

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS**

**PAULO ROBERTO BRERO DE CAMPOS**

**O ENSINO REFLEXIVO EM EXPERIMENTOS DE  
LABORATÓRIO DIDÁTICO NA ENGENHARIA**

Florianópolis  
2012



**Paulo Roberto Brero De Campos**

**O ENSINO REFLEXIVO EM EXPERIMENTOS DE  
LABORATÓRIO DIDÁTICO NA ENGENHARIA**

Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Automação e Sistemas.

Orientador: Eugênio de Bona Castelan Neto, Dr.

Co-Orientador Ubirajara Franco Moreno, Dr.

Florianópolis  
2012

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da  
Universidade Federal de Santa Catarina

C198e Campos, Paulo Roberto Brero de

O ensino reflexivo em experimentos de laboratório didático na engenharia [tese] / Paulo Roberto Brero de Campos ; orientador, Eugênio de Bona Castelan Neto. - Florianópolis, SC, 2012

134 p.: tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Automação e Sistemas.

Inclui referências

1. Engenharia de sistemas. 2. Epistemologia. 3. Laboratórios. 4. Aprendizagem. 5. Cognição. 6. Engenharia - Estudo e ensino. I. Castelan Neto, Eugênio de Bona. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Automação e Sistemas. III. Título.

CDU 621.3-231.2(021)

# O ENSINO REFLEXIVO EM EXPERIMENTOS DE LABORATÓRIO DIDÁTICO NA ENGENHARIA

Paulo Roberto Brero de Campos

‘Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do título de  
Doutor em Engenharia de Automação e Sistemas, Área de  
Concentração em *Controle, Automação e Sistemas*, e aprovada  
em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Automação e Sistemas da Universidade Federal  
de Santa Catarina.’

---

Eugênio de Bona Castelan Neto, Dr.  
Orientador

---

Ubirajara Franco Moreno, Dr.  
Co-orientador

---

José Eduardo Ribeiro Cury, Dr.  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas

Banca Examinadora:

---

Eugênio de Bona Castelan Neto, Dr.  
UFSC

---

Ubirajara Franco Moreno, Dr.  
UFSC

---

Evandro Cantú, Dr.  
IFSC

---

Francisco José Gomes, Dr.  
UFJF

---

Oswaldo Shigueru Nakao, Dr.  
POLI-USP

---

José Eduardo Ribeiro Cury, Dr.  
UFSC



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) que aprovou meu afastamento para a realização do curso de Doutorado.

Agradeço aos meus orientadores Dr. Eugênio de Bona Castellan Neto e Dr. Ubirajara Franco Moreno pelo apoio e incentivo que permitiram que eu chegasse até aqui.

Agradeço a meus pais e irmãos pelo apoio que sempre me dispensaram. Agradeço também, a todos parentes e amigos que sempre estiveram me apoiando.

Agradeço a Leocádio José Correia e Antonio Grimm, espíritos que através da Doutrina dos Espíritos trouxeram um grande significado à minha vida.





## RESUMO

### O ensino reflexivo em experimentos de laboratório didático na engenharia

O ensino reflexivo deve ser aplicado em todas as disciplinas do curso de engenharia, mas no laboratório se faz necessário um maior cuidado, pois muitos experimentos são executados na forma de uma folha tarefa, que deve ser seguida para reproduzir o resultado desejado pelo professor. Muitas vezes o aluno realiza experimentos com pouca significação cognitiva para ele. Para conseguir o ensino reflexivo é necessário que professores e alunos desenvolvam suas atividades de forma reflexiva. Com relação ao aluno, ele deve ter condições cognitivas de entender o conteúdo e fazer reflexões sobre este conteúdo. Mas para que o aluno possa entender alguns conteúdos abstratos de engenharia e tenha condições de fazer um processo reflexivo sobre estes conteúdos, ele teria que estar no estágio cognitivo adequado à sua idade. Diversos estudos mostraram que grande parcela da população adulta nunca atinge o estágio cognitivo adequado. Este problema ocorre devido a falhas no processo de educação e pode ser corrigido. O laboratório de engenharia, se for utilizado de forma reflexiva, pode auxiliar o aluno a atingir o estágio cognitivo adequado. Para conseguir o ensino reflexivo, o professor deve preparar sua aula de forma reflexiva. Para conseguir isto, ele deve buscar o remembramento de diversos segmentos do conhecimento. A proposta da tese é mostrar a importância do ensino reflexivo no laboratório de engenharia, reforçando a necessidade de respeitar os níveis cognitivos dos alunos e de utilizar uma metodologia adequada para auxiliá-los a desenvolverem a própria estrutura cognitiva para que possam atingir reflexões abstratas, sendo que a novidade da tese é a proposição de uma metodologia para o professor analisar e preparar sua aula de forma reflexiva, incluindo a proposta de uma nova taxonomia do domínio psicomotor.

**Palavras-chave:** Epistemologia, Experimentos, Laboratório, Ensino-aprendizagem, Taxonomia dos objetivos instrucionais, Piaget.



## ABSTRACT

### Reflexive analyses of didactic laboratory experiments

In the engineering courses, all disciplines should be worked in a reflexive way, however more attention should be given to the laboratory experiments, since they are usually done using scripts that must be followed to reproduce desired results. In this situation the laboratory experiment may be executed by the student with small cognitive gain to him. In order to achieve the reflexive teaching, professors and students must be aware of their role in the teaching-learning process. The student must be prepared to understand the contents and to reflect about these contents. For the student be able to learn some engineering contents, which are very abstract, and make a reflective process on these contents, he must be at an cognitive stage appropriate to their age. Several studies show that a large proportion of the adult population never reaches an appropriate cognitive stage. This problem occurs due to failures in the education process and can be overcome. These students can be educated to overcome these gaps so as to achieve the appropriate cognitive stage. To achieve the reflective teaching, the teacher should prepare their class reflectively. To accomplish this, he should seek the connection of various areas of knowledge. The novelty of this work is to propose a new methodology for helping teacher to prepare their classes in a reflexive way, including a new psychomotor domain taxonomy, reinforcing the need to respect the cognitive levels of the students and showing the need to utilize an adequate methodology to help students to develop their own cognitive structure in order to reach abstract reflections.

Keywords: Epistemology, didactic experiments, laboratory, teaching-learning, taxonomy of learning objectives, Piaget's cognitive levels, instructional objectives



# Sumário

<b>Lista de Figuras</b>	<b>xvi</b>
<b>Lista de Quadros</b>	<b>xviii</b>
<b>Lista de Abreviaturas</b>	<b>xxi</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Introdução . . . . .	1
1.2 Reflexivo e reflexividade . . . . .	2
1.3 Ensino em engenharia . . . . .	3
1.4 O laboratório de engenharia . . . . .	4
1.5 O fazer do professor . . . . .	6
1.6 O ensino numa visão reflexiva . . . . .	8
1.7 Proposta e estrutura da Tese . . . . .	10
1.7.1 Estrutura da Tese . . . . .	11
<b>2 O laboratório de engenharia</b>	<b>15</b>
2.1 Introdução . . . . .	15
2.2 Tipos de laboratórios com relação ao conteúdo teórico . . . . .	18
2.3 Tipos de laboratórios quanto às considerações físicas . . . . .	19
2.4 O experimento de laboratório . . . . .	23
2.4.1 O experimento numa visão científica, didática e de aplicação industrial . . . . .	25
2.5 Considerações finais . . . . .	29

<b>3</b>	<b>O aprendizado e as estruturas cognitivas</b>	<b>31</b>
3.1	Introdução . . . . .	31
3.2	Estágios do desenvolvimento cognitivo segundo Piaget . . . . .	33
3.2.1	Estágio sensório-motor . . . . .	34
3.2.2	Estágio pré-operacional . . . . .	34
3.2.3	Estágio operacional concreto . . . . .	34
3.2.4	Estágio operacional formal . . . . .	34
3.3	Esquemas e <i>habitus</i> . . . . .	35
3.4	O pensamento abstrato e o conhecimento científico . . . . .	37
3.5	Abstração reflexionante . . . . .	39
3.6	A aprendizagem segundo Piaget . . . . .	40
3.7	Desenvolvimento das estruturas cognitivas . . . . .	41
3.8	Os experimentos didáticos no desenvolvimento cognitivo . . . . .	47
3.9	Considerações finais . . . . .	49
<b>4</b>	<b>Os experimentos e sua relação com estágios cognitivos</b>	<b>51</b>
4.1	Introdução . . . . .	51
4.2	Atividades cognitivas e experimentos . . . . .	53
4.2.1	Estágio sensório-motor . . . . .	54
4.2.2	Estágio pré-operacional . . . . .	54
4.2.3	Estágio concreto . . . . .	55
4.2.4	Estágio formal . . . . .	55
4.3	Experimentos de laboratórios . . . . .	56
4.3.1	Demonstração . . . . .	58
4.3.2	Experimentos realizados pelos alunos . . . . .	59
4.3.3	Projeto . . . . .	61
4.3.4	Pesquisa dirigida pelo aluno . . . . .	61
4.4	Problemas com os experimentos quando não são trabalhados de forma reflexiva . . . . .	62
4.5	Considerações finais . . . . .	62
<b>5</b>	<b>Fazer do professor de forma reflexiva</b>	<b>67</b>
5.1	Introdução . . . . .	67
5.2	Elementos para se discutir o ensino reflexivo . . . . .	69
5.3	O fazer do professor numa visão reflexiva . . . . .	72
5.4	Considerações finais . . . . .	79

<b>6</b>	<b>Objetivos de Ensino e a taxonomia de Bloom</b>	<b>81</b>
6.1	Introdução . . . . .	81
6.2	Objetivos Instrucionais . . . . .	83
6.2.1	Estrutura de um objetivo de aprendizagem . . . . .	84
6.3	Taxonomia de Bloom . . . . .	86
6.3.1	Domínio Cognitivo . . . . .	87
6.3.2	Domínio afetivo . . . . .	88
6.3.3	Domínio psicomotor . . . . .	90
6.3.4	Domínio conativo . . . . .	92
6.4	Objetivos de aprendizagem no laboratório . . . . .	94
6.5	Relações taxonomia e objetivos instrucionais com estágios cognitivos de Piaget . . . . .	95
6.6	Considerações finais . . . . .	101
<b>7</b>	<b>Nova taxonomia do domínio psicomotor</b>	<b>103</b>
7.1	Introdução . . . . .	103
7.2	A concepção e o conhecimento científico . . . . .	105
7.2.1	Concepção, percepção e consciência . . . . .	107
7.3	Ensino prático reflexivo . . . . .	108
7.4	As taxonomias do domínio psicomotor . . . . .	109
7.5	Proposta de uma nova Taxonomia para o domínio psicomotor . . . . .	113
7.6	Considerações finais . . . . .	120
<b>8</b>	<b>Conclusão</b>	<b>123</b>
8.0.1	Contribuições da tese . . . . .	128
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>129</b>





## Lista de Figuras

1.1	Estrutura da tese . . . . .	14
5.1	Integração das áreas de ensino . . . . .	74
5.2	O fazer do professor . . . . .	78



## Lista de Quadros

1.1	Tipos de laboratórios . . . . .	5
3.1	Características, problemas e soluções no estágios de pensamento . . . . .	44
4.1	Estágios cognitivos e características . . . . .	57
4.2	Níveis de abertura do laboratório . . . . .	58
4.3	Características cognitivas dos experimentos e problemas - parte 1 . . . . .	64
4.4	Características cognitivas dos experimentos e problemas - parte 2 . . . . .	65
6.1	Resumo da taxonomia do Domínio Cognitivo . . . . .	89
6.2	Resumo da taxonomia do Domínio Afetivo . . . . .	91
6.3	Resumo da taxonomia do Domínio Psicomotor . . . . .	93
6.4	Relação estágios cognitivos de Piaget e objetivos instrucionais . . . . .	96
6.5	Taxonomia do domínio cognitivo . . . . .	97
6.6	Relação estágios cognitivos de Piaget e a taxonomia do domínio cognitivo. . . . .	98



## Lista de Abreviaturas

<b>ABET</b>	<i>Accreditation Board for Engineering and Technology</i>
<b>UFSC</b>	<i>Universidade Federal de Santa Catarina</i>
<b>IEEE</b>	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
<b>ASEE</b>	<i>American Society for Engineering Education</i>



## Capítulo 1

# Introdução

### 1.1 Introdução

O objetivo do ensino é preparar o indivíduo para sua inserção na sociedade. Deseja-se que o indivíduo tenha algumas competências que podem ser técnicas, sociais, pessoais, relativas a uma área específica de trabalho ou a uma visão de inclusão social como no ensino básico (ensinos fundamental e médio). A aprendizagem é o processo pelo qual se adquire competências, e o desempenho no trabalho representa uma manifestação do que o indivíduo aprendeu, isto é, das competências adquiridas em processos de aprendizagem, (Brandão and Guimarães, 2007).

A grande questão é como fazer para que o ensino seja funcional, isto é, que o aluno realmente aprenda o conteúdo e seja competente na aplicação do mesmo.

Para Moraes (2000), o conhecimento cotidiano, também denominado conhecimento tácito ou senso comum, é obtido muitas vezes pela suspensão de qualquer juízo sobre este conhecimento, sendo que muitos conceitos iniciais são aceitos por justaposição. A transição do conhecimento tácito para o conhecimento científico é muito difícil e muitas vezes nem os cientistas são capazes de abandonar o senso comum. O conhecimento tácito interfere nas ações e pensamentos, mesmo sem a pessoa ter consciência disto. São obtidos por processos intuitivos, associativos e construtivos. Algumas vezes são aceitos por um processo denominado síntese de crenças, em que a pessoa assume um determinado ponto de vista devido à cultura em que está inserida.

Segundo Galiazzi (2000), algumas pesquisas mostram que os alunos não transferem o que aprenderam na escola para o seu cotidi-

ano. Os alunos mantêm sistemas alternativos do conhecimento. Assim a aquisição de uma nova teoria não implica no abandono das teorias pessoais, sendo aplicadas em contextos diferentes. A teoria superada continua sendo aplicada no seu cotidiano, pois é mais econômica e funcional, e a teoria científica seria utilizada apenas em sala de aula. Isto demonstra que o ensino não tem sido trabalhado de forma funcional, pois o aluno apenas decora o conteúdo mas não o internaliza. Para que ocorra a internalização do conhecimento, é necessário que o aluno faça uma constante reflexão sobre o conteúdo, e isto poderia ser conseguido com o ensino reflexivo.

