

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

METODOLOGIA PARA O ENSINO DA COMPETÊNCIA
INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

JOSÉ RICARDO DA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós – Graduação em Engenharia de
Produção da Universidade Paulista, para
a obtenção do título de Mestre.

SÃO PAULO
2010

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

JOSÉ RICARDO DA SILVA

**METODOLOGIA PARA O ENSINO DA COMPETÊNCIA
INOVAÇÃO TECNOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado
em Engenharia de Produção da Universidade
Paulista – UNIP.

Orientador: Prof.Dr. Oduvaldo Vendrametto

Área de Concentração: Gestão de Sistemas de
Operação.

Linha de Pesquisa: Redes de Empresas e
Planejamento da Produção.

Projeto de Pesquisa: Estratégias para a melhoria da
Competitividade

SÃO PAULO

2010

SILVA, José Ricardo da

Metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica /
José Ricardo da Silva. – São Paulo, 2010.

132 f.:il. Color

Dissertação (mestrado) – Apresentada ao Instituto de Ciências
Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista, São Paulo, 2010.

Area de Concentração: Gestão de Sistemas de Operação
“Orientação: Prof. Dr. Oduvaldo Vendrametto”

1. Inovação tecnológica. 2. Formação profissional. 3.
Competência

DEDICATÓRIA

À minha esposa Nilza e aos meus filhos
Ricardo e Mariana, pela energia,
inspiração e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Oduvaldo Vendrametto, pela forma como conduziu o processo da minha formação, por destacar sempre o objetivo a ser alcançado, por usar toda a sua experiência para mostrar pontos de vistas, não evidentes para mim, mas fundamentais para apurar o senso crítico inerente a um título de Mestre. Muito Obrigado Prof. Oduvaldo pela oportunidade de ter sido seu orientado e pelos ensinamentos que certamente farão a diferença na minha vida!!!

A minha esposa Nilza e aos meus filhos Ricardo e Mariana por acreditarem que somente com esforço, dedicação e renúncias se conquistam resultados melhores.

Aos meus pais, Bento da Silva (in memorian) e Erotides Fernandes da Silva (In memorian), pelos ensinamentos, princípios, propósitos e perseverança, elementos básicos para construir uma trajetória de sucesso.

Ao SENAI-SP pelo apoio financeiro e flexibilização do horário de trabalho para que os créditos e esta dissertação fossem realizados permitindo a conquista do título de Mestre em engenharia de produção. Agradeço a Walter Vicioni Gonçalves, Roberto Monteiro Spada, Adelmo Belizário, Newton Luders de Marchi e Norton Pereira.

Aos engenheiros Paulo Villiger, Daniel Barbuto Rossato, Douglas da Serra Ogata, Marcio Corazzim e Rogério Souza de Lacerda pela contribuição na elaboração das situações de aprendizagem.

Aos meus professores do programa de pós - graduação da UNIP, pelos ensinamentos e filosofia acadêmica.

Aos alunos das turmas Tauto 3M e Tauto 3T do curso de automação industrial, 2009, que participaram da fase experimental.

Aos meus amigos do programa de pós-graduação pelo espírito de cooperação e compartilhamento de saberes e experiências. .

Agradeço a DEUS pela saúde, paz de espírito e determinação, fatores essenciais para manter o equilíbrio necessário para vencer obstáculos.

EPIGRAFE

.

“Como seu propósito é gerar um cliente a organização tem duas – e não mais do que duas – funções básicas: marketing e inovação”.

PETER DRUCKER

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| DEDICATÓRIA..... | III |
| AGRADECIMENTOS | IV |
| EPÍGRAFE | V |
| SUMÁRIO..... | VI |
| RESUMO | X |
| ABSTRACT | XI |
| LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS..... | XII |
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | XIII |
| LISTAS DE QUADROS..... | XIV |
| CAPITULO 1 | 15 |
| INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 O Mercado Atual e a Inovação Tecnológica..... | 15 |
| 1.2 Justificativa..... | 16 |
| 1.3 Objetivos | 17 |
| 1.3.1 Objetivo Geral | 17 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 18 |
| 1.4 Metodologia de Pesquisa | 18 |
| 1.4.1 Pesquisa Aplicada..... | 18 |
| 1.4.2 Pesquisa Qualitativa..... | 18 |
| 1.4.3 Pesquisa Exploratória | 19 |
| 1.4.4 Pesquisa Bibliográfica..... | 19 |
| 1.4.5 Pesquisa-ação | 19 |
| 1.4.6 Estudo de Caso..... | 20 |
| 1.5 Estrutura do trabalho | 20 |

| | |
|---|----|
| CAPITULO 2 | 22 |
| FUNDAMENTOS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS | 22 |
| 2.1 Inovação Tecnológica..... | 22 |
| 2.1.1 Economia da Inovação..... | 23 |
| 2.1.2 Classificação das Atividades Inovadoras | 27 |
| 2.1.3 Manual de Oslo | 27 |
| 2.1.4 Difusão da Inovação..... | 30 |
| 2.1.5 Modelos de Inovação e Aprendizado | 33 |
| 2.1.6 Modelo Linear de Inovação | 33 |
| 2.1.7 Modelo Elo de Cadeia | 35 |
| 2.1.8 Modelo Sistêmico de Inovação | 38 |
| 2.1.9 Modelo <i>Open Innovation</i> | 42 |
| 2.1.10 Quadros Comparativos | 43 |
| 2.2 Conhecimento | 45 |
| 2.2.1 Conhecimento explícito | 45 |
| 2.2.2 Conhecimento tácito ou implícito | 46 |
| 2.3 Tecnologia..... | 50 |
| 2.4 Metodologia de Formação com Base em Competências | 52 |
| 2.5 Perfil Profissional..... | 58 |
| 2.6 O limite entre as grades curriculares dos cursos de formação profissional | 58 |

| | | |
|--|---|-----|
| 2.7 | Taxonomia de Bloom..... | 60 |
| 2.7.1 | A Área Cognitiva | 60 |
| 2.7.2 | A Área Afetiva | 62 |
| 2.7.3 | A Revisão da Taxonomia | 62 |
| 2.7.4 | Taxonomia de Bloom revisada..... | 65 |
| 2.7.5 | Críticas | 66 |
| CAPÍTULO 3 | | 68 |
| METODOLOGIA PARA O ENSINO DA COMPETÊNCIA: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (MECIT)..... | | 68 |
| 3.1 | Introdução | 68 |
| 3.2 | A Metodologia (MECIT) | 69 |
| 3.3 | Ciclo PDCA..... | 69 |
| 3.4 | 5Ws e 2Hs..... | 71 |
| 3.5 | Diagrama de Causa e Efeito | 71 |
| 3.6 | Gráfico de Pareto | 72 |
| 3.7 | Utilização do Diagrama de Ishikawa nesta dissertação..... | 72 |
| CAPITULO 4 | | 93 |
| DESAFIOS: APLICAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS..... | | 93 |
| 4.1 | Desafio | 94 |
| 4.2 | Atitudes | 95 |
| 4.3 | Situações de aprendizagem | 97 |
| 4.3.1 | Situação de aprendizagem 1 | 99 |
| 4.3.2 | Situação de aprendizagem 2..... | 103 |
| 4.3.3 | Situação de aprendizagem 3..... | 106 |
| 4.3.4 | Situação de aprendizagem 4..... | 108 |

| | | |
|----------------------------------|---------------------------------|-----|
| 4.3.5 | Situação de aprendizagem 5..... | 111 |
| 4.3.6 | Situação problema 6 | 113 |
| 4.4 | Análise dos Dados..... | 115 |
| CAPÍTULO 5 | | 117 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | | 117 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 126 |

RESUMO

Esta dissertação apresenta um estudo que sistematiza o ensino da competência inovação tecnológica. As metodologias de pesquisa utilizadas para gerar este trabalho foram: pesquisa aplicada, pesquisa qualitativa, pesquisa exploratória, pesquisa bibliográfica, pesquisa-ação e estudo de caso, concentrando-se no tema automação industrial. O resultado desta dissertação é uma proposta de metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica. Essa metodologia está estruturada no formato do diagrama de causa e efeito de Ishikawa (1993), o que facilita a sua compreensão e acompanhamento. Além disso, esta dissertação oferece referências claras para as práticas pedagógicas com base em um quadro, criado pelo Autor, que estabelece uma taxonomia entre os três níveis de profissionais que atuam no ambiente industrial: o técnico, o tecnólogo e o engenheiro. Essa taxonomia orienta o foco que deve ser dado na formação de cada um desses profissionais por auxiliar o docente na definição das estratégias de ensino. Complementa esse estudo situações de aprendizagem, desenvolvidas com base na metodologia proposta demonstrando como podem ser elaborados exercícios e tarefas que levem o aluno a adquirir competência para produzir inovação, a partir de conceitos como Taxonomia de Bloom, regras para se criar desafios e atitudes pessoais necessárias para o bom desempenho desses profissionais. A conclusão desta dissertação sugere a distribuição dos conteúdos relativos à gestão da inovação ao longo do curso e sintetiza a metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica em um fluxograma, com o objetivo de orientar a forma de criar situações de aprendizagem e estratégias de ensino, que levem a um algoritmo de raciocínio favorável para a prática habitual da inovação tecnológica por parte do técnico, do tecnólogo e do engenheiro.

Palavras chave: Inovação Tecnológica; Formação Profissional; Competência.

ABSTRACT

This dissertation presents a methodology that systematize the teaching competence of technological innovation. Research methodologies used to generate this work were: applied research, qualitative research, exploratory research, bibliographical research, action research and case study by focusing on the theme industrial automation. The result of this dissertation is a proposed methodology for the teaching of technological innovation competence. This methodology for teaching competence technological innovation, is placed in the format of cause and effect diagram of Ishikawa (1993), which facilitates their understanding and monitoring. Moreover, this dissertation provides clear references to the pedagogical practices based on a framework created by the author, establishing a taxonomy of the three levels of professionals working in industrial environment: technician, technologist and engineer. This taxonomy guided the focus should be given training in each of these professionals by assisting the teacher in the definition of teaching strategies. Complements this study, learning situations developed based on the proposed methodology that demonstrates how they can be prepared exercises and tasks that allow students to acquire competence to produce innovation, from concepts such as Bloom's Taxonomy, rules to create challenges and attitudes necessary for the proper performance of these professionals. The conclusion of this dissertation suggests the distribution of content related to innovation management throughout the course and summarizes the methodology for teaching competence technological innovation in a flowchart in order to guide the way to create learning situations and teaching strategies that lead a reasoning algorithm favorable to the practice of technological innovation by the technician, technologist and engineer.

Keywords: Technological Innovation; Vocational Training; Competence.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.

| | |
|----------|---|
| ABB | ASEA&Brown Boveri (Fabricante de robôs) |
| APLs | Arranjos Produtivos Locais |
| CBO | Classificação Brasileira de ocupações |
| CHA | Conhecimento, Habilidade e Atitude |
| CNE | Conselho Nacional de Educação |
| CAD | <i>Computer Aided Design</i> |
| CBE | Câmara de Educação Básica |
| CLPs | Controladores Lógicos Programáveis |
| CONFEA | Conselho Nacional de Engenharia Arquitetura e Agronomia |
| CREA | Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia |
| CT&I | Ciência Tecnologia e Inovação |
| DITEC | Diretrizes Técnicas do SENAI – SP |
| ENEGEP | Encontro Nacional de Engenharia de Produção |
| EUROSTAT | Agencia de Estatística da União Européia |
| FBK | <i>Function Block</i> |
| FINEP | Financiadora de Estudos e Projetos |
| FIRMA | Nome sobre o qual se exerce uma atividade econômica |
| GRAFCET | Gráfico Funcional de Comandos Etapa –Transição |
| I/O | <i>Input / Output</i> |
| IVTO | International Vocation Trades Organization |
| LDB | Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional |
| MEC | Ministério da Educação e Cultura |
| MPS | <i>Modular Production System</i> |
| MECIT | Metodologia para o Ensino da Competência Inovação Tecnológica |
| NA | Normalmente Aberto |
| NF | Normalmente Fechado |
| OECD | <i>Organization for Economic Co-operation and Development</i> |
| OCDE | Organização para a Cooperação de Desenvolvimento Econômico |
| PCNs | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| P&D | Pesquisa e Desenvolvimento |
| PDCA | Ciclo de melhoria contínua – <i>Plan – Do – Check – Action</i> |
| SENAI | Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial |
| SENAI-SP | Departamento Regional do SENAI São Paulo |
| SENAI-DN | Departamento Nacional do SENAI |
| SIMPEP | Simpósio de Engenharia de Produção |
| SINAES | Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior |
| STL | <i>Statement List</i> – Lista de instruções – Linguagem de Programação |
| TICs | Tecnologias da Informação e Comunicação |
| TPP | Tecnológica em Produto e Processo |
| UNESCO | <i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i> |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|-----|
| Figura 1 - Curvas “S” de Foster..... | 15 |
| Figura 2 - Modelo Linear de Inovação | 15 |
| Figura 3 - Modelo Elo de Cadeia..... | 15 |
| Figura 4 - Modelo Sistêmico de Inovação | 15 |
| Figura 5 - Comparação entre o Conceito de Inovação Fechada e Aberta | 15 |
| Figura 6 - Tratamento Sistematizado do Conhecimento | 15 |
| Figura 7 - Círculo de Controle Adaptado do Ciclo PDCA | 15 |
| Figura 8 - Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa1993) Aplicado ao Planejamento | 73 |
| Figura 9 - Taxonomia de Bloom | 15 |
| Figura 10 – Estrutura do Desafio na MECIT | 94 |
| Figura 11 - Planta MPS (Modular Production System) Compacta..... | 15 |
| Figura 12 - Planta MPS Modularizada com Robô..... | 100 |
| Figura 13 - Cinto de Ferramentas Usado pelo Aluno nas Etapas de Montagem | 15 |
| Figura 14 - Escolha de Cinco Ferramentas para a Execução da Tarefa..... | 15 |
| Figura 15 - Conjunto de Atitudes Relativas a Competências Básicas..... | 15 |
| Figura 16 - Linguagens de Programação de CLPs (Controladores Lógicos Programáveis)..... | 104 |
| Figura 17 - Esquema de Ligação entre o CLP e um Sistema Automatizado | 107 |
| Figura 18 - Atuadores Comandados por Duplo e Simples Solenóide | 108 |
| Figura 19 - Laboratório de Robótica da Escola SENAI “Marino Ferraz)..... | 109 |
| Figura 20 - Aula normal, um aluno por vez | 109 |
| Figura 21 - Esquema da Aula de Demonstração de Robótica Inovado..... | 111 |
| Figura 22 – Estação de Teste | 112 |
| Figura 23 - Sistema Robótico para Separação de Peças..... | 114 |
| Figura 24 – Fluxograma da MECIT configurada para curso superior de tecnologia | 125 |

LISTAS DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Definição de Inovação TPP..... | 15 |
| Quadro 2 – Comparação entre Modelos de Inovação | 15 |
| Quadro 3 - Tipos de Sistemas Nacionais de Mudança Técnica e Capacitações Tecnológicas..... | 15 |
| Quadro 4 - Capacitações Tecnológicas Básicas e Funções Técnicas Típicas | 15 |
| Quadro 5 - Características de Dado, Informação e Conhecimento | 15 |
| Quadro 6 - Conceito de Competência..... | 15 |
| Quadro 7 - Taxonomia de Bloom – Área Cognitiva | 15 |
| Quadro 8 - Taxonomia de Bloom: Área Afetiva | 15 |
| Quadro 9 -Taxonomia de Bloom Revisada | 63 |
| Quadro 10 - Relação entre o Nível de Aprendizagem e o Verbo | 15 |
| Quadro 11 - Matriz da Tipologia da Gestão da Tecnologia | 84 |
| Quadro 12- Características dos Tipos de Aprendizagem | 89 |
| Quadro 13 - Processo Dedutivo de Aprendizagem..... | 15 |
| Quadro 14 - Concepção Hierarquizada de Atitudes para Competência Inovadora..... | 96 |
| Quadro 15, Classificação do Brasil na Modalidade Mecatrônica em competição mundial | 98 |

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 O Mercado Atual e a Inovação Tecnológica

O mercado atual tem a inovação tecnológica como um fator estratégico importante para o sucesso econômico e social das nações. Econômico, por aumentar o poder de competitividade das empresas e social, por aumentar o grau de empregabilidade de seus profissionais. Resultado diretamente proporcional à capacidade de inovar de sua força técnica e tecnológica, obtida através de uma educação consistente de alta qualidade.

Uma das atribuições da engenharia de produção é criar estratégias, para a melhoria da competitividade das empresas.

A mudança permanente do contexto mundial, intensificada pela evolução tecnológica, exige quebra de paradigmas e novas formas de organização da sociedade.

Giget (2008), afirmou que a globalização estabeleceu como uma das prioridades a necessidade de criar para competir. Afirmação facilmente observada e confirmada, através de uma análise de mercado, que revela a globalização da economia como geradora de novos modelos de gestão da produção como, cadeias de fornecimento ou “*supply chain*”, APLs (Arranjos Produtivos Locais) e Redes de Empresas. Essas inovações surgem com o objetivo de aumentar a qualidade e a produtividade das empresas e assim manter a vantagem competitiva dentro dos segmentos da economia a que pertencem. A melhoria contínua da qualidade e da produtividade são metas permanentes de empresas e países, que reconheceram na inovação tecnológica uma ferramenta de competitividade estratégica fundamental.

Nesta dissertação, a base é o manual de Oslo (2006), centrado em inovação TPP (Inovação Tecnológica em Processo e Produto), escopo da engenharia da produção.

1.2 Justificativa

Cada vez mais a competição mundial se concentra no campo da CT&I (Ciência, Tecnologia e Inovação), com o conhecimento agregando valor a produtos e serviços, que determina o grau de vantagem competitiva de empresas e nações garantindo a hegemonia no domínio econômico (VIOTTI, 2003).

A participação ativa na sociedade ou economia da informação, do conhecimento e do aprendizado, ou ainda, (como sugerido por Morris-Suzuki, 1997) economia da inovação perpétua, depende da política educacional dos países.

Segundo Tigre (2006), a inovação ganhou importância no século XX, impulsionada pelas teorias de Joseph Schumpeter, economista austríaco que estudou e identificou as influências e benefícios trazidos pela inovação para a economia. A tese de Schumpeter (1988) foi reconhecida pelo mercado através de estudos, livros e artigos de vários autores. Além disso, seus conceitos tiveram forte influência no Manual de Oslo (2006), que atribuiu à inovação TPP (Inovação Tecnológica em Produto e Processos), o “*status*” de fator estratégico de competitividade das nações no modelo de mundo globalizado em que vivemos, por força do contexto tecnológico, que evolui de forma rápida e contínua.

Porter (1995), no primeiro capítulo de seu livro **A vantagem competitiva das nações**, introduz a necessidade de uma nova teoria sobre vantagem competitiva, e nessa nova teoria, a inovação e a melhoria contínua em métodos e tecnologia são os elementos centrais.

Dosi, Freeman e Fabiani (1994), afirmaram que existe uma relação direta entre desempenho tecnológico e desempenho comercial dos países. O desempenho tecnológico está diretamente ligado à inovação tecnológica, que se transformou em uma competência requerida pelo mercado. E sempre que uma competência passa a ser requerida pelo mercado, torna-se alvo de formação profissional.

Esta dissertação pretende, com o tema “Metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica”, estudar a inovação como parte integrante do

perfil profissional exigido pelo mercado atualmente, na área de produção industrial.

O autor, atuando no ensino técnico e tecnológico, formando profissionais na modalidade automação industrial, que devem incorporar essa competência, optou por esse tema para suprir à demanda de recursos humanos qualificados, requeridos pela engenharia da produção, capazes de aplicar e desenvolver estratégias para a melhoria da competitividade. A inovação dos processos técnico - pedagógicos com práticas de ensino que agreguem essa competência se faz necessária e desejada ao perfil profissional do técnico, do tecnólogo e do engenheiro.

Segundo Marina Hideko Hamawaki (2003), acredita-se que para ser um bom profissional, não basta se mostrar eficiente e disciplinado, ou seja, isso já não é um diferencial suficiente para se manter em um emprego. Necessário se faz buscar algo mais, inovação constante, o que inclui a capacidade e ou necessidade de renovar o seu conhecimento. O foco estratégico das empresas deve estar cada vez mais direcionado para o fator humano e não somente no lado financeiro ou material.

No passado, a área de talentos humanos (TH) não promovia mudanças, não inovava e não as identificava e, além disso, desconhecia o perfil do profissional adequado, mas essa prática não é mais aceitável. O talento humano de uma empresa precisa ser um diferencial inovador para que ela cresça e conquiste a vantagem competitiva no mercado e diante de uma situação crítica superar a crise.

A escola precisa concentrar esforços para responder às demandas de desenvolvimento de profissionais com a competência para inovar, motivação deste trabalho.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Compreender a importância dos mecanismos do processo ensino-aprendizagem para estabelecer critérios, referências e limites na atuação da escola a fim de identificar e definir estratégias para o ensino da competência de inovação tecnológica e com isso criar uma sistemática de referência para o desenvolvimento

dessa competência nos alunos dos cursos técnico, de tecnologia e de engenharia.

1.3.2 Objetivos Específicos

Criar uma taxonomia indicando os perfis do técnico, do tecnólogo e do engenheiro que atuam na área de automação industrial, para definir competências e orientar o processo de formação de cada profissional.

Criar situações de aprendizagem “inovadoras”, que auxiliem as práticas técnico-pedagógicas para desenvolver a competência de inovação tecnológica, por meio da aplicação do conceito de aprendizagem significativa.

Avaliar a eficácia da estratégia de ensino elaborada para o desenvolvimento da competência de inovação, a partir da aplicação em situações de aprendizagem.

Expandir a verificação dos resultados para os cursos regulares de formação do técnico, do tecnólogo e do engenheiro.

1.4 Metodologia de Pesquisa

Para Gil (1999), a pesquisa é um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. Para a realização deste trabalho foram adotadas as seguintes referências:

1.4.1 Pesquisa Aplicada

De acordo com Gil (1991), quanto à natureza, esta é uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à resolução de problemas específicos.

1.4.2 Pesquisa Qualitativa

Gil (1991) considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade individual, que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição dos significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Por

ser descritiva, não requer o uso de técnicas e métodos estatísticos. O ambiente natural é a fonte direta para a coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem.

1.4.3 Pesquisa Exploratória

Segundo Gil (1991), quanto ao objetivo, a pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou permitir a construção de hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas possuidoras de experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos, que estimulem a compreensão.

1.4.4 Pesquisa Bibliográfica

Gil (1991) afirma que a pesquisa bibliográfica é elaborada a partir de material já publicado, constituído de livros, artigos de periódicos e, atualmente, com material que se encontra disponível na internet. A pesquisa bibliográfica tem por objetivo fundamentar o autor quanto à evolução histórica da inovação tecnológica e indicar quais são os fatores importantes que devem ser considerados para incentivar a prática da inovação TPP (Inovação Tecnológica em Produtos e Processos) e estabelecer um referencial teórico para o desenvolvimento desta dissertação, por meio do estudo de temas correlatos que embasam e complementam o conhecimento necessário para o gerar uma metodologia consistente, que possa ser aplicada, com sucesso, de maneira simples e eficaz no ensino da competência inovação tecnológica.

1.4.5 Pesquisa-ação

Para Gil (1991) a pesquisa-ação ocorre quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a realização de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. A pesquisa-ação é recomendada para o desenvolvimento de estudos experimentais, quando o pesquisador tem participação ativa no processo e foi escolhida pelo fato do autor ter o intuito de não

só escrever sobre o assunto, mas vivenciar o processo de inovação para realmente obter um conhecimento “stricto sensu” no sentido da palavra, tanto no campo do conhecimento explícito quanto no campo do conhecimento tácito, além de resolver o problema de criar uma metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica, na disciplina inovação tecnológica do curso superior de tecnologia em automação industrial, do qual o autor é coordenador.

1.4.6 Estudo de Caso

A utilização do método de estudo de caso pode envolver tanto situações de estudo de um único caso, quanto situações de estudo de múltiplos casos (YIN, 2001).

Segundo Yin (2001), o fator predominante para a escolha da estratégia de estudo de caso em contraposição ao uso de experimentos, levantamentos de dados, pesquisa histórica, etc, é a consideração da forma de questão da pesquisa, do controle exigido sobre eventos comportamentais e do foco sobre acontecimentos contemporâneos ou não.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos:

Capítulo 1: apresenta uma introdução direta e objetiva, que mostra a relevância do tema no contexto mundial, e para ter esse efeito “macro” de importância deve permear todas as outras estruturas de caráter “micro”, em que se encontra a educação. Complementa com a justificativa e os objetivos que motivaram a escolha do tema e da metodologia de pesquisa, e finaliza com a estrutura do trabalho.

Capítulo 2: traz a pesquisa bibliográfica, com conceitos sobre inovação tecnológica, gestão do conhecimento, tecnologia e metodologia de formação com base em competências, cita também, referências bibliográficas que dão sustentação teórica ao capítulo 3.

Capítulo 3: este capítulo apresenta a metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica (MECIT). Sugere, a utilização de quatro ferramentas da qualidade, o ciclo PDCA, os 5Ws e 2Hs, o Diagrama de Causa e Efeito e o Gráfico de Pareto. O diagrama de causa e efeito (Ishikawa,1993) foi adaptado para essa aplicação. O uso associado dessas ferramentas mantém o dinamismo do processo de inovação, além de enriquecer o desenvolvimento da disciplina dando um tratamento de engenharia ao processo de educação por abordar o assunto com uma linguagem pertinente à área de atuação profissional, a gestão da qualidade.

Capítulo 4: o propósito deste capítulo é demonstrar como a metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica (MECIT) pode proporcionar a criação de um algoritmo de raciocínio, por meio de situações de aprendizagem desafiadoras que induzam o aluno a buscar formas diferentes ou novas de fazer a mesma coisa e assim inicie o desenvolvimento da competência para a inovação. Com o objetivo de atender a esta proposta, foram elaboradas situações de aprendizagem contendo restrições quanto ao modo usual de resolver os problemas relativos à área profissional específica.

Capítulo 5: Apresenta as considerações finais do trabalho, por meio de uma análise mais detalhada da dissertação, o que resultou em novas conclusões que complementam e sintetizam a metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica. Tanto pelo resultado da análise, que estabelece a forma de distribuição da formação da competência por todo o curso, como pela síntese, que define o fluxograma de aplicação da MECIT.

CAPITULO 2

FUNDAMENTOS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS

Os fundamentos técnicos e científicos devem contemplar os principais temas relacionados com a competência a ser desenvolvida neste caso a inovação tecnológica.

2.1 Inovação Tecnológica

Há significativas evidências da existência de uma forte relação entre o crescimento econômico e a elevação da produtividade, decorrente da introdução e difusão de inovações tecnológicas no processo produtivo. (VIOTTI, 2003).

Segundo Barbieri e Álvares (2004) o verbo inovar vem do latim – *innovare* - e significa renovar ou introduzir novidades de qualquer espécie. Já inovação – *innovatio* - traduz-se pelo ato de inovar. Quando a inovação incorpora uma nova tecnologia, é classificada como inovação tecnológica, e destacam quatro tipos de inovação:

1. Inovação em produto, quando a empresa apresenta um produto ou serviço novo ou substancialmente melhorado;
2. Inovação em processo, quando ocorre a alteração ou substituição de um processo produtivo como robotização de linhas de montagem;
3. Inovação em gestão, quando modifica os processos administrativos como, alteração significativa da estrutura hierárquica da empresa, com a eliminação de linhas de comando, por exemplo, ou com a mudança na alocação de recursos e logística;
4. Inovação em modelo de negócios, quando se muda a essência do negócio dentro de um segmento, por exemplo, a Monsanto que do ramo de defensivos agrícolas migrou para a área de biotecnologia.

A inovação e a tecnologia sempre estiveram presentes no processo de evolução humana. Segundo Tigre (2006), no século XVIII, Adam Smith já apontava

a relação entre a acumulação de capital e a tecnologia de manufatura.

Andreassi (2007) destaca que no século XIX, List introduziu o conceito de investimento intangível, afirmando que a situação de um país resulta da acumulação de todas as descobertas, invenções, melhorias, aperfeiçoamentos e esforços de todas as gerações antecedentes.

Freeman e Soete (1997) classificaram o conceito de List como “Capital Humano”.

Quem realmente deu um papel de destaque para a inovação tecnológica no século XX foi o economista austríaco Joseph Schumpeter com base na sua teoria do desenvolvimento econômico; e nos efeitos positivos das inovações de processos e produtos no desenvolvimento econômico, ele define a inovação como um novo produto, novo processo de produção ou nova forma de organização, como uma aquisição ou abertura de novos mercados. (SCHUMPETER, 1988).

2.1.1 Economia da Inovação

A inovação é o propulsor da mudança econômica. Nas palavras de Schumpeter (1988) inovações radicais provocam grandes mudanças no mundo, enquanto inovações incrementais preenchem continuamente o processo de mudança.

Schumpeter (1988) propôs uma relação de cinco tipos de inovações:

1. Introdução de um novo bem ou uma nova qualidade de um bem;
2. Introdução de um novo método de produção a partir de uma nova descoberta científica ou tratamento comercial de uma *commodity*;
3. Abertura de um novo mercado, onde uma área específica da indústria não tenha penetração sendo o mercado existente ou não;
4. Conquista de uma nova fonte de fornecimento;
5. Criação de um monopólio ou a quebra de um monopólio.

Para Dosi (1988), a inovação está relacionada à descoberta, à experimentação, ao desenvolvimento, à imitação e à adoção e reengenharia de novos produtos, novos processos de produção e novos arranjos organizacionais.

Essa definição estabelece cinco referências que auxiliam a compreensão do processo contemporâneo da inovação:

1. A inovação é dotada de incerteza por não ser possível prever as consequências das ações inovadoras em função da falta de informação e conhecimento relativo à ocorrência de eventos conhecidos e de problemas de solução desconhecida.
2. A partir do século XX, cada vez mais a inovação tecnológica é obtida com base nos avanços e conhecimento científico da termodinâmica, da física quântica, da mecânica, da eletricidade, da microeletrônica, da engenharia de software, da biologia etc.
3. Aumento da complexidade das atividades envolvendo inovação tem favorecido a organização formal em vez do agente individual.
4. Parte significativa da inovação tem surgido com o “*learning-by-doing*” e o “*learning-by-using*”. Pessoas e organizações, principalmente empresas, podem aprender como usar, melhorar ou produzir coisas realizando atividades informais, como reuniões com clientes, solução de problemas práticos, redução de obstáculos na produção, etc.
5. A mudança tecnológica não pode ser descrita simplesmente como uma reação a mudanças nas condições de mercado. Ela é mais um fator que surge da experiência obtida pelas organizações, empresas e até países. Em outras palavras, a inovação é uma atividade acumulativa.

Outro fator importante é o impacto causado pela inovação. Schumpeter (1988) coloca em primeiro plano as inovações radicais por considerar que produzem os grandes impactos econômicos ou mercadológicos e deixa em segundo plano as inovações incrementais, responsáveis pelos aprimoramentos técnicos de base contínua, que também são importantes para se entender o processo de inovação.

A influência de Schumpeter (1988) é tão grande que seu modelo é utilizado para análise de toda atividade relacionada à inovação, seja ela de ordem radical ou incremental.

Entender por que ocorre a mudança tecnológica e por que as empresas inovam, é essencial. A razão apresentada na obra de Schumpeter (1988) para essa questão, é que as empresas estão em busca de lucros, e um novo dispositivo tecnológico traz alguma vantagem para o inovador. No caso de processo que eleve a produtividade, a empresa obtém uma vantagem de custo sobre seus concorrentes, conseqüentemente, uma maior margem aos preços vigentes de mercado ou, dependendo da elasticidade da demanda, usar uma combinação de preço mais baixo e margem mais elevada do que seus concorrentes, para conquistar participação de mercado e obter ainda mais lucros. No caso de inovação de produto, a empresa obtém uma posição monopolista devido, ou a uma patente (monopólio legal), ou ao tempo que levam os concorrentes para imitá-la. Essa posição monopolista permite que a empresa estabeleça um preço mais elevado do que seria possível em um mercado competitivo, obtendo maior lucro.

