular a resolução do paquímetro no Sistema Inglês de Medidas			
Conhece o procedimento de medição com o paquímetro			
Sabe Obter o resultado da medição com o paquímetro			
<b>Sabe escolher os instrumentos pela tolerância da peça</b>			
<b>Sabe considerar as incertezas no resultado de medição</b>			
<b>Micrômetro</b>			
Sabe a finalidade dos diversos tipos de micrômetro em relação à forma dos apalpadores			
Conhece e identifica os componentes de um micrômetro e suas finalidades			
Sabe identificar os micrômetros no Sistema Métrico Decimal			
Sabe calcular o valor do colar e do nônio no Sistema Métrico Decimal			
Sabe identificar os micrômetros no Sistema Inglês de Medidas			
Sabe calcular o valor do colar e do nônio no Inglês de Medidas			
Conhece o procedimento de medição com o micrômetro			
Sabe Obter o resultado da medição com micrômetro			
<b>Medição Angular</b>			
Sabe identificar e utilizar corretamente os instrumentos de medição e verificação angular básica			
<b>CONCEITO FINAL</b>			