## 1.2 Reflexivo e reflexividade

Para se conceituar ensino reflexivo, inicialmente deve-se buscar o que é reflexão. Segundo Piaget (1995), reflexão é uma reorganização cognitiva. No dicionário Houaiss (2001, p. 2412) reflexão é conceituada como “uma concentração do espírito sobre si próprio, suas representações, idéias, sentimentos”. Pode-se então conceituar reflexão como uma reorganização cognitiva, realizada pelo próprio indivíduo.

Reflexivo, de forma geral, pode ser conceituado como aquilo que se volta sobre si mesmo. Numa visão filosófica, reflexivo “refere-se ao fato de a consciência poder elaborar cogitações sobre si mesma, isto é, situação na qual o sujeito e o objeto referem-se ao mesmo ser”, (Houaiss, 2001, p. 2412).

Para Houaiss (2001, p. 2412) reflexividade “é uma qualidade que se verifica na relação de um elemento com ele mesmo”. A idéia de reflexividade refere-se à capacidade do ser humano de refletir sobre os eventos e forças dentro e fora dele, e através deste processo de reflexão promover mudanças, (Robbins, 2007).

O ensino reflexivo propõe que o aluno aprenda a refletir com e sobre o problema, fazendo um diálogo reflexivo com o problema, (Schon, 2008)

A escola reflexiva é uma escola inovadora que tem a força de se pensar a si própria, (Alarcão, 2001). Ela é criada pelo pensamento reflexivo e pela prática reflexiva.

Os professores reflexivos “constroem um conhecimento profissional contextualizado e sistematizado em uma permanente dinâmica interativa entre ação e o pensamento ou a reflexão”, (Alarcão, 2001, p. 70).



---

## 1.3 Ensino em engenharia

A escola não tem conseguido acompanhar as mudanças que tem ocorridos na sociedade atual, denominada de sociedade do conhecimento. A escola ainda é marcada fortemente pela disciplinaridade, não estando preparada para viver a complexidade do mundo atual, preocupando-se muito pouco com o desenvolvimento global do aluno, (Alarcão, 2001).

Segundo Rugarcia, Felder, Woods, and Stice (2000), não há muitas diferenças nas aulas ministradas nos cursos de engenharia em 1940, em 1970 ou em 2000. E pode-se dizer que ainda hoje continua existindo pouca diferença. Apesar de toda a tecnologia presente, muitos professores ainda trabalham exatamente como se trabalhava há 60 anos. Segundo ele, as grandes diferenças do ensino atual em relação ao ensino de 30 anos atrás são: os exercícios para casa requerem o uso de potentes calculadoras ou microcomputadores ao invés de régua de cálculo, a matemática é mais sofisticada e os métodos gráficos não são mais tão utilizados como antigamente, mas a forma de se ensinar continua a mesma. Além disto, pouco do que se tem escrito em artigos tem sido utilizado efetivamente em sala de aula.

Devido a diversos questionamentos externos sobre os métodos atuais de ensino, algumas alterações foram feitas nos cursos. Muitas das mudanças ocorreram devido a reclamações de corporações e empregadores sobre a falta de qualidade profissional, baixo nível de comunicação e falta de habilidades para trabalhar em equipe nos graduados de engenharia, (Rugarcia, Felder, Woods, and Stice, 2000).

Atendendo os anseios da sociedade, a ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) no ano de 2000 criou um conjunto de critérios para certificar os cursos de engenharia nos Estados Unidos da América, onde os egressos deveriam demonstrar, além de uma sólida base em ciências, matemática e fundamentos de engenharia, habilidades em comunicação, em trabalhos em equipes multidisciplinares, em aprender ao longo da vida, além de consciência ética e social associada à profissão de engenharia.

Conforme Rugarcia, Felder, Woods, and Stice (2000), 30 anos atrás muitos dos professores de engenharia já haviam trabalhado na indústria ou em consultoria e os métodos que constituíam a base do conhecimento do currículo do curso de engenharia eram aqueles que os egressos iriam necessitar durante sua carreira profissional. As ativi-

dades que os engenheiros iriam desenvolver eram baseadas em cálculos rotineiros e repetitivos.

As circunstâncias que o engenheiro irá enfrentar hoje são bem diferentes daquelas do passado e serão ainda mais diferentes no futuro. O engenheiro deve estar preparado para uma nova realidade: conhecimento transdisciplinar, mudança do modelo de qualificação para o de competência, incertezas relativas ao conhecimento e à profissão, necessidade de trabalhar o remembramento do conhecimento, ter consciência da complexidade humana e da complexidade do mundo, rápidas mudanças tecnológicas, desenvolvimento de habilidades não-técnicas, considerações éticas da atuação do engenheiro, eliminação de postos de trabalho, riscos tecnológicos, (Gomes and Silveira, 2007), (Morin, 2000) e (Alarcão, 2001). Assim, surge o questionamento de como preparar o aluno para enfrentar esta nova realidade. Mas antes de iniciar a discussão de como preparar o aluno, é necessário pensar em preparar o professor para que possa estar em sintonia com os objetivos do curso. Muitas alterações curriculares não atingem seu objetivo devido à falta de preparo dos professores para a nova proposta.

## 1.4 O laboratório de engenharia

O engenheiro deve estar preparado para atender as expectativas da sociedade em termos da aplicação prática do conhecimento teórico, e para isto ele necessita ser treinado em um ambiente apropriado. O laboratório de engenharia representa um segmento importante no ensino, pois é neste ambiente que o futuro engenheiro será preparado para enfrentar desafios que irão emergir durante sua carreira profissional. Para Krivickas and Krivikas (2007), o ensino de engenharia é inconcebível sem o laboratório educacional.

Para Bencomo (2004), avanços na engenharia são feitos através de uma mistura de matemática, modelamento, computação e experimentação. Muitos cursos de engenharia trabalham de forma satisfatória os três primeiros itens, mas falham no ensino experimental. Segundo Bencomo, apesar de toda tecnologia, as pessoas ainda aprendem fazendo e refletindo sobre o que realizaram. A forma de aprender-fazendo ainda é válida hoje em dia. Os alunos podem aprender em cursos baseados em aulas teóricas, mas este aprendizado baseia-se apenas em simples memorização de fatos.

O laboratório, (Bencomo, 2004), pode ser classificado

empregando-se dois critérios a partir do ponto de vista de seu uso pelo aluno: a) **modo de acesso ao recurso** – que pode ser através de um acesso remoto usando a internet ou através de um acesso local não sendo necessária conexão à internet; b) **natureza do sistema físico** – podendo ser classificado em modelos simulados ou plantas reais. Combinando estes dois critérios, obtém-se quatro diferentes tipos de ambientes de laboratório, englobando todas as formas possíveis de experimentação, mostrado no quadro 1.1.

Quadro 1.1: Tipos de laboratórios

Acesso ao recurso	Natureza do recurso	
	Real	Simulado
Local	Laboratório Hands-on	Laboratório virtual mono-usuário
Remoto	Laboratório remoto	Laboratório virtual multi-usuário

Fonte: (Bencomo, 2004)

Outra forma de classificar os laboratórios não diferencia se o recurso simulado está próximo ou remoto, (Ma and Nickerson, 2006), (Krivickas and Krivikas, 2007) e (Tzafestas, Palaiologou, and Alifragis, 2006). Assim os laboratórios podem ser classificados como: a) laboratório de simulação; b) laboratório real/físico; c) laboratório remoto/distância.

O professor ao propor um experimento de laboratório define alguns objetivos mas muitas vezes não os expõem aos alunos. Muitas vezes os objetivos dos laboratórios não são definidos ou não estão colocados de forma clara, (Feisel and Rosa, 2005). É fundamental que os alunos saibam qual o objetivo do experimento.

Alguns objetivos encontrados na literatura são: a) relacionar teoria com a prática; fazer o acoplamento entre o conteúdo teórico com o mundo real; motivar os alunos em seus estudos, (Feisel and Rosa, 2005); b) facilitar o aprendizado de conteúdos teóricos; ensinar a fazer pesquisas; ensinar a usar instrumentos e técnicas de laboratório como elementos de motivação, (den Berg, 1997); c) desenvolver habilidades experimentais; desenvolver capacidade de trabalhar em equipe e comunicar-se efetivamente; aprender a partir dos erros; ser responsável pelos seus próprios resultados, (Krivickas and Krivikas, 2007).

A efetividade do laboratório depende da definição clara dos obje-

tivos de aprendizagem, (Krivickas and Krivikas, 2007). Para ter certeza que atingiu seu objetivo, o professor deve antes defini-lo.

Para uma formação mais ampla, buscando-se preparar o aluno para que ele aprenda a lidar com diferentes ferramentas, cada laboratório poderia envolver um conjunto de experimentos físicos ("*hands-on*"), de simulação e atividades remotas, (Krivickas and Krivikas, 2007).

## 1.5 O fazer do professor

O conteúdo profissional da disciplina é extremamente importante e deve ser desenvolvido de forma competente pelo professor. Mas ao preparar sua aula, o professor não deveria focar apenas no conteúdo profissional. Ele deveria buscar atingir uma visão transversal, atentando para reflexões importantes, entre as quais pode-se assinalar: os alunos tem condições de compreender o conteúdo que ele irá desenvolver? o método de ensino que ele irá utilizar é adequado? o conteúdo está atualizado e atende aos anseios da sociedade? é possível integrar este conteúdo no contexto social?

Muitos professores resolvem utilizar os recursos tecnológicos para diminuir seu esforço na preparação e ensino do conteúdo, não se preocupando se isto irá facilitar ou dificultar o aprendizado do aluno. Os recursos tecnológicos que deveriam ser um acessório, muitas vezes se tornam o principal na disciplina, chegando ao ponto do professor suspender a aula se o recurso falhar no momento da aula.

O professor pode fazer mais mal do que bem no uso da tecnologia, se ele não souber o que está fazendo. Em vez de obter as vantagens da interação que a tecnologia propicia, o professor poderia utilizá-la para fazer os alunos mais passivos do que numa classe normal, como, por exemplo, fazendo aulas inteiramente por hipertexto, por vídeo ou convertendo suas aulas em slides de "*power point*", (Bencomo, 2004).

Para Durham (2008), o estado precário da educação no Brasil se deve aos cursos de formação dos professores, pois estes cursos se preocupam apenas em ensinar as teorias de ensino-aprendizagem e não se preocupam em ensinar os conteúdos básicos que os professores deveriam saber para poderem ensinar aos alunos. Além disso, segundo ela, dentre as causas da deficiência do ensino, está a mentalidade da universidade, que supervaloriza a teoria e menospreza a prática. Segundo essa corrente acadêmica em vigor, o trabalho concreto em sala de aula é inferior a reflexões supostamente mais nobres.

Este problema também afeta os cursos de engenharia. A maioria dos alunos que ingressam nos cursos superiores tiveram que recorrer a cursos preparatórios para superar muitas deficiências de formação do ensino básico e médio, causadas pelos problemas citados. E muitos alunos ainda possuem deficiências em áreas como matemática e física, dificultando sua vida acadêmica.

Outro problema é relativo aos professores de engenharia, pois muitos se preocupam apenas com o conteúdo e esquecem que poderiam usar teorias de ensino, teorias de aprendizagem e teorias de epistemológicas para auxiliar o aprendizado do aluno. Além disso, eles esquecem que a meta principal da escola é o desenvolvimento integral do aluno para atender aos anseios da sociedade, concentrando-se, muitas vezes, apenas no conteúdo que querem passar. Este conteúdo será extremamente importante na carreira profissional do aluno, e não deve ser negligenciado, mas o professor deve buscar a formação integral do aluno. Neste enfoque, o aluno passa a ter um papel muito importante, pois ele será o elo entre a escola e a sociedade, e ele será o responsável pelo crescimento e desenvolvimento social e tecnológico de sua área.

O professor consciente das diferentes características de aprendizagem dos alunos poderá programar suas aulas e avaliações para atendê-las, conseguindo com isto melhores resultados.

Muitos professores ainda não são conscientes dos métodos educacionais, e aqueles que os conhecem muitas vezes não o utilizam em suas aulas. Existem diversas razões para esta inércia, sendo que uma delas é a resistência humana à mudança, (Rugarcia, Felder, Woods, and Stice, 2000). Outro problema é que existe financiamento para pesquisa em diversas áreas da pós-graduação, mas quase não existe financiamento para pesquisa na graduação e particularmente relacionada ao desempenho do aluno de graduação. Outra razão é que os métodos tradicionais dão mais segurança ao professor, pois ele tem domínio da sua aula, o que pode não acontecer quando ele utiliza outras técnicas.

Buscando-se superar os problemas citados até agora, propõem-se que o professor comece a trabalhar o ensino numa visão reflexiva.

A educação reflexiva pode ser trabalhada tanto em disciplinas teóricas quanto em disciplinas práticas. Apesar do enfoque da tese ser o ensino reflexivo no laboratório, muito dos conteúdos trabalhados aqui também são válidos para o ensino teórico.

## 1.6 O ensino numa visão reflexiva

Um dos grandes problemas no ensino é o conhecimento fragmentado por causa do modelo disciplinar, impedindo muitas vezes que o aluno compreenda o vínculo que existe entre as partes e a totalidade, (Morin, 2000).

O conhecimento das informações ou dos dados isolados é insuficiente, deve-se situar e contextualizar as informações e os dados para que adquiram sentido. Este talvez seja um dos grandes problemas do ensino, o ensino de certos conteúdos não faz sentido ao aluno. Pede-se ao aluno que estude integrais e derivadas porque serão úteis no futuro. Pede-se ao aluno que estude a teoria de controle porque ele irá necessitar no futuro. Mas naquele momento estes conhecimentos podem não fazer sentido e ele não irá apreendê-los de forma adequada.

O conhecimento deve ser pertinente, (Morin, 2000), pois não há sentido em aprender conteúdos por aprender. O aluno deve ser sensibilizado a refletir, procurando entender porque certos conteúdos serão importantes. “A educação deve favorecer a aptidão natural da mente em formular e resolver problemas essenciais e, de forma correlata, estimular o uso total da inteligência geral”, (Morin, 2000, p. 39).

Na busca de formas que possam estimular a faculdade natural do aprendiz que é a curiosidade, que muitas vezes é tolhida no processo de instrução, pode-se utilizar o ensino reflexivo. O ato de questionar é uma situação natural do ser humano. E quanto mais estimulado, mais ele questionará e buscará o sentido e a pertinência do conhecimento.