Schumpeter (1988) enfatiza a importância do posicionamento competitivo: as empresas inovam ou para defender suas posições competitivas ou buscar a vantagem competitiva. Uma empresa pode ter uma abordagem reativa e inovar para evitar perda na participação de mercado para um concorrente inovador. Além disso, cada vez mais o conhecimento tecnológico apresenta outras características, como acumulação (que resulta em retornos crescentes) e influência sobre as dinâmicas de mercado que afastam as empresas do equilíbrio (e faz com que tendam ao afastamento, não à aproximação do ponto de equilíbrio). Tal constatação resultou nos desenvolvimentos mais recentes da Economia Evolucionária e da Nova Teoria do Crescimento, (SAVIOTTI e METCALFE, 1991)

Para Saviotti e Metcalfe (1991) a abordagem evolucionária destaca a importância da variedade e da diversidade tecnológica e das formas em que a variedade se traduz em oportunidades e resultados tecnológicos. Influenciando a capacidade de inovação das empresas e as “trajetórias” ou direções em que as empresas inovam.

Vêm sendo realizados esforços teóricos consideráveis (no âmbito das chamadas novas teorias do crescimento) para construir modelos analíticos, que buscam tornar o processo de mudança técnica uma variável endógena a essa teoria. É o caso das chamadas teorias neoschumpeterianas ou evolucionárias, que sempre tiveram a questão da mudança técnica no centro de sua análise econômica.

Para Hall (1994), a idéia de que a mudança tecnológica é incremental e gradual é amplamente aceita hoje, principalmente, em virtude da teoria evolucionária.

Hasenclever e Mendonça (1994) argumentam que a característica principal da abordagem evolucionária é a incorporação do fenômeno da mudança tecnológica. Explicam como as atividades técnico-científicas são incorporadas ao processo produtivo e quais são os efeitos disso sobre a própria estrutura industrial e sobre a concorrência.

Segundo Saviotti e Metcalfe (1991), pela teoria evolucionária, a mudança técnica e a estrutura de mercado devem ser entendidas como mutuamente interativas, afetando uma à outra. A inovação é uma escolha não inteiramente conhecida, podendo ou não dar certo. Nesse ambiente de incerteza e diversidade, as empresas utilizam suas rotinas ou “trajetórias naturais”. Tais rotinas são, na verdade, as técnicas de produção, os procedimentos para escolha de insumos e produtos, as regras de preços, as políticas de P&D, entre outras atividades. As firmas, nome sobre o qual se exerce uma atividade econômica, neste estudo, têm o significado de empresa, que possuírem as melhores rotinas em seu ambiente tenderão a prosperar e ter um crescimento maior do que as demais.

Dosi (1988) contribui para a teoria evolucionária, ao introduzir o conceito de “paradigma tecnológico”. Tal conceito representa um programa de pesquisa tecnológica baseada em modelos ou padrões de soluções de determinados problemas, derivados de princípios e procedimentos técnico-científicos. O espaço tecnológico possibilita vários vetores ou trajetórias responsáveis pelo direcionamento do progresso técnico. Conclui que a inovação é o resultado de uma interação entre elementos técnicos e econômicos que se realimentam para orientar

que vetor ou trajetória tecnológica será adotado, em um ambiente marcado por incertezas e riscos.

2.1.2 Classificação das Atividades Inovadoras

Apesar dos diversos enfoques teóricos relativos à inovação tecnológica, como já citados por Schumpeter (1988) e Dosi (1988), certa dificuldade acaba surgindo quando se aplicam tais conceitos à realidade cotidiana das empresas. Afinal, examinando o processo produtivo de uma empresa o que realmente pode ser considerada uma atividade inovadora? Como padronizar procedimentos que tenham mecanismos de mensuração equivalentes entre os diversos países, setores de atividade econômica e empresas?

Tentando responder a essas questões, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) começou a desenvolver, no início da década de 1960, um sistema padrão para avaliação em P&D. Essa ação deu origem em 1963, ao MANUAL DE FRASCATI. A partir da troca de experiências entre os países membros da OCDE, o Manual foi atualizado em diversas edições subsequentes e abrangeu não somente os padrões para a mensuração de P&D, como também para várias atividades científicas e tecnológicas. A definição do que pode ou não ser considerado P&D, largamente utilizada hoje em dia, tem sua origem no MANUAL DE FRASCATI (2002).

Porém, com a necessidade de focar a questão Inovação, a OCDE lançou, em 1992, o Manual de Oslo, que serviu de guia para coletar dados em inovação tecnológica.

2.1.3 Manual de Oslo

Em conformidade com o Artigo 1º da Convenção firmada em Paris em 14 de dezembro de 1960, que entrou em vigor em 30 de setembro de 1961, a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) promoverá políticas que busquem:

- alcançar o mais alto nível de desenvolvimento econômico sustentável e de emprego. E um padrão de vida progressivamente melhor nos países membros, mantendo, ao mesmo tempo, a estabilidade financeira e contribuindo, por conseguinte, para o desenvolvimento da economia mundial;
- contribuir para a expansão econômica estável, tanto nos países membros quanto nos não membros em processo de desenvolvimento econômico; e
- contribuir para a expansão do comércio mundial calcada no multilateralismo e na não discriminação, de conformidade com as obrigações internacionais.

Integraram a OCDE, originalmente, os seguintes países membros: Alemanha, Áustria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Noruega, Portugal, Reino Unido, Suécia, Suíça e Turquia.

Posteriormente, foram admitidos como países membros, nas datas indicadas: Japão (28 de abril de 1964), Finlândia (28 de janeiro de 1969), Austrália (7 de junho de 1971), Nova Zelândia (29 de maio de 1973), México (18 de maio de 1994), República Checa (21 de dezembro de 1995), Hungria (7 de maio de 1996), Polônia (22 de novembro de 1996), Coreia (12 de dezembro de 1996) e República Eslovaca (14 de dezembro de 2000). A Comissão das Comunidades Europeias participa dos trabalhos da OCDE (Artigo 13º da Convenção da OCDE) ¹. O Brasil não consta na

¹ Traduzido em 2004 sob a responsabilidade da FINEP — Financiadora de Estudos e Projetos — das edições originais em inglês e francês publicadas sob os títulos: *The Measurement of Scientific and Technological Activities — Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation. Data: Oslo Manual / La mesure des activités scientifiques et technologiques — Principes directeurs proposés pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique: Manuel d'Oslo*. Copyright OECD, 1997. A OECD não é responsável pela qualidade da tradução em português e sua conformidade com o texto original.

lista de membros da OCDE. (OCDE 2009)

O Manual de Oslo (2006) é a principal fonte internacional de diretrizes para coleta interpretação e uso de dados sobre atividades inovadoras da indústria. A segunda edição foi atualizada para incorporar o progresso feito na compreensão do processo inovador, a experiência adquirida com a rodada anterior de pesquisas sobre inovação, a ampliação do campo de investigação a outros setores da indústria e as últimas revisões das normas internacionais de classificação.

A novidade de uma inovação pode ser definida ou através de uma série de variáveis técnicas ou em termos do mercado.

a) Classificação por tipo de novidade usando variáveis técnicas:

Aqui, a informação pode ser obtida através de simples marca nas categorias pertinentes:

- Inovações de produto:
 - uso de novos materiais;
 - uso de novos produtos intermediários;
 - novas peças funcionais;
 - uso de tecnologia radicalmente nova;
 - novas funções fundamentais (novos produtos fundamentais).
- Inovações de processo:
 - novas técnicas de produção;
 - novas características organizacionais (introdução de novas tecnologias);
 - novo software profissional.

b) Classificação por tipo de novidade em termos de mercado

- nova apenas para a empresa;
- nova para a indústria no país ou para o mercado em que a empresa opera;
- nova no mundo.

c) Classificação pela natureza da inovação

- aplicação de uma descoberta científica revolucionária;
- substancial inovação técnica;
- melhoria ou mudança técnica;
- transferência de técnica para outro setor;
- ajuste de um produto existente a um novo mercado.

2.1.4 Difusão da Inovação

Atualmente aceita-se que o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias são essenciais para o crescimento da produção e aumento da produtividade. O entendimento do processo de inovação e seu impacto econômico ainda são deficientes. Estamos vivendo uma importante revolução tecnológica, com a economia mundial reconfigurada pelas novas tecnologias da informação e por mudanças fundamentais em campos como a biotecnologia e a ciência dos materiais. Apesar disso, essas radicais alterações tecnológicas não estão se refletindo em melhorias na produtividade do fator total e nas taxas de crescimento da produção.

Difusão é o modo como as inovações TPP se espalham, através de canais de mercado ou não, a partir de sua primeira implantação mundial para diversos países e regiões e para distintas indústrias, mercados e empresas. Sem difusão, uma inovação TPP não terá qualquer impacto econômico.

Sundbo (1999), por exemplo, argumentou que a inovação pode ser definida como um processo que vai desde a invenção de um novo elemento até seu desenvolvimento para uso comercial. Em outras palavras, uma inovação deve ser prática e, ao mesmo tempo, possuir valor comercial e, talvez ainda mais importante, tem de ser socialmente aceitável, principalmente nos dias de hoje em que a consciência ambiental se torna mais significativa. A inovação mais frequente ocorre na área tecnológica e produz impactos sociais, ambientais, econômicos, políticos e culturais.

Um argumento comum entre os autores mais citados na literatura sobre a

inovação como Schumpeter (1988), Sundbo (1999) e Edquist (1997) e seus determinantes tecnológicos e sociais, é que a função primária da inovação é a de aumentar a produção, o emprego e mudar o comportamento do mercado, tendo como resultado, acelerar o crescimento econômico. Não há ainda um consenso entre os autores, na definição de inovação devido ao número de variáveis e restrições existentes. A partir da definição genérica de que: inovação é toda mudança efetiva em um padrão estabelecido, com ganhos de competitividade para a organização e/ou social para o indivíduo, pode-se classificar a inovação de várias formas e níveis. Nesta dissertação, a inovação será classificada em três níveis, com base na teoria de Schumpeter (1988) e Manual de Oslo (2006):

- **Inovação básica ou incremental:** é aquela que acrescenta pequenas melhorias de forma contínua em uma inovação tecnológica, e está sempre presente em cada onda de inovação; a função da inovação incremental é aumentar desempenho, diminuir preço ou custo, enfim trazer benefícios para a empresa, para o cliente ou para o meio ambiente. Geralmente realizada em nível de detalhe.
- **Inovação tecnológica:** inova de forma significativa, produtos e processos, por meio da aplicação, adaptação ou aperfeiçoamento de inovações radicais e tecnologias existentes. Isso pode ser feito, por exemplo, através da aquisição de máquinas e equipamentos de última geração para inovação de processos produtivos em uso para substituir máquinas convencionais.
- **Inovação radical ou de ruptura:** promove uma mudança de conceito, uma alteração total do padrão tradicional. Apresenta algo inédito e produz grande impacto econômico ou mercadológico. Exemplo: DVD e PEN DRIVE alterando completamente o conceito de armazenamento de dados.

As curvas “S” de Foster (1986) , Figura.1, representam de forma gráfica o ciclo da inovação, cada curva é gerada por uma inovação que pode ser tecnológica ou radical. E sua evolução sempre é motivada pela inovação incremental, que desenvolve a nova tecnologia, na medida em que amplia o domínio em relação à sua aplicação, características, potencial e limitações, e desempenho.

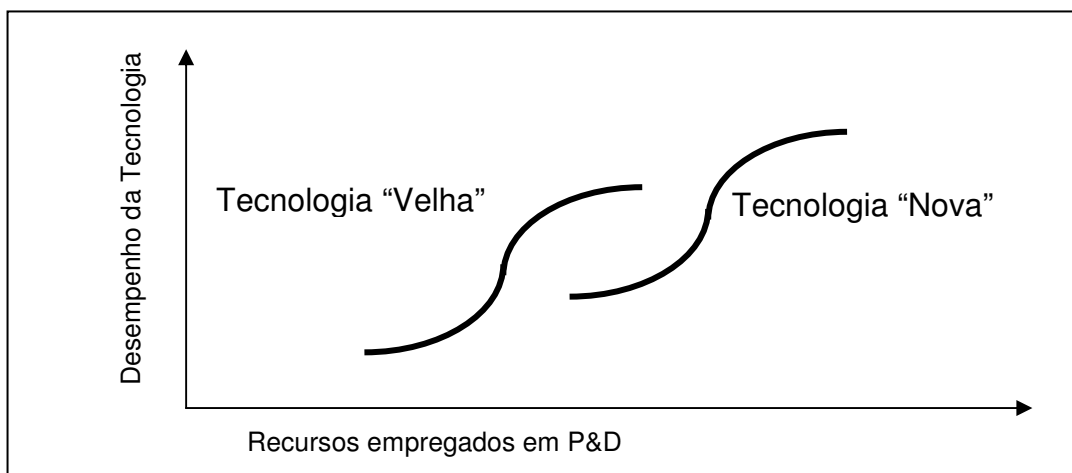


Figura 1 - Curvas "S" de Foster
Fonte: Foster (1986)

Definição de Inovação TPP com base no Manual de Oslo (2006).

Manual de Oslo (Inovações)

O manual de Oslo provê diretrizes para a mensuração da inovação tecnológica. A primeira edição foi publicada em 1992 pela OCDE e a segunda, preparada em conjunto com a Comissão Européia, foi publicada em 1997. Tomando-se a última edição como referência, o Manual de Oslo trata de inovação apenas nas empresas e concentra-se nas inovações tecnológicas em produtos e processos. Um produto ou processo pode ser considerado inovação quando ele é novo (ou significativamente melhorado) para a firma (e não necessita ser novo para o mundo)

Existem basicamente duas abordagens para a coleta de dados sobre inovações realizadas pelas empresas: a abordagem do sujeito que parte do comportamento e atividades inovativas da empresa como um todo; e a abordagem do objeto que se concentra no número e nas características das inovações individuais. O Manual Oslo adota a abordagem do sujeito.

Definição básica

Inovações Tecnológicas em produto e processo (TPP) correspondem à implementação de produtos e processos tecnologicamente novos e/ou aperfeiçoamentos tecnologicamente significativos em produtos e processos. Uma inovação TPP envolve uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais. A empresa inovadora TPP é a que implementou produtos ou processos novos ou significativamente aperfeiçoados durante o período de análise.

Quadro 1 – Definição de Inovação TPP
Fonte: Manual de Oslo (2006)

A inovação TPP cabe em todos os níveis da cadeia produtiva, assumindo características e benefícios, proporcionais e específicos, compatíveis com o tipo de empresa, nível de aplicação, intensidade de seu efeito, grau de mudança, se quebra paradigmas ou não, enfim, são muitas as variáveis.

A importância da inovação TPP é confirmada por Tigre (2006), quando cita que, do ponto de vista empresarial, as empresas mais dinâmicas e rentáveis do mundo, são justamente aquelas mais inovadoras que, ao invés de competir em mercados saturados pela concorrência, criam seus nichos e usufruem monopólios temporários por meio de patentes e segredos industriais.

Nesse aspecto, a inovação tecnológica é um fator competitivo estratégico para as nações, empresas e profissionais; e o grande desafio está no desenvolvimento da competência de inovação, que se apresenta como um capacitador de competitividade. Segundo Vendrametto (1994) a inovação surge como opção para a satisfação de necessidades impostas pelo mercado, ou então para adicionar vantagens. Para compreender melhor a inovação será abordado a seguir o tema modelos de inovação e aprendizado.

2.1.5 Modelos de Inovação e Aprendizado

À medida que o tempo passa, aumenta a compreensão dos fenômenos da inovação e novos modelos são criados com o intuito de simplificar e sistematizar sua aplicação, eficiência e eficácia. A seguir, são apresentados esquematicamente três modelos de inovação, um quadro comparativo e um quarto modelo em implantação e desenvolvimento. Todo processo de evolução implica em aumento de variáveis que, quando mensuradas por meio de indicadores apropriados, orientam a definição de metas capazes de melhorar o desempenho da inovação. (VIOTTI, 2003).

2.1.6 Modelo Linear de Inovação

O modelo pioneiro, que influenciou a própria criação dos primeiros indicadores

de CT&I, é o chamado modelo linear de inovação, representado na Figura 2.

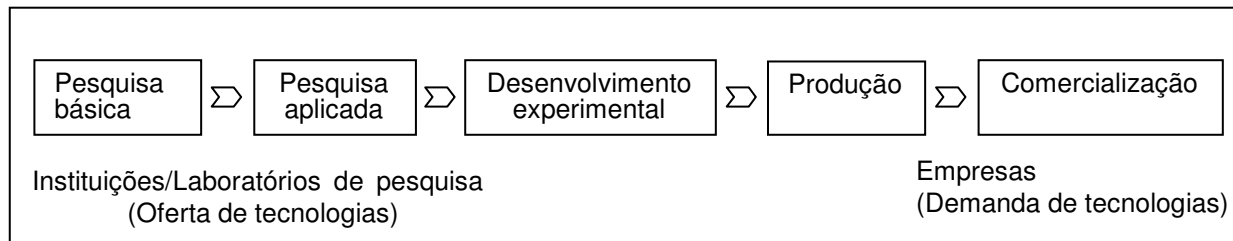


Figura 2 - Modelo Linear de Inovação

Fonte: Viotti (2003)

O modelo linear está, por exemplo, profundamente associado ao famoso Relatório Vannevar Bush - *Science: the endless frontier* Bush (1945), que estabeleceu as bases da política de C&T norte-americana no pós-guerra e exerceu enorme influência na definição dessas políticas em muitos países. Grande parte dos economistas convencionais e das comunidades formadas por cientistas e pesquisadores, fundamenta seus diagnósticos do processo de mudança técnica e suas prescrições de política de CT&I em um modelo linear de inovação. Além de sua simplicidade atraente, a popularidade do modelo linear entre cientistas e pesquisadores reside, especialmente, na importância seminal atribuída por esse modelo à pesquisa básica, um conceito cunhado por Vannevar Bush. Em sua caracterização, "pesquisa básica é aquela realizada sem qualquer objetivo prático em mente", e contribui para a "expansão do conhecimento em geral e para a compreensão da natureza e de suas leis" (Bush, 1945, p. 18, apud Stokes, 1997, p.3). Apesar de a pesquisa básica, em uma perspectiva estática, ser realizada sem qualquer objetivo prático, Bush conseguiu introduzi-la na etapa inicial de seu modelo linear, em uma posição que condiciona todas as demais etapas do processo de inovação. Nessa perspectiva dinâmica, "a pesquisa básica é a precursora do progresso tecnológico" (BUSH, 1945, p. 19, apud STOKES, 1997, p. 3). Assim sendo, Bush (1945) acredita que ela se transforma em um remoto, mas poderoso, dinamismo do progresso tecnológico, quando a pesquisa aplicada e o desenvolvimento convertem as descobertas da ciência básica em inovações para atender a toda a gama de necessidades econômicas, de defesa, saúde e outras da sociedade. (STOKES, 1997)

2.1.7 Modelo Elo de Cadeia

O modelo linear, que chegou a alcançar o *status* de paradigma dominante do entendimento do processo científico e de suas relações com o desenvolvimento tecnológico, na segunda metade do século XX (STOKES, 1997), não deixou de sofrer ataques de diversos estudiosos do fenômeno da inovação nos próprios países industrializados. As críticas concentraram-se na sua compreensão do processo de inovação como um fenômeno compartimentalizado e sequencial, em que a empresa desempenha papel de uma simples usuária da tecnologia. Essas críticas levaram a esforços para o desenvolvimento de modelos alternativos. O mais importante deles, o modelo elo de cadeia (*chain-linked model*), foi desenvolvido por Kline e Rosenberg (1986) e é representado na Figura 3. Esse modelo enfatiza a concepção de que a inovação é resultado de um processo de interação entre oportunidades de mercado e a base de conhecimentos e capacitações da firma. Envolve inúmeros subprocessos, os quais não apresentam uma sequência ou progressão claramente definida, e seus resultados são altamente incertos. É comum a ocorrência de interações ou realimentações (*feedbacks*) entre diversos subprocessos e, mesmo, o próprio retorno às etapas anteriores de desenvolvimento para aperfeiçoamentos ou para a solução de problemas surgidos ao longo do processo de inovação. A efetiva integração entre os diversos subprocessos, especialmente entre as etapas de comercialização e de invenção e projeto, é vista como um dos fatores determinantes do sucesso no processo de inovação.

Símbolos usados nas setas das caixas de baixo:

E = Cadeia central de inovação

f = Elos de realimentação

R = Realimentação particularmente importante

Conexões verticais:

C-P: Conexão de conhecimento para pesquisa e via de retorno. Quando o problema é resolvido no nódulo C, a conexão 3 para P é ativada.

O retorno da pesquisa (conexão 4) é problemática, por isso é representada em linhas pontilhadas.

D: Conexão direta dos problemas na invenção e no projeto de e para a pesquisa

I: Contribuição da indústria para a pesquisa científica via instrumentos, máquinas-ferramenta e métodos tecnológicos.

F: Apoio financeiro de firmas (nome sobre o qual se exerce uma atividade econômica) à pesquisa em ciências subjacentes à área de produtos para ganhar informações diretamente ou pelo monitoramento dos trabalhos de terceiros. As informações obtidas podem ser aplicadas em qualquer ponto ao longo da cadeia.

Representação de um modelo interativo do processo de inovação

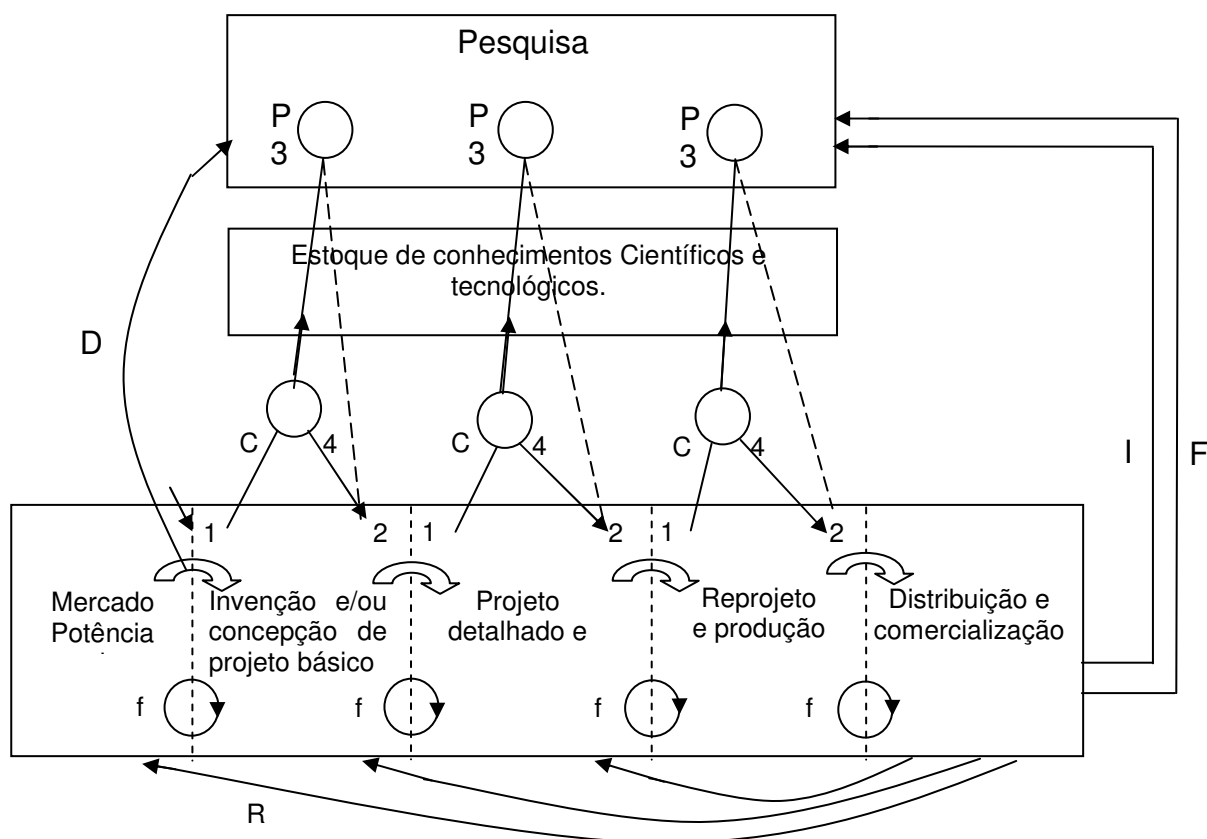


Figura 3 - Modelo Elo de Cadeia
 Fonte: Kline e Rosenberg (1986)

O modelo representa firmas individuais e setores produtivos em um nível mais agregado. A empresa não é uma simples compradora de tecnologias, está posicionada no centro do processo de inovação e a pesquisa não é vista como a fonte das ideias inventivas, mas sim como uma forma de resolver problemas surgidos em qualquer das etapas do desenvolvimento da inovação. A pesquisa é uma atividade adjunta ao processo de inovação e não uma pré-condição para esse.

Muitas atividades de pesquisa vão ser motivadas por problemas ou ideias inovadoras que surgiram na comercialização, na produção etc., isto é, fora da esfera da pesquisa *stricto sensu*. Quando problemas surgem no processo de inovação, a firma recorre à sua base corrente de conhecimentos e capacitações. Quando essa se mostra incapaz de resolvê-los, recorre à pesquisa, que, quando bem sucedida, estende aquela base.

O modelo elo de cadeia enfatiza, segundo Smith (1998), três aspectos básicos da inovação:

- Inovação não é um processo sequencial, mas envolve, sim, muitas interações e realimentações;
- Inovação envolve insumos multifacetados;
- Inovação não depende de processos de invenção, no sentido de descoberta de novos princípios. Tais processos envolvendo P&D formal tendem a ser realizados na solução de problemas durante o processo de inovação e não iniciá-lo.

Essa forma de entender o processo de inovação tem importantes implicações tanto para as políticas e estratégias tecnológicas, quanto para a forma de monitoramento do processo de inovação. A nova percepção do processo de inovação, refletida no modelo elo de cadeia, traz para o centro do palco a empresa e sua base de conhecimentos e capacitações. Consequentemente, as políticas inspiradas pelo modelo elo de cadeia enfatizam o apoio ao fortalecimento da capacitação tecnológica das empresas e de suas relações com as instituições de pesquisa. Indicadores de insumos do processo de inovação, diferentes dos de P&D, assim como da própria inovação, passam a assumir grande importância. Os

indicadores gerados pelos chamados *surveys* de inovação são, provavelmente, os que melhor se associam a esse modelo.

2.1.8 Modelo Sistêmico de Inovação

Apesar de o modelo elo de cadeia chamar a atenção para alguns aspectos fundamentais do processo de inovação, anteriormente desconsiderados pelo modelo linear, estudos mais recentes têm buscado caracterizar uma determinação ainda mais complexa, ampla e diversificada daquele processo.

A abordagem de sistemas nacionais de inovação introduz a perspectiva de que a análise dos processos de produção, difusão e uso de CT&I deva considerar a influência simultânea de fatores organizacionais, institucionais e econômicos. Essa abordagem surgiu como resultado de um esforço para desenvolver um arcabouço teórico, que ajudasse a explicar porque alguns países apresentam processos de desenvolvimento tecnológico e econômico superiores aos outros. O surgimento dessa abordagem foi particularmente estimulado pelo debate, ocorrido durante os anos 1980 e início dos anos 1990, sobre os diferenciais de crescimento da produtividade entre países desenvolvidos, especialmente da Europa, o Japão, e o Estados Unidos.

O modelo sistêmico de inovação, representado na Figura 4, chama a atenção para o fato de que as empresas não inovam isoladamente, mas geralmente o fazem no contexto de um sistema de redes de relações diretas ou indiretas com outras empresas, a infraestrutura de pesquisa pública e privada, as instituições de ensino e pesquisa, a economia nacional e internacional, o sistema normativo e um conjunto de outras instituições.

Existe, atualmente, um inegável crescimento do processo de internacionalização das economias e é provável que, também, esteja ocorrendo um crescimento das influências internacionais nos processos de inovação de cada país. Esses dois fenômenos, ainda que não estejam contribuindo de maneira significativa para o fim das desigualdades dos espaços nacionais de desenvolvimento científico e tecnológico, não diminuem, contudo, a importância da análise do processo de

inovação nos âmbitos nacionais. Em outras palavras, enquanto existirem dinâmicas científicas e tecnológicas nacionais marcadamente diferenciadas, mesmo que sofram fortes influências internacionais, haverá razões para estudar as características e os determinantes dos sistemas de inovação de espaços nacionais.

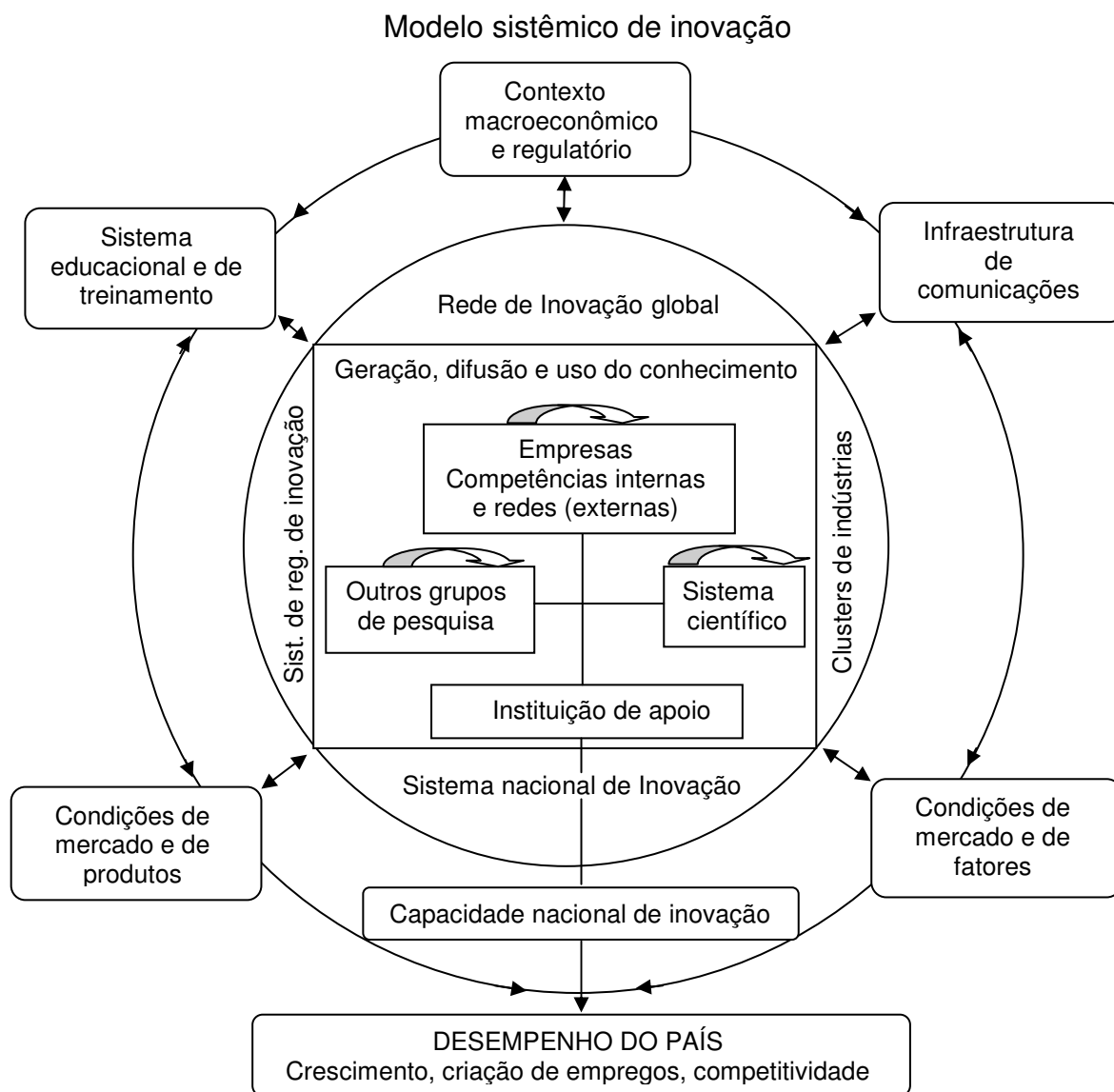


Figura 4 - Modelo Sistêmico de Inovação
 Fonte: Viotti (2003)

Há fortes evidências de que o processo de globalização não estaria contribuindo de forma significativa para qualquer forma de homogeneização dos Sistemas Nacionais de Inovação, mas, muito pelo contrário, tais evidências indicam que a globalização estaria contribuindo para uma crescente especialização e diferenciação desses sistemas (ARCHIBUGI e MICHIE, 1995).