O conceito de pensamento reflexivo foi introduzido por John Dewey, (Lyons, 2010), sendo que o modelo de prática reflexiva proposto por ele, em 1930, marcou o início da educação do professor reflexivo, (Lee, 2005).

Donald Schon, na década de 1980, popularizou o conceito de professor reflexivo, ampliando o conceito de Dewey, definindo duas formas de pensamento reflexivo: reflexão-na-ação e reflexão-sobre-ação. Reflexão-na-ação reconhece o processo tácito do pensamento que acontece no fazer do professor, e que interage e modifica o andamento da prática do ensino no momento que está acontecendo. Reflexão-sobre-ação são considerações e análises retrospectivas que o professor faz sobre sua aula, (Leitch and Day, 2000)

Perrenoud (2002) e Zeichner and Liston (1987) também trabalharam o conceito de prática reflexiva na formação de professores.

O objetivo central da preparação de professores reflexivos é desenvolver o raciocínio sobre porque eles empregam determinadas estratégias instrucionais e como podem melhorar sua forma de ensinar para obter efeitos positivos nos alunos, (Lee, 2005).

O conceito de professor reflexivo desenvolvido neste trabalho também envolve o conceito de prática reflexiva, mas não está limitado a ela. O professor reflexivo deve transversar em diversas áreas, sendo sempre apoiado pela teoria dos conceitos que opera.

A prática reflexiva é conquistada mediante a prática, como afirma Perrenoud (2001), mas a prática é conduzida sobre a concepção que o profissional possui, (Schon, 2008). Assim a prática reflexiva não ocorre como simples observação de determinados procedimentos.

Um componente central da prática reflexiva é a capacidade de ir e vir do particular para o geral, de encontrar formas de interpretação teórica para explicar uma situação singular, bem como de identificar com rapidez incidentes críticos ou práticas que permitam desenvolver ou questionar uma determinada hipótese. (Perrenoud, 2001, p. 114).

O professor reflexivo não se contentará apenas em passar o conteúdo aos alunos. Ele irá questionar-se continuamente porque os alunos não aprendem ou porque não estão interessados em aprender. Ele procurará tornar o conteúdo significativo aos alunos.

O professor reflexivo continuamente faz questionamentos sobre o conteúdo a ser ensinado, sobre as condições cognitivas dos alunos, sobre a forma que utilizará para desenvolver os conteúdos, sobre como trabalhará o conteúdo para promover melhorias para a sociedade. O professor que busca o fazer reflexivo está continuamente fazendo questionamentos para buscar melhorias no processo ensino-aprendizado.

Para obter a educação reflexiva, deve-se analisar o processo ensino-aprendizagem num contexto global, isto é, do ponto de vista do professor e do ponto de vista do aluno.

No ponto de vista do professor, tem-se a preparação da aula a ser ministrada. Para se obter o ensino reflexivo, a preparação da aula deve ser feita de forma reflexiva. Para conseguir o ensino reflexivo, propõe-se que o professor analise e desenvolva os seguintes conteúdos na preparação da aula: a) transposição didática; b) taxonomia dos objetivos de ensino; c) métodos de ensino; d) teorias de aprendizagem; e)

competências; f) objetivos instrucionais.

Do ponto de vista do aluno, para preparar a aula numa visão reflexiva, o professor deve se preocupar com a forma que o aluno melhor aprende. Cada aluno terá facilidade em aprender de uma maneira, que pode ser diferente de como o professor está ensinando. Para isto, o professor deve conhecer os estilos de aprendizagem dos alunos. Além disto, o professor deve se preocupar com a capacidade do aluno conseguir fazer a reflexão sobre os conteúdos trabalhados. Conforme a idade escolar o aluno consegue desenvolver algumas características cognitivas. Piaget fez um grande estudo sobre os estágios de desenvolvimento cognitivo dos indivíduos, mostrando quais características cognitivas são desenvolvidas conforme a idade. Piaget também fez pesquisas sobre o que deve ser feito para obter o desenvolvimento das estruturas cognitivas.

Para os cursos de engenharia é necessário verificar se o aluno consegue desenvolver pensamentos abstratos, pois o conhecimento científico está relacionado com o pensamento abstrato.

Deve-se ressaltar que o ensino reflexivo é um passo inicial para se atingir o ensino transdisciplinar. Hoje em dia existem muitos livros e artigos tratando sobre transdisciplinaridade numa visão geral, mas existe pouca literatura procurando mostrar como seria a aplicação prática de um ensino transdisciplinar. Isto ocorre devido à sua grande complexidade. Nesta tese procurou-se desenvolver o ensino reflexivo como o primeiro passo, para mais tarde se atingir o ensino transdisciplinar.

## 1.7 Proposta e estrutura da Tese

Para se atingir o ensino reflexivo professores e alunos devem trabalhar de forma reflexiva. Os alunos devem estar em prontidão para poderem compreender os conteúdos ministrados e fazerem uma reflexão sobre estes conteúdos e os professores devem preparar sua aula e aplicá-la de forma reflexiva.

A escolha da abordagem utilizada na tese para se atingir o ensino reflexivo ocorreu em função da necessidade do professor se questionar sobre aquilo que está fazendo. O professor deve fazer questionamentos epistemológicos, em que avalia continuamente o seu fazer, a escolha das teorias usadas, os métodos e técnicas. Ele não pode apenas buscar as teorias de ensino-aprendizagem e aplicá-las sem qualquer reflexão, como ocorre normalmente. O professor deve avaliar se o aluno possui as estruturas cognitivas adequadas para aprender os conteúdos. Al-



guns alunos tem dificuldade em entender conteúdos abstratos, por não terem atingido o nível cognitivo adequado. Cada aluno aprende de uma maneira diferente da do seu colega, assim o professor deve se atentar para os estilos de aprendizagem dos alunos, para conseguir um aprendizado mais efetivo. Para o aluno poder aplicar imediatamente aquilo que aprendeu, a escola poderia implantar a visão de ensino por competências, buscando-se obter uma melhor qualidade no processo ensino-aprendizagem e preparando o aluno para atuar imediatamente na sua vida profissional. Outra questão vital é a clara definição dos objetivos a serem atingidos no processo da educação. Somente o remembramento do conhecimento poderá levar ao ensino reflexivo.

A proposta da tese é mostrar a importância do ensino reflexivo no laboratório de engenharia, sugerindo uma metodologia para o professor preparar sua aula de forma reflexiva, incluindo a proposição de uma nova taxonomia do domínio psicomotor, reforçando a necessidade de se respeitar os níveis cognitivos dos alunos e mostrando a necessidade de se utilizar uma metodologia adequada para auxiliá-los a desenvolverem a própria estrutura cognitiva para que possam atingir reflexões abstratas.

A abordagem desta tese não é o único caminho para o ensino reflexivo, mas é uma proposta que pode e deverá ser alterada continuamente, pois a cada reflexão novas dúvidas e soluções surgirão, trazendo novos elementos que devem ser incorporados à proposta inicial.

### 1.7.1 Estrutura da Tese

A tese possui a seguinte estrutura:

No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica sobre o laboratório de engenharia, os tipos de laboratórios com relação ao conteúdo teórico e com relação às considerações físicas, suas características e a importância do laboratório na formação do engenheiro. Faz-se também algumas considerações sobre o experimento de laboratório.

O professor deve se preocupar se os alunos estarão preparados para entender o conteúdo a ser ministrado. Por isto, no capítulo 3 são feitas considerações sobre as estruturas cognitivas dos alunos. Busca-se os estudos desenvolvidos por Jean Piaget para se compreender que tipo de raciocínio as pessoas estão aptas a fazer conforme sua idade. É mostrado que o raciocínio científico é um raciocínio abstrato, mas que infelizmente muitos adultos não conseguem atingir este tipo de raciocínio por falhas no processo educativo. Mas isto pode ser corrigido

e todos os indivíduos adultos poderiam atingir o raciocínio abstrato, se tivessem o apoio de professores especializados.

No capítulo 4 são mostrados os principais tipos de experimentos e suas relações com as estruturas cognitivas. Neste capítulo busca-se aplicar a teoria de Piaget aos experimentos de laboratório. Faz-se uma relação entre os experimentos e as atividades cognitivas que são desenvolvidas através do experimento. É feita uma classificação dos experimentos conforme as atividades cognitivas desenvolvidas. Procura-se mostrar os problemas que ocorrem quando os experimentos não são desenvolvidos de forma reflexiva.

No capítulo 5 são feitas algumas considerações sobre o fazer do professor numa visão reflexiva. Neste capítulo são feitas algumas propostas de como o professor poderia inicialmente desenvolver sua aula de forma reflexiva, pois o fazer reflexivo implica em um planejamento da aula numa visão reflexiva. O professor inicialmente faz questionamentos sobre a transposição didática que é a transformação do conhecimento científico/tecnológico em conhecimento didático. Em seguida ele deve fazer questionamentos epistemológicos sobre o seu fazer, sobre os conteúdos a serem ensinados, sua abrangência, entre outros questionamentos. Em seguida ele deve definir o que espera que os alunos aprendam ao final da disciplina ou do módulo de ensino, isto é, ele deve definir claramente quais são os objetivos de ensino. Neste momento ele está definindo quais as competências e habilidades ele espera que o aluno adquira ao final da disciplina. Para atingir os objetivos ele irá utilizar teorias de aprendizagem e estratégias de ensino. Mas ele deve estar atento, avaliando continuamente se a sua estratégia de ensino facilita ou dificulta o aprendizado do aluno. Para isto ele deve se preocupar com os estilos de aprendizagem dos alunos.

No capítulo 6 é feita uma revisão sobre os objetivos de ensino e a taxonomia dos objetivos educacionais, proposta por Bloom e colaboradores. Mostra-se também uma relação entre os níveis cognitivos propostos por Piaget e sua relação com a taxonomia do domínio cognitivo.

No capítulo 7 é proposta uma nova taxonomia do domínio psicomotor, baseada na taxonomia de Simpson (1966), cuja principal característica é trabalhar o ensino de prático numa visão reflexiva. Dentro do proposto nesta tese, para se fazer o ensino de laboratório de forma reflexiva, é necessário rever alguns conceitos já estabelecidos. Um conceito que deve ser revisto é o de atividade psicomotora, no laboratório

de engenharia. Estas atividades devem ser feitas de forma reflexiva, sendo que o aluno deve ter uma concepção mental do que irá realizar, mesmo antes de entrar no laboratório. Em seguida ele irá fazer a percepção dos dados. Finalmente ele irá tomar consciência do que realizou, partindo dos resultados que obteve, comparando com sua concepção inicial para atingir um nível de consciência do conteúdo trabalhado. Assim, estas atividades devem ser feitas sempre baseadas nos conceitos de concepção, percepção e consciência, pois o ensino de laboratório é baseado no conhecimento científico. Faz-se uma revisão bibliográfica sobre as taxonomias do domínio psicomotor e faz-se a proposição de uma nova taxonomia para o laboratório de engenharia.

Utilizando um mapa conceitual, a estrutura da tese é mostrada na figura 1.1.

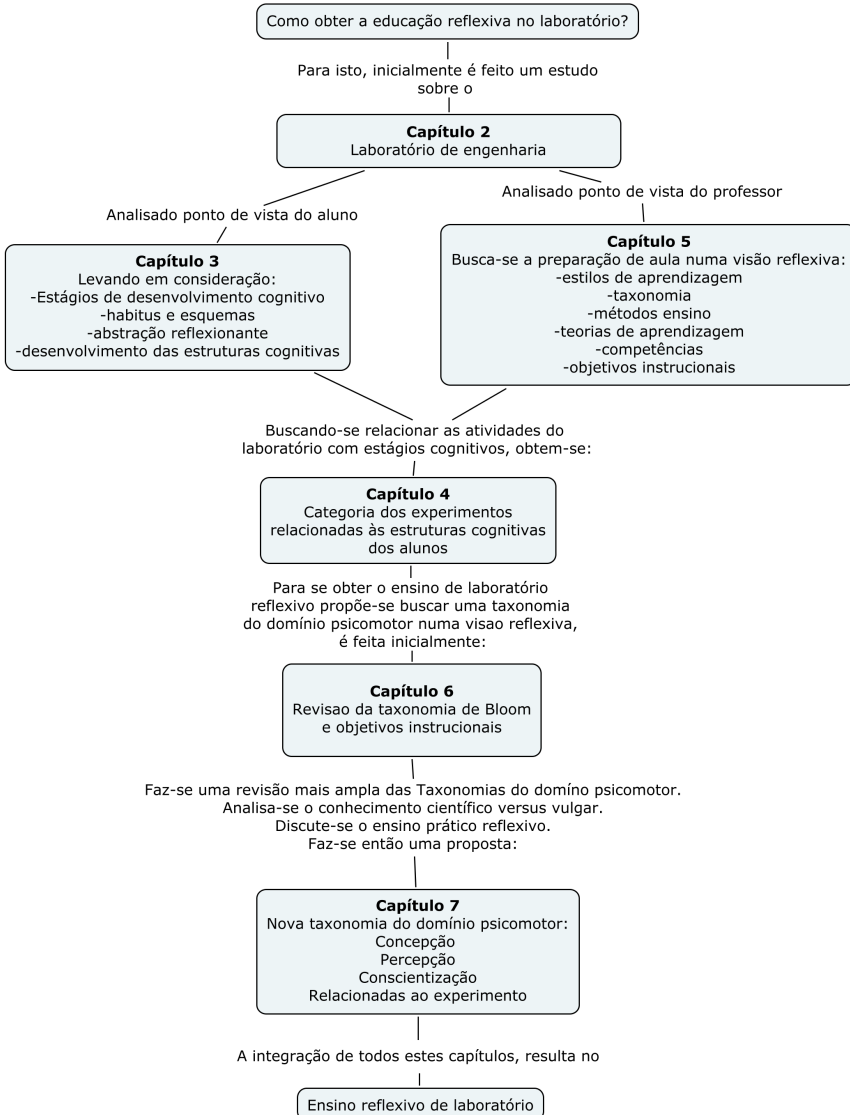


Figura 1.1: Estrutura da tese

## Capítulo 2

# O laboratório de engenharia

### 2.1 Introdução

Engenharia é uma profissão que deve gerar resultados práticos à sociedade, “é uma profissão prática, na qual o fazer é a chave de sua atuação”, (Feisel and Rosa, 2005, p. 121).

Para atender à sociedade os egressos devem ter conhecimentos teóricos e práticos bem fundamentados. Assim eles poderão produzir novos conhecimentos e produtos, o mais rapidamente possível, integrando-se no processo produtivo social. Os estudantes de graduação poderão atender melhor os requisitos da indústria e estarão melhor preparados para as novidades tecnológicas se forem expostos ao estado da arte de equipamentos de laboratório e pesquisas experimentais, (Antsaklis et al., 1999).

A engenharia passou por um período no qual o laboratório foi colocado em segundo plano, sendo privilegiada e evidenciada uma característica mais teórica. Mas o fazer é extremamente importante para o engenheiro. Não só pela característica da profissão, mas pelo fato da retenção do conteúdo ser maior quando se faz algo, (Surgenor and Firth, 2006). Ainda, segundo esses autores, se além de fazer algo, o aluno procurasse ensinar o que fez, a taxa de retenção aumentaria significativamente. Nesta visão, a importância social do laboratório é significativa, pois os alunos poderiam interagir entre eles, uns ensinando e auxiliando os outros, e com isto reforçando seus conhecimentos.

Apesar de no início de sua criação terem como foco a parte prática, os cursos de engenharia passaram por fases em que o laboratório foi quase abandonado, seja por razões financeiras e de espaço, seja por questões filosóficas, (Feisel and Rosa, 2005).

Mas isso começa a mudar, e muitas escolas de engenharia estão procurando ampliar a estrutura de laboratório, desenvolvendo novos experimentos para melhorar a formação do aluno. As atividades experimentais têm uma grande importância na formação do engenheiro, pois os laboratórios permitem que os alunos vejam e aprendam o problema numa perspectiva global, (Horacek, 2000).

A grande maioria dos artigos em engenharia tem se preocupado com o currículo e com métodos de ensino e pouco tem sido escrito sobre laboratório, (Feisel and Rosa, 2005). Em um levantamento feito sobre artigos publicados no *Jornal de Educação em Engenharia*, de 1993 a 1997, foram encontrados apenas 6,5% dos artigos usando laboratório como palavra chave. De 1998 a 2002 o índice ficou menor ainda, em 5,2%, (Feisel and Rosa, 2005). Além disso, pouco tem sido falado sobre as características de cada experimento no aspecto de teoria de ensino e teoria epistemológica. A maioria dos experimentos é discutida no aspecto de aplicação dos conteúdos teóricos utilizados nas diversas engenharias.

A razão para se ter pouca pesquisa sobre laboratórios instrucionais pode ser a falta de consenso sobre os objetivos básicos dos experimentos de laboratório. Feisel and Rosa (2005) ainda citam que todos concordam com a necessidade em se ter laboratórios, mas pouco tem sido dito sobre o que se espera que os laboratórios atinjam. Além disso, em muitos artigos sobre laboratórios não são definidos objetivos ou resultados esperados, ainda que o autor conclua que os objetivos foram atingidos.

Outro problema é que existem mais projetos voltados para atender as necessidades dos cursos de pós-graduação, do que dos cursos de graduação. Isto explica a defasagem que os laboratórios dos cursos de graduação têm sofrido.

Rugarcia et al. (2000, p. 22) fazem alguns questionamentos:

quem irá ensinar a prática de engenharia nos próximos anos, sendo que o número de professores engenheiros com experiência na indústria continua a diminuir? Quem irá manter os laboratórios de engenharia funcionando? Será possível assegurar que cada departamento terá indivíduos com habilidades para atuar e fazer a manutenção nos laboratórios?

Dentro da concepção de formação do engenheiro para atender as

necessidades da sociedade, experimentos de laboratórios são elementos de importância estratégica, (Gomes and Silveira, 2007). Todo experimento tem como objetivos: apresentar algum conteúdo científico ou tecnológico e desenvolver habilidades e competências relativos à prática profissional do engenheiro. Para atingir estes objetivos, a utilização de um experimento baseia-se em uma metodologia didático-pedagógica, que está inserida dentro de uma teoria de aprendizagem e é fundamentada, mesmo que implicitamente, por uma escola epistemológica. O que os pesquisadores e professores realizam ao desenvolver experimentos é uma transposição didática, que é a transformação de conhecimento tecnológico em conhecimento de ensino, (Alves, 2000).

Muitos professores desenvolvem experimentos com o intuito de facilitar o aprendizado do aluno, não se preocupando em situar em que tipo de escola (epistemológica ou de aprendizagem) eles estão baseados, (Campos et al., 2008). Entretanto, um mesmo experimento pode conduzir a experiências de aprendizagem distintas, seja pela diversidade dos objetivos, bem como, pela escolha da abordagem didática para atingir estes fins. Portanto, o desconhecimento dos referenciais teóricos que fundamentam estas práticas pedagógicas pode comprometer a concretização dos objetivos propostos.

Com relação a experimentos, Feisel and Rosa (2005) afirmam que objetivos de ensino claros são essenciais ao se projetar um sistema eficiente de ensino e também na aplicação de um sistema de avaliação efetivo. Contudo muitos professores não definem claramente seus objetivos, ou porque não sabem ou porque não acham importantes. Ainda, neste artigo os autores definem diversos objetivos fundamentais dos laboratórios instrucionais de engenharia, e afirmam que estes objetivos podem prover uma base filosófica para os laboratórios. Na realidade os autores fazem uma reflexão epistemológica sobre os experimentos de laboratórios, pois eles fazem uma análise crítica sobre o conhecimento acerca dos experimentos procurando entender como estes conhecimentos foram constituídos, qual a sua validade, e o porquê deste conhecer. Assim a reflexão epistemológica sobre os experimentos assume uma grande importância para se poder definir de forma clara aonde se quer chegar e o que se espera obter ao se propor um experimento.

Cada experimento ao ser aplicado em um tipo de laboratório estará ligado a uma escola epistemológica. Além disto, o conhecimento das escolas epistemológicas é significativo, pois o aluno sempre trabalhará com o conceito de modelo confrontado com a realidade. Ele deve

ter a consciência das diversas interpretações sobre como a realidade é vista, para evitar que vá ao laboratório realizar experimentos com uma visão ingênua sobre o modelo e a realidade.

Neste capítulo procura-se mostrar os tipos de laboratórios existentes e suas características.

## 2.2 Tipos de laboratórios com relação ao conteúdo teórico

Dentro da concepção de formação do engenheiro para atender as necessidades da sociedade, o laboratório é um elemento de importância estratégica.

Feisel and Rosa (2005) distinguem três tipos de laboratórios de engenharia: de desenvolvimento, de pesquisa e educacional, sendo que eles possuem características em comum, mas objetivos diferentes: a) laboratórios de desenvolvimento são planejados para responder questões específicas imediatas; b) laboratórios de pesquisas são usados para procurar conhecimentos amplos que podem ser generalizados e sistematizados, freqüentemente sem qualquer uso específico em mente; c) laboratórios instrucionais são usados para ensinar conteúdos práticos que engenheiros devem saber.

Para o objetivo deste trabalho serão analisados apenas os laboratórios de ensino, que, conforme sua relação ao conteúdo teórico, podem ser classificados em, (Antsaklis et al., 1999): a) laboratório autônomo, onde os conceitos teóricos são apresentados no próprio laboratório; b) laboratório concorrente, onde os conceitos teóricos são apresentados em aulas teóricas que acontecem de forma concorrente; c) laboratório complementar, que é ofertado como uma disciplina isolada, em sequência a um curso teórico já ministrado.

a) Laboratório autônomo: os conceitos teóricos necessários à execução do experimento são apresentados no próprio laboratório. Esse tipo de laboratório pode ser utilizado como um elemento motivacional, onde o aluno pode ter contato inicial com os elementos essenciais da área. Este laboratório deve ser bem estruturado, trazendo todos os conceitos teóricos necessários para que os alunos possam acompanhar os experimentos, sem perder o estímulo. Um exemplo deste tipo de laboratório é a disciplina Introdução à Engenharia de Controle e Automação, na UFSC, (Vallim et al., 2006).

b) Laboratório concorrente: os conceitos teóricos são primeira-



mente apresentados em aulas teóricas, e em seguida os alunos podem aplicar estes conhecimentos nas aulas de laboratório. Neste caso, normalmente o curso é dividido em aulas teóricas e aulas práticas. Este laboratório permite que os experimentos executados tenham um grau de complexidade maior que o laboratório autônomo. Este tipo de laboratório é muito utilizado nos cursos de engenharia, como por exemplo, nas disciplinas do núcleo profissionalizante do Curso de Engenharia de Controle e Automação, da UFSC.

c) Laboratório complementar: é ofertado como uma disciplina isolada, em seqüência a um curso teórico já executado no período anterior. Neste laboratório os alunos já possuem uma visão completa da área e podem desenvolver projetos mais abrangentes.

## 2.3 Tipos de laboratórios quanto às considerações físicas

O uso da TCI – tecnologia de comunicação e informação – tem alterado a forma de se trabalhar o ensino em diversas disciplinas, inclusive em disciplinas de laboratório, onde esta mudança foi significativa. Para Feisel and Rosa (2005) laboratórios de ensino foram muito afetados pela introdução de dois fenômenos: a) computadores digitais; b) sistema de ensino a distância, particularmente sobre a internet. Segundo Ma and Nickerson (2006), a natureza e a prática dos laboratórios têm mudado devido a duas novas tecnologias intensivas de automatização: laboratórios simulados e laboratórios remotos como alternativas aos laboratórios “*hands-on*” convencionais. As disciplinas dos cursos de engenharia tem sido beneficiadas com o uso de muitas dessas ferramentas, desde programas de simulação, até programas para controlar sistemas físicos, (Feisel and Rosa, 2005).

Com relação às considerações físicas, os laboratórios podem ser classificados em, (Ma and Nickerson, 2006) e Tzafestas et al. (2006): a) laboratórios virtuais (simulação) que usam aplicativos de computadores para simular processos; b) laboratórios reais/ físicos (“*hands-on*”), que envolvem o uso de plantas físicas; c) laboratórios remoto/distância (“*eyes-on*”) que são experimentos conectados à internet, onde é possível realizar experimentos remotamente.

Os laboratórios físicos/reais (“*hands-on*”) envolvem o uso de controle de plantas físicas. Normalmente existem computadores ou controladores industriais envolvidos no controle das plantas físicas. Devido ao

grau de complexidade envolvido nestes experimentos, eles proporcionam um aprendizado mais amplo. Conforme Gomes and Silveira (2007), existem duas grandes opções relativas aos equipamentos utilizados em laboratórios físicos: modelos físicos em escala ou plantas/sistemas com características industriais. Os modelos físicos em escala representam uma solução de caráter amplo e genérico, podendo ser utilizados em laboratórios genéricos. As plantas/sistemas com características industriais atendem as características de cursos específicos, como, por exemplo, Engenharia Química.

Dois características distinguem laboratórios físicos (“*hands-on*”) dos outros dois, (Ma and Nickerson, 2006): 1) Todos os equipamentos necessários para executar as experiências estão fisicamente instalados; 2) os estudantes que vão usar o laboratório estão fisicamente presentes.

Muitos defendem que os laboratórios físicos permitem que o estudante interaja com dados reais e que tenha que resolver “*conflitos inesperados*”, o que não existe em laboratórios simulados. Em compensação, experimentos físicos são caros, os laboratórios necessitam muito espaço físico, tempo dos instrutores e infra-estrutura experimental, (Ma and Nickerson, 2006). Além disto, laboratórios físicos não conseguem atender as necessidades especiais de estudantes incapacitados e de usuários distantes.

Alguns experimentos físicos que compõe os laboratórios são elementos impeditivos para a maioria das escolas, devido ao alto custo ou devido às suas dimensões, (Feisel and Rosa, 2005). Mesmo alguns experimentos em escala menor, com um custo bem inferior a um experimento físico real, ainda podem ser inacessíveis a alguns cursos, devido ao custo ou à necessidade de se ter ambientes específicos para acomodar estes equipamentos. Por isto algumas escolas estão optando por usar simulação em computadores em vez de processos físicos.

Os laboratórios virtuais (de simulação) referem-se ao uso de interfaces gráficas para o usuário que incorporam técnicas de simulação interativa, podendo ter animação gráfica realística em três dimensões (3-D), mas não provendo ligação visual ou teleoperação para um sistema físico real (remoto), (Tzafestas et al., 2006). Isto é, consistem de aplicativos para computadores utilizados para simular processos. Os alunos não têm contato com a estrutura real do processo envolvido, todos os experimentos são baseadas em simulação. É uma estrutura relativamente de baixo custo e amplo uso.

Laboratórios simulados são imitações de experimentos reais. To-

dos os processos são simulados em computador. Eles são muito úteis, pois podem ser usados na falta de laboratórios físicos, o aluno necessita pouco tempo para aprender a utilizá-lo e pode parar a execução da simulação para melhor entendê-la. Estes laboratórios criam um modo de aprendizagem ativo que melhora o desempenho do estudante, (Ma and Nickerson, 2006). Mas o seu uso exclusivo limita o aprendizado do aluno. O uso excessivo de simulação pode resultar em um desacoplamento entre o mundo real e o mundo virtual, pois, muitas vezes, os dados do laboratório simulado não são reais. Além disto, o custo de um simulador realístico não é baixo em relação aos laboratórios físicos. Simulações realísticas exigem muito tempo e custo para serem desenvolvidas e ainda assim podem falhar em serem um modelo fiel da realidade. Uma grande crítica sobre o uso de simulações, (Ma and Nickerson, 2006), é que os alunos aprendem como executar simulações, não relacionando-as, muitas vezes, com o sistema real.

Uma plataforma de laboratório remoto/distância (“*eyes-on*”) envolve teleoperação de um sistema físico real, localizado remotamente, incluindo realimentação visual e de dados do ambiente remoto, (Tzafestas et al., 2006). Isto é, no laboratório remoto o experimento é conectado à internet, onde é possível manipulá-lo remotamente, e onde a pessoa tem acesso à estrutura física, mas geograficamente distante.

Laboratórios remotos necessitam espaço e dispositivos específicos para funcionar, assim como nos laboratórios físicos, mas o que diferencia os dois é a distância entre o experimento e o experimentador, que no laboratório físico não existe. No laboratório remoto os dados são obtidos controlando equipamentos a distância. A realidade no laboratório remoto é mediada pela distância, (Ma and Nickerson, 2006).