Não é por outra razão, aliás, que os investimentos internacionais em atividades de P&D, ou na constituição de empresas de alta tecnologia, assim como os movimentos de recursos humanos altamente especializados, são, geralmente, guiados pelas percepções sobre os pontos fortes e fracos dos diversos sistemas nacionais de inovação (referentes, por exemplo, à existência de centros de excelência em pesquisa, à oferta ou demanda de cientistas e engenheiros ou à existência de fornecedores altamente competitivos em determinada área do conhecimento ou da técnica). A lógica que orienta a mobilidade (ampliada pelo avanço da globalização) das atividades em CT&I estaria contribuindo, desta forma, para o crescente fortalecimento dos sistemas nacionais, exatamente nas áreas em que esses já são fortes e para o enfraquecimento relativo daqueles que já são fracos naquelas mesmas áreas. Tal mobilidade contribui, para o aprofundamento das especializações dos sistemas nacionais e não para sua homogeneização.

Assim sendo, os processos de internacionalização e globalização não anulam a importância do uso da abordagem de sistemas nacionais de inovação, tanto como ferramenta para a compreensão do processo de inovação, quanto para informar a formulação de políticas públicas nacionais ou regionais, voltadas para a promoção do crescimento liderado pela inovação. O diagnóstico e as proposições de políticas associadas à abordagem sistêmica levam a revelar e enfatizar novos aspectos do processo de inovação e das políticas voltadas para sua promoção, e apresentam uma importante demarcação em relação aos modelos anteriores de inovação e, em especial, em relação à compreensão do processo de mudança técnica associado à economia convencional. Enfatizam, por exemplo, que: mercados competitivos são condições necessárias, mas não suficiente para estimular a inovação e para o aproveitamento dos benefícios da acumulação de conhecimentos no nível das firmas e dos indivíduos. As firmas não são simples algoritmos de maximização das funções de produção, mas sim organizações que aprendem e cujas eficiências dependem de diversas instituições, grande parte delas de natureza nacional, e das condições culturais e de infraestrutura relacionadas com as relações entre as áreas de ciência, educação e negócios, a resolução de conflitos, as práticas contábeis, as estruturas de gestão empresarial, as relações trabalhistas etc. Economias de aglomeração em nível regional, externalidades de redes de relacionamento e

economias dinâmicas de escala em *clusters* de atividades tecnologicamente relacionadas são importantes fontes de retornos crescentes dos investimentos públicos e privados em P&D. Além de corrigir falhas de mercado, governos têm a responsabilidade de aperfeiçoar a infraestrutura institucional para a troca de conhecimentos entre firmas e entre as organizações do mercado e as demais (MANUAL DE OSLO, 2006).

O Quadro 2 apresenta uma visão sintética e comparada das principais características dos três modelos de inovação e de seus indicadores típicos, como apresentados anteriormente.

Modelos de Inovação: Principais características e indicadores típicos

| Modelo | Linear | Elo de Cadeia | Sistêmico |
|---|---|---|--|
| Agente principal | Instituições de pesquisa ou de laboratórios | Empresas | Empresas em interação com instituições do sistema de inovação |
| Natureza do processo de inovação | Inovação como um fenômeno ocasional | Inovação como um processo contínuo e interativo (Inovação Incremental) | Inovação como um processo social e sistêmico |
| Posição relativa da pesquisa | A pesquisa precede a inovação, gera as invenções e estas são transformadas em inovações | A pesquisa não é vista como a fonte de idéias inventivas, mas sim como uma forma de resolver problemas surgidos em qualquer das etapas do desenvolvimento da inovação | A pesquisa é apenas uma atividade em um conjunto maior de determinantes da inovação, em que se destacam as interações e interfaces entre vários atores e instituições, assim como o funcionamento do sistema como um todo, em vez do desempenho de seus componentes individuais. |
| Relação entre os elementos da mudança técnica | Invenção Inovação ▼ Difusão ▼ Inovação ▼ incremental ▼ | Invenção Inovação Difusão Inovação incremental | ▼ ▲ ▼ ▲ ▼ ▲ ▼ ▲ |
| Natureza da tecnologia | Codificável | Codificável e tácita | |
| Relação da firma com a tecnologia | Consumidora de tecnologia | Produtora e absorvedora de tecnologia | |
| Indicadores de inovação típicos | Dispendios em P&D Patentes | Surveys de inovação | Indicadores de fluxo de conhecimento Mapeamentos institucionais Integração desses com vários tipos de indicadores, inclusive os de natureza socioeconômica |

Quadro 2 – Comparação entre Modelos de Inovação
Fonte: Viotti (2003)

2.1.9 Modelo *Open Innovation*

Outro modelo recente, em fase de crescimento e consolidação, é o sistema *open innovation*, que se enquadra dentro do conceito de redes de empresas com uma dinâmica diferente, que tanto aceita a parceria de colaboradores externos, talentos que acessam o sistema de pesquisa e desenvolvimento da empresa e participam de seus projetos com ideias inovadoras, como também transfere ideias e participa de projetos de terceiros, quando resultados promissores surgem em áreas que fogem do foco da empresa. Esse modelo privilegia a interação, o compartilhamento com quem já tem experiência e pode desenvolver a inovação de forma mais rápida, sob a influência de um risco menor de incerteza por agregar diferentes ideias.

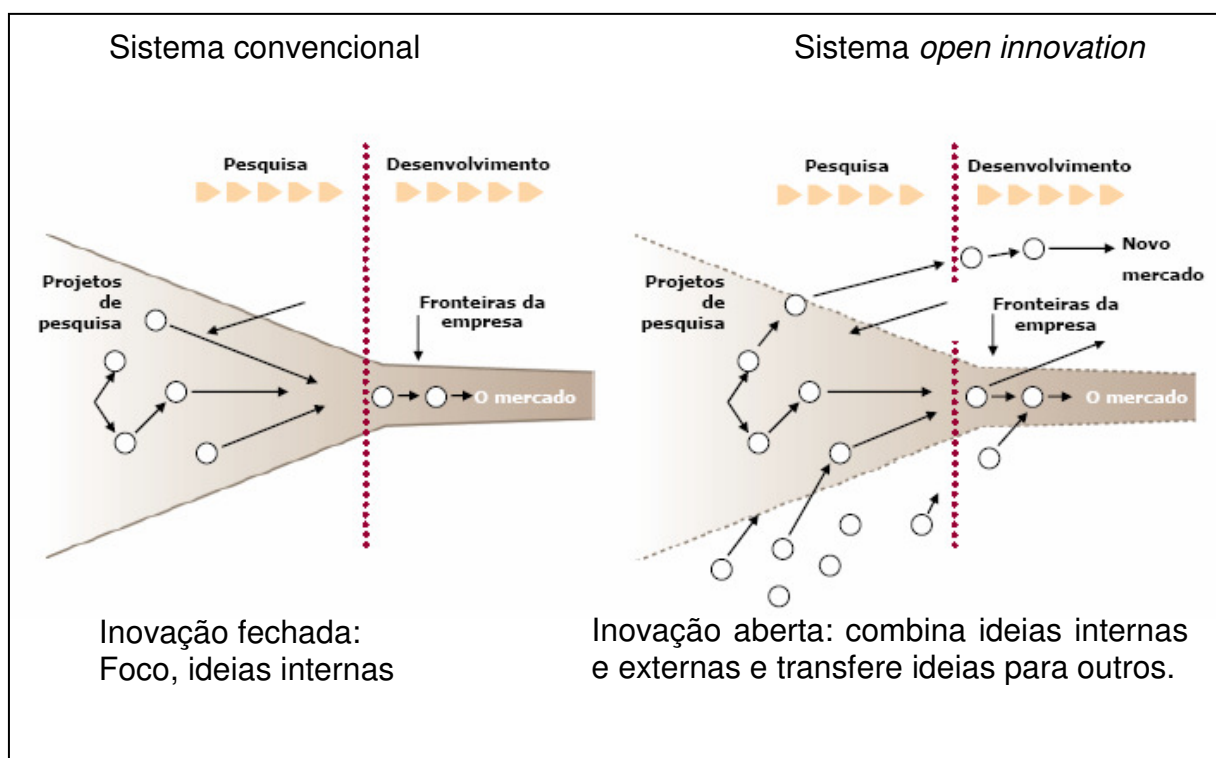


Figura 5 - Comparação entre o Conceito de Inovação Fechada e Aberta
Fonte: Chesbrough (2003)

Este modelo de inovação, potencializa o poder de aglutinação e aproveitamento de idéias e projetos que podem efetivamente impulsionar uma política nacional de inovação que direciona e concentra idéias em polos especializados, com pesquisadores altamente qualificados, capazes de interpretar os dados e selecionar os mais promissores.

2.1.10 Quadros Comparativos

A seguir são apresentados dois quadros comparativos. O Quadro 3 compara os tipos de sistemas nacionais de mudança técnica e de capacitações tecnológicas. E o Quadro 4 compara Capacitações tecnológicas básicas com funções técnicas típicas na área de produção. Esse grupo de informações é referência básica para a definição da disciplina inovação tecnológica.

| Sistema nacional de mudança técnica | Capacitação tecnológica dominante |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Aprendizado passivo | Produção |
| Aprendizado ativo | Aperfeiçoamento |
| Inovação | Inovação |

Quadro 3 - Tipos de Sistemas Nacionais de Mudança Técnica e Capacitações Tecnológicas
Fonte: Viotti (2003)

A mudança tecnológica resulta de atividades inovadoras, incluindo investimentos imateriais como P&D, e cria oportunidades para maior investimento na capacidade produtiva. É por isso que, em longo prazo, gera empregos e renda adicionais. Uma das principais tarefas dos governos é criar condições que induzam as empresas a realizarem os investimentos e as atividades inovadoras necessárias para promover a mudança técnica. Mas para isso, um projeto de longo prazo deve ser elaborado, com um planejamento consistente que integre uma política educacional associada a uma política industrial que passa pela conscientização dos processos e atinja a inovação após passar pelo aprendizado passivo e aprendizado ativo para ganhar base de sustentação para a prática da inovação.

Capacitações tecnológicas básicas e as funções técnicas típicas.

| Capacitações tecnológicas básicas | Funções técnicas típicas |
|--|--|
| <p>Produção</p> <p>(Conhecimento, habilidades e outras condições requeridas pelo processo de produção.)</p> | <p>Assimilação de tecnologia de processo/produto Inovações incrementais passivas</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pequenas adaptações às condições locais(infraestrutura, oferta de bens e serviços, recursos humanos e demanda pelo produto). ➤ Ajustes do processo/linha de produção ➤ Solução de pequenos problemas no processo e manutenção de rotina. ➤ Controles de estoque. ➤ Administração de compras de insumos e vendas de produção. ➤ Controle de qualidade do produto final. ➤ Treinamento esporádico |
| <p>Aperfeiçoamento</p> <p>(Conhecimento, habilidades e outras condições requeridas para aperfeiçoamento contínuo e incremental do desenho e das características de produtos e/ou processo de produção)</p> | <p>Domínio da Tecnologia de processo/produto Inovações incrementais ativas</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Adaptações significativas às condições locais (de infraestrutura, oferta de bens e serviços, recursos humanos e demanda pelo produto). ➤ Experimentação na linha / processo de produção ➤ Manutenção preventiva ➤ Vínculos com fornecedores e compradores ➤ Sistemas de controle de qualidade do tipo “qualidade total” ➤ Sistema permanente de treinamento ➤ Aperfeiçoamento do produto/processo ➤ Adaptação e ampliação da capacidade de produção da planta/equipamentos além dos limites normais ➤ Busca regular de fontes externas de conhecimento e habilidades, inclusive benchmarking, cópia, imitação engenharia reversa ➤ Vínculos com instituições de C&T. ➤ P&D interna ou externa |
| <p>Inovação(conhecimentos habilidades e outras condições requeridas para a criação de novas tecnologias ou para a realização de mudanças significativas na concepção ou características básicas de produtos/processos)</p> | <p>Inovação na tecnologia de produto/processo</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Inovação de produto/processo ➤ P&D interna ➤ Pesquisa básica ➤ P&D cooperativa ➤ Licenciamento de tecnologia própria para terceiros |

Quadro 4 - Capacitações Tecnológicas Básicas e Funções Técnicas Típicas

Fonte: Viotti (2003)

Uma melhor ideia do significado dos conceitos de capacitação tecnológica pode ser aprendida por intermédio da análise do quadro 4, que apresenta um rol de funções técnicas, que são características de cada uma das capacitações tecnológicas básicas, inclusive da capacitação da inovação, um fenômeno geralmente raro nos casos dos países em desenvolvimento.

É possível relacionar o predomínio de cada uma dessas capacitações tecnológicas com a existência de um tipo de sistema nacional de mudança técnica, como o Quadro 4 apresenta. O sistema de mudança técnica em que a inovação é a forma de mudança que domina (que estabelece o ritmo da competição nos setores líderes) é caracterizado como um sistema nacional de inovação. O sistema em que a simples capacitação de produção é dominante, é caracterizado como um sistema nacional de aprendizado passivo. Aquele sistema de aprendizado que vai além da simples capacitação de produção e também domina a de aperfeiçoamento é um sistema nacional ativo, de aprendizado ativo.

2.2 Conhecimento

Segundo Reis (2008) o conhecimento, ao longo do tempo tem sido objeto de estudos explorados por autores proeminentes como Peter Drucker, Alvin Toffler, James Brian Quinn, Michael Gibbons, Thomas Davenport, Ikujiro Nonaka, Peter Loranje, Peter Senge e Giovanni Dosi, entre outros.

Para Drucker (1985), na sociedade do conhecimento, o conhecimento é o único recurso realmente significativo. No processo de inovação, o conhecimento é visto como elemento chave. O conhecimento, segundo Nonaka e Takeushi (1997), é classificado em dois tipos: conhecimento explícito e conhecimento tácito.

2.2.1 Conhecimento explícito

É o conhecimento que pode ser codificado e armazenado em literaturas, manuais, normas, internet etc. É de fácil transmissão, guardadas as devidas proporções, quanto ao grau de complexidade e da base de conhecimento necessária como pré-requisito sobre o assunto, para que possa ser absorvido, interpretado e utilizado, de preferência, como competência para gerar novos

conhecimentos e inovações. O conhecimento explícito pode ser facilmente processado por um computador, e então, traduzido para o ambiente digital, registrado, documentado e, ainda, de forma compartilhada. Esse conhecimento pode ser expresso em palavras e números, possibilitando que seja transmitido em linguagem formal e sistemática. É importante observar também a existência de uma interação social entre esses dois conhecimentos. Ou seja, um complementa o outro, favorecendo o desenvolvimento da criatividade humana. Essa interação significa, segundo Nonaka e Takeuchi (1997), a “conversão do conhecimento”,

2.2.2 Conhecimento tácito ou implícito

É o conhecimento de ordem pessoal, traduzido em habilidades, atitudes e experiência. Esse conhecimento não pode ser totalmente codificável e armazenado em meios artificiais. Todavia, pode ser recuperado através de experiências compartilhadas ou ainda, de conversações profundamente interativas e por isso, [...] exige uma espécie de processamento simultâneo das complexidades dos problemas compartilhados pelos indivíduos (NONAKA e TAKEUCHI, 1997). O conhecimento tácito é de difícil transmissão por ser subjetivo, intangível, imaterial, está relacionado com o contexto e com a consciência coletiva.

Assim sendo, o conhecimento tácito é transmitido por meio da interação humana, através de trabalhos em grupo, e essa, é uma prática que deverá ser aprimorada e exaustivamente utilizada no estudo da inovação, com o objetivo de promover a sinergia entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito, potencializado pela diversidade de ideias e experiências reunidas nos grupos de trabalho.

Segundo Reis (2008), o conhecimento tácito só pode ser armazenado no cérebro humano, por exemplo, andar de bicicleta. Pode-se escrever sobre como andar de bicicleta. Quem ler vai adquirir o conhecimento explícito, mas não o conhecimento tácito, pois somente quem já andou de bicicleta e adquiriu o senso de equilíbrio é realmente o possuidor desse conhecimento que agora está gravado no seu cérebro. O conhecimento tácito está relacionado à experiência, saberes que só se adquirem fazendo.

A expressão “economia baseada no conhecimento” foi cunhada para descrever tendências verificadas nas economias mais avançadas, de maior dependência de conhecimento, informações e altos níveis de competência, além de uma crescente necessidade de pronto acesso a tudo isso. (OCDE 1999a)

O conhecimento, em todas as suas formas, desempenha, hoje, um papel crucial nos processos econômicos. As nações que desenvolvem e gerenciam efetivamente seus ativos de conhecimento têm melhor desempenho que as outras.

Os indivíduos com maior conhecimento obtêm empregos melhor remunerados.

Esse papel estratégico do conhecimento é ressaltado pelos crescentes investimentos em pesquisa e desenvolvimento, educação e treinamento, e outros investimentos intangíveis, que cresceram mais rapidamente que os investimentos físicos na maioria dos países, nas últimas décadas. A estrutura de políticas deve, dar ênfase à capacidade de inovação e criação de conhecimento nas economias.(OCDE (1999b).

Dentro de uma economia baseada no conhecimento, a inovação parece desempenhar um papel central. Até recentemente, no entanto, os processos de inovação não eram suficientemente compreendidos. Um melhor entendimento surgiu em decorrência de vários estudos feitos nos últimos anos. No nível macro, há um substancial conjunto de evidências de que a inovação é o fator dominante no crescimento econômico nacional e nos padrões do comércio internacional.

No nível micro, dentro das empresas, a P&D é vista como o fator de maior capacidade de absorção e utilização pela empresa de novos conhecimentos de todo o tipo, não apenas conhecimento tecnológico.

As TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação) possibilitam a difusão de conhecimento explícito, e sua adoção pode dinamizar a competitividade de uma empresa ou nação, de acordo com sua capacidade em transformar o conhecimento explícito em conhecimento tácito. Alguns autores estimam que para o volume de conhecimento explícito gerado, cria-se também um volume correspondente de

conhecimento tácito. E o conhecimento tácito também gera volumes de conhecimento explícito.

Ao considerar que é possível transferir ou comprar os conhecimentos codificados (explícitos), mas não os tácitos e, sem estes não se tem a chave para a decodificação dos conhecimentos adquiridos como tecnologia, por exemplo, o conhecimento tácito passa a ser estratégico. Reforça-se, assim, a importância de investimentos em capacitação, pesquisa e desenvolvimento em particular do aprendizado, paralelamente à importação de tecnologia, para que seja possível o desenvolvimento tecnológico endógeno.

Tendo em vista que os conhecimentos gerados no processo inovativo estão tácitos, cumulativos e localizados, deve ser levado em conta que existe um espaço importante em nível nacional, regional ou local para desenvolver competências tecnológicas endógenas. Essas capacitações são imprescindíveis para absorver, de forma eficiente, a tecnologia que vem de fora do país e por meio de adaptação e modificação, possibilitar a geração novos conhecimentos. Sendo o conhecimento uma ferramenta utilizada para a obtenção da inovação, a gestão do conhecimento se torna uma ação estratégica e determinante.

A gestão do conhecimento trabalha com dados, informação e conhecimento. Classificado por Davenport e Prusak (1998) o Quadro 5 indica as características de dados, informações e conhecimento.

| Dado | Informação | Conhecimento |
|-----------------------------|--|-----------------------------|
| Fácil estruturação | Requer unidade de análise | Difícil estruturação |
| Fácil captura em máquinas | Exige consenso em relação ao significado | Difícil captura em máquinas |
| Frequentemente quantificado | Exige necessariamente a mediação humana | Frequentemente tácito |
| Fácil transferência | | Difícil transferência |

Quadro 5 - Características de Dado, Informação e Conhecimento

Fonte: Davenport e Prusak (1998)

As máquinas atuam com facilidade em processamento de dados, informação e conhecimento, mas há ainda um longo caminho a percorrer com os avanços em inteligência artificial, redes neurais, lógicas *fuzzy* e paraconsistente, etc.

O processo de gestão do conhecimento é etapa fundamental da inovação tecnológica, tanto para registro das informações, procedimentos e resultados, como para a tomada de decisão. O conhecimento deve se tornar explícito ou permanecer tácito? Essa decisão, por ser estratégica, dificulta a sua transferência para o mercado, visando a manutenção dos segredos industriais e a vantagem competitiva.

O tratamento sistematizado de dados e informações aperfeiçoam a criação e gestão do conhecimento (Figura 6).

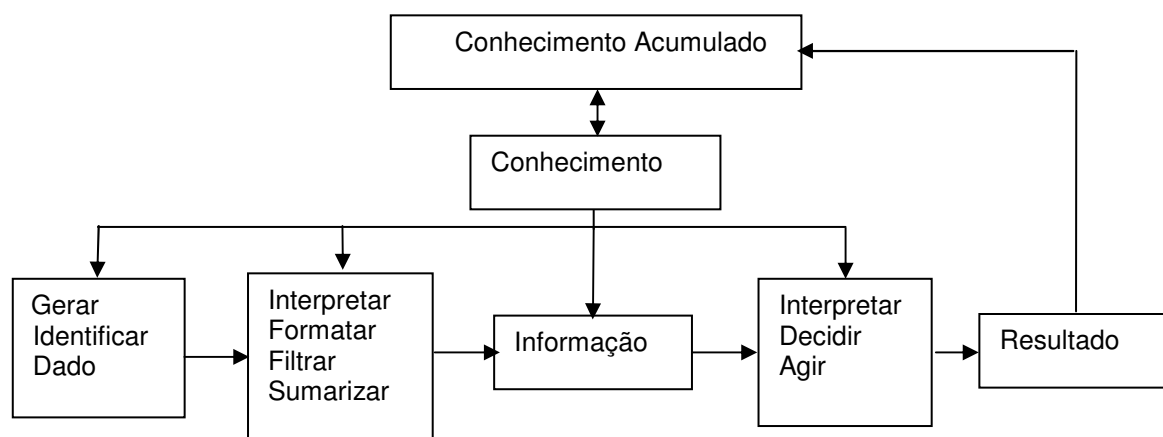


Figura 6 - Tratamento Sistematizado do Conhecimento

Fonte: Takahashi S. & Takahashi V.P. (2007)

Na Figura 6, o conhecimento é o elemento principal. A partir dele são gerados e identificados dados que, ao serem interpretados, formatados, filtrados e sumarizados, são transformados em informações, e a aplicação do conhecimento à informação possibilita interpretar, decidir e agir. Os resultados obtidos aumentam o estoque de conhecimento e realimenta o ciclo que gera a base para a inovação tecnológica.

A capacidade cognitiva do ser humano gerencia esse processo de forma sistematizada. Essa dinâmica é fundamental para o ciclo de domínio do conhecimento e a sua utilização para formação de competências.

2.3 Tecnologia

De acordo com Saenz e Capote (2002), a tecnologia pode ser definida de duas maneiras ou pontos de vista: um conjunto de conhecimento ou uma atividade. No primeiro caso, a definição é a seguinte: tecnologia é o conjunto de conhecimentos científicos e empíricos, de habilidades, experiências e organização requeridos para produzir, distribuir, comercializar e utilizar bens e serviços. Inclui tanto conhecimentos teóricos como práticos, meios físicos, “*know how*”, métodos e procedimentos produtivos, gerenciais e organizacionais, entre outros.

Já do ponto de vista da tecnologia como uma atividade, pode ser entendida como: a busca de aplicações para conhecimentos existentes. Saenz e Capote (2002) destacam que nos processos inovativos, o que se introduz na prática não é uma tecnologia, mas um sistema ou pacote tecnológico. Um pacote tecnológico é um conjunto de tecnologias complementares, integradas ou encadeadas sistematicamente à tecnologia principal, sem as quais a inovação seria difícil ou não se produziria.

A tecnologia ainda não tem uma definição de consenso, por ser muito diversificada e multifacetada. Alguns autores a classificam em três tipos primários: tecnologia de produto voltada para a produção de bens e serviços; tecnologia de processo, voltada para métodos, que são utilizados para a realização das atividades de uma empresa e tecnologia da informação e comunicação, que utiliza *software* e *hardware* para aquisição, tratamento e armazenamento de dados e informações internas e externas permitindo a tomada de decisão e a geração de conhecimento.

A tecnologia referência desta dissertação é a automação industrial que tem o seguinte princípio: “rotina quem faz é máquina”, por isso os sistemas automatizados operam com o mínimo de intervenção humana.

Segundo Moraes e Castrucci (2007), automação é qualquer sistema apoiado em computadores, que substitua o trabalho humano em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias e dos serviços.

Para se obter um sistema de automação industrial, é necessária integração de quatro tecnologias básicas: as tecnologias mecânicas, que compõem a estrutura física do sistema, formada por base, colunas, eixos, parafusos, etc.; as tecnologias elétricas, que fornecem a energia para o funcionamento do sistema, os motores elétricos, as resistências para aquecimento, etc.; as tecnologias eletrônicas através de sensores, placas de controle, microprocessadores, transistores, etc.; e as tecnologias da informação para aquisição, transmissão, tratamento e armazenamento de dados para tomada de decisão pelo próprio sistema.

Para ilustrar um pouco mais o conceito de automação industrial, um breve relato da evolução tecnológica na linha do tempo.

Segundo Hobsbawm (2003), a manufatura, palavra grega que significa “feito a mão”, era praticada pelo artesão. Com a revolução industrial, no século XVIII, iniciou-se a fase da mecanização da manufatura, e o que era feito à mão passou a ser feito por máquinas operadas por oficiais, ou profissionais. Em torno de 1900, intensificou-se o uso de máquinas automáticas, que realizavam as operações por meio de mecanismos automáticos, porém, sob a supervisão permanente de um operador, para garantir a qualidade do produto, corrigindo constantemente os desvios que geram erros no processo devido ao desgaste da ferramenta, por exemplo. Na década de 1960, surgiu nos EUA, a expressão “Automação Industrial”, inventado pelo departamento de marketing das empresas, que utilizavam na automatização de suas máquinas, os recursos disponibilizados pela microeletrônica, como os microprocessadores, que são programáveis e os sensores, que agregados aos sistemas automáticos, configuraram a automação da manufatura, e o que era feito em máquinas automáticas, passaram a ser feita em máquinas automáticas com funções inteligentes. As funções inteligentes se concentram no controle do processo, permitindo que a máquina faça o produto e avalie a sua qualidade com base em padrões como medida, por exemplo. Em função do resultado apurado, a máquina toma decisão quanto à classificação da peça: aprovada, retrabalho ou reprovada.

A automação industrial é dividida em automação da manufatura, voltada para produção de produtos seriados como automóveis, linha branca, autopeças, etc. E

automação de processos contínuos, voltada para produção de produtos químicos, petroquímicos, farmacêuticos, cosméticos, etc.

No caso da formação profissional, as tecnologias a serem abordadas, já são de domínio do corpo docente e necessitam de um tratamento técnico-pedagógico, que permitam a sua transformação em competência para solucionar problemas relativos às três tecnologias primárias.

O comitê internacional de mecatrônica, área de estudo voltada para a automação da manufatura, define automação como a combinação sinérgica da engenharia mecânica, engenharia elétrica e tecnologia da informação no projeto de máquinas e mecanismos automáticos inteligentes.

2.4 Metodologia de Formação com Base em Competências

O primeiro aspecto é a competência correspondente às estruturas hipotéticas que permitem ao operador dar significado, pela ação, às situações de trabalho. Fala-se sempre de competência para tal tarefa ou tipo de tarefas. Assim, a competência só se torna real na ação. A competência profissional se expande na prática do trabalho e de formação, influenciada pela história de vida e social, pela ergonomia e pelo treinamento.

O conceito de competência demonstra uma realidade dinâmica, um processo. Não é estado, mas algo que se renova a cada momento. A competência é saber-fazer operacionalmente válido, em que a questão da validação sob o prisma da necessidade que os conhecimentos ou experiências do trabalhador sejam confirmados no domínio de funções efetivamente exercidas, ou seja, as competências são conjuntos de conhecimentos, capacidades de ação e comportamentos estruturados em função de um objetivo e em determinada situação.

A competência não é estado ou conhecimento possuído. Ela não se reduz ao saber nem ao saber-fazer. Não é assimilável em uma ação de formação. Em algumas situações, percebe-se que pessoas que possuem conhecimentos ou capacidades nem sempre sabem utilizá-los de forma adequada na situação de

trabalho. Ser competente não é limitar-se à execução de tarefa única e repetitiva. A competência supõe capacidade de aprender e se adaptar. É ser capaz de utilizar o saber e o saber-fazer de forma a atender a seus interesses e resolver o problema enfrentado.

A competência, dentro de esquema evolucionário, é semelhante à “espiral do conhecimento” de Nonaka e Takeuchi (1997), baseando-se na capacidade ativa de saber-agir, passando-se ao saber-mobilizar recursos válidos, saber-integrar ações e recursos, finalizando na habilidade de saber-transferir, ou seja, disseminar tal competência. Nem tudo o que o operador sabe é utilizado a todo o momento. O que aprende e fica armazenado na memória a longo termo, deve ser atualizado e tratado pela memória de curto termo. Será competente aquele que souber utilizar os diversos saberes para resolver problemas novos em novas e diversas situações. O competente é autônomo no seu trabalho, é capaz de ter iniciativa, de fazer proposições.

O saber pode ser socializado, já a competência não. Os trabalhadores são pessoas reais e coerentes, com experiências e memórias singulares, e o conceito de competência é indispensável para explicar suas condutas. As condutas dos trabalhadores não são produzidas de maneira aleatória e imprevisível, mas representam o saber e o saber-fazer integrados e reestruturados de forma a atender a seu interesse e resolver o problema apresentado.

Segundo Perrenoud (2001), as novas concepções educacionais demandadas pelo grande avanço tecnológico e pela moderna gestão empresarial, mudaram os enfoques dados ao conhecimento, que hoje é tido como instrumento gerador de competitividade e produtividade organizacional. Isso tem modificado de forma significativa o mundo do trabalho com reflexo direto na educação, especialmente na educação profissional.

O foco principal das discussões mais recentes tem sido a questão da organização curricular, segundo o perfil profissional, de acordo com a demanda do mercado, em consonância com o modelo de formação com base em competências.

Constata-se, entretanto, que os programas fundamentados somente na organização curricular, sem a devida complementação por meio de ações efetivas na formação dos docentes, na identificação e desenvolvimento de novas metodologias de ensino, tem-se mostrado insuficiente para alcançar os resultados esperados. Por isso, o objetivo desta dissertação é criar uma metodologia que atenda a essa orientação e trabalhar na perspectiva da formação, com base em competências, remete a adoção de uma prática pedagógica que:

- Privilegie metodologias ativas, centradas no sujeito que aprende, com base em ações desencadeadas por desafios, problemas e projetos;
- Desloca o foco do trabalho educacional do “ensinar” para o “aprender”, do que vai ser ensinado para o que é preciso aprender;
- Valoriza o professor no papel de facilitador e mediador do processo ensino-aprendizagem;
- Formação de alunos com autonomia, iniciativa, pró-atividade, capazes de solucionar problemas e conduzir a sua autoformação e aperfeiçoamento; importância do planejamento sistemático das atividades pedagógicas pelos docentes, em termos de atividades e projetos para o exercício das competências pretendidas, bem como do processo de avaliação.