Laboratórios remotos estão se tornando mais populares. Eles permitem obter dados experimentais reais através do compartilhamento de dispositivos experimentais entre diversas escolas. O laboratório remoto também pode ampliar a capacidade do laboratório convencional, permitindo uma maior flexibilidade em termos de vezes e lugares que os alunos o usarão para a execução dos experimentos. Também ficam acessíveis a um número maior de alunos. Estudos comparativos mostram que estudantes são motivados e dispostos a trabalhar com laboratórios remotos. Alguns alunos acham que laboratórios remotos são mais efetivos que simuladores, (Ma and Nickerson, 2006).

Contudo a eficácia educacional do laboratório remoto é questionada em diversos outros estudos, (Ma and Nickerson, 2006), indicando

que a equivalência entre o laboratório remoto e o físico é condicional e limitada. Eles argumentam que alunos podem distrair-se e ficarem impacientes pelo uso de computadores, o que irá prejudicar o envolvimento do estudante com o experimento. Muitos alunos colocam em dúvida o valor do experimento remoto, não considerando o laboratório remoto realístico. Além disto, o correto uso deste laboratório é afetado pelo desempenho da internet.

Apesar de diversas tentativas de comparar estes três tipos de laboratórios, há um consenso quase geral de que não existem diferenças consistentes e significativas entre estes três tipos de laboratório (“*hands-on*”, simulado e remoto), medidos pelos resultados de relatórios ou de teste do laboratório, pois na maior parte os estudos comparativos foram feitos em pequena escala.

Em algumas situações é difícil classificar um laboratório entre estes três tipos. Segundo Ma and Nickerson (2006), mesmo os laboratórios “*hands-on*” estão se tornando crescentemente mediados por computadores. Por exemplo, um experimento pode envolver medir um sinal através de um PC conectado a um sistema experimental. Por outro lado muitos laboratórios podem envolver uma combinação de ferramentas “*hands-on*” e computadores mediando alguma ação e simulação.

Hoje em dia, em laboratórios “*hands-on*”, computadores são usados para analisar dados e controlar experimentos. Com relação aos laboratórios simulados, existe o argumento de que o uso de simuladores evita desperdícios, desgastes do equipamento real, etc. A simulação tem sido utilizada em diversas áreas, desde treinamento de pilotos em simuladores de vôos, até a simulação de uma explosão atômica. Os pilotos que fizeram o treinamento por simulação podem atestar o realismo do estresse que a simulação pode causar, (Feisel and Rosa, 2005).

Neste momento deve-se perguntar, mas quem irá construir os simuladores? O profissional que for executar esta tarefa deverá ter domínio tanto do processo de simulação quanto do processo físico simulado.

Ma and Nickerson (2006) usam um exemplo extremo para mostrar que num ambiente mediado uma atividade “*hands-on*” e uma experiência remota podem ser similares ao estudante. Para o aluno, estudar objetos pequenos através de um microscópio eletrônico, será sempre mediado, tanto numa atividade “*hands-on*” quanto remota. Pois observar uma lâmina sob o microscópio eletrônico é mediado pela tecnologia e é similar aos dois tipos de laboratório.

Mas existe uma diferença muito grande entre estes dois laboratórios quando se fala em ensinar a preparar a lâmina que será analisada no microscópio. Esta atividade apenas poderá ser feita através de um experimento “*hands-on*”. E a preparação incorreta da lâmina poderá levar a resultados incorretos. Apenas pela preparação de inúmeras lâminas o profissional irá adquirir a competência desejada nesta área.

## 2.4 O experimento de laboratório

Conforme Bernstein (1999), a educação deve ser conceitual e experiencial. Conceitos abstratos são poderosos e elegantes, mas o aprendizado é sempre melhorado pela experiência direta, com exemplos concretos e relacionados com o mundo real. Segundo ele, a engenharia atualmente depende da tecnologia e é altamente interdisciplinar.

Segundo Felder and Brent (2003), se for esperado que os alunos tenham certas habilidades, eles devem ser auxiliados a desenvolverem essas habilidades. E os laboratórios, através dos experimentos, são os locais adequados para o desenvolvimento de muitas habilidades e competências. E deve-se sempre explicitar, aos professores e aos alunos, quais habilidades deverão ser desenvolvidas.

Mas ainda hoje em dia há dúvidas sobre o que é um experimento. Segundo o dicionário Houaiss (2001, p. 1287), **experimento** é “um trabalho científico que se destina a verificar um fenômeno físico”, e **experiência** é sinônimo de experimento, mas também pode ser conceituada como “forma de conhecimento abrangente, não organizado, ou de sabedoria, adquirida de maneira espontânea durante a vida; prática”. Como o termo experiência possui uma conotação muito ampla, optou-se pelo termo experimento, pois ele caracteriza melhor um trabalho científico.

Para Alves (2000) **experimentação** se constitui de procedimentos de uso exclusivo dos cientistas, enquanto que, **experiência** passa a ser entendida como um atributo natural de todo ser humano nas suas relações e explicações de mundo.

O experimento de laboratório envolve componentes físicos, equipamentos de medição e plataformas físicas previamente construídas para esse fim. Ele também é denominado atividade experimental, prática de laboratório, etc.

Feisel and Peterson (2002) conceituam Experimento de um Laboratório Instrucional como uma interação pessoal com equipamen-

tos/ferramentas levando ao acúmulo de conhecimentos e habilidades necessárias para uma profissão orientada à prática.

Uma revisão sobre os laboratórios revela que muitos experimentos caem no estilo livro de receitas, “*cookbook*”, que raramente desafiam a criatividade e capacidade dos alunos em resolver problemas, e são frequentemente executados em grandes grupos, diminuindo assim significativamente qualquer valor educacional que pretendiam ter, (Surgenor and Firth, 2006). Os tipos de experimentos serão melhor especificados no capítulo 4.

Em cada curso de laboratório o professor pode e deve adotar diferentes estratégias começando pelos experimentos guiados, indo para experimentos abertos, para aprendizados baseado em problemas e aprendizado cooperativo. É importante começar do mais simples ao mais complexo. Os mais simples são os experimentos guiados, nos quais o aluno irá, ao seu ritmo, adquirir habilidades afetivas, cognitivas e psicomotoras mais simples, para desenvolver mais tarde projetos e sistemas mais complexos.

Feisel and Peterson (2002) questionam sobre quais são as verdadeiras metas de um experimento de laboratório e quais são os objetivos fundamentais do ensino de laboratório de engenharia. Eles perguntam quais resultados são esperados dos experimentos práticos. Eles questionam se é possível definir quais atributos, de um graduado em engenharia, são desenvolvidos ou melhorados através de um experimento de laboratório “*hands-on*”.

Alguns problemas encontrados com relação ao laboratório são: a) existe uma falta de definição clara dos objetivos dos experimentos e da função do laboratório, (Feisel and Rosa, 2005); b) nas décadas passadas, os laboratórios foram preteridos em relação à formação teórica. Apesar de hoje em dia haver uma nova visão com relação à importância do laboratório, ainda em alguns cursos o laboratório é tratado como um apêndice sem muita utilidade ou importância; c) os laboratórios físicos são caros e sua manutenção se torna cara com o passar do tempo; d) ainda há pouca integração dos laboratórios com o ambiente real de trabalho dos engenheiros. Muitos experimentos são completamente desconexos da realidade industrial; e) o uso de simulação pode causar um desacoplamento com o mundo real. O aluno aprende apenas a simular, mas não sabe montar e configurar um sistema físico, (Ma and Nickerson, 2006); f) os bons simuladores, que efetivamente podem substituir o ambiente físico, são muito caros, (Bourne et al., 2005), e não se garante que

o resultado final de aprendizagem será realístico; g) não há pesquisa que garanta uma diferença significativa entre os três tipos de laboratório: real, simulado ou remoto.

Wankat and Oreovicz (1992) levantam algumas questões com relação aos experimentos e o laboratório: a) o trabalho será em equipe ou individual? Se em equipe, quantos alunos? b) o experimento será planejado pelos alunos ou pelo professor? Como os alunos podem planejar o experimento? c) como será o relatório? d) qual o tipo e a qualidade dos equipamentos? e) existe algum risco aos alunos? Como se faz a segurança? f) como o professor irá identificar os alunos que não estão acompanhando o experimento? Eles podem estar na bancada, dissimulando, deixando que seus colegas façam o experimento. g) o laboratório pode significar perda de tempo e não conduzir a um aprendizado.

### 2.4.1 O experimento numa visão científica, didática e de aplicação industrial

A conceituação do que é um experimento está ligada a diferentes visões epistemológicas, que variam conforme a época e a cultura analisada.

Para situar o experimento de engenharia numa visão epistemológica, primeiro deve-se situar a engenharia. Engenharia é uma profissão ligada à tecnologia. Segundo Eshach (2006), a palavra tecnologia deriva do grego: “*techné*” e “*logos*”. A raiz “*techné*” envolve habilidades práticas de saber e fazer. A raiz “*logos*” significa palavra, mas uma palavra que deriva de um pensamento racional, significando raciocínio. Assim a tecnologia possui duas dimensões: a do conhecimento científico e a do conhecimento prático.

Dentro da visão de engenharia, pode-se identificar quatro tipos de relações que existem entre ciência e tecnologia, (Eshach, 2006), e que podem influenciar o enfoque utilizado em um experimento: 1) considera e enfatiza o aspecto prático da tecnologia, negligenciando o aspecto do conhecimento, sendo que a tecnologia tem prioridade sobre a ciência; 2) considera principalmente o termo “*logos*”, sendo que a ciência tem prioridade sobre a tecnologia; 3) tecnologia e ciência são sistemas independentes de pensamento e de prática; 4) tecnologia e ciência se empenham em uma interação de caminho-duplo, no qual tecnólogos e cientistas aprendem um com o outro.

Assim o experimento de engenharia pode ter tanto a dimensão

de um experimento científico como a dimensão de uma aplicação profissional. Ao realizar um experimento o professor pode assumir algumas destas posturas, preocupando-se de forma excessiva em demonstrar a teoria, ou num outro extremo, mostrando que na parte experimental existem situações que a teoria não conseguiu prever.

Para Bachelard (2004) o experimento está ligado à questão da medida, que pode suscitar um problema latente entre o empirismo e o racionalismo. A medida é uma descrição numa linguagem nova, possuindo clareza, exatidão e universalidade atribuídas à linguagem matemática.

A medida está relacionada ao dado imediato. Segundo Bachelard, o dado imediato é relativo à cultura e está inserido numa construção. Para ele, o conceito do dado imediato é formado pela reflexão. Se não existisse nada além do dado imediato, nenhum conceito poderia ser formado, e, conseqüentemente, o conceito de dado imediato não poderia existir. Ele é formado pela reflexão, quando esta se torna consciente de sua atividade.

Para Bachelard (2004) a medida aparece como a epistemologia fundamental, como a base da matematicidade do experimento. A medida é que deve garantir a permanência do ser, que integra esse ser em seu justo lugar e que justifica afinal a ontologia científica.

Para Popper, não se pode falar em experimento sem falar em teoria. Para ele, os enunciados básicos de uma teoria são aceitos como resultados de uma decisão ou concordância, e assim são convenções, (Popper, 2001).

O teste de teorias se faz através de experimentos. A concordância quanto à aceitação ou rejeição de enunciados básicos é alcançado na ocasião de aplicar uma teoria, (Popper, 2001).

O teórico propõe questões bem delimitadas ao experimentador que, através do experimento, tenta chegar a uma resposta a essas questões. Assim o teórico, antes de propor o experimento, deve fazer a formulação da sua pergunta que será entregue ao experimentador. Ele é quem mostra o caminho ao experimentador. A teoria domina o trabalho experimental, desde seu planejamento inicial até o final, no laboratório, (Popper, 2001).

Popper (2001) afirma que as observações são sempre interpretações dos fatos observados à luz de teorias. Para ele não existem observações puras, elas estão impregnadas pelas teorias e são orientadas pelos problemas e acompanhadas pelas teorias. Segundo ele, este é um motivo que torna fácil encontrar verificações de uma teoria e porque



deve-se adotar uma atitude altamente crítica em relação às teorias para evitar raciocinar em círculo. Por isto ele propõe que se deve adotar uma atitude de refutação frente às teorias.

A relação entre o experimento e a teoria (modelo) pode levar a posturas epistemológicas diferentes. Segundo Bunge (1980), o tecnólogo clássico era um realista ingênuo, para quem os modelos teóricos eram representações mais ou menos exatas da realidade (isto é, dos objetos). Para ele o tecnólogo moderno é um realista crítico, pois ele acredita que as teorias científicas não são reproduções exatas e sim representações simbólicas de alguns aspectos externos, isto é, as teorias são simplificações ou idealizações da realidade.

Segundo Bissel (1999) a visão implícita nos cursos de engenharia é o realismo metafísico que afirma que a realidade tem uma estrutura fixa e pronta, que as descrições, teorias e modelos devem procurar captar, sendo que a descrição da realidade é única. O realismo metafísico tem sido o modelo tácito para a maioria da ciência clássica e das engenharias, e tem contribuído para reforçar o papel central da matemática e da teoria em muitas áreas profissionais.

A literatura mostra que muitos experimentos são executados de forma a se encaixar no modelo teórico, para demonstrar que o modelo corresponde exatamente à realidade, (Bissel, 1999). Isto corresponde a uma forma de realismo.

Para o empirismo construtivo, de Van Fraassen, uma teoria é empiricamente adequada se ela é válida para os dados observáveis. Para ele a teoria não precisa se preocupar com os dados não observáveis. O conceito de Van Fraassen condiz com a experiência do dia-a-dia, pois muito do que se faz na indústria equivale ao conceito de caixa preta, (Martin, 2001), em que o importante é conhecer a entrada e a saída de um processo e a partir dos dados empiricamente obtidos definir as estratégias de controle. Desta forma só importa os dados observáveis. Para o empirismo construtivo, as teorias são no máximo bons instrumentos de predição, que podem funcionar bem empiricamente, mesmo não se aproximando da verdade, (Dutra, 2003). Em alguns experimentos de laboratório, pode-se utilizar um modelo simplificado, obtido a partir da resposta a uma determinada entrada, ignorando-se os outros parâmetros que tenha pouca influência na resposta. Esta visão epistemológica equivale ao empirismo construtivo.

Existem diferenças básicas entre um experimento científico e uma atividade prática executada na indústria, (Bachelard, 2004). As vari-

áveis técnicas, na indústria, são mais numerosas que as incógnitas da pesquisa científica comum. O próprio cientista está diante de uma natureza artificial, ele estuda o real sempre de um ponto de vista isolado. Ele estuda apenas algumas variáveis. Na indústria, os sistemas trabalhados possuem um grande número de variáveis, (Bachelard, 2004). O método experimental é um pouco mais complexo que o método científico, pois ele implica o conhecimento teórico e também um conhecimento particular prático que varia de sistema para sistema.

Bissel (1999) afirma que os cursos de engenharia têm uma ênfase maior no ensino de teorias científicas, não conseguindo atender a necessidade profissional, pois muitos engenheiros, mesmo trabalhando em áreas científicas, necessitam de habilidades diferentes das que foram ensinadas nos cursos de engenharia.

Segundo Bristol (1986) os métodos experimentais devem ser vistos como alternativas à teoria, pois na prática muitos resultados importantes são obtidos experimentalmente. Na indústria, atividades experimentais permitem o projeto de sistemas muito complexos para serem analisados teoricamente. Segundo ele é axiomático que a realidade seja mais complexa que os modelos acadêmicos.

O conhecimento matemático foi muitas vezes acusado de cobrir o concreto com abstrações realizadas, dando-se mais importância ao signo que à coisa significada, (Bachelard, 2004).

Para Bachelard (2004) o engenheiro não é uma artista. Ele é um geômetra, um guardião dos métodos, um representante da técnica do seu tempo, que visa um objetivo exato. Assim o engenheiro deve procurar fazer um equilíbrio entre teoria e prática.

Pode-se concluir que o experimento está ligado à medida, sendo que a medida está ligada a uma teoria. A interpretação do resultado do experimento, além de ser influenciada pela teoria, depende também da visão epistemológica adotada pelo experimentador. Assim, pode-se dizer que a ontologia básica do experimento é a medida, cuja interpretação é feita de forma reflexiva à luz de uma teoria que embasa esta interpretação.

A escola deve buscar um equilíbrio entre estes pontos de vistas. Alguns professores preferem ficar trabalhando numa visão teórica, sem a aplicação do conhecimento em sistemas reais, pois a prática muitas vezes possui um comportamento muito mais complexo que a teoria postula.

Ao se desenvolver um experimento deve-se pensar sobre as implicações práticas, pois para o modelo teórico não há limites. Mas o

experimento prático possui muitas limitações, como por exemplo, limitações em amplitude, frequência, velocidade de resposta, que a teoria não postula. Daí a importância do conhecimento teórico e prático para especificar de forma correta o experimento. Além disso, existe uma grande diferença entre um experimento isolado, feito para estudar algum aspecto específico de um determinado sistema e a análise do sistema completo que possui um elevado grau de complexidade.

## 2.5 Considerações finais

A engenharia é uma profissão aplicada, cujo foco é a utilização dos conhecimentos para atender aos anseios da sociedade. Por ser uma profissão aplicada, o laboratório deve estar presente em grande parte do currículo.

Para atender ao mercado de trabalho que necessitava de profissionais com conhecimentos práticos, antigamente, os responsáveis pelos currículos buscavam outras alternativas, como a criação de novos cursos com características mais práticas, mas evitavam incluir mais aulas de laboratório nos currículos já existente. Hoje em dia, ao contrário, nota-se uma busca por preparar mais os profissionais tanto na teoria como na prática, em função das exigências do mercado de trabalho. Mas a parte experimental de um curso de engenharia deve ser desenvolvida sempre de forma reflexiva.

Para que o aluno consiga trabalhar de forma reflexiva ele deve ter condições de refletir sobre o conteúdo que está sendo estudado, sobre o seu papel no processo-ensino aprendizagem e seu papel na sociedade. Mas para conseguir isto ele deve ter condições cognitivas apropriadas.

Estudos mostram que nem todos os indivíduos conseguem atingir uma formação cognitiva completa, em função de falhas no processo educacional.

Os experimentos de laboratório têm uma grande significação no ensino de engenharia, seja pela possibilidade de auxílio no entendimento de conceitos teóricos, seja pela possibilidade de permitir a formação de competências. Mas existe uma característica muito importante que não tem sido destacada que é a possibilidade de usar o laboratório para desenvolver características cognitivas dos alunos.

Piaget fez um importante estudo sobre as estruturas cognitivas dos indivíduos, estudando que elementos o indivíduo poderia assimilar e processar, conforme sua idade. Este estudo pode ser utilizado

---

para avaliar o nível cognitivo dos alunos e para ajudar os indivíduos a atingirem níveis cognitivos mais avançados, permitindo que consigam pensar reflexivamente. Isto será visto nos capítulos 3 e 4.

## Capítulo 3

# O aprendizado e as estruturas cognitivas

### 3.1 Introdução

Os conteúdos das disciplinas de engenharia são baseados em conceitos altamente teóricos e abstratos, com características transdisciplinares, o que, algumas vezes, dificulta o aprendizado do aluno.

Em Bissel (1999, p. 45) encontra-se referências a algumas suposições ocultas nos currículos de engenharia, que são: a) o papel central da matemática; b) a primazia da teoria; c) a visão particular da natureza da realidade e o processo de modelagem, na qual segundo o autor “a realidade pode ser modelada em qualquer grau de exatidão, por técnicas reducionistas embasadas nas ciências naturais”.

Muitas vezes o aluno não conseguiu compreender os conceitos de matemática e física e se defronta com a aplicação destes conceitos nas disciplinas de engenharia, que trabalham com sistemas de grande complexidade.

Uma grande dificuldade do aluno é fazer a ligação entre os conceitos teóricos e sua aplicação.

Segundo Moreira and Masini (2001), alunos em nível mais elevado de escolaridade podem aprender conceitos abstratos, sendo que, para isto, eles não precisam depender de apoios concretos. Mas não há garantia que todos os alunos conseguiram passar para o estágio cognitivo adequado, podendo aprender apenas através de conceitos abstratos. Hoje em dia existe uma grande heterogeneidade na formação dos alunos.

Além disto muitos alunos possuem conceitos errados, aprendidos pela observação direta de eventos físicos, e têm muita dificuldade para superá-los e utilizar os conceitos corretos. A inconsistência entre modelos antigos e conceitos corretos, algumas vezes só pode ser superada

através da utilização de um referencial concreto.

Segundo Kheir et al. (1996), o laboratório de engenharia deve proporcionar a ligação entre a teoria abstrata e o mundo real, permitindo que o aluno saiba como a teoria pode ser aplicada e quais suas limitações. Além disto, o laboratório permite o exercício de intuição física e o exercício do julgamento de engenharia.

Mas a forma como o laboratório é desenvolvido pode levar a resultados diferentes do esperado.

Em artigos sobre o ensino de ciências nota-se a grande preocupação sobre as funções e eficácia do ensino no laboratório. Segundo den Berg (1997), frequentemente os alunos apenas manipulam equipamentos físicos e não manipulam idéias, além disso aulas teóricas, demonstrações e métodos de ensino no laboratório parecem ter a mesma eficácia na transmissão de conteúdos. Para ele os laboratórios são apenas superiores para proporcionar habilidades no manuseio de equipamentos. Ao final de um experimento muitos alunos não são capazes de explicar aspectos importantes do que foi desenvolvido.

Isto ocorre porque muitos alunos, e quem sabe alguns professores, vêem o laboratório apenas como uma atividade mecânica, na qual não há necessidade de se pensar. Muitos professores, pela própria experiência, sabem que fazer o experimento não é suficiente para o aprendizado, e para aprender o aluno deve refletir sobre o que realizou. Por isso, a importância da visão reflexiva no ensino.

Além dos autores citados, muitos outros expressam a importância da utilização do laboratório para complementar o ensino teórico e facilitar o aprendizado do aluno. Sendo que muitos autores, por vivenciarem este problema no dia a dia, sentem a necessidade de um auxílio concreto para facilitar a compreensão de determinados conteúdos pelos alunos.

Pretende-se mostrar que o aprendizado será mais efetivo se for feito o uso de um referencial concreto, como o uso de experimentos de laboratório, mas sempre numa visão reflexiva. E que o laboratório pode ser utilizado como elemento de apoio para os alunos que ainda não conseguem aprender conceitos puramente abstratos.

Para se conseguir o ensino reflexivo os alunos devem ser sensibilizados a adotar esta postura desde o começo do curso. Mas para isto eles devem ter sua estrutura cognitiva completamente formada, conseguindo fazer reflexões abstratas. Neste capítulo será mostrado que nem todos os indivíduos adultos possuem a capacidade de fazer este

tipo de reflexão. Mas eles podem ser auxiliados, através de um ensino adequado, a conseguir superar estas limitações.

A composição deste capítulo é feita da seguinte forma: na seção 2 é feito um resumo sobre os estágio de desenvolvimento cognitivo, conforme estudos de Piaget. Na seção 3 é feito um resumo sobre o conceito de esquemas, de Piaget, e em seguida é mostrada sua relação com o conceito de *habitus*, de Bourdieu. Na seção 4 é feito um estudo sobre o conhecimento científico e o pensamento abstrato. Na seção 5 fala-se sobre o processo da abstração reflexionante. Na seção 6 é explicado como ocorre o aprendizado, segundo Piaget, e os problemas que podem existir se o aluno ainda estiver no estágio concreto. Na seção 7 fala-se sobre o desenvolvimento das estruturas cognitivas do alunos, e o que deve ser feito para que possam passar do estágio operacional concreto para o estágio formal. Na seção 8 faz-se a condensação dos conteúdos trabalhados neste capítulo, mostrando-se que o laboratório pode ser utilizado para ajudar o aluno a passar para o estágio formal. Finalmente na última seção são feitas algumas considerações sobre este capítulo.

### 3.2 Estágios do desenvolvimento cognitivo segundo Piaget

Piaget desenvolveu seus estudos trabalhando com bebês, crianças e adolescentes. Mas sua teoria não se limita a eles, pois muitos adultos não atingem uma formação cognitiva completa, (Pulaski, 1986), ficando em estágios anteriores ao que era esperado. Assim a teoria de Piaget é muito útil ao indivíduo adulto, pois permite identificar em qual fase de desenvolvimento ele se encontra e permite propor uma metodologia para que após um treinamento adequado este indivíduo possa atingir o estágio de desenvolvimento adequado.

Para Piaget o desenvolvimento cognitivo realiza-se em quatro estágios classificados como, (Barros, 1996):

- Estágio sensório-motor, de 0 a 2 anos;
- Estágio pré-operacional, de 2 a 7 anos;
- Estágio das operações concretas, de 7 a 12 anos;
- Estágio das operações formais, de 12 anos em diante;

### 3.2.1 Estágio sensório-motor

Neste estágio, a atividade intelectual do indivíduo é de natureza sensorial e motora, ele percebe e age sobre o ambiente. A criança não tem consciência do seu eu. Neste estágio ocorre a interação dos sentidos com o ambiente. Para Piaget, os estímulos recebidos do ambiente são muito importantes para o desenvolvimento da criança, (Barros, 1996).

### 3.2.2 Estágio pré-operacional

Neste estágio, a criança já desenvolveu a capacidade de manipular símbolos, não estando o seu pensamento limitado ao ambiente sensorial imediato. Ela consegue usar símbolos mentais, imagens ou palavras, que representam coisas e pessoas que não estão presentes, (Barros, 1996).

### 3.2.3 Estágio operacional concreto

A criança consegue utilizar o raciocínio lógico de modo elementar na manipulação de objetos concretos. Ela pode classificar objetos com base em uma de suas características, tem noção mais avançada de classes, em sentido abstrato, compreende as relações entre classes e subclasses, e começa a compreender os termos de relação: maior, menor, direita, esquerda, mais alto, etc. “No entanto a criança não pensa em termos abstratos, nem raciocina a respeito de proposições verbais ou hipotéticas”. Assim, experimenta dificuldades com os problemas verbais”, (Barros, 1996, p. 61).

Neste estágio ela tem dificuldade em resolver problemas de aritmética, mesmo que possam ser resolvidos com operações conhecidas. Se os mesmos problemas fossem resolvidos com o uso de objetos concretos as crianças raciocinariam sem dificuldade. Mas os mesmos raciocínios, na forma de enunciados verbais, no plano da linguagem, tornam-se muito mais difíceis, por estarem ligados a hipóteses sem realidade efetiva, (Barros, 1996).

### 3.2.4 Estágio operacional formal

A criança consegue raciocinar independente da manipulação ou percepção de objetos concretos. As operações lógicas não necessitam de objetos físicos para serem realizadas, elas podem ser realizadas entre idéias, expressas em uma linguagem. O raciocínio pode ser feito sobre



hipóteses. “O pensamento formal é, portanto, hipotético-dedutivo, isto é, capaz de deduzir as conclusões de puras hipóteses e não somente através de observação real”, (Barros, 1996, p. 62).

### 3.3 Esquemas e *habitus*

Na visão tradicional o professor é o elemento mais importante no processo. A mente do aluno é uma tela em branco, sobre a qual uma imagem da realidade pode ser pintada. O aprendizado ocorre através de aulas bem preparadas e bem apresentadas, desde que o aluno esteja atento ao conteúdo, (Wankat and Oreovicz, 1992).

Muitos professores experientes podem atestar que este modelo não funciona para a maioria dos alunos. Este modelo foca no sistema de transferência e não no aluno.

Na realidade, a mente do aprendiz não é uma tela branca na qual o professor pode escrever ao seu desejo. A teoria construtivista diz que a tela não está inicialmente em branco e somente o próprio indivíduo pode fazer a escrita. Para a teoria construtivista, o professor se torna um facilitador do aprendizado, (Wankat and Oreovicz, 1992).

A escola não pode ficar preocupada apenas com a transmissão de conhecimentos. Ela deve se preocupar que o aluno seja capaz de aplicar, de forma correta e coerente, estes conhecimentos. Para Perrenoud (2002), a formação não é transmissão de conteúdos, mas transmissão de experiências formativas em situações de aprendizagem. Estas situações de aprendizagem devem permitir ao aluno construir o seu aprendizado.

Segundo Piaget, o indivíduo constrói suas próprias estruturas de conhecimento, que ele denominou **esquemas**. Ao receber um novo estímulo (novo conceito), ele procura encaixá-lo nestas estruturas já existentes, que seria o processo de **assimilação**. Ele confronta suas estruturas já formadas com a realidade, mudando seus esquemas ou criando outros para acomodar os novos estímulos, processo chamado por Piaget de **acomodação**. A pessoa busca alterar suas estruturas de conhecimento para atingir um estado de equilíbrio, denominado de **equilíbrio**.