A fim de obter-se uma prática pedagógica eficaz, elegem-se alguns princípios facilitadores de uma aprendizagem significativa, que são as seguintes:

- Uma organização curricular flexível e interdisciplinar
- A contextualização dos fatos, a fim de traduzi-los para a percepção do aluno (BURNIER, 2002)
- O desenvolvimento das capacidades que sustentam as competências, ou seja, trata-se de avançar além do desempenho aparente, expresso em tarefas, mas sim descobrindo e estimulando suas capacidades sociais e organizativas (DESPREBITERIS, 1998);
- Privilegiar o aprender, através do estímulo à resolução de problemas novos, à aceitação da dúvida como propulsora do pensar;

- Aproximação da formação ao mundo real, ao trabalho e às práticas sociais, através do desenvolvimento de tarefas que possuam utilidade para o trabalho e para a vida;
- Integração da teoria com a prática por meio de uma visão ampliada da prática profissional, ou seja, toda a oportunidade de colocar em ação o aprendizado é válida;
- A avaliação do aprendizado tem de ser vista como uma função reguladora, diagnóstica, formativa e promotora da melhoria contínua, no âmbito do ensino e da aprendizagem;

Diante do exposto sobre a metodologia de formação, com base em competências fica claro que a prática da docência só deve ocorrer após uma análise detalhada, por parte do docente, das capacidades que o aluno deve desenvolver durante sua fase escolar e mediante um planejamento de sua ação, e esse plano deve conter as estratégias de ensino e a forma de avaliação a serem utilizadas em sala de aula.

Segundo Hoffmann (1998), a ação avaliativa é uma das mediações a serem utilizadas para encorajar o aluno a reorganizar o seu saber. Isso significa ação, movimento, provocação na tentativa de reciprocidade intelectual entre docente e aluno.

As empresas e nações, dentro do contexto econômico, são um portfólio de competências, pois o seu sucesso depende da sinergia de um rol de competências como, por exemplo:

- Competências comerciais: para comprar, vender, fazer contratos, marketing...
- Competências técnicas: para desenvolver e otimizar produtos, processos, produção...
- Competências de gestão: para gerir recursos humanos, materiais, financeiros...

A competitividade cada vez mais estará relacionada com a competência de transformar conhecimento em solução. Neste caso estamos considerando o

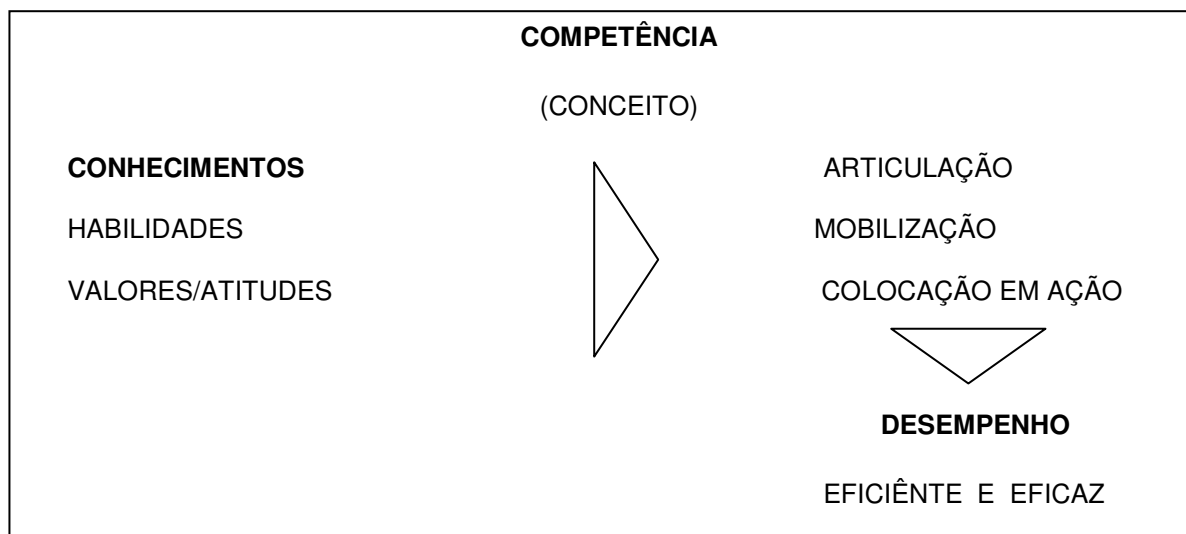
conhecimento na sua forma integral, sendo a proficiência no conhecimento explícito e tácito o ativador da capacidade inovativa. A sinergia das competências de uma organização é que determina o grau do seu sucesso. Os portadores das competências são os indivíduos, por isso um sistema educacional forte, é fundamental para formar uma rede de competências nacional e endógena e isso também vale para as firmas.

Como observa Porter (1995), as vantagens competitivas que caracterizam uma economia global são fortemente locais, pois são derivadas da concentração de conhecimento, qualificação, instituições e firmas de uma região determinada.

A educação, como qualquer outra área da ciência e tecnologia, necessita de atualizações constantes, pois o número de variáveis se multiplica e aumenta a complexidade do processo ensino/aprendizagem exigindo novas estratégias e metodologias de ensino.

No entanto, em tempo de mudanças, as transições devem ser conduzidas de forma responsável, com garantia de domínio dos novos processos. Os professores devem ser muito bem preparados para que haja uma mudança brusca, caso contrário a transição deve ser lenta e controlada. É o caso da metodologia de formação com base em competências.

O MEC adotou o conceito de competência, representado no Quadro 6, conhecido no mundo pedagógico como CHA, conhecimento, habilidade e atitude, variáveis que compõem a competência de forma sinérgica e devem ser trabalhadas simultaneamente nos planos de ensino, principalmente nos módulos específicos.



Quadro 6 - Conceito de Competência
Fonte: Parecer CNE/CEB nº 16/99

A competência é a articulação, mobilização e colocação em ação de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes, necessários ao desempenho de atividades ou funções típicas, segundo padrões de qualidade e produtividade requeridos pela natureza do trabalho.

Segundo SENAI. DN (2003), a metodologia de formação com base em competências, tem várias fases e a primeira delas consiste na instalação de um comitê técnico-consultivo setorial. Esses comitês reúnem especialistas em educação e especialistas nas tecnologias relacionadas com o perfil em estudo da instituição de ensino, representantes de empresas que fabricam insumos para a área tecnológica em questão, representantes de empresas, que consomem esses insumos ou tecnologias, representantes de classe como do CREA, representantes de sindicatos patronais, representantes de sindicatos dos trabalhadores, especificamente da profissão que está em estudo, representantes da comunidade acadêmica por meio da participação de doutores que ministram aulas em níveis de graduação e pós-graduação na mesma área tecnológica e, em alguns casos, até representantes do próprio MEC, quando o objetivo é estabelecer uma referência nacional que depois sofrerá ajustes de acordo com as características regionais.

A função do comitê é definir o perfil profissional, base para a elaboração dos elementos curriculares.

2.5 Perfil Profissional

A definição do perfil profissional adequado às necessidades do mercado é o ponto de partida para a criação de currículos, programas, cursos e até novas profissões. Existem várias formas de definir-se com precisão o perfil atual de profissionais, que atuarão nas áreas de engenharia da produção, sendo ele técnico, tecnólogo ou engenheiro.

As empresas são um portfólio de competências, e as escolas formam recursos humanos para as empresas, a educação profissional deve estruturar seus cursos conforme a metodologia de formação com base em competências. É importante ressaltar que a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional dispõe sobre a certificação de competências, prática já adotada em vários países.

2.6 O limite entre as grades curriculares dos cursos de formação profissional

A crescente elevação do nível de complexidade e importância da competência para inovar no contexto da economia globalizada, vem exigindo uma forte intervenção da educação, para preparar pessoas com o perfil adequado para interagir com sucesso na sociedade ou economia da informação, do conhecimento, da aprendizagem e da inovação. Kim e Nelson (2005) afirmam que a educação, que antes era o motor do desenvolvimento das nações, se transformou em um gargalo que dificulta e, em alguns casos, impede o desenvolvimento econômico das nações por ser incipiente.

Desempenhos nacionais, relativos à inovação, derivam de uma confluência social e institucional particulares e de características histórico-culturais específicas (LASTRES et al, 1999). Esse conceito já vem sendo discutido em níveis locais e regionais.

A partir do exposto surgem as questões:

- a) Como qualificar pessoas com competências para inovação tecnológica?

- b) Qual o foco e características de cada perfil profissional em função do nível de formação?
- c) Como deve ser a grade curricular?
- d) Como lidar com o paradoxo redução da carga horária dos cursos contra aumento do estoque de conhecimento?
- e) Como se aplica a metodologia de formação com base em competências?
- f) Como se avalia na metodologia de formação com base em competências, uma vez que se tem de avaliar o conhecimento nas suas duas dimensões, explícita e tácita?
- g) O conhecimento explícito já tem as metodologias de avaliação definidas e consolidadas por se tratar da parte tangível do processo ensino/aprendizagem, mas e o conhecimento tácito, que é a parte intangível e subjetiva, como avaliar com precisão?

Essa é uma tarefa crítica para o sistema educacional brasileiro, que conta com muitas instituições de renome, mas que ainda não resolveram de forma definitiva essas questões. De acordo com Amani (1995), os canais de difusão do conhecimento tácito são diferentes dos canais de difusão do conhecimento codificado ou explícito. Consequentemente, as formas de avaliação também.

No modelo globalizado em constante mutação, a lógica de divisão de tarefas entre as nações, passa, obrigatoriamente pela adequação entre necessidades do mercado e dos recursos e competências da nação. As instituições de ensino podem contribuir muito oferecendo cursos de capacitação profissional, que agreguem competências capazes de gerar vantagem competitiva, levando a consolidação de uma economia forte com reflexos sociais positivos.

Assim, uma das preocupações iniciais quando se monta a grade de um curso visando a empregabilidade e a formação de recursos humanos qualificados e preparados para aprender com o conhecimento estrangeiro por meio de reengenharia, pronto para absorver, reproduzir, adaptar, aperfeiçoar e criar novos conhecimentos e tecnologias é definir o perfil profissional da forma mais precisa possível no sentido de otimizar o tempo e os recursos disponíveis.

Nessa direção, a título de ensaio e sugestão, será feito um exercício de simulação para estabelecer os limites entre grades curriculares, usando como exemplo a área de automação industrial, que além de ser um fator de competitividade, ocupa um lugar de destaque na engenharia de produção, devido à relação intensa com a inovação por meio de aplicação de novas tecnologias e a influência nos métodos e processos produtivos.

A educação, assim como todas as áreas do conhecimento, vem ganhando complexidade e exigindo cada vez mais dos especialistas em pedagogia. Para esse estudo foi adotada a taxonomia de Bloom (1974), que será abordada a seguir

2.7 Taxonomia de Bloom

A *American Psychological Association* formou um grupo liderado por Benjamim Bloom, para criar uma classificação de objetivos de processos educacionais na década de 1950 (BLOOM, 1974).

O primeiro passo para a definição dessa taxonomia foi a divisão do campo de trabalho em três áreas não mutuamente exclusivas: a cognitiva, ligada ao saber, a afetiva, ligada a sentimentos e posturas e a psicomotora, ligadas a ações físicas.

2.7.1 A Área Cognitiva

Bloom, em 1956, classificou os objetivos no domínio cognitivo em seis níveis, apresentados numa sequência que vai do mais simples ao mais complexo: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Considera que cada nível utiliza as capacidades adquiridas nos níveis anteriores. As capacidades e conhecimentos adquiridos através de um processo de aprendizagem são descritos por verbos (BLOOM, 1974).

Assim, os objetivos de aprendizagem de um curso, por exemplo, podem ser definidos com o auxílio do Quadro 7.

| Taxonomia de Bloom: <u>Área Cognitiva</u> | | |
|--|--|---|
| Níveis | Objetivos | capacidades a adquirir |
| - Conhecimento | lembrar informações sobre: fatos, datas, palavras, teorias, métodos, classificações, lugares, critérios, regras procedimentos etc. | definir, descrever, distinguir, identificar, rotular, ordenar listar, memorizar, reconhecer, reproduzir etc. |
| - Compreensão | entender a informação ou o fato, captar seu significado, utilizá-la em contextos diferentes. | classificar, converter, descrever, discutir, explicar, generalizar, identificar, inferir, interpretar, prever, reconhecer, redefinir, selecionar, situar, traduzir etc. |
| - Aplicação | aplicar o conhecimento em situações concretas | aplicar, construir, demonstrar, empregar, esboçar, escolher, escrever, ilustrar, interpretar, operar, praticar, preparar, programar, resolver, usar etc. |
| - -Análise | identificar as partes e suas inter-relações | analisar, calcular, comparar, discriminar, distinguir, examinar, experimentar, questionar, testar, esquematizar, etc. |
| - Síntese | combinar partes não organizadas para formar um todo | compor, construir, criar, desenvolver, estruturar, formular, modificar, montar, organizar, planejar projetar etc. |
| - Avaliação | julgar o valor do conhecimento | avaliar, criticar, julgar, comparar, defender, detectar, escolher, estimar, explicar, selecionar etc. |

Quadro 7 - Taxonomia de Bloom – Área Cognitiva
 Fonte: Bloom (1974)

2.7.2 A Área Afetiva

Os objetivos de aprendizagem considerados na Área Afetiva estão ligados a ideias como comportamento, atitude, responsabilidade, respeito, emoção, valores. No modelo adotado para a área cognitiva, os objetivos são descritos por verbos, conforme quadro 8.

| Taxonomia de Bloom: <u>Área Afetiva</u> | | |
|--|---|--|
| Níveis | Objetivos | capacidades a adquirir |
| Recepção | dar-se conta de fatos, predisposição para ouvir, atenção seletiva | dar nome, descrever, destacar, escolher, identificar, localizar, manter, perguntar, responder, seguir, selecionar, usar etc. |
| Resposta | envolver-se (participar) na aprendizagem, responder a estímulos, apresentar ideias, questionar ideias e conceitos, seguir regras. | adaptar-se, ajudar, apresentar, desempenhar, discutir, escrever, estudar, falar, responder, selecionar, etc. |
| Avaliação | atribuir valores a fenômenos, objetos e comportamentos. | Aproximar, completar, convidar, demonstrar, diferenciar, dividir, explicar, iniciar, justificar propor etc. |
| Organização (de valores) | atribuir prioridades a valores, resolver conflitos entre valores, criar um sistema de valores | adaptar, alterar, combinar, comparar, completar, concordar, defender, explicar, formular, generalizar, identificar, integrar, inter-relacionar, modificar, ordenar, organizar, preparar, relacionar, sintetizar etc. |
| Internalização | adotar um sistema de valores, praticar esse sistema | agir, cooperar, desempenhar, generalizar, influenciar, integrar, modificar, ouvir, propor, questionar, resolver, revisar, ser ético, verificar etc. |

Quadro 8 - Taxonomia de Bloom: Área Afetiva
Fonte: Bloom (1974)

2.7.3 A Revisão da Taxonomia

Anderson & Krathwohl (2001) publicaram uma revisão da taxonomia de Bloom em que foram combinados o tipo de conhecimento a ser adquirido (dimensão do conhecimento) e o processo utilizado para a aquisição desse conhecimento (dimensão do processo cognitivo), (cf. Quadro 9).

| Taxonomia Revisada | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-----------|
| Dimensão do Conhecimento | Dimensão do Processo Cognitivo | | | | | |
| | Lembrar | Compreender | Aplicar | Analisar | Avaliar | Criar |
| Factual | Listar | Sumarizar | Classificar | Ordenar | Categorizar | Combinar |
| Conceitual | Descrever | Interpretar | Experimentar | Explicar | Estimar | Planejar |
| Procedural | Tabular | Prever | Calcular | Diferenciar | Concluir | Compor |
| meta-cognitivo | Usar | Executar | Construir | Efetuar | Agir | Atualizar |

Quadro 9 - Taxonomia de Bloom Revisada
Fonte: Anderson e Krathwohl (2001)

Como na taxonomia original, a versão revisada apresenta verbos que definem objetivos:

| Nível | Verbos |
|-------------|--|
| Lembrar | reconhecer, recordar |
| Compreender | classificar, comparar, exemplificar, explicar, inferir, interpretar, resumir |
| Aplicar | executar, realizar |
| Analisar | atribuir, diferenciar, organizar |
| Avaliar | criticar, verificar |
| Criar | gerar, planejar, produzir |

Quadro 10 - Relação entre o Nível de Aprendizagem e o Verbo
Fonte: Anderson e Krathwohl (2001)

A versão revisada dá nomes diferentes aos seis níveis da hierarquia e inverte as posições de "síntese" (agora "criar") e "avaliação" (agora "avaliar").

Howard Rotterdam alerta para o uso da palavra "hierarquia" no trabalho de Bloom. Para ele, os objetivos de conhecimento não formam uma hierarquia visto que, por exemplo, tarefas de avaliação não têm valor mais alto que tarefas de aplicação. Cada elemento da taxonomia tem seus próprios objetivos e valores (ROTTERDAM, 2000).

Hoje o mundo é diferente daquele representado na Taxonomia de Bloom, em 1956. Os educadores aprenderam muito mais sobre como os alunos aprendem e os professores ensinam, e agora reconhecem que o ensino e a aprendizagem abrangem muito mais do que o simples raciocínio. Envolvem os sentimentos e as crenças de alunos e professores, bem como o ambiente sócio-cultural da sala de aula.

Muitos psicólogos cognitivos trabalharam para criar o conceito básico de uma taxonomia de capacitação cognitiva mais relevante e precisa. Ao desenvolver sua própria taxonomia dos objetivos educacionais, Marzano (2000) critica a Taxonomia de Bloom. A própria estrutura da Taxonomia, indo do nível mais simples de informação ao mais difícil da avaliação, não encontra respaldo na pesquisa. Uma taxonomia hierárquica implica que cada capacitação mais alta é composta por todas as capacitações, que estão abaixo dela; a compreensão requer informação, a aplicação requer compreensão e informação, e assim por diante. Segundo Marzano (2000), essa simplesmente não é a realidade dos processos cognitivos da Taxonomia de Bloom.

As origens dos seis processos de raciocínio consideram que projetos complexos poderiam ser rotulados como se um dos processos fosse mais necessário do que os outros. Uma tarefa era basicamente uma “análise” ou uma “avaliação”. Isso se mostrou não ser verdadeiro, podendo ser responsável pela dificuldade dos educadores de classificar atividades de ensino mais desafiadoras, usando a Taxonomia. Anderson (2000) argumenta que todas as atividades de ensino complexas requerem o uso de várias capacitações cognitivas diferentes.

Como qualquer modelo teórico, a Taxonomia de Bloom tem seus pontos fortes e fracos. Seu ponto mais forte é ter pegado um tópico muito importante e desenvolvido uma estrutura em torno dele, que pode ser utilizada pelos profissionais de ensino. Os professores que mantêm uma lista de perguntas associada aos vários níveis da Taxonomia de Bloom, sem dúvida alguma, fazem um trabalho melhor ao incentivar em seus alunos a capacitação cognitiva de mais alta ordem, em comparação àqueles que não usam essa ferramenta. Por outro lado, como qualquer um que já trabalhou com um grupo de educadores na classificação de perguntas e

atividades didáticas, segundo a Taxonomia, pode atestar, há pouco consenso sobre o significado de termos que parecem autoexplicativos, como “análise” ou “avaliação”. Além disso, há diversas atividades que valem a pena, como problemas autênticos e projetos, que não podem ser associados à Taxonomia, e tentar fazê-lo, poderia reduzir seu potencial como oportunidades de ensino.

2.7.4 Taxonomia de Bloom revisada

Em 1999, Dr. Lorin Anderson, um antigo aluno de Bloom, e seus colegas publicaram uma versão atualizada da Taxonomia de Bloom, que considera uma gama maior de fatores que afetam o ensino e a aprendizagem. Essa taxonomia revisada tenta corrigir alguns problemas da taxonomia original. Diferentemente da versão de 1956, a taxonomia revisada diferencia “saber o quê” (o conteúdo do raciocínio) de “saber como” (os procedimentos para resolver problemas). (ANDERSON, 2000)

A Dimensão do Conhecimento é o “saber o quê”. Divide-se em quatro categorias: factual, conceitual, procedimental e metacognitiva. O conhecimento factual inclui elementos isolados de informação, como definições de vocabulário e conhecimento de detalhes específicos. O conhecimento conceitual consiste em sistemas de informação, como classificações e categorias.

O conhecimento procedimental (saber como fazer) inclui algoritmos, heurística ou método empírico, técnicas e métodos, bem como o conhecimento sobre quando usar esses procedimentos. O conhecimento metacognitivo (refletir sobre o que se sabe) refere-se ao conhecimento dos processos cognitivos e das informações sobre como manipular esses processos de forma eficaz.

A dimensão Processo Cognitivo da Taxonomia de Bloom revisada, como na versão original, possui seis capacitações, da mais simples à mais complexa, são elas: lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar.

Lembrar: Lembrar consiste em reconhecer e recordar informações importantes da memória de longa duração.

Entender: Entender é a capacidade de fazer sua própria interpretação do material educacional, como leituras e explicações do professor. As subcapacitações desse processo incluem interpretação, exemplificação, classificação, resumo, conclusão, comparação e explanação.

Aplicar: O terceiro processo, aplicação, refere-se a usar o procedimento aprendido em uma situação familiar ou nova.

Analisar: O processo seguinte é a análise, que consiste em dividir o conhecimento em partes e pensar como essas partes se relacionam com a estrutura geral. A análise dos alunos é feita por meio de diferenciação, organização e atribuição.

Avaliar: A avaliação, que é o item mais avançado da taxonomia original, é o quinto dos seis processos da versão revisada. Ela engloba verificação e crítica.

Criar: Criação, um processo que não fazia parte da primeira taxonomia, é o principal componente da nova versão. Essa capacitação envolve reunir elementos para dar origem a algo novo. Para conseguir criar tarefas, os alunos geram, planejam e produzem.

Segundo essa taxonomia, cada nível de conhecimento pode corresponder a um nível de processo cognitivo, assim, então, o aluno pode lembrar um conhecimento factual ou procedimental, entender o conhecimento conceitual ou metacognitivo ou analisar o conhecimento metacognitivo ou factual. Segundo Anderson e seus colegas, O ensino significativo proporciona aos alunos o conhecimento e os processos cognitivos necessários para uma solução de problemas.

2.7.5 Críticas

Embora muitas das críticas feitas à Taxonomia de Bloom sejam consideradas válidas, grande número de educadores entende que seu uso pode ser muito útil para o planejamento e desenho de eventos de aprendizagem. Ademais, ela oferece um bom apoio ao esforço de compatibilizar testes de avaliação com conteúdo de ensino. De fato, estudos mostram uma forte tendência, em certos níveis de ensino,

de propor testes com questões concentradas nas faixas de "conhecimento" e "compreensão" o que poderia levar os alunos a distorcer o processo de aprendizagem, focando mais aquilo pelo que julgam que vão ser avaliados. Há uma grande complexidade dos processos educacionais na preparação do profissional contemporâneo, a escola forma alunos que irão atuar em ambientes com tecnologias que ainda não existem e resolver problemas inéditos, a formação deve alcançar todos os níveis de aprendizagem da taxonomia de Bloom e desenvolver atitudes como capacidade de adaptação, capacidade de solucionar problemas e lidar com situações não rotineiras.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA PARA O ENSINO DA COMPETÊNCIA: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (MECIT)

3.1 Introdução

Muitos autores, como Kim (2005), afirmam que a educação pode ser um limitador ou um capacitador de desenvolvimento de um país. Para ser um capacitador, o sistema educacional deve ser abrangente e alcançar toda a população, precisa ser prioridade nacional, trabalhar com situações de aprendizagem significativas, de alto desempenho e objetividade, promover a conscientização da sua importância e incentivar a sua prática. No entanto, a valorização política e social da educação nem sempre acontece de fato, apesar de fazerem parte do plano de todo governo, e do mercado sinalizar isso através de políticas de cargos e salários com base em desempenho, qualificação e formação profissional. Mesmo quando há essa consciência, é necessário criar metodologias que viabilizem o desenvolvimento das competências relevantes dentro do tempo de duração dos cursos e do contexto histórico.

A competência para a inovação vem aumentando o seu fator de impacto na competitividade das nações, empresas e profissionais. Se não bastasse, questões ambientais, geradas e agravadas pelo aumento populacional do mundo, hoje na casa dos 6,6 bilhões de pessoas que exige um crescente consumo de energia, leva ao esgotamento dos recursos naturais, aumenta a poluição, acelera a degradação da natureza, multiplica a produção de lixo e resíduos, enfim, reflexo de um modelo de desenvolvimento que foi solução por muitos anos, mas, agora se tornou um problema. A evolução natural da humanidade cria novos problemas que exigem novas soluções, que provoquem mudanças radicais de hábitos e tecnologias menos agressivas ao meio ambiente. Boff (2009), afirmou, outro mundo não é possível, é necessário. É nessa atmosfera que a inovação se mostra indispensável para criar novas formas de fazer as coisas. Para isso, educar e capacitar as pessoas para a

prática da inovação, principalmente dentro da formação profissional, principal agente de produção, envolvendo produtos, processos e serviços, área que influencia e é influenciada pela tecnologia e pelos hábitos de consumo do mercado.

3.2 A Metodologia (MECIT)

A metodologia aqui apresentada, MECIT, tem o objetivo de orientar a elaboração de um plano de ensino, que permita ensinar a competência inovação tecnológica. Este estudo foi elaborado com base no eixo tecnológico automação industrial. No entanto, o intuito desta metodologia é ser o mais abrangente possível e aplicável a toda e qualquer área de ensino com as devidas adaptações.

A MECIT tem o objetivo de demonstrar que sempre é possível trabalhar a interdisciplinaridade de forma pró ativa e inovar dando outras aplicações a instrumentos já consagrados. Nesta dissertação vamos utilizar as ferramentas da qualidade, aplicadas na gestão da qualidade de processos industriais, como instrumento de planejamento, execução diagnóstico e padronização na área de educação

As ferramentas da qualidade que serão utilizadas de forma sequencial e complementar na MECIT são: o ciclo *plan, do, check* e *action* (PDCA), as perguntas *What, When, Where, Why, Who* (5Ws) e *How* e *How much* (2Hs), o diagrama de causa e efeito e o gráfico de Pareto.

3.3 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, ciclo de Shewhart ou ciclo de Deming foi introduzido no Japão, após a segunda guerra mundial, idealizado por Shewhart, na década de 20, e divulgado por Deming, em 1950. O ciclo PDCA tem por princípio tornar mais claros e ágeis os processos envolvidos na execução da gestão, como, por exemplo, na gestão da qualidade, dividindo-a em quatro principais passos, que podem ser divididos e detalhados (ISHIKAWA 1993).

Os passos do ciclo PDCA são os seguintes:

- **P - Plan** (planejamento): estabelecer metas a partir da missão, visão e objetivos a serem alcançados e a metodologia, que define como as metas serão alcançadas por meio de procedimentos e processos.
- **D - Do** (execução): realizar, executar as atividades previstas no planejamento.
- **C - Check** (verificação): monitorar e avaliar periodicamente os resultados, avaliar processos e resultados, confrontando-os com o planejado, objetivos, especificações e estado desejado, consolidando as informações, confeccionando relatórios.
- **A - Act** (ação): Agir de acordo com o avaliado e de acordo com os relatórios, determinar e confeccionar novos planos de ação, de forma a melhorar a qualidade, eficiência e eficácia, aprimorando a execução e corrigindo eventuais falhas. A Figura 7 abaixo ilustra o ciclo PDCA.

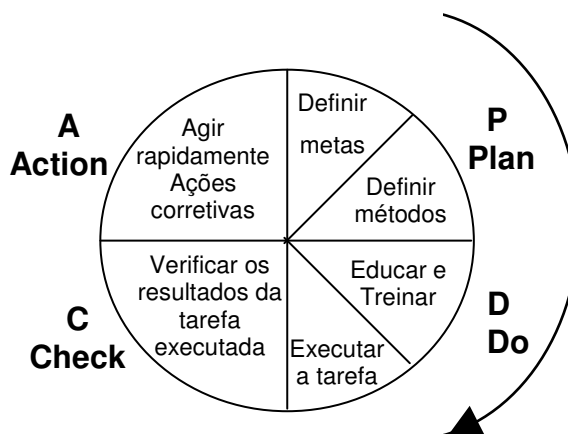


Figura 7 - Círculo de Controle Adaptado do Ciclo PDCA

Fonte: Ishikawa (1993)

Ishikawa (1993) redefiniu o círculo do PDCA, dividindo-o em seis categorias e afirma que o controle organizado nessas seis categorias, neste caso, foram interpretadas como passos e provaram ter sucesso.

1. Determinar objetivos e metas com base em políticas e diretrizes estabelecidas pela empresa ou instituição.

2. Determinar métodos para alcançar os objetivos, para padronizar os procedimentos e facilitar a identificação de indicadores e variáveis de controle.
3. Engajar-se em educação e treinamento, com o objetivo de qualificar os colaboradores e desenvolver competência.
4. Executar o trabalho com base nas competências adquiridas.
5. Verificar os efeitos da execução em relação às metas estabelecidas.
6. Agir, rapidamente, sobre as causa dos efeitos para corrigir distorções ou melhorar desempenho.

3.4 5Ws e 2Hs

Os 5Ws, (*What, When, Where, Why, Who*), (O que? Quando? Onde? Porque? Quem?) e os 2Hs (*How e How much*), (Como e Quanto custa), são perguntas que devem ser respondidas durante a aplicação do PDCA. A sistematização desse tipo de procedimento com a formulação correta das questões relevantes estabelece um meio eficiente e eficaz de viabilizar o processo de inovação incremental. (CAMPOS,1992)

3.5 Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito, construído com a aparência de uma espinha de peixe, foi aplicado pela primeira vez, em 1953, pelo professor da Universidade de Tóquio, Dr. Kaoru Ishikawa, para sintetizar as opiniões de engenheiros que, buscavam causas para defeitos em máquinas e equipamentos. Esse diagrama é composto por uma caixa de saída, que contém o efeito, indicada por uma seta. E por caixas de entrada, contendo as causas primárias do efeito, que são ligadas por seta a linhas inclinadas. Conectadas à linha inclinada, existem linhas horizontais com as causas secundárias do efeito, é o detalhamento das causas primárias, indicam as ações que devem ser tomadas para eliminar o efeito. O diagrama de causa e efeito, também, é conhecido como diagrama Ishikawa ou diagrama espinha de peixe (ISHIKAWA,1993).

3.6 Gráfico de Pareto

Esse gráfico é usado para mostrar as causas básicas, que levam ao modo de falha. Dados existentes em projetos semelhantes podem ser avaliados, usando a análise de Pareto na organização destes dados de diários, formulários de inspeção ou relatórios de garantia. A mensagem subjacente sustentada pelo princípio de Pareto é de que apenas algumas das causas identificadas contribuirão para a maioria dos modos de falha em potencial. A análise identifica todos os possíveis problemas, e atribui a cada um deles o impacto que pode causar. A partir daí, escolhe-se para tratar os problemas de maior impacto. (CAMPOS,1992)

Na MECIT usaremos o Pareto antes de iniciar novamente o PDCA.

3.7 Utilização do Diagrama de Ishikawa nesta dissertação

Neste estudo, o diagrama de Ishikawa (1993) é utilizado como ferramenta de planejamento e substitui o princípio original de causa e efeito no estudo de um problema por pré-requisitos e objetivo.

A Figura 4 mostra a estrutura da MECIT de forma gráfica, o que facilita a visualização do todo e simplifica a análise de problemas que possam surgir em relação aos resultados obtidos.

A proposta é criar uma forma de análise, permitindo tirar um extrato que revele tanto os pontos positivos e negativos como o saldo. A partir daí, toma-se a decisão quanto: aumentar, diminuir ou manter o saldo. No diagrama pode-se também ter a noção de cronograma, como se a seta fosse a linha do tempo. A Figura 8 ilustra essas relações.