O aprendizado não pode ter uma característica estática, em que o aluno possui um potencial de conhecimentos, mas não sabe aplicá-los. A escola deve preparar o aluno para a ação, para atender as necessidades da sociedade. E as ações só são possíveis graças a mecanismos

inconscientes, que são os *habitus*, conceito criado por Bourdieu.

Habitus é o conjunto de esquemas que uma pessoa dispõe em determinado momento de sua vida. O habitus é definido como um pequeno grupo de esquemas que permitem gerar uma infinidade de práticas adaptadas a situações que sempre se renovam sem nunca se constituir em princípios explícitos, (Perrenoud, 2002, p. 39).

A aplicação correta do conhecimento depende de esquemas de ação e de pensamentos, que formam o habitus do sujeito. As pessoas não inventam seus atos cada vez que vão utilizar, pois as situações são parecidas e as suas ações são apenas variações de uma estrutura estável, denominado por Piaget de estruturas de ação ou esquemas de ação.

Esquema de ação é tudo o que em uma ação pode ser transposto, generalizado ou diferenciado de uma situação com relação à seguinte, ou seja, tudo o que existe de comum nas diversas repetições ou aplicações da mesma ação, (Perrenoud, 2002, p. 38).

A ação concreta ou mental é sempre guiada por um esquema, mas ele não impede a variação, a inovação. O equilíbrio entre a assimilação aos esquemas existentes e sua adaptação à situação atual, gera uma ação adaptada, (Perrenoud, 2002).

As operações mentais são ações interiorizadas, que dependem de esquemas. Durante toda a vida, os esquemas nunca deixam de se desenvolver, de se diferenciar e de se coordenar uns aos outros, (Perrenoud, 2002).

Os professores teriam que conscientemente articular saberes e habitus. Mas as universidades tem dificuldade em formar esquemas de pensamento e de decisão, dos quais depende a aplicação dos saberes em uma situação complexa, (Perrenoud, 2002).

É necessário transformar o conhecimento procedimental em esquema, para se ter uma resposta mais ágil. Mas é preciso tempo para apagar rotinas antigas, conhecimentos incoerentes que foram aprendidos pela experiência imediata. Os esquemas antigos não desaparecem simplesmente, como se no lugar fossem colocados novos esquemas, mas são censurados, inibidos. E podem ressurgir em situações de emergência ou entrar em conflito com novos conhecimentos, (Perrenoud, 2002).

Também em Bachelard (1996) se encontram referências à dificuldade em superar a experiência imediata. Segundo ele, o que entrava o pensamento científico é a experiência comum. Para ele, abandonar os conhecimentos do senso comum é um grande sacrifício.

A escola deve buscar a formação consciente de *habitus* que o aluno deverá ter quando for trabalhar como profissional. Ela pode programar quais *habitus* devem ser desenvolvido. Uma maneira para se desenvolver *habitus*, pode ser a aplicação do ensino prático reflexivo, que será visto nas próximas seções.

### 3.4 O pensamento abstrato e o conhecimento científico

A observação primeira é sempre um obstáculo inicial para a cultura científica, pois é uma experiência colocada antes e acima da crítica.

Para Bachelard (1996), a experiência científica é uma experiência que contradiz a experiência comum.

O espírito científico não tem opiniões sobre questões que não compreende com clareza. É preciso em primeiro lugar, saber formular problemas, fazer perguntas. O conhecimento científico é resposta a uma pergunta.

A experiência comum não é de fato construída, é no máximo, feita de observações justapostas.

O aluno entra na sala de aula com conhecimentos empíricos já construídos e o professor tem que tratar muitas vezes de fazê-lo mudar de cultura experimentalmente, de derrubar os obstáculos já sedimentados na vida cotidiana.

Para Bachelard o pensamento científico abstrato é muito importante. A abstração permite um pensamento dinâmico e livre de algumas limitações. E toda experiência comum concreta é um obstáculo. “O primeiro princípio da educação científica é o pensamento abstrato. Só ele pode levar-nos a dominar o conhecimento experimental”, (Bachelard, 1996, p. 292).

A manipulação pura e simples dos equipamentos de medidas não garante uma educação científica, é necessário ter em mente que o mais importante é a concepção do experimento. Segundo Bachelard (1996, p. 297), “O instrumento de medida acaba sempre sendo uma teoria, e é preciso compreender que o microscópio é um prolongamento mais do espírito que do olho”.

Para a sua formação, o espírito científico passa por três fases, (Bachelard, 1996):

1. O estado concreto – em que o espírito se entretém com as primeiras imagens do fenômeno, exaltando a natureza, louvando ao mesmo tempo a unidade do mundo e sua rica diversidade. É a observação primeira.
2. O estado concreto-abstrato – em que o espírito acrescenta à experiência física esquemas geométricos e se apóia numa filosofia da simplicidade.
3. O estado abstrato – em que o espírito adota informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real, voluntariamente desligadas da experiência imediata e até em polêmica declarada com a realidade primeira, sempre impura, sempre informe.

É possível notar a relação que existe entre o estágio operacional concreto, de Piaget, com os estados concreto e concreto-abstrato, de Bachelard, e o estágio operacional formal, de Piaget, com o estado abstrato, de Bachelard. O indivíduo para compreender o conhecimento científico deve estar no estágio operacional formal. Nem todos os adultos atingem este estágio, mas este estágio é característico dos cientistas e pesquisadores, (Pulaski, 1986).

Assim o aluno no estágio operacional concreto tem grande dificuldade em superar alguns obstáculos epistemológicos, pois para ele os conceitos abstratos não fazem sentido. Por mais que o professor procure fazer explicações teóricas, ele não conseguirá fazer o entendimento destes conceitos.

Ele necessita de experimentos bem elaborados, que façam uma ponte entre o conhecimento concreto e os conceitos abstratos.

O experimento deve ser feito de forma a evitar que se torne uma simples observação.

Em algumas demonstrações os alunos deixam de observar os fenômenos essenciais para se fixarem nos efeitos acessórios. Assim, as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse. Após a demonstração, o professor deve o mais rapidamente possível explicar o fenômeno de forma a extrair o abstrato do concreto, (Bachelard, 1996).

Sem o equacionamento racional da experiência, determinado pela formulação de um problema, isto pode acabar levando ao surgimento de

uma espécie de inconsciente do espírito científico, que vai exigir muito esforço para ser alterado.

### 3.5 Abstração reflexionante

Para Piaget o conhecimento não advém apenas do objeto, como propõe o empirismo, nem apenas de estruturas endógenas inatas no indivíduo, como propõe o apriorismo ou o inatismo. Piaget vê no conhecimento uma construção contínua, sendo que o conhecimento resulta de interações que se produzem a meio caminho entre sujeito e objeto. O instrumento de troca inicial não é a percepção, mas a própria ação, (Piaget, 1990).

As primeiras coordenações entre a relação sujeito e objeto consistem em reunir ou dissociar certas ações do indivíduo ou seus esquemas, em ordená-las, encadeá-las, colocá-las em correspondência, ou seja, constituem as primeiras formas dessas coordenações gerais que estão na base das estruturas lógico-matemáticas, (Piaget, 1990).

Para Piaget, os mecanismos através dos quais se dá a aprendizagem são as abstrações empíricas e as abstrações reflexionantes.

A abstração empírica é uma abstração apoiada em objetos físicos ou sobre aspectos materiais da própria ação, (Piaget, 1995). Abstração empírica ocorre do conhecimento das propriedades dos objetos, como cor, peso, etc. O conhecimento destas propriedades é interno e é o resultado da construção feita internamente pelo sujeito, (Dubinsky, 2002).

Piaget usa o termo Abstração reflexionante para descrever a construção das estruturas lógico-matemáticas pelo indivíduo durante o seu desenvolvimento cognitivo, (Dubinsky, 2002). A abstração reflexionante envolve a reflexão sobre relações não-observáveis, mas elaboradas na mente, (Pulaski, 1986).

A abstração reflexionante apóia-se sobre todas as atividades cognitivas do sujeito (esquemas ou coordenações de ações, operações, estruturas, etc) para delas retirar certas características e utilizá-las para outras finalidades (novas adaptações, novos problemas, etc). Esta abstração transpõe a um plano superior o que colhe no patamar precedente. Ela permite construir estruturas novas, em virtude da reorganização de elementos tirados de estruturas anteriores, (Piaget, 1995).

A abstração reflexionante ocorre em todos os estágios, desde o sensoriomotor e continua por toda a vida, (Dubinsky, 2002). Nos níveis superiores, quando a reflexão é obra do pensamento, ela permite uma

reflexão sobre a reflexão, e é denominada **abstração ou pensamento reflexivo**, (Piaget, 1995). A abstração reflexiva é a tomada de consciência dos resultados de uma abstração reflexionante, (Piaget, 1995).

O pensamento lógico-matemático é construído por abstração reflexionante, tendo origem nas ações que o indivíduo pode exercer sobre os objetos, e essencialmente das coordenações destas ações, como por exemplo, reunir, ordenar, corresponder, (Piaget, 1979).

A abstração reflexionante se torna cada vez mais autônoma, sendo a única a operar na lógica e matemática puras, (Piaget, 1995).

As abstrações reflexivas permitem ao sujeito internalizar as operações lógico-matemática e a construir operações sobre outras operações, (Piaget, 1990).

### 3.6 A aprendizagem segundo Piaget

Segundo a teoria de Piaget sobre os estágios de desenvolvimento cognitivo, os alunos só aprendem o conteúdo relativo ao estágio em que se encontram. Se for tentado ensinar um conteúdo além do seu nível de desenvolvimento o aluno será obrigado a decorar sem entender este conteúdo.

Para Piaget o estágio operacional concreto termina aos 11 ou 12 anos de idade, mas existem pesquisas mostrando que muitos adultos permanecem neste estágio por toda sua vida. Estima-se que 30 a 60 por cento dos adultos permanecem durante sua vida no estágio operacional concreto, (Wankat and Oreovicz, 1992). Em testes aplicados em estudantes universitários McKinnon and Renner (1971) mediram que apenas 25 por cento dos estudantes universitários eram capazes de pensar no nível lógico-formal e que 50 por cento estavam no estágio operacional concreto. Os alunos de engenharia no estágio operacional concreto estão em torno de 10 por cento, (Wankat and Oreovicz, 1992).

O aluno no estágio operacional concreto se vê obrigado a decorar o conteúdo relativo à álgebra ou cálculo e pode ser incapaz de resolver problemas novos. Já o aluno no estágio operacional formal é capaz de planejar um caminho para solucionar novos problemas. O aluno neste estágio é capaz de metacognição, isto é, pensar sobre o que está pensando, (Wankat and Oreovicz, 1992).

A causa deste problema é que muitos professores não ensinam os alunos a refletir, pois estes mesmos professores também não aprenderam a refletir, (Barros, 1996).

Mesmo estes alunos que ainda estão no estágio operacional concreto podem vir a se tornar bons profissionais e a escola não pode perdê-los. Além disto, sabe-se que muitos alunos podem estar no estágio operacional formal em alguns segmentos do conhecimento e no estágio operacional concreto em outros, (Wankat and Oreovicz, 1992). Assim, deve-se fazer um esforço para permitir que os alunos consigam superar o estágio operacional concreto e possam atingir o estágio operacional formal.

Uma forma de identificar alunos no estágio operacional concreto é pela administração de testes com novos problemas utilizando o mesmo conteúdo já testado: eles cometem sempre os mesmos erros. Alunos que conseguem utilizar o pensamento operacional formal aprendem com seus erros, aprendem o conhecimento que falta, e rapidamente se tornam hábeis em resolver novos problemas com elevado grau de dificuldade, (Wankat and Oreovicz, 1992).

Quanto mais a pessoa recebe e processa as informações que requerem alguma lógica formal, mais próxima estará ela de fazer o salto para o estágio de pensamento operacional formal, (Wankat and Oreovicz, 1992).

Segundo McKinnon and Renner (1971), em muitos casos o professor apenas transmite informações, e se o aluno desenvolve um pensamento lógico, este desenvolvimento ocorre mais por acaso que por projeto do curso. Segundo eles, os professores deveriam estar conscientes de que o propósito fundamental do processo de educação é desenvolver a habilidade intelectual do aluno.

### **3.7 Desenvolvimento das estruturas cognitivas**

O papel do professor é avaliar e propor atividades que criem a necessidade do aluno expandir esquemas existentes ou criar novos esquemas. Isto é, gerar oportunidades em que ocorrerá o desequilíbrio, (Bentham, 2006).

O desenvolvimento cognitivo é feito em estágios e o aluno necessita aprender conceitos mais simples antes de aprender conceitos complexos, (Bentham, 2006).

Nos cursos de engenharia, se o indivíduo ainda possui deficiências no nível operacional concreto, o professor pode propor muitas experiências concretas, nas quais o indivíduo irá elaborar gradativamente as relações lógico-matemáticas, (Pulaski, 1986).

Os alunos podem ser auxiliados a atingirem o nível operacional formal em diversas etapas. Como foi comentado nas seções anteriores, o *habitus* é formado por um conjunto de esquemas, que se trabalhados adequadamente irão formar estruturas lógicas que possibilitarão a passagem ao estágio operacional formal.

O professor deve se preocupar em identificar o estágio cognitivo do aluno, pois se as atividades forem inferior ao estágio em que ele se encontra, ele se entediará, por ser fácil demais. Se o ensino estiver além do seu alcance, o aluno se sentirá frustrado e confuso. Mas se for direcionado para o nível operativo adequado, poderá oferecer uma dose suficiente de conflito cognitivo para estimulá-lo e interessá-lo, (Pulaski, 1986).

Alunos que ainda estão no estágio operacional concreto têm dificuldade em trabalhar com problemas matemáticos enunciados verbalmente e que não se relacionam com uma realidade efetiva, (Barros, 1996).

Assim o professor deve verificar se o aluno tem um raciocínio lógico-matemático formal estruturado, pois se o aluno não tiver atingido este nível ele terá muita dificuldade em compreender alguns conteúdos abstratos ensinados na engenharia.

No estágio operacional concreto, o indivíduo possui a capacidade de raciocinar logicamente, organizar os pensamentos em estruturas coerentes e totais, dispô-las em relações hierárquicas ou seqüenciais, (Pulaski, 1986), mas sempre relacionadas a objetos físicos. Ele ainda possui a capacidade de elaborar as relações entre esses objetos.