Uso do Diagrama de Ishikawa para planejar a dissertação

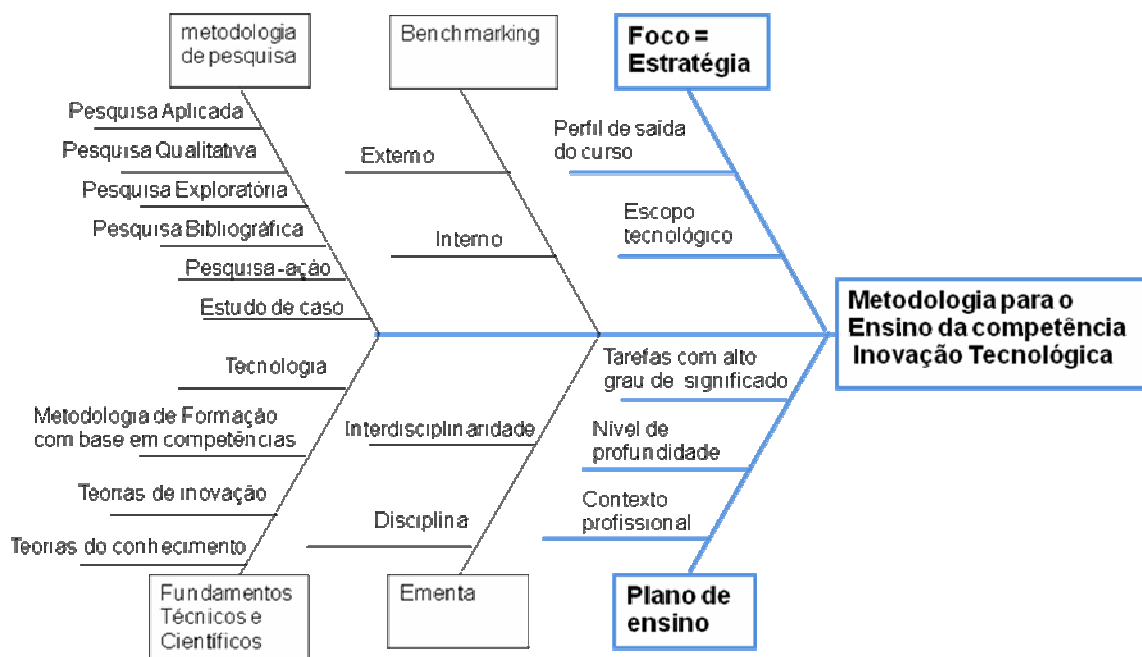


Figura 8 - Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa1993) Aplicado ao Planejamento.
 Fonte: Adaptado pelo Autor (2009)

3.7.1 Passos da metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica

A longa vivência do autor (27 anos de docência nas disciplinas de automação industrial e mecatrônica), a pesquisa efetuada e o experimento didático formulado possibilitaram a sugestão metodológica, em forma de síntese prescritiva apresentada a seguir. Para efeito de teste, esta dissertação será desenvolvida dentro da metodologia proposta MECIT.

- 1º. Passo: utilizar o diagrama de causa e efeito de Ishikawa(1993) para fazer o planejamento. No diagrama acima (cf. Figura 8), o objetivo está indicado na caixa de saída: no caso desta dissertação, criar a “metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica”. E assim deve ser feito com toda e qualquer ementa ou disciplina, objeto de ensino de uma competência.
- 2º. Passo: definir a espinha de peixe (cf. Figura 8), com suas causas ou pré-requisitos primários, que devem ser colocados nas caixas de entrada, e os

pré-requisitos secundários nas linhas horizontais. A vantagem do diagrama é a visão global que ele dá do processo e por isso simplifica a análise de possíveis problemas ou dificuldades.

3.7.2 Pré-requisitos

Os pré-requisitos são as “causas” primárias, essenciais para se atingir o objetivo, e estão dentro das caixas de entrada no diagrama de Causa e Efeito, identificadas abaixo, como subitens e as “causas” secundárias iniciam os parágrafos em negrito.

3.7.3 Metodologia de pesquisa

Toda dissertação tem como base uma metodologia de pesquisa, por isso este é o conteúdo da caixa1. Sugere-se que a pesquisa seja parte integrante da MECIT, com o objetivo de manter uma rotina de atualização constante de cada professor e do corpo docente como um todo, através da troca de informações, induzida pela coordenação, de maneira formal, detalhada na caixa 3, *Benchmarking*.

A metodologia de pesquisa utilizada nesta dissertação foi:

- Pesquisa aplicada, com o objetivo de resolver um problema específico.
- Pesquisa qualitativa, pois o estudo, com foco no processo ensino/aprendizagem aborda dados subjetivos difíceis de serem tratados estatisticamente e generalizados, por envolver dados individuais e personalizados.
- Pesquisa exploratória, pela preocupação de se familiarizar com um problema que se pretende tornar explícito.
- Pesquisa bibliográfica: fundamenta o estudo e permite acesso a informações mais elaboradas, que facilitam o desenvolvimento do trabalho. Sugere-se que se utilize essa prática na metodologia proposta MECIT. Cada professor deve identificar um título de livro ou três artigos científicos, por semestre, que trate da sua disciplina, de preferência relacionada ao estado da arte, se houver, ou publicações de diferentes autores que apresentem formas relevantes de enfoque ou análise, ou

ainda, a leitura dos originais, que esclarecem as razões e origens do desenvolvimento do tema. O que for aprendido será utilizado na pesquisa aplicada.

- Pesquisa-ação: o pesquisador terá uma participação ativa no processo.
- Estudo de caso por tratar de uma área específica, a automação industrial

A pesquisa aplicada, nesta dissertação, foi realizada na Escola SENAI “Mariano Ferraz” e o resultado detalhado no capítulo 4. Nessa MECIT, a sala de aula deve ser um laboratório de desenvolvimento de práticas pedagógicas, em que os conceitos estáveis são transmitidos de maneira rápida, objetiva, de modo a garantir a compreensão das definições e princípios, enquanto métodos, estratégias e critérios de avaliação são flexíveis, e dinâmicos, adaptando-se às características do professor, do aluno e do assunto. A pesquisa aplicada consiste em executar o ciclo PDCA, a partir da pesquisa bibliográfica e de ensaios experimentais. Esse processo deve ser cuidadoso e aplicado sob controle, para evitar mudanças muito radicais, sem a devida certeza de sua eficácia, para diminuir o risco de aplicar uma estratégia errada e depois não ter tempo hábil para reverter o resultado e com isso trazer prejuízos à formação do aluno.

3.7.4 Fundamentos técnicos e científicos

Os fundamentos técnicos e científicos são de ordem genérica e básica para o desenvolvimento do plano de ensino.

- Metodologia de Formação com Base em Competências: são conceitos teóricos necessários para entender como se estabelece e se ensina uma competência, objetivo desta MECIT.
- Teorias de Inovação: como a competência a ser ensinada nesta proposta é a Inovação Tecnológica, é fundamental conhecer sua origem, classificação, características e impactos, para melhor compreender e transmitir esses conhecimentos, habilidades e atitudes, que agreguem ao profissional a competência para inovação.
- Teorias do Conhecimento: para se conduzir um processo de ensino/aprendizagem é desejável que, se conheça como o conhecimento é classificado, e como sua aquisição é processada pela mente humana.

- Tecnologia: base da educação profissional industrial faz parte do ambiente competitivo moderno e influencia significativamente a Inovação, alta qualidade, preço efetivo e velocidade de resposta para obter o menor tempo de desenvolvimento de produtos. Uma das decisões mais complexas da alta administração de uma empresa hoje é: qual tecnologia dominar e em que grau de prioridade. Decisão correta = vantagem competitiva, decisão incorreta = desperdício de recursos escassos e tempo, que é irrecuperável.

No caso desta dissertação a tecnologia é a automação industrial.

3.7.5 ***Benchmarking***

Segundo Matos & Guimarães (2005), *benchmarking* é uma ferramenta de melhoria de desempenho baseada no aprendizado de melhores práticas e no entendimento dos processos pelos quais podem ser atingidas. O *benchmarking*, desenvolvido nos Estados Unidos na década de 1970, foi pioneiramente utilizado pela *Xerox Corporation* em 1979, como parte de sua resposta à competição internacional no mercado de fotocopiadoras e originada de engenharia reversa dos produtos dos concorrentes (engenharia reversa consiste em usar a criatividade para, a partir de uma solução pronta, retirar todos os possíveis conceitos novos ali empregados). Neste estudo, o *benchmarking* será adaptado para fazer parte da rotina desta MECIT e terá dois níveis, interno e externo. Conhecer as melhores práticas, internas e externas, garante um bom nível de atualização e evita a “reinvenção da roda” e o desperdício de tempo não disponível.

Referências para a prática do *benchmarking* pela escola nos níveis:

- Interno: Nesse nível, a coordenação do curso deve promover encontros com a presença de todos os docentes em datas previstas no calendário escolar, para que cada um possa expor as suas práticas pedagógicas, resultantes das ações previstas na pesquisa aplicada descrita no sub-item anterior. As melhores práticas devem ser disseminadas e adotadas.

- Externo: A escola deve incentivar e manter contato permanente com outras instituições por meio de visitas, participação em congressos e simpósios, palestras e “workshops”, para saber o que os outros estão fazendo a respeito e aderir às novas práticas ou adaptá-las à realidade de cada curso, além de poder comparar os seus resultados com os demais, revelando o estágio em que o seu grupo se encontra em relação aos seus pares.

3.7.6 Ementa

Ementa é uma descrição discursiva, que resume o conteúdo conceitual ou conceitual / procedimental de uma disciplina.

Nesse caso, a ementa aparece como um pré-requisito para o alcance do objetivo esperado do diagrama de Ishikawa (1993), por isso deve considerar a disciplina e a interdisciplinaridade.

- Disciplina: A disciplina acadêmica é um componente da grade curricular e deve contribuir de forma significativa para a consolidação do perfil profissional de saída do curso. Com base em Perrenoud (2001) e Lopes e Macedo (2002), uma disciplina não pode ser apenas recortes de um campo científico transposto para o ensino, deve ser estabelecida como instituição social, fruto de negociação, constituindo-se em um campo complexo de saberes e práticas, com legitimidade própria. As disciplinas são um conjunto de conteúdos, frutos de uma transposição didática, práticas, finalidades, elementos pedagógicos e de outros elementos do meio profissional de referência e da sociedade em geral, organizados de modo a manter uma unidade científica e didática. Nesta MECIT, a disciplina deve ser elaborada por especialista da tecnologia a ser estudada.
- Interdisciplinaridade: Na perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um fenômeno sob diferentes pontos de vistas. A interdisciplinaridade tem a função instrumental. Trata-se de recorrer a um

saber útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos (BRASIL, 2002). No caso da inovação, a interdisciplinaridade é prática obrigatória, com base no conceito acima descrito, pois a complexidade dos problemas e das soluções somente é superada por meio da sinergia de diversas áreas técnicas e científicas.

Os dois próximos sub-itens, terão uma abordagem mais detalhada, por terem sido eleitos (pelo Autor) como parte crítica e central para a estruturação da MECIT.

3.7.7 **Estratégia de ensino**

A estratégia de ensino está diretamente relacionada ao perfil profissional de saída dos cursos que, muitas vezes, está declarado, mas, não suficientemente claro quanto aos limites e profundidade dos assuntos tratados; fica na maioria dos casos a cargo do professor definir esses parâmetros com base na sua experiência e isso, na maioria das vezes, pode ser tendencioso, pois o professor tende a dar ênfase ao seu campo de domínio e nem sempre ao perfil de saída do curso.

- **Perfil profissional:** Na definição do perfil profissional de conclusão dos cursos de nível técnico, deve-se, por exigência legal, considerar tanto as competências profissionais gerais como as competências específicas da habilitação profissional. Enquanto as competências específicas definem a identidade do curso, as competências gerais garantem a polivalência do profissional. Deve-se ainda buscar responder às seguintes questões: o que esse profissional precisa saber (que conhecimentos são fundamentais)? O que ele precisa saber fazer (que habilidades são necessárias para o desempenho de sua prática de trabalho)? O que ele precisa saber ser (que valores, atitudes, ele deve desenvolver)? O que ele precisa saber para agir (que atributos são indispensáveis à tomada de decisões)? (RESOLUÇÃO CNE/CEB Nº 04/99).

O perfil profissional deve exprimir o tipo de profissional que o mercado precisa e contrata. Com o objetivo de orientar a criação de estratégias de ensino, que levem à formação de um profissional pronto para o ambiente de trabalho, será

apresentado um quadro que mostra algumas referências para delimitar as fronteiras entre o técnico, o tecnólogo e o engenheiro. A estratégia deve ser criada em função do perfil profissional de saída do curso. Para isso, é importante que se tenha uma noção clara dos objetivos; nesta dissertação a referência é: “Estratégias para a melhoria da competitividade”, com base em engenharia e foco na área de automação industrial, por utilizar intensivamente inovação tecnológica.

Criado pelo autor o Quadro 9, abaixo sintetiza as referências que compõem o perfil profissional do técnico, do tecnólogo e do engenheiro, agentes executores do conjunto operacional, tático e estratégico da engenharia da produção.

| Profissional | Técnico | Tecnólogo | Engenheiro |
|---|--|--|--|
| Perfil de saída | Operacional | Tático | Estratégico |
| Grandes funções presentes na Automação Industrial | Instalar Comissionar Configurar Programar Manter Projetar Gestão | Instalar Comissionar Configurar Programar Manter Projetar Gestão | Instalar Comissionar Configurar Programar Manter Projetar Gestão |
| Proficiência | Técnica | Tecnologia | Base Teórica Científica |
| Inovação | Incremental | Tecnológica | Radical |
| Característica | Tangível Intangível | | |
| Matemática Física | Menos Mais | | |

Quadro 9 - Taxonomia do Perfil Profissional da Área de Automação Industrial

Fonte: Silva, Vendrametto, Fernandes (2009)

É um dos resultados deste trabalho, e influencia todas as ações desenvolvidas na etapa da pesquisa-ação descritas no capítulo quatro.

O primeiro passo, para criar esse quadro foi identificar uma área da engenharia, que utiliza inovação tecnológica de forma intensiva e constitua-se em um fator

importante de competitividade das empresas; a escolha recaiu sobre a Automação Industrial.

O segundo passo foi definir as grandes funções presentes no campo da automação industrial, para isso foi consultado a CBO (Classificação Brasileira de Ocupações), o CREA (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) e o CONFEA (Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) e extraídas as seguintes funções descritas na **terceira linha** do quadro e dividida em três colunas com o mesmo conteúdo:

- Instalar, componentes, módulos, estações e plantas de automação industrial;
- Comissionar, termo utilizado para se referir à etapa de ajustes de parâmetros do sistema como velocidade, força, sincronismo, etc.;
- Configurar, isto é, definir tecnologias, interfaces, estrutura e filosofia de trabalho da planta de automação;
- Programar, fazer os programas de todos os equipamentos, máquinas e dispositivos do sistema com base em linguagens específicas;
- Manter, planejar e executar a manutenção de todos os sistemas e subsistemas da planta de automação industrial;
- Projetar, criar e alterar projetos com o objetivo de otimizar o desempenho da planta de produção industrial;
- Gestão do sistema de automação em todos os níveis citados nos itens anteriores e dentro do foco de cada profissional.

Definidas as grandes funções da automação industrial há:

Na primeira linha é destacado o tipo de profissional a ser formado pela escola: o técnico, o tecnólogo e o engenheiro, todos reconhecidos pelo mercado e autorizados pelo MEC. Independente do nível do profissional, todos que atuam em automação industrial, agem sobre as mesmas variáveis, instalação, comissionamento, configuração, programação, manutenção, projetos e gestão, cada um dentro dos limites do seu perfil profissional.

Na segunda linha está explicitado o perfil de saída de cada curso, estabelecendo a forma de atuação desse profissional dentro do seu ambiente de trabalho.

O Técnico pode tanto executar tarefas mais especializadas no processo, como coordenar equipes em trabalhos de natureza operacional.

O Tecnólogo tem função tática, viabiliza a execução de um projeto, define a melhor tecnologia disponível para implementar ou atualizar a planta de automação industrial, inserindo ou adaptando, quando se caracterizar como uma vantagem, novas tecnologias ao produto ou ao processo.

O Engenheiro tem função estratégica dentro de uma empresa, voltada para tomada de decisão, pois é o engenheiro quem autoriza, aprova e se responsabiliza pelo processo, principalmente nas funções de projeto, planejamento e políticas de produção ou de desenvolvimento de produtos. Para isso, utiliza toda a base de dados e recursos disponíveis na empresa.

A quarta linha mostra a proficiência de cada profissional, referência para a escola definir suas estratégias de ensino em função do foco de cada profissional.

O Técnico tem proficiência técnica, domina técnicas de instalação, técnicas de programação, técnicas de manutenção e assim por diante.

O Tecnólogo tem proficiência em tecnologia, deve ter competência para identificar e aplicar a melhor tecnologia disponível, dentro do conceito de custo x benefício, para executar um projeto.

O Engenheiro tem proficiência em base teórica e científica, capaz de permitir a elaboração de um algoritmo de raciocínio, para tomada de decisão estratégica, fundamentada em conhecimento, modelos e simulações matemáticas.

A quinta linha apresenta a inovação, como uma competência integrante do perfil profissional e indica o enfoque que a escola deve dar na formação de cada profissional.

O técnico deve ser preparado para a inovação incremental, pois atua em nível de detalhe, na aplicação, acompanha o desempenho do sistema, identifica pontos de melhoria e implementa pequenas ações, que corrigem possíveis falhas de projeto ou promove ajustes, alterações e adaptações, que otimizam a planta de automação industrial e dá uma sobrevida ao sistema em termos de competitividade ao longo do tempo.

O tecnólogo deve ser preparado para a inovação tecnológica, utilizando tecnologias existentes para inovar produtos e processos, encontrar novas aplicações, estabelecer novas configurações, novas formas de associação com outras tecnologias pré-existentes para dar um salto de competitividade.

O engenheiro, devido à sua ampla base teórica e científica, deve ser preparado para a inovação radical ou de ruptura, criando novos conceitos, totalmente diferentes das práticas vigentes, abrindo novas perspectivas de produtos e processos, realizando funções que, muitas vezes, eram impossíveis de serem executadas com a tecnologia anterior.

A inovação é uma exigência para a construção de um mundo novo, pois a mudança na forma como são feitas as coisas é necessária, para reduzir resíduos, consumo de energia, poluição e atender aos conceitos da produção mais limpa.

A sexta linha mostra a característica de cada profissional: o técnico age na parte tangível do processo, na parte concreta e por isso precisa de mais aulas práticas de laboratório; o engenheiro age na parte intangível, abstrata do processo, deve ter facilidade de lidar com idéias, planejamento, projetos, estratégias, por isso o enfoque em base teórica e científica, sólida em conceitos e fundamentos, capazes de aumentar a sua capacidade de análise, síntese e avaliação, habilitando-o a autorizar, aprovar, se responsabilizar pelos processos. O tecnólogo, como tem de fazer a transição do intangível para o tangível, precisa ter uma boa visão prática e teórica e científica. O engenheiro é mais generalista, enquanto o tecnólogo é mais específico, centrado exatamente na ação tática do processo.

A sétima linha indica a profundidade do domínio necessário em matemática e física, base da contribuição da engenharia para a humanidade, pois o engenheiro,

para tomar decisões de investir ou criar um projeto inédito necessita estar apoiado em modelos e simulações matemáticas, respaldadas por conceitos físicos consolidados. No caso específico da automação de processos contínuos é necessário também um bom conhecimento em química, pois a sua atuação poderá ser em processos de indústrias químicas, petroquímicas, farmacêuticas, alimentícias, cosméticos, enfim, em alguns casos, a escolha do material de uma tubulação, por exemplo, deve-se levar em conta a compatibilidade com o produto que irá circular pelo processo.

Sobre esse quadro, existem três curvas que representam o perfil de saída de cada curso. A linha amarela representa o perfil do técnico, a linha azul escura representa o perfil do tecnólogo e a linha verde representa o perfil do engenheiro. Cada linha indica 100% de domínio operacional, tático e estratégico, respectivamente, e uma porcentagem menor em domínio operacional, tático e estratégico, de acordo com a formação. O conhecimento decrescente indicado pelas linhas inclinadas deve ser o suficiente para criar uma visão sistêmica, que permita a comunicação entre os três níveis de profissionais, nivelando a linguagem entre eles.

Essas curvas devem ser o objetivo dos cursos de formação profissional. Não há dúvida de que a experiência adquirida com o exercício da profissão e a participação em cursos de formação continuada como especialização, pós-graduação e extensão, mudará esse perfil inicial do profissional obtido na graduação.

3.7.8 Escopo Tecnológico

De acordo com Mattos & Guimarães (2005), a gestão da tecnologia é um campo relativamente novo e como tal, seu conceito é ainda bastante fluido e sujeito a mudanças. Gradualmente, vem emergindo uma visão consensual sobre a composição de seu corpo de conhecimento. O Quadro 10 mostra uma tipologia de atividades de gestão do conhecimento, que será adotada nesta dissertação para a definição de estratégias para o ensino da competência inovação tecnológica.

| Escopo Tecnológico | Uso de Tecnologia | Criação de Tecnologia |
|----------------------------------|---|---|
| Tecnologias dinâmicas | Gerenciamento da resposta da empresa à introdução de novas tecnologias | Gerenciamento de redes de P&D para criar novas tecnologias e comercializar produtos e processos decorrentes |
| Tecnologias Estabilizadas | Gerenciamento dos recursos da empresa para uso mais eficiente de tecnologias bem estabelecidas | Gerenciamento de grupos de P&D para criar novas tecnologias e comercializar produtos e processos baseados em tecnologias disponíveis |

Quadro 11 - Matriz da Tipologia da Gestão da Tecnologia
 Fonte: Mattos & Guimarães (2005)

Com base no Quadro 10, podemos definir o escopo tecnológico que servirá de referência para definir as estratégias de ensino, para que o profissional tenha em seu perfil a competência para atuar em cada ambiente. Se o objetivo for preparar um profissional operacional que usa a tecnologia, a estratégia é uma, se o objetivo for preparar um profissional que cria tecnologia, a estratégia é outra.

Se o objetivo é desenvolver a capacidade de inovar numa tecnologia estabilizada, como é o caso da eletricidade, por exemplo, a estratégia deve focar a inovação incremental, visando à melhoria de desempenho, redução de custos, aumento da segurança ou confiabilidade do sistema, redução de ocorrências de manutenção corretiva etc. No entanto, se o objetivo for a capacitação para inovar em uma tecnologia dinâmica como celulares, por exemplo, o foco é a inovação radical, mudando completamente o conceito anterior. Essa inovação deve surpreender os concorrentes e os consumidores. Para dar uma resposta a essas questões é necessário elaborar um plano de ensino alinhado com todos os pré-requisitos citados até agora.

3.7.9 Plano de ensino

Plano é um documento utilizado para o registro de decisões do tipo: o que se pensa fazer, como fazer, quando fazer, com que fazer, com quem fazer. Para existir plano é necessária a discussão sobre fins e objetivos, culminando com a sua definição.

Plano é um guia e tem a função de orientar a prática, partindo da própria prática, não podendo ser um documento rígido e absoluto. Ele é a formalização dos diferentes momentos do processo de planejar que, por sua vez, envolve desafios e contradições (FUSARI, 1988).

Plano de Ensino é o plano de disciplinas, de unidades e experiências propostas pela escola, professores, alunos ou pela comunidade. Situa-se no nível bem mais específico e concreto em relação aos outros planos, pois define e operacionaliza toda a ação escolar existente no plano curricular da escola (SANT'ANNA, et.al. 1995). Principal instrumento do professor, o plano de ensino é o planejamento que indica quais são os objetivos gerais e específicos da disciplina, definindo recursos didáticos, estratégias de ensino e critérios de avaliação. O plano de ensino, diferencia a formação do técnico, do tecnólogo e do engenheiro em função das referências, e estratégias pertinentes a cada perfil profissional.

- Contexto profissional:

Contextualização: é o ato de vincular o conhecimento à sua origem e à sua aplicação. A ideia de contextualização entrou em pauta com a reforma do ensino médio orienta para a compreensão dos conhecimentos para uso cotidiano. Tem origem nas diretrizes definidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), que são guias para orientar a escola e os professores na aplicação do novo modelo. De acordo com esses documentos, orienta-se para uma organização curricular que, entre outras coisas, trate os conteúdos de ensino de modo contextualizado, aproveitando sempre as relações entre conteúdos e contexto para dar significado ao aprendido, estimular o protagonismo do aluno e estimulá-lo a ter autonomia intelectual. (LDB,1996)

O novo currículo, segundo orientação do Ministério da Educação (MEC), está estruturado sobre os eixos da interdisciplinaridade e da contextualização, e esta vai exigir que todo conhecimento tenha como ponto de partida a experiência do estudante, o contexto onde está inserido e onde ele vai atuar como trabalhador, cidadão, um agente ativo de sua comunidade.

A contextualização, também, pode ser entendida como um tipo de interdisciplinaridade, na medida em que aponta para o tratamento de certos conteúdos como contexto de outros.

A ideia da contextualização requer a intervenção do estudante em todo o processo de aprendizagem, fazendo as conexões entre os conhecimentos. De acordo com o MEC, esse aluno que estará na vanguarda não será nunca um expectador, um acumulador de conhecimentos, mas um agente transformador de si mesmo e do mundo.

Trabalhando contextos que tenham significado para o aluno e possam mobilizá-lo a aprender, num processo ativo, em que é protagonista, acredita-se que terá um envolvimento não só intelectual, mas também afetivo. Isso, de acordo com o novo currículo, seria educar para a vida.

Nesta MECIT, adotaremos, como contextualização no ensino profissionalizante, a ação do professor no sentido de estabelecer um ambiente de aprendizagem semelhante ao ambiente real de trabalho, introduzindo o aluno no “mundo” relativo a sua profissão, simulando problemas e rotinas que enfrentará no seu dia a dia.

- Nível de profundidade:

Nesta MECIT, o nível de profundidade com que cada assunto deve ser abordado, será estabelecido a partir dos limites e das diferenças entre os perfis profissionais, o escopo tecnológico e o contexto profissional. Com base nesses três parâmetros, cada tema a ser estudado será enquadrado em um dos níveis da taxonomia de Bloom (BLOOM, 1974). Na Figura 8, são apresentados os níveis da taxonomia de Bloom com setas, que indicam o foco principal de cada profissional.

Apesar da seta indicar, por exemplo, que o técnico tem foco no nível de aplicação, ele terá competência de analisar, sintetizar e avaliar, quando se tratar de aplicação, ou atividade operacional, em que o técnico está capacitado. O mesmo vale para o tecnólogo e para o engenheiro em seus respectivos níveis.

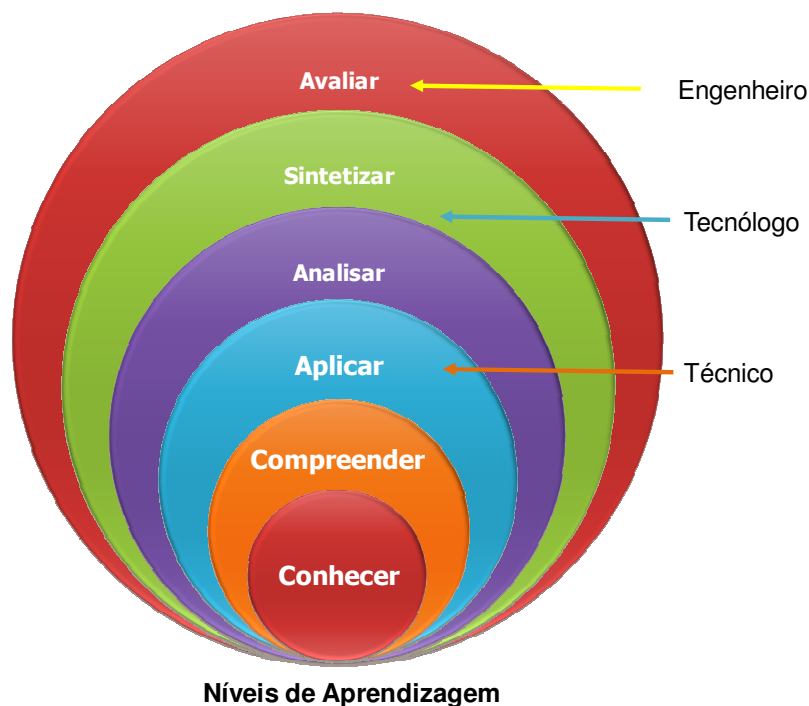


Figura 9 - Taxonomia de Bloom
Fonte: adaptado pelo Autor (2009)

O processo de definição do nível de profundidade consiste em responder a seguinte questão. Para esse perfil profissional, dentro deste escopo tecnológico e nesse contexto profissional, o domínio desse assunto deve estar no nível de conhecimento? Compreensão? Aplicação? Análise? Síntese? Avaliação? A resposta determinará qual a estratégia de ensino, recursos, carga horária e critério de avaliação a ser adotado para o alcance da competência pretendida.

A velocidade com que ocorrem as mudanças, imposta pela tecnologia, criou um paradoxo: como ensinar competências mais complexas, que exigem mais conhecimentos, habilidades e atitudes, em menor tempo. A solução está na aplicação de inovações nas práticas educacionais, permitindo alcançar

rapidamente, os mais altos níveis de aprendizagem, que são cumulativos e progressivos, pois o nível acima necessariamente engloba o nível anterior. A aprendizagem significativa é resultante da aplicação conjunta de laboratórios, bibliografias, situações problemas, professores treinados e alinhamento com os objetivos a alcançar.

Para alcançar os mais altos níveis de aprendizagem, segundo a taxonomia de Bloom, devem-se utilizar técnicas de aprendizagem significativa.

- **Aprendizagem Significativa:**

Para Ausubel (1982), o conjunto dos resultados das experiências de aprendizagem de uma pessoa (sua estrutura cognitiva) está organizado em conglomerados hierarquizados de conhecimentos.

A primeira coisa que acontece quando alguém recebe uma informação nova é uma tentativa de incluir ("subsume") essa informação em um desses conglomerados já existentes (relacionar a informação nova com as informações já presentes na sua estrutura cognitiva).

Se o receptor da informação consegue "ancorar" o conhecimento novo no conhecimento velho de forma interativa, ocorrerá uma "aprendizagem significativa". Por forma interativa entende-se, aqui, que novos e velhos conhecimentos influenciam-se mutuamente, num processo em que os conhecimentos antigos podem adquirir novos significados.

Se as novas informações não encontrarem conhecimentos prévios em que se ancorar, ocorrerá uma "aprendizagem por recepção". Importante enfatizar que a aprendizagem por recepção e a aprendizagem significativa formam um processo contínuo, já que o conhecimento adquirido na aprendizagem por recepção vai, gradualmente, permitindo a "ancoragem" de novos conhecimentos.

- **Os Tipos de Aprendizagem**

A partir do acima exposto, Ausubel (1982) identifica quatro tipos de aprendizagem:

| TIPO DE APRENDIZAGEM | CARATERÍSTICAS |
|---------------------------------|---|
| 1- significativa por recepção | o aprendiz recebe conhecimentos e consegue relacioná-los com os conhecimentos da estrutura cognitiva que já tem |
| 2- significativa por descoberta | o aluno chega ao conhecimento por si só e consegue relacioná-lo com os conhecimentos anteriormente adquiridos. |
| 3- mecânica por recepção | o aprendiz recebe conhecimentos e não consegue relacioná-los com os conhecimentos da estrutura cognitiva que já tem |
| 4- mecânica por descoberta | o aluno chega ao conhecimento por si só e não consegue relacioná-los com os conhecimentos anteriormente adquiridos. |

Quadro 12- Características dos Tipos de Aprendizagem
Fonte: Ausubel (1982)

Conceitos Centrais

Três conceitos centrais da teoria da aprendizagem significativa são:

- organizadores prévios (*advance organizers*),
- diferenciação progressiva;
- reconciliação integradora.

Organizadores Prévios

Para Ausubel (1982), fica mais fácil relacionar uma nova informação com a estrutura cognitiva existente quando, antes de se apresentar a informação, mostra-se, na forma de uma frase ou de um gráfico, por ex., um quadro conceitual mais abrangente em que aquela ideia se encaixa. Esse quadro é chamado de "organizador prévio".

Um organizador prévio não é uma síntese daquilo que vai ser apresentado; ele deve estar num grau de abstração e/ou generalidade para facilitar a integração da nova ideia, atuando como ponte entre esta e a estrutura hierárquica de conhecimentos que já existem.

Os organizadores prévios fornecem um quadro contextual em que a pessoa vai incorporar detalhes progressivamente mais diferenciados.

Embora Ausubel (1982) nunca os tenha mencionado, mapas conceituais são um bom exemplo de ferramenta para o preparo de organizadores prévios.

- **Diferenciação Progressiva**

Segundo a ideia de diferenciação progressiva, se o objetivo é ensinar os itens X, Y e Z, deve-se, primeiro, ensinar os 3 itens num nível geral, depois os 3 itens num nível de maior detalhe e assim por diante; o oposto seria ensinar tudo sobre X, depois tudo sobre Y e depois tudo sobre Z. De início, serão apresentadas as ideias mais gerais e progressivamente, analisadas em termos de detalhe e especificidade. Importante nesse processo é, a cada passo, destacar o que os itens têm em comum e o que os diferencia.

A diferenciação progressiva vê a aprendizagem significativa como um processo contínuo com a aquisição de significados mais abrangentes, à medida que são estabelecidas novas relações entre os conceitos.

- **Reconciliação Integradora**

Reconciliação Integradora é o processo, pelo qual a pessoa reconhece novas relações entre conceitos até então vistos de forma isolada.

Para facilitar esse processo, o material instrucional deve procurar integrar qualquer material novo com material anteriormente apresentado (referências, comparações etc.), inclusive com exercícios, que exijam o uso do conhecimento de maneira nova (por ex: formulação de questões de maneira não familiar).

- **Fases da Aprendizagem**

Para Ausubel (1982), a aprendizagem ocorre de cima para baixo (processo dedutivo) e em 3 fases:

| FASE | AÇÃO |
|--|--|
| 1. centrada no organizador prévio | -explicitar o objetivo da aula -apresentar o organizador prévio -relacionar o organizador com o conhecimento do aprendiz |
| 2. centrada em informações novas | -explicitar a organização do novo material (ordem lógica etc.) -apresentar o material -propor atividades de aprendizagem significativa -aplicar a diferenciação progressiva |
| 3. Centrada no fortalecimento da estrutura cognitiva | -relacionar as novas informações com o organizador prévio -aplicar a reconciliação integradora -aplicar a diferenciação progressiva |

Quadro 13 - Processo Dedutivo de Aprendizagem
Fonte: Ausubel (1982)

A prática da aprendizagem significativa estabelece outra dimensão de desempenho, otimiza e maximiza a aquisição das competências e isso desperta no aluno o prazer de aprender, consolidado pelo sentimento de ser capaz.

No capítulo quatro, estão descritos testes e experimentos didáticos pedagógicos na forma de situação problema, compondo situações de aprendizagem significativa com a intenção de desenvolver o ensino da competência inovação tecnológica, por meio de uma engenharia instrucional, que transforma métodos e estratégias de ensino, em competência.

- **Pistas e recomendações**

- A educação, ao longo de toda a vida, baseia-se em quatro pilares: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a conviver junto, aprender a ser.
- Aprender a conhecer: combinando uma cultura geral, suficientemente vasta, com a possibilidade de trabalhar em profundidade um pequeno número de

matérias. O que também significa: aprender a aprender, para beneficiar-se das oportunidades oferecidas pela educação ao longo de toda a vida.

- Aprender a fazer: a fim de adquirir, não somente uma qualificação profissional e, de uma maneira mais ampla, competências que tornem a pessoa apta a enfrentar numerosas situações e a trabalhar em equipe. Mas também aprender a fazer, no âmbito das diversas experiências sociais ou de trabalho oferecidas aos jovens e adolescentes, quer espontaneamente, fruto do contexto local ou nacional, quer formalmente, graças ao desenvolvimento do ensino alternado com o trabalho.
- Aprender a viver juntos: desenvolver a compreensão do outro e a percepção das interdependências, realizar projetos comuns e preparar-se para gerir conflitos no respeito pelos valores do pluralismo, da compreensão mútua e da paz.
- Aprender a ser: para melhor desenvolver a sua personalidade e estar à altura de agir cada vez com maior capacidade de autonomia, discernimento e responsabilidade pessoal. Para isso, não negligenciar na educação nenhuma das potencialidades de cada indivíduo: memória, raciocínio, sentido estético, capacidades físicas, aptidão para comunicar-se.

Uma visão complementar que também podemos dar aos quatro pilares da educação é:

- Saber conhecer (pois estamos na era do conhecimento).
- Saber fazer (fazer é a única forma de se ter uma participação ativa).
- Saber conviver (estamos na globalização e temos de conviver com todos os povos).
- Saber ser (ser responsável social e ambientalmente para um mundo melhor).

Esses saberes devem estar previstos no plano de ensino, e os professores precisam ser preparados para essa prática, pois caso contrário estes temas apenas serão citados nos planos, mas não farão parte do conteúdo desenvolvido (WEISZ, 2002).

CAPITULO 4

DESAFIOS: APLICAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

A metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica se valerá de um estudo de caso criado para este trabalho, caracterizado por situações de aprendizagem, constituídas por situações-problema, são desafios com limitação em até duas variáveis, aplicado a uma amostra de 32 duplas de alunos do curso técnico em automação industrial da Escola SENAI “Mariano Ferraz”.

Segundo SENAI-DN (2009), entende-se situação de aprendizagem, no âmbito desta proposta de prática pedagógica, como atividade desafiadora que, planejada pedagogicamente, considera a intersecção entre o difícil e o possível para o aluno em um determinado momento. Deve ser contextualizada, ter valor sociocultural, evocar saberes e propor a solução de um “problema”, que exija tomada de decisão, teste de hipóteses e transferência de aprendizagens, ampliando no aluno a consciência de seus recursos cognitivos.

De acordo com Weisz (2002), o conhecimento avança quando o aluno enfrenta questões sobre as quais ainda não havia parado para pensar, quando observa como os outros a resolvem e tenta entender a solução que os outros dão. Isso é o que justifica a exigência pedagógica de garantir a máxima circulação de informação possível entre os alunos. Significa permitir que as perguntas circulem e as respostas também, pois isso é informação e deve ocorrer a todo o momento.

Situação-problema é uma proposição hipotética ou não, de ordem teórica e prática, que envolve elementos relevantes na caracterização de um desempenho profissional, levando a pessoa a mobilizar conhecimentos, habilidades e atitudes na busca de alternativas de solução. Uma situação somente pode ser concebida como um problema, se ela for reconhecida como tal e não dispuser de procedimentos automáticos que permitam solucioná-la de forma mais ou menos imediata (SENAI-DN 2009).

4.1 Desafio

O desafio, como já foi citado, considera a intersecção entre o difícil e o possível para o aluno em um determinado momento. Para simplificar e padronizar a criação dos desafios, na MECIT, o professor, a partir da estratificação da situação-problema, estabelece o número de variáveis que a compõe e escolhe até duas dessas variáveis para impor uma limitação, que o aluno ou grupo deve superar por meio de uma solução nova, fora do manual que serviu de referência para o estudo dos assuntos tratados. A base desta proposta está na Figura 9.

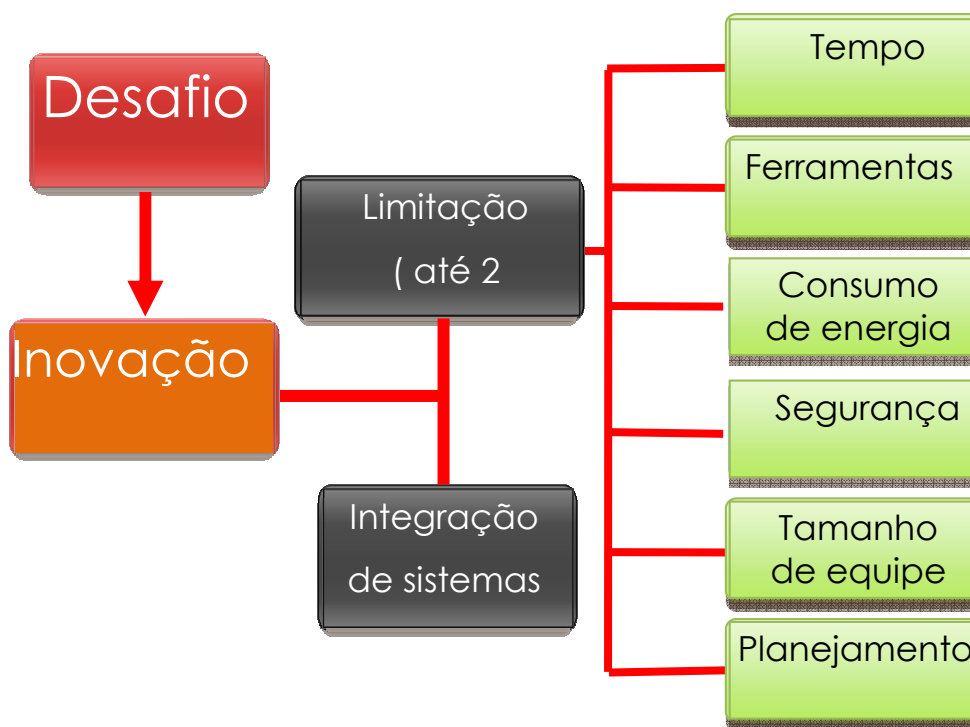


Figura 10 – Estrutura do Desafio na MECIT
Fonte: Elaborado pelo Autor (2009)

A Figura 9 apresenta o desafio, de forma esquemática, mostra algumas variáveis básicas que podem aparecer na situação de aprendizagem, e o professor deverá escolher até duas dessas variáveis para impor uma restrição, que obrigue o aluno a desenvolver a competência para inovação quando lhe é cobrado uma solução diferente da usual, ou inovadora para os padrões praticados até então. A criação e a solução dos desafios devem levar à competência de inovação, a partir da visão sistêmica.

A estrutura do desafio é a referência para o professor criar a situação de aprendizagem significativa e apresenta duas alternativas.

A primeira alternativa é aplicada às tarefas já realizadas, em que o aluno possui total domínio. Neste caso, o professor escolhe e limita até duas variáveis que podem surgir no dia a dia do profissional que pretendemos formar, e a partir daí, produzir situações significativas de aprendizagem, impondo restrições, que exijam a manifestação da competência inovadora.

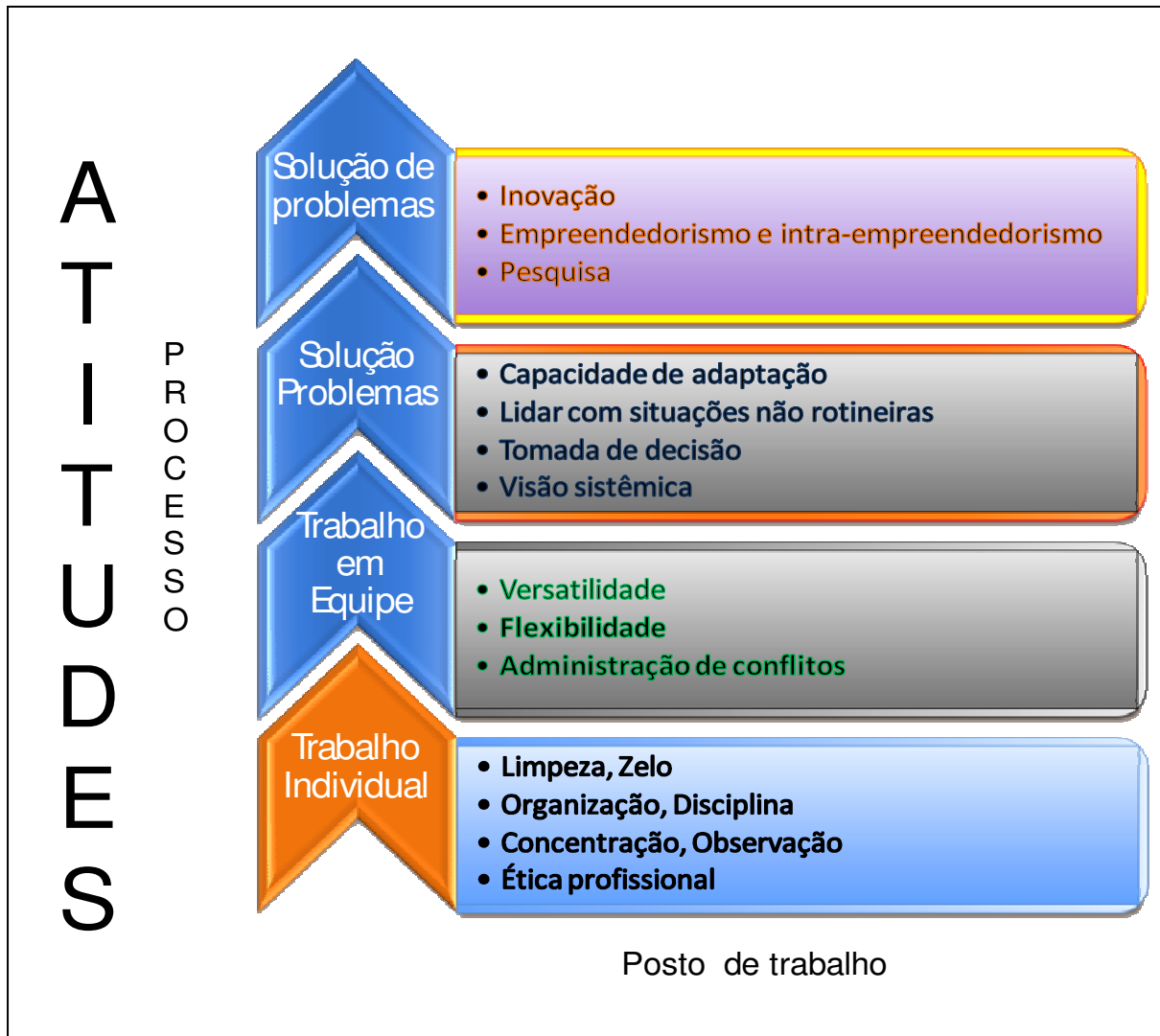
A segunda alternativa implica na integração de diferentes áreas tecnológicas como, mecânica, eletroeletrônica e tecnologia da informação para resolver problemas impossíveis de solucionar com estas tecnologias isoladamente, como num projeto integrador, de que, na automação, é rotina para o profissional. Nos dois casos, o aluno terá que usar uma base de conhecimento estabelecida para propor soluções novas, diferentes das que ele já fez, seguindo instruções de normas e manuais.

Desafio neste trabalho significa complicar uma situação-problema por meio da limitação de até duas variáveis.

4.2 Atitudes

Outra referência importante são as atitudes que devem ser demonstradas pelo aluno durante a situação de aprendizagem. O Quadro 13 apresenta o esquema hierarquizado das atitudes presentes na competência de inovação tecnológica, sugerido pela metodologia proposta.

É importante ressaltar que os recursos humanos para as atividades em automação industrial devem ter características próprias, entre elas conhecimentos multidisciplinares com intensa parte experimental, (prática), (VENDRAMETTO,1994)



Quadro 14 - Concepção Hierarquizada de Atitudes para Competência Inovadora
 Fonte: Adaptado pelo Autor (2009). A partir de dados da DITEC 001 (2002)

No primeiro nível, do trabalho individual, as atitudes limpeza, zelo pelos instrumentos, ferramentas e equipamentos, organização do seu espaço, disciplina para seguir normas, concentração durante o trabalho, capacidade de observação para detectar qualquer anomalia na máquina ou equipamento e ética profissional, são as principais atitudes trabalhadas.

A partir do segundo nível, surgem as atitudes que os alunos devem praticar quando o foco é o processo de fabricação da indústria, ambiente de trabalho dos profissionais que atuam em automação industrial. No segundo nível, é desenvolvida a capacidade de trabalho em equipe e para isso é preciso saber administrar conflitos e desenvolver a flexibilidade e versatilidade.

No terceiro nível, o objetivo das atitudes deve favorecer a capacidade de solucionar problemas a partir da capacidade de adaptação, capacidade de lidar com situações não rotineiras, capacidade de tomada de decisão, sob pressão, visão sistêmica através do conhecimento do processo como um todo.

No quarto nível, ainda com o objetivo de solucionar problemas, existem atitudes mais elaboradas como capacidade de pesquisa, de empreendedorismo ou intraempreendedorismo e inovação.

Na verdade, a metodologia proposta deve levar em conta todas as variáveis indicadas no diagrama de Ishikawa (1993) e detalhadas no capítulo 3, associadas ao desafio e à relação de atitudes mostradas acima, que foram retiradas do documento DITEC-001 (2002), Proposta Educacional do SENAI-SP (DITECs são diretrizes técnicas que norteiam as ações do SENAI-SP) e a Taxonomia de Bloom (1974), para a elaboração das situações de aprendizagem, que desenvolvam a competência Inovação Tecnológica.

4.3 Situações de aprendizagem

Para criar as situações de aprendizagem, a partir da metodologia proposta, foram utilizadas as seguintes referências:

1º. Diagrama de Ishikawa (1993):

1. Pesquisa bibliográfica: base, fundamentos técnicos e científicos.
2. Pesquisa aplicada: público alvo - alunos de 3º semestre do curso técnico em automação industrial da Escola SENAI “Mariano Ferraz”, sendo 16 duplas no primeiro semestre de 2009 mais 16 duplas no 2º semestre de 2009, perfazendo um total de 64 alunos. Disciplina: Sistemas de Automação.
3. *Benchmarking*: As situações de aprendizagem foram criadas com base no *benchmarking* externo e interno. As duas primeiras tarefas foram levantadas a partir de um *benchmarking* externo, junto à empresa Festo Automação Ltda. De origem alemã, é líder de mercado no Brasil na área de automação pneumática, sistemas que funcionam com ar comprimido e referência mundial em provas de mecatrônica aplicadas no torneio

mundial de formação profissional, promovido a cada dois anos pela IVTO, *International Vocation Trades Organization*, o *World Skill*. Mecatrônica estuda a automação da manufatura realizada através da integração entre a engenharia mecânica, engenharia eletroeletrônica e tecnologia da informação. O Brasil participa desta competição mundial em 16 modalidades, Soldagem, CAD – Desenho Assistido por Computador, Eletrônica, Ferramentaria, Mecânica de Precisão, Eletricidade Industrial, Eletricidade Predial, Mecânica de Automóveis, Mecânica de Refrigeração, Revestimento Cerâmico, Polimecânica, Manufatura Integrada, Tecnologia da Informação, Fresagem CNC e Mecatrônica. Desde 1997 o Brasil participa desta competição na área de mecatrônica, da qual o autor foi treinador técnico de 1996 a 2001 e após esta data assumiu a posição de coordenador desta ocupação. O Quadro 14 apresenta os resultados obtidos pelo Brasil, nas competições internacionais realizadas no período de 1997 a 2009.

| Local da competição | 1997 | 1999 | 2001 | 2003 | 2005 | 2007 | 2009 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Suíça | 3º | | | | | | |
| Canadá | | 3º | | | | | |
| Coréia do Sul | | | 4º | | | | |
| Suíça | | | | 5º | | | |
| Finlândia | | | | | 4º | | |
| Japão | | | | | | 2º | |
| Canadá | | | | | | | 2º |

Quadro 15, Classificação do Brasil na Modalidade Mecatrônica em competição mundial

Fonte: Elaborado pelo Autor (2010). Ref.: SENAI – DN

Perito em elaborar provas para a competição da modalidade mecatrônica, o Engº. Paulo Villiger da Festo Automação Ltda elaborou duas situações de aprendizagem. E através do benchmarking interno foram elaboradas 4 situações de aprendizagem, descritas a seguir.

4.3.1 Situação de aprendizagem 1

O curso técnico em automação industrial está dividido em 4 semestres. Os alunos do 3º semestre fazem montagens de módulos, estações e plantas de automação (cf. Figuras 10 e 11). As tarefas são executadas em dupla e para isso utilizam ferramentas especiais (cf. Figura12).

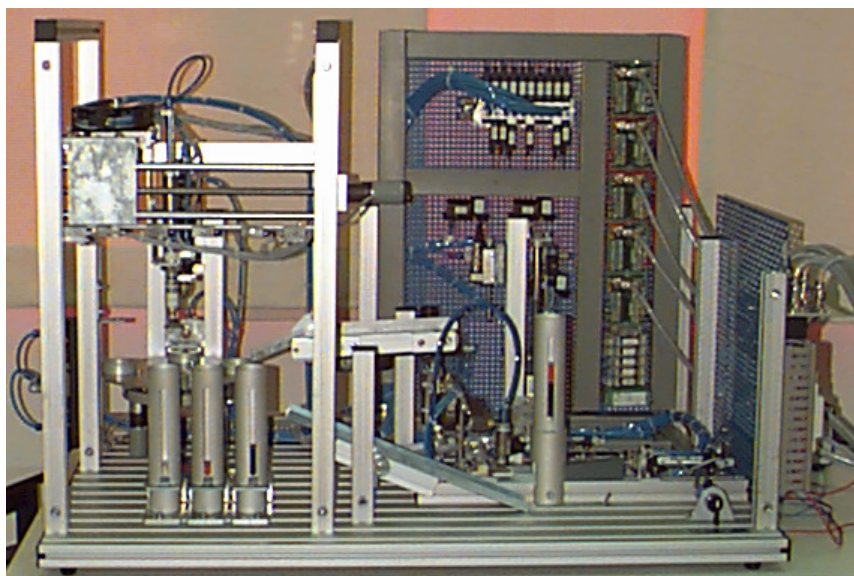


Figura 11 - Planta MPS (Modular Production System) Compacta
Fonte: Escola SENAI “Mariano Ferraz” (2009)

As plantas Modular Productions System (MPS), Figuras 10 e 11 são sistemas miniaturizados que simulam a automação da manufatura. Consiste em sistemas composto por:

Sistema de distribuição, que alimenta o processo de fabricação com peças.

- Sistema de teste, que confere se a peça está apta para ser processada; tipo de material; dimensões; etc. Caso não esteja, a peça é descartada automaticamente.
- Sistema de processamento, que faz a transformação prevista no processo de fabricação.
- Sistema de verificação, que confere se o processo foi executado de acordo com o especificado, caso contrário, a peça pode ser descartada, selecionada para retrabalho ou aprovada.

- Sistema de armazenagem, as peças aprovadas são classificadas e armazenadas.

Os sistemas citados são básicos para uma planta de automação da manufatura. Esses sistemas possuem três tecnologias básicas:

- Atuadores são os elementos que atuam no processo através de movimento e podem ser mecânicos, elétricos, pneumáticos ou hidráulicos.
- Sensores são elementos eletrônicos que acusam presença, posição, temperatura, pressão, enfim, as variáveis controladas do processo.
- Controladores são sistemas eletrônicos, compostos por software e hardware, responsáveis pela parte inteligente do sistema, em que um programa estabelece a sequência de funcionamento, monitora o processo e toma decisões em função dos dados gerados pelo sistema.

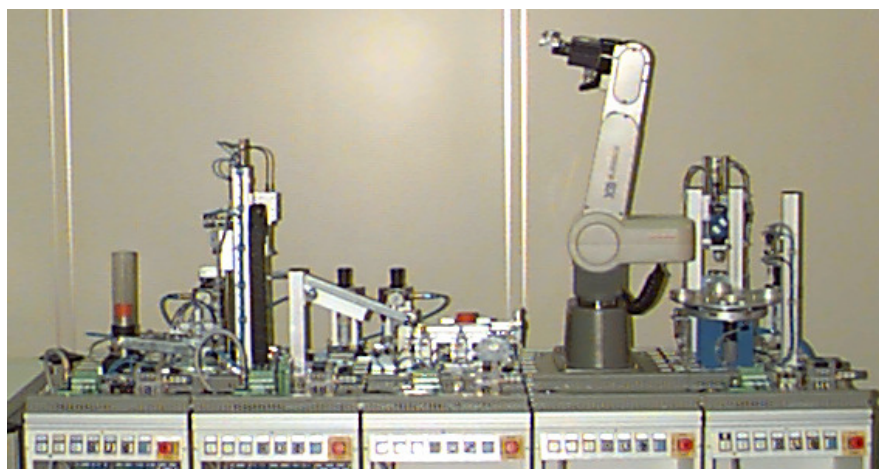


Figura 12 - Planta MPS Modularizada com Robô.
Fonte: Escola SENAI “Mariano Ferraz” (2009)

Cada aluno recebe um cinto de ferramentas com velcro, conforme Figura 12. Esse cinto, permite o aumento da velocidade de montagem.

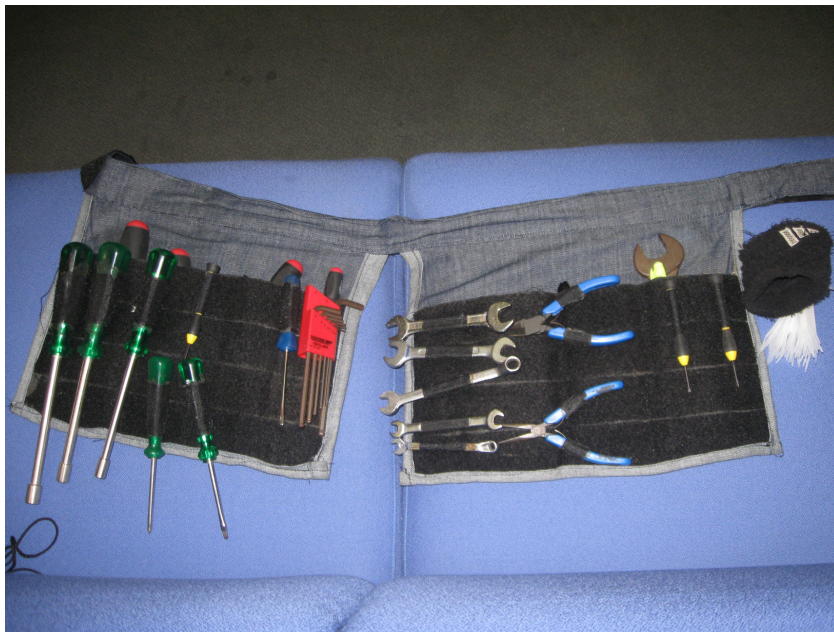


Figura 13 - Cinto de Ferramentas Usado pelo Aluno nas Etapas de Montagem
Fonte: Escola SENAI “Mariano Ferraz” (2009)

Depois que a dupla de alunos dominaram, o processo de montagem, e executam a tarefa sem erros num tempo de 40 minutos, é aplicada uma prova.

A prova aplicada tem o foco principal nas habilidades psicomotoras e prev[^]as seguintes condições:

- Objetivo: Solução para situação-problema de ordem operacional
- Desafio: Montagem com limitação no número de ferramentas
- Contexto: Montar a estação em que eles levaram 40 minutos, sem erros numa qualidade profissional em dupla. Tempo para a montagem na prova, 60 minutos.
- O cronômetro é disparado, os alunos imediatamente colocam os cintos.
- Informação complementar da prova passada, após a colocação dos cintos.
- A prova será executada sem os cintos de ferramenta e a partir desse momento, a dupla tem quatro minutos para escolher cinco ferramentas.

- Os alunos tentam argumentar para utilizar os cintos, mas são informados que essa condição faz parte da prova e as ferramentas devem ser dispostas sobre uma mesa conforme a Figura 14.

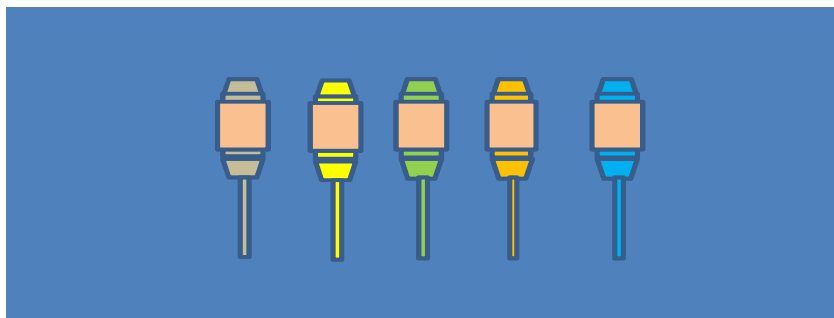


Figura 14 - Escolha de Cinco Ferramentas para a Execução da Tarefa
Fonte: Elaborado pelo Autor (2010)

Na Figura 15, apresenta-se o conjunto de ações, reflexões e internalizações esperadas com a tomada de atitudes. Esses itens são passíveis de avaliação, reforço e, em situações especiais, reveladoras de talentos. A situação de aprendizagem se torna mais significativa na medida em que alcança o maior número de atitudes relacionadas na Figura 15.

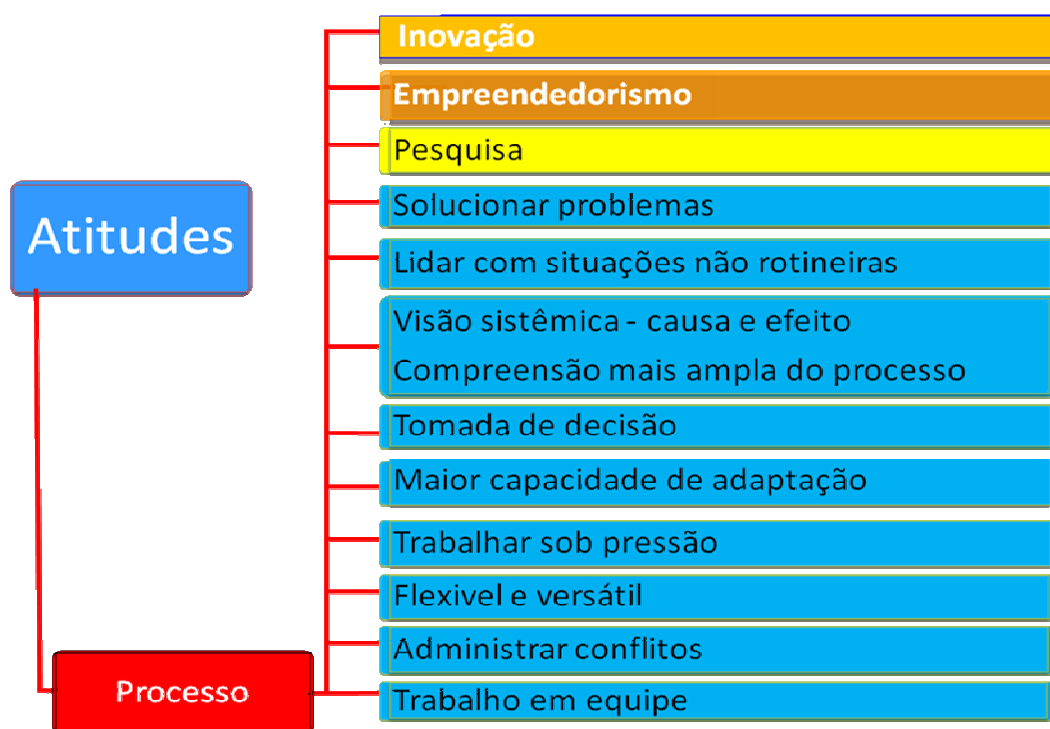


Figura 15 - Conjunto de Atitudes Relativas a Competências Básicas
Fonte: Elaborado pelo Autor (2009)

Relação de atitudes alcançadas pela situação de aprendizagem 1.

1. A tarefa é realizada por dupla de alunos, o que atende e desenvolve a capacidade de trabalhar em equipe.
2. Em função do número de ferramentas restrito ao mínimo necessário, a dupla desenvolverá a capacidade de administrar conflitos, pois em inúmeros momentos os dois alunos precisarão, por exemplo, utilizar a única chave Allen disponível em função da característica da tarefa.
3. Nesses momentos, deverão ser flexíveis para deixar o outro utilizar a ferramenta e versátil para pegar uma chave de fenda, por exemplo, e fazer outra operação.
4. Pelo fato de ser uma prova, com tempo de execução definido, de já terem obtido um desempenho de nível profissional amplamente elogiado pelo professor e agora terem como desafio, confirmar a competência da dupla, com limitação do número de ferramentas e com tempo maior em 50%, o ambiente de pressão está formado.
5. Essa situação de restrição desenvolverá maior capacidade de adaptação em condições desfavoráveis.
6. Tomada de decisão sob pressão é o que aconteceu quando tiveram de escolher as 5 ferramentas em 4 minutos.
7. Para a tomada de decisão corretamente eles precisam ter a visão sistêmica, de todo o processo, pois a escolha errada de uma ferramenta impedirá a realização completa da tarefa.
8. Esse exercício permitirá o aumento de sua capacidade de lidar com situações não rotineiras, inerentes às práticas de inovação, marcadas por problemas inéditos, pois a redução do número de ferramentas até então não é rotina.
9. Ao terminar a prova com sucesso ou não, o aluno não será o mesmo, agora tem uma nova forma de enxergar os problemas e de solucioná-los.

4.3.2 Situação de aprendizagem 2

Nessa situação-problema o objetivo é desenvolver a capacidade de pesquisa, presente no exercício da profissão do técnico, do tecnólogo e do engenheiro.

O problema:

No 2º semestre do curso, os alunos aprenderam a programar CLPs, (Controladores lógicos programáveis) nas linguagens, *Ladder*, STL (*statement list*), FBK (*Function Block*) e *Grafcet*, indicadas na Figura 15.

A Figura 15 apresenta os tipos de linguagens de programação para CLP, estudadas no curso técnico em automação industrial da Escola SENAI “Mariano Ferraz”.

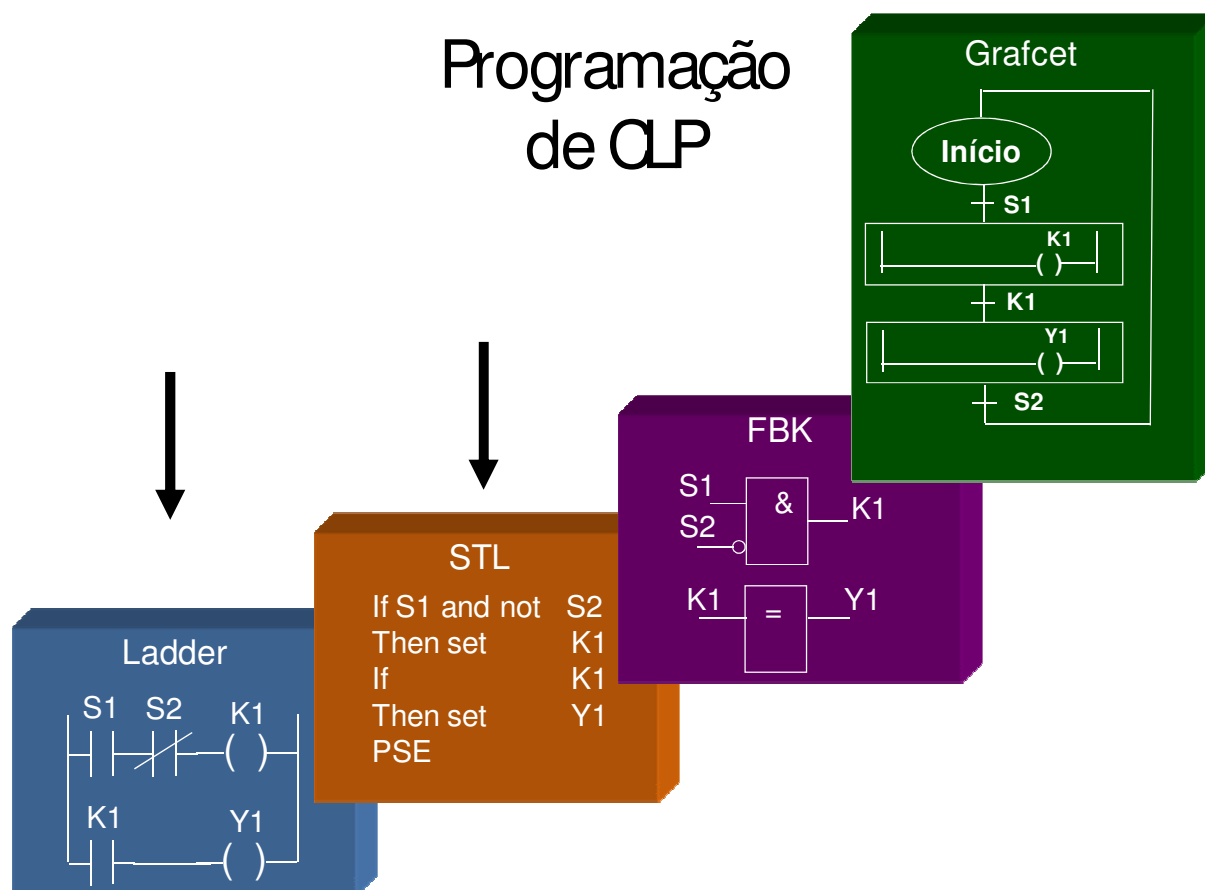


Figura 16 - Linguagens de Programação de CLPs (Controladores Lógicos Programáveis)
Fonte: Elaborado pelo Autor (2009)

Essa prova tem um enfoque mais cognitivo e exige pesquisa:

- Objetivo: Solução para situação problema de ordem técnica, voltada para pesquisa

- Desafio: Alteração da linguagem de programação no momento da prova
- Contexto: Programa da estação de distribuição em que eles levam 20 minutos, sem erros, numa qualidade profissional executada em dupla. Tempo para executar a prova, 60 minutos.
- Após o aluno ter contato com as quatro linguagens de programação, o curso se concentra na linguagem *ladder*, que é a *default*, ou seja, padrão, e vem na maioria dos CLPs. Se a empresa optar por qualquer uma das outras 3 linguagens, o software terá de ser comprado, e isso somente acontecerá se for extremamente necessário com benefícios exaustivamente comprovados.

Na prova, a situação se repete. A dupla já programa uma determinada estação em 20 minutos na linguagem *ladder*.

A proposta:

Programar a mesma estação em 60 minutos em dupla. No primeiro momento, a prova parece estar com a nota máxima garantida, com o direito de sair mais cedo. No entanto, quando o cronômetro é disparado e os alunos abrem a tela da linguagem *ladder* para começar a solução do problema e, o professor complementa a informação: o programa é para ser feito em STL e não em *ladder*.

Novamente, os alunos tentam argumentar, pois faz muito tempo que essa linguagem não é utilizada, existem instruções que não foram explicadas e o professor não pode cobrar na prova algo que não desenvolveu nas aulas.

O professor contra argumenta que essa estratégia faz parte da prova e os alunos têm à disposição o manual do CLP com todas as linguagens, basta pesquisar, a instrução não foi ensinada em STL, mas foi ensinada em *ladder*, então são capazes de resolver o problema.

Nesse caso, o objetivo é alcançar os mais altos níveis de aprendizagem segundo a taxonomia de Bloom (1974), pois é uma pesquisa em que o aluno não precisará entregar papel algum, somente a estação funcionando e para isso é

necessário ler o manual, localizar as instruções corretas, conhecer, compreender, e aplicar a instrução, analisar se ela se aplica e resolve o problema e avaliar a solução, antes de chamar o professor para avaliar a prova, pois se não funcionar, ele terá uma nova chance só que a nota não terá mais o valor de 100%, em cada chamada inválida, ou seja, se a solução não estiver completa, a nota possível diminui em 25%.

Após a aplicação das duas situações de aprendizagem, obtidas pelo *benchmarking* externo, chegou o momento de trazer a responsabilidade para a escola e iniciar o *benchmarking* interno. Para iniciar esse ciclo, foi elaborada a terceira situação de aprendizagem.

4.3.3 Situação de aprendizagem 3

Na situação-problema 3 é apresentada à equipe uma planta de automação funcionando. Essa planta composta de 4 estações que processam 3 tipos de peças: alumínio, plástico preto e plástico laranja. A identificação das peças é feita na estação 2 e a informação é repassada para as outras estações por meio de dois cabos, que utilizam duas saídas. A informação do tipo de peça é passada obedecendo à seguinte lógica: sinal no cabo 1 = peça de alumínio, sinal no cabo 2, peça plástico preto, sinal nos dois cabos, peça plástico laranja. A planta está configurada da seguinte maneira:

- Estação 1- responsável pela alimentação da planta, distribuindo peças
- Estação 2- responsável pelo teste, verifica se a peça está apta para ser processada e identifica o tipo de peça, passando essa informação por *I/O(Input/Output)* para as outras estações, conforme protocolo indicado acima.
- Estação 3- responsável pelo processamento e verificação, faz um furo na peça e confere se o furo foi executado corretamente.
- Estação 4- responsável pela classificação e armazenamento das peças com base nas informações enviadas pela estação 2.

Essa prova foca na solução de problemas a partir de recursos conhecidos:

- Objetivo: Solução para situação problema de ordem técnica

- Desafio: Manter a planta de manufatura funcionando mesmo com limitação no número de saídas da estação 2.
- Contexto: A planta está funcionando, quando uma das saídas do CLP queima.

A Figura 16 representa os CLPs das estações 2 e 3 com seus programas, parte do sistema, que é uma planta composta pelas 4 estações. Cada estação possui um CLP e a comunicação nesse caso é feita por I/O (*Input/Output*), todas as entradas e saídas foram utilizadas.

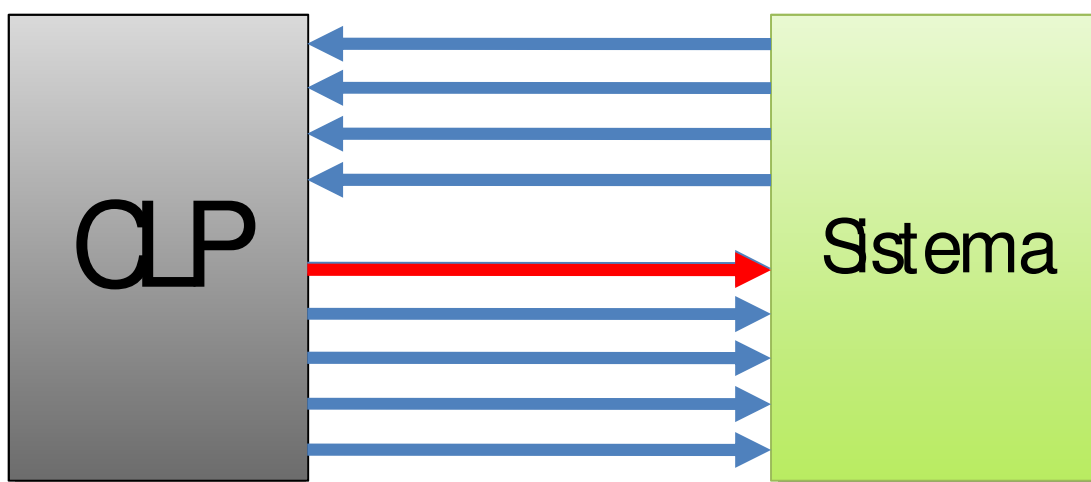


Figura 17 - Esquema de Ligação entre o CLP e um Sistema Automatizado
Fonte: Elaborado pelo Autor (2009)

O problema: a saída destacada em vermelho queimou. Ação solicitada: manter o sistema funcionando com essa limitação.

Propostas de solução apresentadas:

1. Trocar o módulo de saídas ou o CLP.
2. No sistema existem atuadores pneumáticos, comandados por válvulas duplo solenóide, a solução é substituir a válvula duplo solenóide por outra de simples solenóide economizando, assim, uma saída.

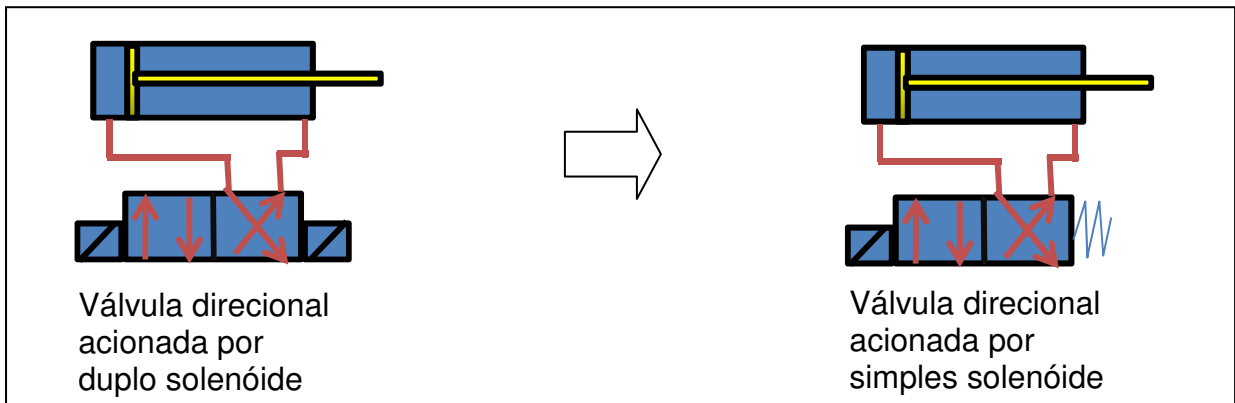


Figura 18 - Atuadores Comandados por Duplo e Simples Solenóide
Fonte: Elaborado pelo Autor (2009)

3. Utilizar um rele comandado por uma saída do CLP e aplicar dois contatos do rele, um NA e outro NF para comandar a válvula duplo solenóide.
4. Mudança no protocolo de comunicação, ao invés de utilizar 2 saídas para transmitir o tipo de peça, utiliza-se somente um cabo ou saída e a comunicação é feita por pulsos, em 1 segundo, se enviar um pulso é peça de alumínio, se tiver dois pulsos em 1 segundo a peça é preta e se em 1 segundo for enviado 3 pulsos, a peça laranja.

As soluções esperadas eram a 1,2 e 3. Um dos grupos inovou e apresentou a solução 4, que incorporamos à nossa lista de possíveis soluções.

4.3.4 Situação de aprendizagem 4

Após a apresentação dos resultados e ideias ao corpo docente, foi solicitada aos professores uma aula diferente do que era praticada normalmente no curso e o resultado foi o seguinte:

Estratégia de aula:

- Objetivo: Ensino correto de um trabalho
- Desafio: Melhorar o rendimento da aula prática de robótica.
- Contexto: Observar, executar, transmitir e avaliar uma tarefa.

A aula de robótica é desenvolvida em um laboratório que possui uma célula no centro com um robô ABB. Em volta, existem 10 computadores com softwares utilizados para programação e simulação do robô.



Figura 19 - Laboratório de Robótica da Escola SENAI “Mariano Ferraz”
Fonte: Escola SENAI “Mariano Ferraz” fotografado pelo Autor (2009)

As aulas normais eram desenvolvidas com o professor chamando os alunos um a um, para fazer a demonstração de operação do robô. Em seguida o aluno, executa uma tarefa de marcar posições e um pequeno programa diretamente no *teach pedant* (programador manual do robô).



Figura 20 - Aula normal, um aluno por vez
Fonte: Laboratório de robótica da “Escola SENAI “Mariano Ferraz” (2009)

Alteração proposta pelo professor: ao invés de apresentar o robô da forma tradicional em que cada aluno tinha uma oportunidade em cada demonstração, se estabeleceu-se que o aluno acompanhasse a mesma demonstração em 3 momentos:

1. Primeiro como observador, acompanhando todos os passos do executor e fazendo as anotações necessárias;
2. Em seguida, o aluno que estava como observador, assume a posição de executor e realiza a tarefa proposta;
3. E no terceiro momento, o aluno deriva de suporte e avaliador, auxiliando e corrigindo o executor durante a tarefa, finalizando com um parecer quanto ao desempenho do executor.

Dessa forma sempre teremos as 3 condições: o aluno que vai fazer, o que está fazendo e o que já fez. Na primeira tentativa, tivemos: professor executor e aluno observador, depois professor suporte e avaliador, aluno executor e aluno observador, em seguida aluno suporte e avaliador, aluno executor e aluno observador. Sem o permanente acompanhamento do professor, a experiência virou um telefone sem fio e quando o último aluno chegou para executar a tarefa, as informações já tinham se perdido, o que confirmou a necessidade da presença do professor como mediador para que as informações não se perdessem.

A Figura 20 apresenta o novo esquema de aula desenvolvido da proposta de inovação.

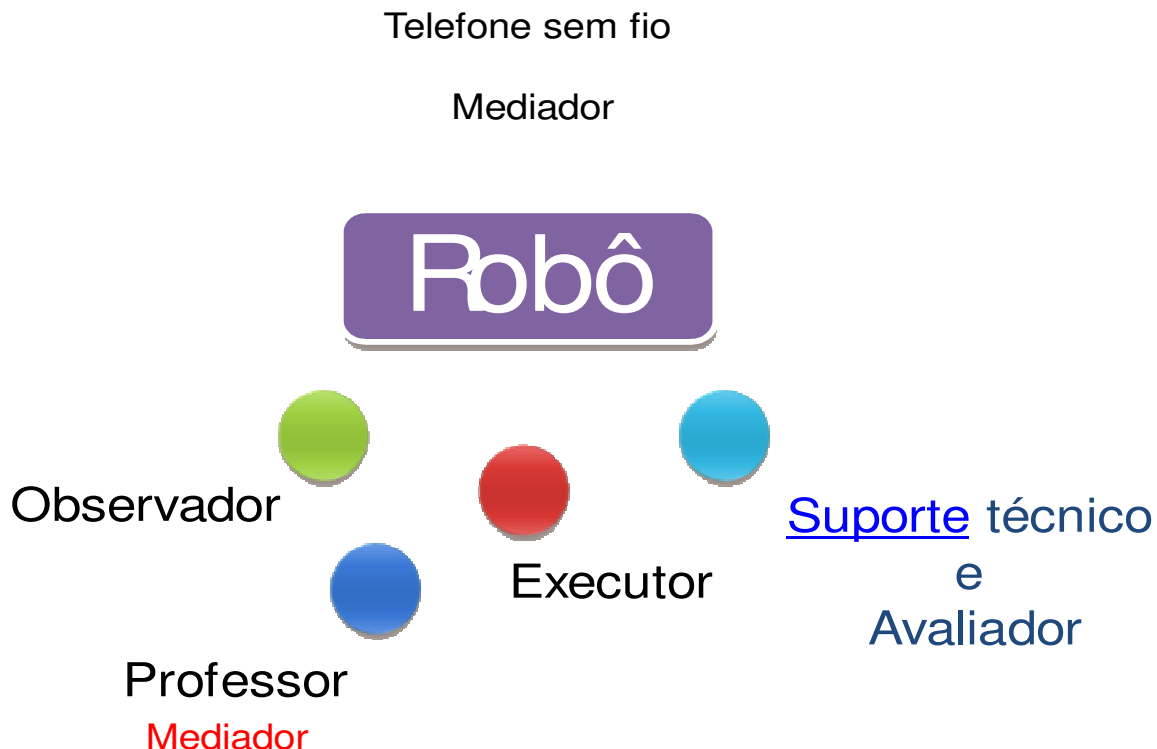


Figura 21 - Esquema da Aula de Demonstração de Robótica Inovado
Fonte: Elaborado pelo Autor (2009)

Será testada em outra oportunidade a condição: os 3 primeiros alunos documentam a explicação e elaboram um plano para a transmissão desse conhecimento sem perda de conteúdo.

4.3.5 Situação de aprendizagem 5

A quinta situação-problema, descrita a seguir, visa à mudança de algoritmo de raciocínio, que busca uma visão mais técnica e inovadora.

- Objetivo: Solução para situação problema de ordem técnica
- Desafio: Apresentar uma solução nova de manutenção com base no princípio da automação.

- Contexto: A planta apresenta um conjunto de defeito, porém, um problema se repete com frequência, o aluno deve apresentar uma solução definitiva para os defeitos.

Nessa etapa do curso, é desenvolvida a capacidade de localização e eliminação de defeitos em plantas de automação. São 4 baterias de defeitos (mecânicos, elétricos, de comissionamento, eletrônicos e de programa) com cinco defeitos em cada etapa. Os defeitos são colocados em toda a planta e a nota corresponde a somatória do resultado da avaliação de 3 variáveis: tempo, anotação correta do defeito encontrado e qualidade do reparo. A Figura 21, estação de teste, foi utilizada para simulação das falhas. Um dos defeitos é inserido nas quatro etapas, e verifica-se o comportamento do aluno em relação à repetição do mesmo defeito. (O defeito é o deslocamento do sensor que mede a altura da peça, indicado no desenho pela dupla seta tracejada) O deslocamento do sensor provoca a reprovação de peças boas ou aprovação de peças que deveriam ser descartadas.

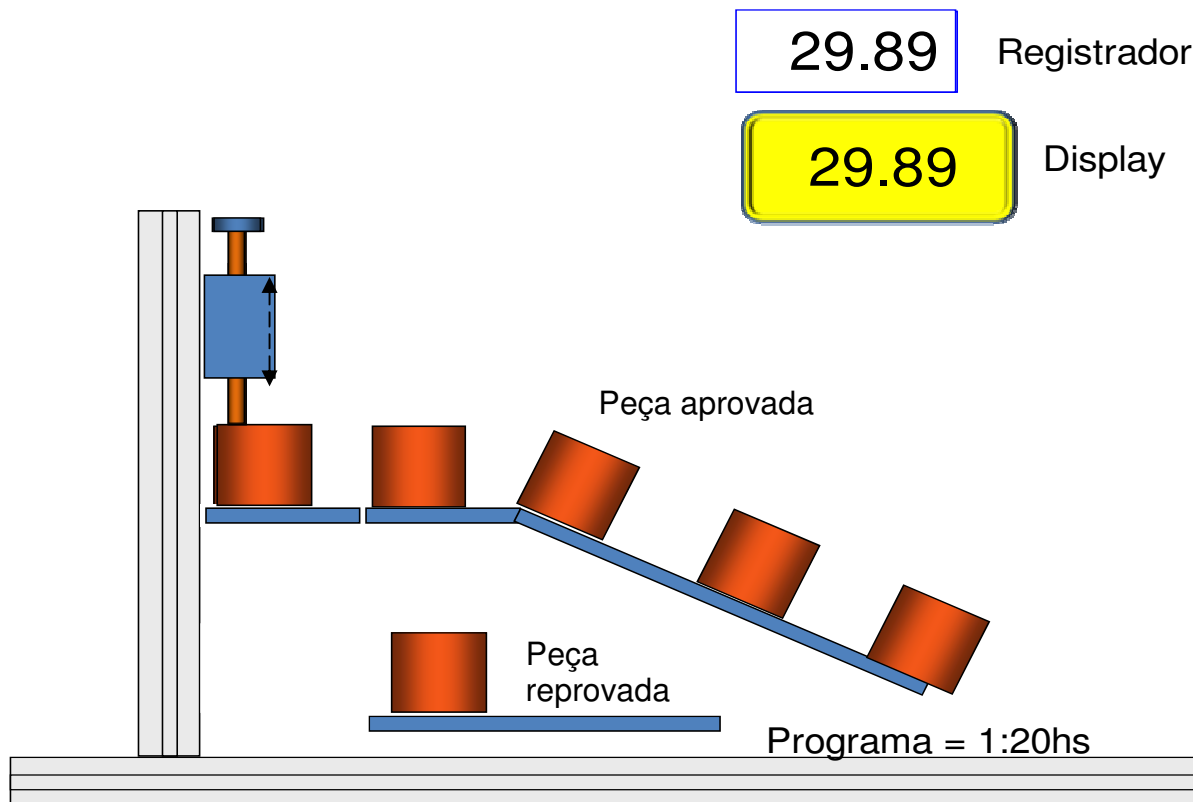


Figura 22 – Estação de Teste
Fonte: Elaborado pelo Autor (2009)

Algumas duplas, na terceira vez e outras na quarta vez que o defeito é colocado e encontrado, reclamam da falta de criatividade do professor em repetir um mesmo defeito que a dupla já sabe resolver e só toma tempo e pontos da nota de avaliação deles, pois é trabalhoso tanto o reposicionamento manual do sensor no ponto original de fixação, como através da leitura do valor que o registrador está indicando no *display*, referente à medida da peça padrão, e a substituição do valor no programa. Os alunos que já receberam a informação, de que o princípio da automação é: “Rotina quem faz é máquina”. Por isso, a dupla reclamante é questionada. Se pelo princípio da automação diz que rotina quem faz é máquina, e esse defeito está sempre aparecendo, pode ser caracterizado como uma rotina? A resposta é sim! Nova pergunta, vocês são técnicos em automação? A resposta também é sim, então a solução é automatizar a correção do erro.

A solução apresentada pelos grupos foi a inclusão de uma rotina no programa, ativada pelo comando de um botão específico, com uma peça padrão colocada na plataforma que sobe, mede a peça e compara com o valor padrão registrado no programa. Se o valor verificado for diferente, o programa faz com que uma lâmpada comece a piscar para sinalizar que o sensor foi deslocado e o próprio programa atualiza o programa automaticamente com o novo valor medido.

4.3.6 Situação problema 6

A sexta situação problema também visa à mudança de algoritmo de raciocínio do aluno porque busca uma visão mais técnica e inovadora.

A prova:

- Objetivo: Solução para situação problema de ordem técnica de forma inovadora
- Desafio: Manter a planta de manufatura funcionando mesmo com limitação no número de sensores de identificação do tipo de peças.
- Contexto: A planta está funcionando, quando dois sensores de identificação de peças são danificados e a produção precisa continuar mesmo sem os dois sensores.

Esse exercício consiste em programar um robô Mitsubishi para separar três tipos de peça; uma peça de alumínio, uma peça plástica de cor laranja e uma peça plástica de cor preta. Para isso são utilizados dois sensores, um sensor indutivo, representado junto à peça preta com a cor verde e vermelho e um sensor ótico de reflexão, também junto à peça preta de cor vermelha. Na garra do robô também existe um sensor ótico de infravermelho com a função de indicar para o robô se tem peça ou não na posição em que ele pega a peça

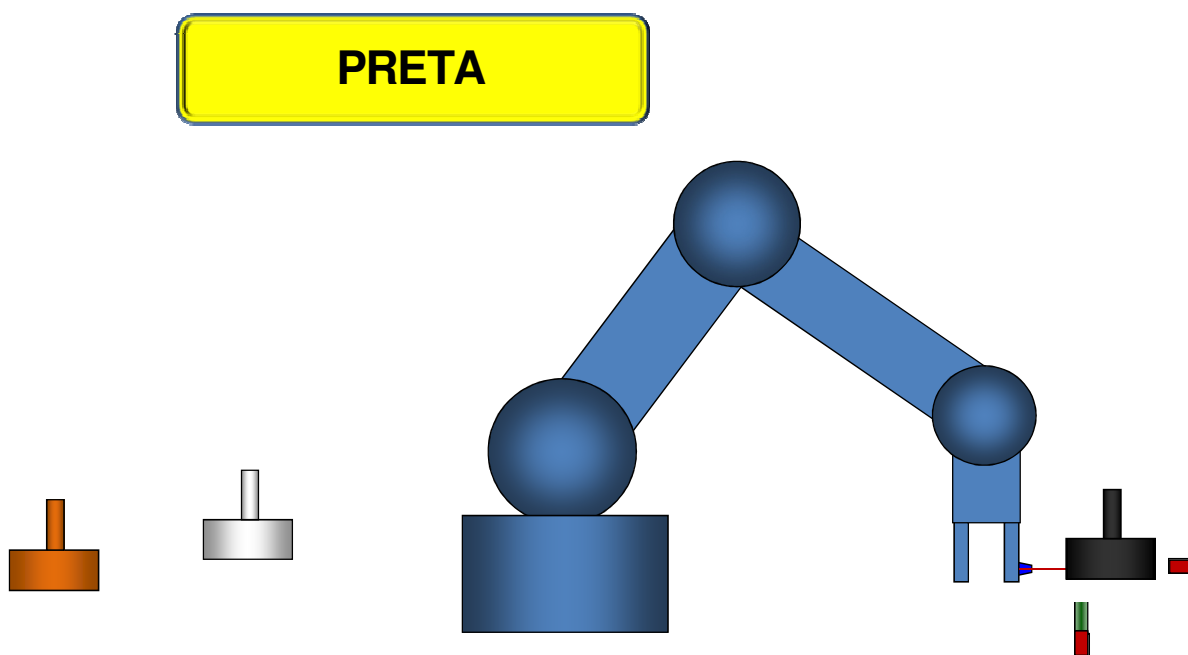


Figura 23 - Sistema Robótico para Separação de Peças
Fonte: Elaborado pelo Autor (2009)

A lógica de identificação é: sensor ótico e indutivo ativado indica a presença da peça de alumínio. Somente o sensor ótico acionado, peça plástica laranja, nenhum sensor acionado, peça preta. A estação anterior comunica a colocação de peça na base de sensores ao robô. Sempre que uma peça é identificada, um display mostra o tipo da peça. Depois que a dupla terminou a programação do sistema e apresenta ao professor, a tarefa é avaliada e, então, é proposta uma nova situação problema. Os dois sensores que identificam as peças são retirados e o desafio é continuar a separar as peças mesmo sem os sensores, ou seja, o processo precisa sofrer uma inovação. A maioria das duplas não encontra nenhuma solução. Entretanto, três duplas chegaram ao resultado esperado, que é associar o sensor ótico da garra do robô à distância de detecção da peça. A peça de alumínio,

por ser brilhante, é detectada na distância maior, a peça laranja na distância intermediária e a peça preta na menor distância, em função das propriedades de reflexão da luz e da cor das peças. Os demais alunos, mesmo não chegando a essa conclusão esperada, ao serem informados da solução passam a ter uma nova percepção para a solução de problemas dessa natureza.

4.4 Análise dos Dados

Por se tratar de avaliação de competência, que considera conhecimento, habilidade e atitude, as análises dos dados levantados foram feitas de forma qualitativa, em função do número de variáveis subjetivas envolvidas e das características muito particulares de cada situação de aprendizagem.

O Gráfico 1 apresenta os resultados apurados nas seis situações de aprendizagem. E evidencia as diferenças entre os exercícios

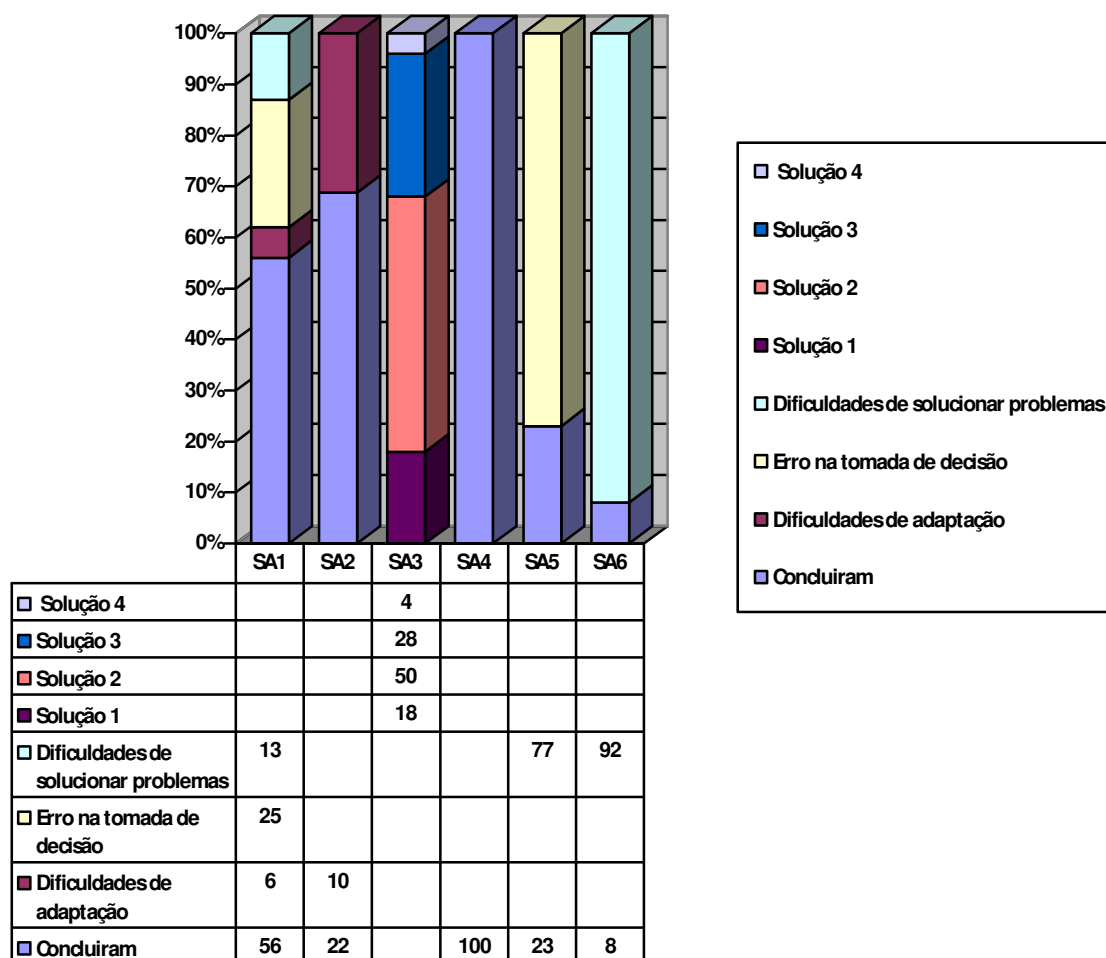


Gráfico 1 - Dados Levantados a Partir das Seis Situações de Aprendizagem
Fonte : O Autor (2009)

Durante o processo de aplicação e acompanhamento das situações de aprendizagem, foi possível observar que mesmo os alunos que não chegaram à solução esperada, ao serem informados sobre ela, imediatamente assimilavam a resposta e mudavam a sua visão de analisar problemas para proposta de novas soluções.

É importante destacar que os métodos e regras possuem exceções e devem observar alguma flexibilidade porque não são absolutos. Porém, neste caso, são referências para um ponto de partida para desenvolver a competência para a prática da inovação.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A engenharia, sempre que solicitada, tem respondido de forma eficiente e eficaz quanto ao desenvolvimento de inovações tecnológicas capazes de superar os problemas e necessidades geradas pela evolução da sociedade. O mercado, cada vez mais complexo e carente de profissionais com a competência para inovar, exige um processo de ensino aprendizagem profissionalizante, sintonizado com o contexto dos ambientes de trabalho, constantemente modificados pela tecnologia. Esse fato influencia diretamente a definição das competências, que agregam valor na escala da empregabilidade desses profissionais. Hoje, as escolas formam profissionais que irão trabalhar com tecnologias, que ainda não existem e, conseqüentemente, resolver problemas que também não existem. Com base em Bloom (1974) e o contexto atual, deduz-se que só o conhecimento, associado à área cognitiva e habilidade relativa à área psico-motora, não são suficientes, há a necessidade de uma atenção maior para a área afetiva, ligada a comportamento e atitudes, tornando-se imprescindível as capacidades de: resolver problemas, adaptação, visão sistêmica, lidar com situações não rotineiras, pesquisa, empreendedorismo, intraempreendedorismo e inovação para compor a competência profissional requerida pelo mercado.

Os preceitos e referências utilizados nesta dissertação foram:

- Para se chegar a um objetivo, sempre existem vários pontos de partida. Isso significa que a metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica, proposta nesta dissertação, é mais uma opção para, a partir de uma base técnica e científica consolidada atualizar as competências dos técnicos, tecnólogos e engenheiros.
- Por se tratar de ensino, houve um cuidado pedagógico na elaboração das estratégias utilizadas no desenvolvimento das situações de aprendizagem.

- Estabelecer uma Taxonomia do perfil profissional como referência. Nesse caso a área escolhida foi a Automação Industrial, quadro 3.1 SILVA (2009). Apesar do exemplo, ser de uma área específica, tem caráter genérico e pode ser adaptado para qualquer área do conhecimento que envolva o técnico, o tecnólogo e o engenheiro. É umas das contribuições relevantes desta dissertação por facilitar a compreensão e orientar a elaboração dos planos de ensino, indicando as estratégias, enfoques e escolha de conteúdos para se obter a competência desejada.
- A utilização das ferramentas da qualidade faz parte do cotidiano desses profissionais no que tange aos sistemas de gestão da qualidade e meio ambiente, adotado pelas empresas com certificação nas normas ISO 9000 e ISO 14000. As ferramentas da qualidade são básicas, no processo de ensino da competência inovação tecnológica, para sistematizar os procedimentos de melhoria contínua que resultam em inovação, seja ela, incremental, tecnológica ou radical.
Nesta dissertação, o ciclo PDCA (ISHIKAWA 1993) os 5Ws e 2Hs (CAMPOS, 1992), o diagrama de causa e efeito de Ishikawa (1993) e o gráfico de Pareto Campos (1992) são aplicados de forma conjunta e articulada para padronizar um algoritmo de raciocínio, voltado para a inovação. Mais um resultado a destacar neste trabalho, foi a utilização do diagrama de causa e efeito de Ishikawa (1993), não só como uma ferramenta de análise e diagnóstico de falhas, mas como uma ferramenta de planejamento que permite visualizar todo o processo ou o planejamento de um processo, desde as variáveis envolvidas, a sequência do fluxo para se chegar à solução, a visão sistêmica, a compreensão, até o diagnóstico de possíveis falhas.
- Nesta metodologia, o plano de ensino deve ser elaborado com base na taxonomia de Bloom (1974), na estrutura de desafios, Silva, Vendrametto e Fernandes (2009) e a concepção hierarquizada de atitudes para competência inovadora (SILVA, VENDRAMETTO e FERNANDES 2009). A articulação dessas três variáveis pode resultar em situações de aprendizagem muito interessantes, como as apresentadas no capítulo 4

desta dissertação. Apesar do término deste trabalho, que produziu seis exemplos de situações de aprendizagem, os professores que participaram da pesquisa-ação, não interromperam o processo, e já criaram novos exercícios, que não foram citados nesta dissertação, pelo fato das ações envolvendo o curso técnico em automação industrial terem sido concluídas. Isso demonstra que houve um salto de qualidade tanto nos exercícios propostos, elaborados pelos professores, quanto no nível de aprendizagem dos alunos, que passaram a analisar os problemas de forma diferente. O algoritmo de raciocínio ficou mais crítico e avalia todas as possibilidades de solução a partir de uma base de conhecimento estabelecida. O próximo passo é a formulação de perguntas orientando o trabalho de pesquisa voltada para soluções que vão além do manual. Este trabalho será base para a disciplina gestão da inovação tecnológica, presente na grade curricular do curso superior de tecnologia em automação industrial da Faculdade de Tecnologia SENAI “Mariano Ferraz”. O ciclo PDCA Ishikawa (1993), quando assimilado e praticado de maneira correta, incorpora-se aos procedimentos operacionais do profissional, que o repete continuamente de forma natural, contribuindo para a conquista da competência de inovação tecnológica.

- Uma competência não se adquire de uma hora para outra, é necessário um processo de aprendizagem consistente e gradual. A carga horária de 80 horas previstas para a disciplina gestão da inovação tecnológica do curso superior de tecnologia, em automação industrial não é suficiente para agregar essa competência ao perfil de saída do curso. Dessa dedução surgiu a proposta do tema inovação tecnológica permear todo o curso e formar uma intersecção entre todos os módulos, integrados por uma disciplina específica sobre inovação, elo importante para desenvolver o algoritmo de raciocínio que leve à prática de ações inovadoras e consolide-se numa disciplina de projetos que inove em produto, processo ou serviço.

Essa proposta será detalhada a seguir:

A metodologia de ensino da competência inovação tecnológica será aplicada no curso superior de tecnologia em automação industrial, com seis semestres de duração. A taxonomia de Bloom (1974) classifica a aprendizagem em seis níveis. Dessa forma, o tema inovação tecnológica será distribuído nos seis semestres do curso. Nos cinco primeiros semestres, como parte das disciplinas da grade curricular e no 6º semestre consolidado por uma disciplina de gestão da inovação tecnológica.

O desenvolvimento da metodologia de ensino da competência inovação tecnológica durante o curso superior de tecnologia em automação industrial, terá o seguinte enfoque:

1º semestre: Nível de conhecimento

- Definição de inovação;
- Tipos de inovação;
- Como ocorre a inovação;
- Quando ocorre a inovação;
- Exemplos de inovação.

2º semestre: Nível de compreensão

- Inovação em sua dimensão histórica, social, política e econômica;
- Inovação como diferencial competitivo;
- Inovação estratégica;
- Inovação aplicada à respectiva área profissional.

3º semestre: Nível de aplicação

O assunto será aplicado em situações-problema nas unidades curriculares. O docente induzirá situações que necessitam de um algo mais do que repetir o que foi ensinado e aprendido. O aluno, gradativamente, passa por cada desafio que requer dele um enfoque diferente do problema, por outro ponto de vista, do que já estava acostumado.

4º semestre: Nível de análise

São apresentados estudos de caso que os alunos analisam e desenvolvem trabalhos, buscando detalhes de como os resultados foram obtidos, incluindo:

- Motivação
- Métodos
- Meios
- Etapas e tempos
- Impactos

5º semestre: Nível de síntese

Os alunos têm a oportunidade de refletir sobre os módulos anteriores e realizar uma síntese de tudo o que foi visto a respeito do assunto até então. Podem sugerir novas metodologias de inovação e aplicá-las a certas situações. O docente pode estimular debates e formular novas situações-problema de modo a comprovar os resultados.

6º semestre: Nível de avaliação

- A disciplina gestão da inovação tecnológica completa a competência, tornando os alunos aptos a realizar a avaliação das inovações. Isso pode ser realizado, utilizando estudos de caso ou, então, as próprias inovações que os alunos realizaram nos módulos anteriores.
- Nesse módulo, os alunos são incentivados a realizar julgamentos com base na parte técnica adquirida em todo o curso e critérios estabelecidos como:
- Possíveis impactos da inovação analisada. (Nos âmbitos ambiental, social, econômico, político, legal, etc.)
- Desdobramento comercial, volume de investimento necessário, domínio tecnológico, público alvo, marketing, perspectivas de vendas em função de custo x benefício, funcionalidade e aplicabilidade
- Produção, interna, terceirizada, em associação com outras empresas, medidas quanto ao nível de sigilo, documentação, geração ou não de patente, etc.
- Utilização de ferramentas como o software da Embrapa (Inovatec)

O manual de Oslo (2006) é uma das fontes mais completas quando se trata de inovação TPP e recomendamos esse documento como referência nos estudos de inovação tecnológica, tanto pela inovação TPP como pela riqueza de detalhes, conceitos, história e referências, praticadas pelos países, que dominam a inovação tecnológica no mundo.

Ainda há muito por se fazer na área do ensino técnico, tecnológico e da engenharia, em termos de práticas pedagógicas e, principalmente, nos sistemas de avaliação, ponto não abordado nesta dissertação. O processo ensino-aprendizagem também tem sua dinâmica e complexidade aumentada quando parâmetros subjetivos se tornam importantes na avaliação da competência, numa área tradicionalmente objetiva e exata.

Após acompanhar o desempenho das 32 duplas de alunos do curso técnico em automação industrial, na bateria de seis situações de aprendizagem apresentadas no capítulo 4, verificou-se o seguinte:

- a) Grande dificuldade em elaborar e planejar a aplicação das situações de aprendizagem, até o momento da definição do “desafio”.

O “desafio”, neste caso, é a limitação de até duas variáveis do problema, associado à taxonomia de Bloom (1974) e às atitudes que devem ser desenvolvidas dentro do perfil profissional.

- b) O desafio é uma ferramenta eficiente para estimular a capacidade de inovar, pois obriga o aluno a encontrar soluções diferentes do estabelecido como padrão ou melhores práticas para resolver um problema.
- c) Um desafio só deve ser proposto para alunos preparados para superá-lo.
- d) Quanto à avaliação, as situações de aprendizagem apresentadas possuíam características diferentes, o que impediu a definição de um padrão que permitisse um tratamento estatístico do problema, por falta de consistência na maneira de analisar os dados e obter conclusões relevantes, que pudessem ser generalizadas, devido à subjetividade.
- e) O objetivo a ser alcançado é a inovação e essa condição precisa estar explícita para os alunos que devem ter plena consciência disso, pois dessa maneira o cérebro se prepara para criar estruturas especializadas nesse tipo de raciocínio.
- f) O desenvolvimento de uma competência nem sempre pode ser desenvolvida em uma disciplina ou em um semestre.

O SINAES (2004) – Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior é o instrumento norteador oficial do MEC para as Instituições de Ensino Superior. Os

planos de ensino podem definir os critérios, estratégias e métodos para avaliar as competências, em decorrência de sua concepção estar apoiada em alguns princípios fundamentais, para promover a qualidade da educação superior, a orientação da expansão da sua oferta, o aumento permanente da sua eficácia institucional, da sua efetividade acadêmica e social e, especialmente, do aprofundamento dos compromissos e responsabilidades sociais. esses princípios são:

- a) a responsabilidade social com a qualidade da educação superior;
- b) o reconhecimento da diversidade do sistema;
- c) o respeito à identidade, à missão e à história das instituições;
- d) a globalidade institucional, pela utilização de um conjunto significativo de indicadores considerados em sua relação orgânica; e
- e) a continuidade do processo avaliativo como instrumento de política educacional para cada instituição e o sistema de educação superior em seu conjunto.

Quanto ao ensino, as disciplinas categorizadas como núcleo básico e comum devem seguir aos seguintes preceitos:

- Concepção de currículo e organização didático-pedagógica (métodos, metodologias, planos de ensino e de aprendizagem e avaliação da aprendizagem) de acordo com os fins da instituição, as diretrizes curriculares e a inovação da área.
- Práticas pedagógicas, considerando a relação entre a transmissão de informações e utilização de processos participativos de construção do conhecimento.
- Pertinência dos currículos (concepção e prática), tendo em vista os objetivos institucionais, as demandas sociais (científicas, econômicas, culturais etc.) e as necessidades individuais.
- Práticas institucionais, que estimulam a melhoria do ensino, a formação docente, o apoio ao estudante, a interdisciplinaridade, as inovações didático-pedagógicas e o uso das novas tecnologias no ensino.

Com base nos preceitos do SINAES (2004), foram elaboradas as seis situações de aprendizagem descritas nesta dissertação. Essas são inovadoras se

considerar a forma como esses conteúdos eram trabalhados anteriormente, porém não houve tempo hábil para desenvolver um processo de avaliação consistente, pois a criação e aplicação das seis situações de aprendizagem tomaram muito tempo para serem criadas e ajustadas, tanto pela necessidade da mudança de paradigma como pelo fato de se tratar de inovação. O ganho na qualidade do processo ensino/aprendizagem, promovido pela metodologia para o ensino da competência inovação tecnológica, pôde ser percebido, mas não mensurado com precisão devido à falta de métricas consistentes, de critérios e parâmetros. Em função disso, fica como sugestão para próximos trabalhos, o estudo específico de como avaliar o desempenho dos alunos na competência de inovação tecnológica, um desafio importante para a consolidação dessa metodologia.

Finalizando este trabalho, é apresentado, a seguir, em forma de fluxograma a Metodologia para o Ensino da Competência Inovação Tecnológica – MECIT, que a partir da taxonomia do perfil profissional define o foco da formação operacional, tático ou estratégico. Em seguida, com o escopo tecnológico, estabelece a estratégia de ensino em função da tecnologia, que pode ser estabilizada ou dinâmica e o tipo de atuação do profissional, que pode ser como usuário ou como criador de tecnologia. O próximo passo é a aplicação das ferramentas da qualidade para sistematizar e padronizar as boas práticas de inovação tecnológica por meio do PDCA (ISHIKAWA, 1993); dos 5Ws 2Hs, (CAMPOS, 1992); do diagrama de causa e efeito (ISHIKAWA, 1993) e do diagrama de Pareto, (CAMPOS, 1992), utilizando os conceitos de engenharia da produção. O resultado desse processo é usado como referência para o plano de ensino, que aplica os conceitos da Taxonomia de Bloom (BLOOM, 1974), de desafios (AUTOR, 2009) e as atitudes requeridas pelo mercado (DELORS, 1997) e conclui com a proposta do Autor de distribuir a formação da competência para Inovação tecnológica por todos os módulos do curso.

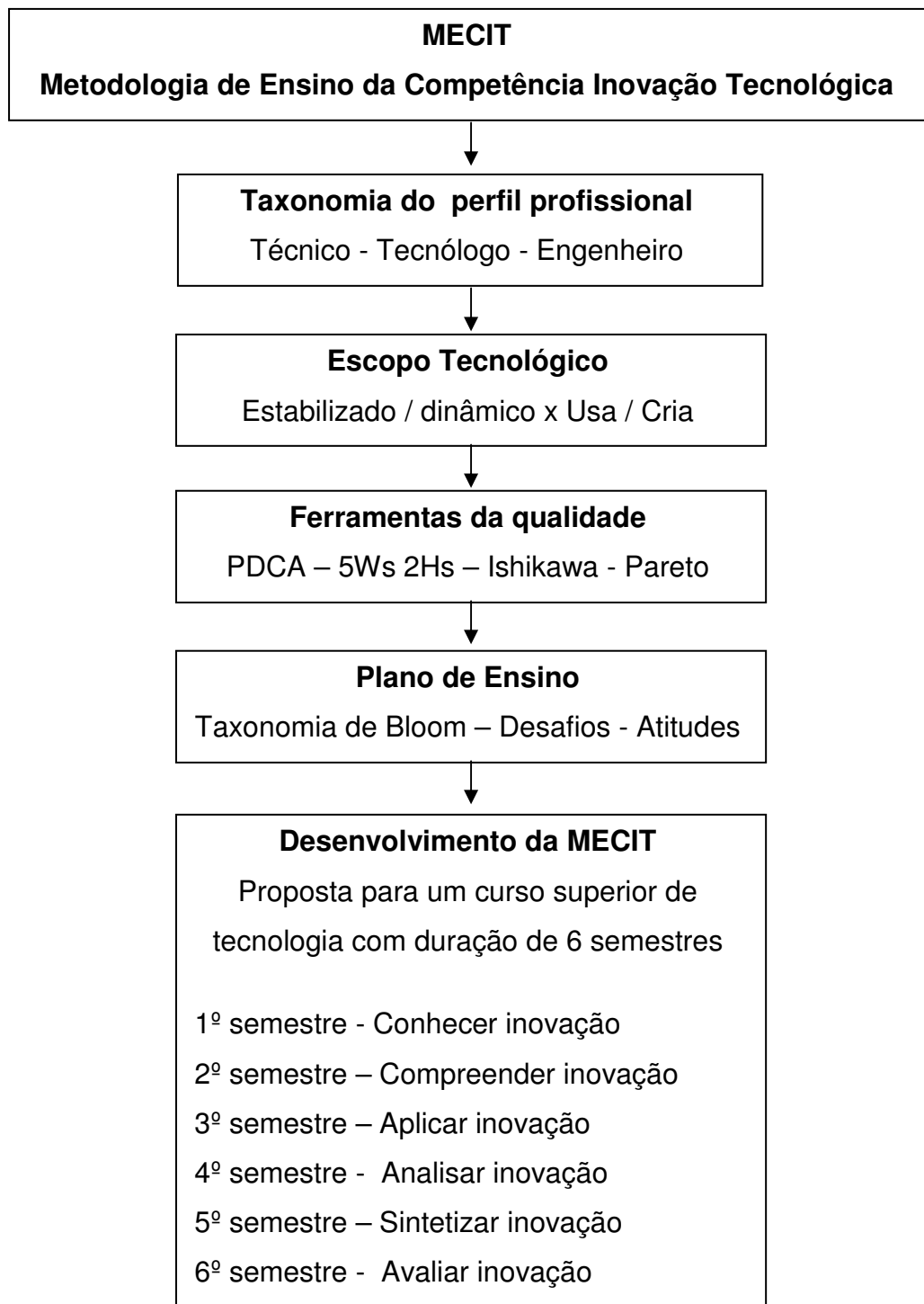


Figura 24 – Fluxograma da MECIT configurada para curso superior de tecnologia

Fonte: O Autor (2010)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. S. Governança em sistemas locais de inovação de base universitária: uma perspectiva socioecológica. 2003. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- AMANI, M. Relations interorganisationnelles et diffusion de la technologie. In: CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA PME, 10. 1995. Paris. Anais, 1995.
- ANDERSON; L. Criando projetos: estrutura de raciocínio taxonomia de Bloom um novo olhar sobre uma velha corrente. disponível em < <http://download.intel.com/education/Common/br/Resources/DEP/skills/Bloom.pdf>.> Acesso em: 4 mai. 2010
- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. **A taxonomy for learning, teaching, and assessing**. New York: Longman, [2001].
- ANDREASSI, T. **Gestão da inovação tecnológica**. São Paulo: Thomson, 2007.
- ARCHIBUGI, D. E; MICHIE, J. The globalization of technology: a new taxonomy. **Cambridge Journal of Economics**, Cambridge, v. 19, 1995.
- AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982
- BARBIERI, J.C.; ALVARES, A.C.T. Inovações nas organizações empresariais. In: BARBIERI, J. C. (org.) **Organizações inovadoras: estudos e casos brasileiros**. 2.ed. Rio de Janeiro; FGV, 2004.
- BLOOM, B. S. **Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals: handbook I: cognitive domain**. New York: Longman, 1956.
- BLOOM, B., et al. **Taxonomia de objetivos educacionais: domínio cognitivo**. Porto Alegre: Globo, 1974.
- BOFF, Leonardo. **Carta do Fórum Mundial de Educação Profissional e Tecnológica**. Brasília, 2009. Disponível em: < <http://www.oei.es/noticias/spip.php?article6066>>. Acesso em: 12 fev. 2010.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2002.
- BURNIER, S. Pedagogia das competências: conteúdos e métodos. **Boletim Técnico SENAC**, São Paulo, [2002].

BUSH, V. Science: the endless frontier: a report to the president on a program for postwar scientific research. **Office of Scientific Research and Development**, Washington, DC, 1945. Republicado pela **National Science Foundation**, Washington, DC, 1990. Disponível em: <<http://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>>. Acesso em: 07 out. 2009.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle de qualidade total**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992

CHESBROUGH, H. **Open innovation the new imperative for creating and profiting from technology**. [New York]: Harvard Business Scholl Press, 2003.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA. Resolução 1010 de 22/08/2005. Disponível em: <<http://www.confea.org.br/normativos>>. Acesso em: 12 out.2008

CONTEXTUALIZAÇÃO. In: DICIONÁRIO interativo da educação brasileira. Disponível em: <<http://www.educabrasil.com.br/eb/dic/dicionario.asp?id=55>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

COSTA, A. L. **Developing minds**: a resource book for teaching thinking. Alexandria, VA: ASCD, [2000].

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK L. **Working Knowledge**: how organizations manage what they know. [New York]: Harvard Business Press Books, 2000.

DELORS J., al. **Educação um tesouro a descobrir**: relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. São Paulo: Cortez, 1997.

DESPRESBITERIS, L. **Avaliação da aprendizagem do ponto de vista técnico-científico e filosófico-político**. São Paulo: FDE, [1998].

DISCIPLINA. In: YVES Chevallard e o conceito de transposição didática. Disponível em:<http://www2.dbd.pucrio.br/pergamum/tesesabertas/0212105_04_cap_03.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2010.

DOSI, G. The nature of the innovative process. In: DOSI, G. et al. **Technological change and economic theory**. Londres: Pinter Publishers, 1988.

DOSI, G.; FREEMAN, C.; FABIANI, S. **The process of economic development**: introducing some sytized facts and theories on technologies, firms and institutions. Industrial and Corporate Change, [Londres], v.3, n.1, 1994.

DRUCKER, P.F. The discipline of innovation. In: **Havard Business Review**, v.63, n.3, 1985.

EDQUIST, C. **Systems of innovation**: technologies, institutions and organizations. London: York House Typographic,1997

EMENTA. In: COMO redigir uma ementa. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/gpt/ementa.php>>. Acesso em: 11 jan. 2010.

FLEURY, A; FLEURY, M. T. **Estratégias empresariais e formação de competências**: um quebra-cabeça caleidoscópico da indústria brasileira. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

FOSTER, R.N. **Innovation**: the attacker's advantage. New York: Summit Books, 1986.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **The economics of industrial innovation**. 3. ed. Londres: Pinter Publishers, 1997.

FUSARI, J.C. **O papel do planejamento na formação do educador**. São Paulo: CENP, 1988.

GIGET, Marc. Inovação ou a arte de definir o futuro. In: SIMPÓSIO SENAI DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 3., 2008. Curitiba: SENAI, 2008.

HALL, P. **Innovation, economics and evolution**: theoretical perspective on changing technology in economics systems. Londres: Harvester Wheatsheaf Publishers, 1994.

HAMAWAKI, Marina Hideko. **Estratégias de talentos humanos para a gestão de competência inovação**: um estudo de caso na Engeset. 2003. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PEPS3788.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2010.

HASENCLEVER, L.; MENDONÇA, C. E. R. Produção de conhecimento técnico-científico e o sistema produtivo: uma revisão bibliográfica. **Texto de Debate**, Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, n.33, 1994.

HOBSBAWM, E.J. **Da revolução industrial inglesa ao imperialismo**. 5 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2003

HOFFMANN, J. M. **Avaliação**: mito e desafio: uma perspectiva construtiva. Porto Alegre: Mediação, [1998].

INTERDISCIPLINARIDADE. In: DICIONÁRIO interativo da educação brasileira. Disponível em: < <http://www.educabrasil.com.br/eb/dic/dicionario.asp?id=55>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de qualidade total**: à maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

KIM, L., NELSON, R. R. (org.) **Tecnologia, aprendizado e inovação**: as experiências das economias de industrialização recentes. Campinas: Unicamp, 2005.

KLINE, S. J.; ROSENBERG, N. Overview of innovation. In: LANDAU, R. (ed.). **The positive sum strategy: harnessing technology for economic growth**. Washington, DC: National Academy Press, 1986.

LDB - Lei de diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, 1996 Disponível em: <portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/lei9394.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2010.

LASTRES, H.M.M.(org.). **Informação e globalização na era do conhecimento**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

LOPES, A. R. C; MACEDO, E. **Disciplinas e integração curricular: histórias e políticas**. Rio de Janeiro: DP& A, 2002.

MANUAL de Oslo: diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3.ed. Paris: OECD, [2006]. Disponível em: < <http://www.oei.es/salactsi/oslo2.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2010

MARZANO, R. J. **Designing a new taxonomy of educational objectives**. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, [2000].

MATTOS, J.R.L.; GUIMARÃES L.S. **Gestão da tecnologia e inovação: uma abordagem prática**. São Paulo : Saraiva, 2005

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **CBO: classificação brasileira de ocupações 2002**. Disponível em: <www.mtecbo.gov.br>. Acesso em: 29 abr. 2009.

MORAES, C. C; CASTRUCCI, P.L. **Engenharia de automação industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007

MORRIS-SUZUKI, T. Capitalism in the computer age and afterworld. In: DAVIS, J. **Cutting edge: technology, information, capitalism and social revolution**. Nova York: Verso, 1997.

NONAKA, I.; TAKEUSHI, H. **Criação do conhecimento na empresa**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

OCDE- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (1993). **Manual de Frascati**: head of publications service. Paris, 2002.

_____ (1999). Managing national innovation. Paris, 1999. Disponível em:<www.scribd.com/doc/7298586/OCDE-1999-Managing-National-Innovation-Systems>. Acesso em: 20 jan. 2010.

PALADY, Paul. **FMEA: análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. São Paulo: IMAN, 1997.

PERFIL profissional. In: A ORGANIZAÇÃO curricular no modelo baseado em competências. Disponível em: <[http://www.senac.br/conheca/referenciais /ref3 .htm](http://www.senac.br/conheca/referenciais/ref3.htm)> Acesso em: 11 jan. 2010o Modelo baseado

PERRENOUD, P. **Formando professores profissionais: quais estratégias? quais competências?**. Porto Alegre: Artmed, [2001].

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1985.

_____. **Vantagem competitiva das nações**. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

REIS, D.R. **Gestão da inovação tecnológica**. Barueri, SP: Manole, 2008

RESOLUÇÃO CNE/CEB Nº 04/99. Disponível em: < http://www.mp.sp.gov.br / portal/page/portal/cao_consumidor/legislacao/leg_saude/RCNE_CEB04_99.pdf>. Acesso em 11 fev. 2010.

ROTTERDAM, H. **The taxonomy of cognitive objectives and the theory of structural cognitive modifiability**. Disponível em: < http://www. icelp.org / files/ research/Bloom_and_Feuerstein.pdf> . Acesso em 15 nov. 2009.

SANT'ANNA, F.M.; ENRICONE, D; ANDRÉ, L, TURRA, C.M. **Planejamento de ensino e avaliação**, 11 ed. Porto Alegre: Sagra/DC Luzzatto, 1995

SAENZ, T.W.; CAPOTE, E.G. **Ciência, inovação e gestão tecnológica**. Brasília: CNI/IEL/SENAI, 2002.

SAVIOTTI, P.P. e METCALFE, J. S. **Present developments and trends in evolutionary economics**. In: _____. **Evolutionary theories of economic change: present status and future prospects**. Reading: Harwood Academic, p. 1-30. (1991)

SCHUMPETER, J. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1988. (Série Os Economistas)

_____. **Capitalism, socialism and democracy**. [S.l.]: George Allen & Unwin Publishers, 1976.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002

SMITH, K. **Innovation indicators**. ed Science and technology indicators: a guide for policy of markers; idea Report 5. Oslo: Step Group, 1998, disponível em <<http://www.step.no/old/Projectarea/IDEA/Idea5.pdf>> Acesso em 11 fev. 2010

STOKES, D. E. **Pasteur's quadrant: basic science and technological innovation**. Washington, DC: Brookings Institution, 1997.

SUNDBO, J. **The theory of innovation**. Cheltenham: Edward Elgar, 1999.

TAKAHASHI, S.; TAKAHASHI V. P. **Gestão de inovação de produtos: estratégia, processo, organização e conhecimento**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

VENDRAMETTO, Oduvaldo. **Bases de conhecimento para automação da manufatura**. 1994, 155p. Tese (Doutorado em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

VIOTTI, E. B. (org.). **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil**. Campinas, SP: Unicamp, 2003.

WEISZ, T. **O diálogo entre o ensino e a aprendizagem**, São Paulo Editora Ática, 2002

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001

SENAI. SP. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SÃO PAULO). **Ditec 001: proposta educacional do SENAI**. São Paulo, 2002.

SENAI. DN. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (BRASILIA). **Norteador da prática pedagógica: metodologias para desenvolvimento e avaliação de competências**. 3.ed. Brasília, 2009. v.3 (Série Formação Profissional com Base em Competência)

_____. **Metodologia [para] comitê técnico setorial: estrutura e funcionamento**. 2. ed. Brasília, 2002. 23 p. (Certificação Profissional Baseada em Competências, fase 1).

_____. **Metodologia [para] elaboração de perfis profissionais**. 2. ed. Brasília, 2002. 61 p. (Certificação Profissional Baseada em Competências, fase 2).

_____. **Metodologia [para] elaboração de desenho curricular baseado em competências**. 2. ed. Brasília, 2002. 62 p. (Certificação Profissional Baseada em Competências, fase 3).

SENAI. DN. **Metodologias para desenvolvimento e avaliação de competências: formação e certificação profissional**. Brasília, 2003.

SILVA, José Ricardo; VENDRAMETTO, Oduvaldo; FERNANDES, W. D.. Inovação tecnológica: a chave da competitividade sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador. **Anais...** Salvador, BA: Abepro, 2009.

_____. O ensino de uma competência estratégica: inovação tecnológica. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16. 2009, Bauru. **Anais...** Bauru, SP: UNESP, 2009.