Durante o estágio operacional concreto, as estruturas lógicas matemáticas são construídas através das coordenações entre as ações dos indivíduos sobre os objetos, como por exemplo, ordenar, encadear, colocar em correspondência, (Piaget, 1990). Assim o indivíduo pode construir as estruturas lógico-matemáticas por experimentos e/ou atividades que reforcem ações como, por exemplo, classificar objetos.

Neste estágio, as estruturas lógico-matemáticas ainda dependem de uma relação com os objetos físicos. Assim, neste nível o aluno não terá dificuldade em compreender aquilo que for relacionado às características físicas dos objetos. Mas terá muita dificuldade em compreender relações abstratas.

No estágio formal o raciocínio é inferencial enquanto no estágio concreto o raciocínio é descritivo, (Pulaski, 1986). As operações formais são relações entre relações ou proposições. Neste estágio, o aluno pos-



sui a capacidade de se orientar para o abstrato. As operações lógicas podem ser realizadas entre proposições sem a necessidade da percepção e manipulação da realidade, (Barros, 1996).

No estágio operacional formal a abstração reflexionante assume uma grande importância. A abstração reflexionante se produz quando o sujeito retira as propriedades das próprias ações, e não dos objetos em que está agindo, (Montoya, 2005).

O pensamento lógico-matemático abstrato é construído a partir da reflexão que o indivíduo faz sobre suas ações, ao agir sobre os objetos, (Montoya, 2005).

Existe uma grande diferença entre aprender um resultado e formar um instrumento intelectual, um raciocínio lógico, necessário à construção destes resultados. Os raciocínios lógicos não são formados em alguns dias. Para formá-los é necessário outros instrumentos lógicos preliminares, isto é substratos anteriores, (Piaget, 1983).

As **estruturas lógicas** se constroem, e levam muitos anos para se elaborarem. Essa construção obedece a leis particulares: a) as **abstrações reflexivas**, fornecendo os materiais da construção à proporção das necessidades; b) uma **equilíbrio**, no sentido da auto-regulação fornecendo a organização reversível interna das estruturas (fonte de reversibilidade operatória), (Piaget, 1979). O ponto de partida são as **coordenações gerais das ações**, isto é, as ligações comum a todas as coordenações sensorio-motoras.

A lógica e a matemática, como formas evoluídas de conhecimento, são resultados de um longo processo de abstrações reflexionantes, (Montoya, 2005). Mas antes de aplicar-se aos enunciados verbais ou proposições, a lógica se organiza através das manipulações práticas que se referem aos objetos, (Piaget, 1991).

Assim o professor deve se preocupar em fazer o aluno refletir sobre suas próprias ações e atividades que está realizando. Com isto ele pode auxiliar o aluno a fazer a transição para o pensamento formal.

Um dos grandes problemas é que o ensino pressupõe que o aluno ao entrar no curso de engenharia já está no estágio operacional formal. Mas como foi visto, alguns alunos podem ainda estar no estágio operacional concreto. No quadro 3.1 são mostradas as características dos últimos três estágios de formação do pensamento, os problemas que acarretam se o aluno não o estiver atingido e como pode ser feito para que o aluno atinja este estágio. Para os cursos de engenharia, o maior interesse está relacionado com os dois últimos estágios.

Quadro 3.1: Características, problemas e soluções no estágios de pensamento

<b>Estágio e características</b>	<b>Problema</b>	<b>Solução</b>
<b>Pré-operacional</b> (2 a 7 anos): função semiótica (linguagem, jogo simbólico, imagens, etc), com a interiorização da imitação em imagens e a aquisição da linguagem, permite a condensação das ações sucessivas em representações simultâneas.	A criança não aprende o conteúdo próprio da sua idade.	O problema é que ela não interagiu com o ambiente (pessoas e objetos) de forma a construir os esquemas cognitivos. A solução é refazer todo o processo de aquisição do conhecimento, que seria feito normalmente pela criança, (Barros, 1996).
<b>Operacional concreto</b> (7 a 12 anos): o aluno consegue fazer operações lógico-matemáticas sobre os objetos físicos, presentes ou imediatamente imagináveis	O aluno não possui raciocínio lógico-matemático, mesmo trabalhando com objetos físicos.	Propor exercícios para que o indivíduo possa construir estruturas cognitivas para lidar com: a) conservação de quantidade; b) classificação; c) inclusão de classes; d) seriação;
<b>Operacional formal</b> (12 anos em diante): o aluno tem condições de realizar operações sobre proposições lógicas, trabalhando com um raciocínio hipotético-dedutivo baseados em constructos teóricos.	O aluno só raciocina de forma lógico-matemática baseada em objetos físicos. Ele comete os mesmos erros, para diferentes problemas utilizando os mesmos conteúdos.	Desenvolver pensamento reflexivo; Desenvolver a autonomia do indivíduo, incentivando respostas, mesmo incorretas; Propor exercícios para que o aluno confronte seu ponto de vista com o correto, para que ele próprio faça seu feedback interno;

Fonte: o autor

O pensamento lógico-matemático formal não pode ser ensinado, mas deve-se criar mecanismos para que o aluno possa alcançá-lo.

A inteligência lógica inicia-se na forma de operações concretas e após um longo processo de reflexões abstracionantes chega-se à capacidade de deduções abstratas, (Piaget, 1991).

O feedback para o conhecimento lógico-matemático não vem de fora, mas de dentro do próprio indivíduo. A coerência interna do seu sistema de pensamento é que constitui a fonte de feedback do conheci-

mento lógico-matemático, (Barros, 1996). Assim o professor deve encorajar o aluno a expor seu pensamento e fazê-lo comparar o que ele acha que é correto com os resultados obtidos em experimentos práticos, para que ele possa ir reconstruindo seu conhecimento lógico-matemático.

O professor deve propor atividades para desenvolver o pensamento reflexivo do aluno.

O aluno deve ser encorajado a desenvolver sua autonomia. O aluno deve ser incentivado a apresentar respostas próprias, mesmo que diferente das dos colegas ou do professor. Depois o professor poderá propor mecanismos para que o aluno internamente convirja para a resposta correta. Isto levará o aluno a confiar em seu próprio raciocínio e será capaz de pensar logicamente.

Em estudos com crianças de comunidades carentes, (Montoya, 2005) conclui que o déficit cognitivo, atraso de mais de quatro anos, ocorria devido ao fato de as crianças não fazerem exercícios no nível de representação mental. Elas não eram solicitadas a relatar nem a explicar o que faziam e experimentavam. Assim ele propôs uma estratégia educativa levando em conta o processo de representação imagética e do pensamento, em três momentos: a) exercício de expressão espontânea, mediante relatos orais, desenhos, dramatizações e outros; b) exercícios de narrativas mais complexas do ponto de vista temporal, espacial e causal; c) exercício de pesquisa sobre os fenômenos e acontecimentos que mais interessavam e chamavam a atenção das crianças, com registros e evocações dos dados, comparações e relacionamentos, e explicações para relacionar os eventos. Para ele, a atividade de pesquisa estimulava o processo da abstração reflexiva, responsável pela construção operatória do pensamento. Segundo Montoya, os resultados da pesquisa mostraram uma clara evolução na organização espaciotemporal do pensamento e que os discursos dos alunos tornaram-se coerentes.

Uma falha do professor é não analisar os exercícios feito pelo aluno. Muitas vezes o aluno termina um exercício e vai embora sem mostrar os resultados ao professor. O professor deve incentivar o aluno a explicar o que fez, a analisar os resultados que obteve, com isto ele estará ajudando o aluno a desenvolver o pensamento formal.

Indivíduos que não atingiram o estágio operacional formal têm dificuldade em trabalhar com problemas verbais, que não sejam relacionados com uma realidade efetiva, (Barros, 1996). Para estas situações, deve-se propor experimentos e exercícios escolares para promover o pensamento lógico-formal e a abordagem “mãos na massa” é mais

recomendada do que a observação passiva, (Barros, 1996).

A dificuldade no estudo da matemática é que ela é um sistema que se auto-contém sendo separado do mundo físico e social, de forma que os objetos matemáticos podem ser melhor descritos como isoladamente abstratos, (Mitchelmore and White, 2004).

O conhecimento lógico-matemático não pode ser ensinado por meio da transmissão pela linguagem, como se fosse conhecimento social. O indivíduo tem que construí-lo por si mesmo, (Barros, 1996).

Na matemática um grupo é um conjunto de elementos cuja relação dos elementos uns com os outros têm as propriedades de combinação, associatividade, identidade e reversibilidade. No estágio operacional concreto, a maioria das estruturas do pensamento não satisfaz os requisitos do grupo, (Pulaski, 1986). Assim um indivíduo no estágio operacional concreto terá muita dificuldade em estudar alguns conceitos matemáticos, que são necessários para a composição das matérias de engenharia.

Por isso, alunos que se encontram no estágio operacional concreto terão muita dificuldade em lidar com conceitos abstratos da matemática. Muitos tentarão decorar alguns conteúdos e algumas formas de resolver problemas para obterem aprovação, mas não conseguirão utilizar estes conteúdos de forma operacional durante sua vida.

Deve-se buscar exercícios e problemas para que o aluno possa exercitar o pensamento ligado à lógica formal, pois isto irá auxiliá-lo a fazer a transposição para o estágio operacional formal, (Wankat and Oreovicz, 1992). Assim tem sido desenvolvidas muitas estratégias educacionais, que podem auxiliar os alunos a atingirem o estágio operacional formal. Como por exemplo, aprendizagem ativa, aprendizagem cooperativa, aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em projetos, prática reflexiva, pensamento reflexivo, (Perez et al., 2010), (Douglas and Chiu, 2009), (Bonwell and Eison, 1991), (Duarte and Fitzgerald, 2006), (Prince, 2004).

Como exemplo, pode-se citar Polya (1973) que em seu livro propõe estratégias de como desenvolver operações mentais úteis para a solução de problemas. Segundo ele a resolução de problemas pode ser agradável e o aluno pode criar uma afinidade pelo trabalho mental, e isto pode deixar um imprinting na mente por toda a vida. Isto é, os exercícios podem criar esquemas mentais e habitus que serão úteis por toda sua vida.

Uma teoria de aprendizagem que pode ser utilizada para fazer a

transição do estágio concreto para o formal, é a proposta por Ausubel, chamada aprendizagem significativa. Na aprendizagem significativa, (Cantu, 2005), cada novo conhecimento se relaciona com conceitos ou informações relevantes presentes na estrutura cognitiva do aluno, chamadas de idéias âncoras (subsunçores). Sendo que estas idéias âncoras são modificadas com os novos conteúdos, dando lugar a idéias âncoras mais potentes e explicativas. O professor ao verificar as idéias âncoras que o aluno possui, pode identificar em qual estágio operacional o aluno se encontra, e trazer o conteúdo adequado à condição do aluno.

É necessário que a escola saia da mera transmissão de conhecimentos e comece a formar pessoas que reflitam sobre o que estão fazendo, isto é, que sejam profissionais reflexivos. Só assim será possível garantir que os alunos poderão sair do estágio operacional concreto e poderão passar ao estágio operacional abstrato.

O professor poderia utilizar o ensino reflexivo para auxiliar o desenvolvimento cognitivo do aluno. Segundo Perrenoud (2002), a postura reflexiva mobiliza saberes teóricos e metodológicos, mas não se reduz a estes saberes. Ela não pode ser ensinada, mas o aluno pode aprendê-la. Ela é uma característica que o aluno deve interiorizar, da mesma forma que as competências.

Uma parte dos professores não investe na formação da prática reflexiva, pois considera que a reflexão seja algo automático.

Também muitos alunos não gostam de refletir, preferem absorver os saberes. Eles foram habituados, pela própria escola, a não fazerem questionamentos. Mas o treinamento para a visão reflexiva pode auxiliá-los à passarem para o estágio operacional formal.

Assim a grande importância de se ensinar o aluno a ser reflexivo em todas as situações de sua vida.

### **3.8 Os experimentos didáticos no desenvolvimento cognitivo**

Para auxiliar os alunos a atingirem o estágio cognitivo formal, pode-se utilizar experimentos físicos, trabalhados na forma reflexiva.

Como já foi falado nas seções anteriores, o aprendizado pode ser melhorado pela experiência direta, utilizando-se exemplos concretos, (Bernstein, 1999). Além disto, o conhecimento lógico-matemático é resultado do processo de abstração reflexionante e se organiza inicialmente através da manipulação de objetos físicos, (Piaget, 1991).

No laboratório o aluno pode aprender a fazer determinados raciocínios apoiados nas propriedades de objetos físicos. Operações com objetos físicos constituem as bases das estruturas lógico-matemáticas. Para conseguir isto, o aluno deve refletir sobre suas ações e sobre as atividades que está realizando no laboratório. Com isto, os experimentos podem auxiliá-lo a fazer a transição para o estágio cognitivo formal.

Em muitas aulas de laboratório, o professor deixa o aluno livre fazendo o experimento, sem acompanhar o que ele está fazendo. Muitas vezes o aluno termina o experimento e sai da sala da aula sem discutir os resultados com o professor. O professor deve incentivar o aluno a explicar o que fez, a analisar os resultados obtidos, para que o aluno consiga desenvolver o pensamento formal.

Como os indivíduos que estão no estágio operacional concreto tem dificuldade em trabalhar problemas abstratos, o laboratório por permitir o manuseio de elementos concretos, pode ajudá-los a entenderem alguns conceitos mais abstratos. Mas para exercitar o pensamento de forma a atingir o estágio formal, o laboratório deve ser trabalhado de forma reflexiva.

A ação é o ponto de partida para se chegar à abstração reflexionante e o laboratório é essencialmente um local de ação. Nele o aluno tem que ser ativo para poder fazer o experimento proposto.

Assim o indivíduo pode executar materialmente operações que irão ajudá-lo a constituir futuramente as estruturas cognitivas do estágio operacional formal.

O laboratório pode ajudar o aluno a construir o conhecimento lógico-matemático se for trabalhado através de atividades reflexivas, (Barros, 1996).

Atividades de laboratório estruturadas logicamente permitem que o aluno possa raciocinar através de referenciais concretos, permitindo que possa compor estruturas cognitivas adequadas para que atinja o estágio operacional formal, (Wankat and Oreovicz, 1992).

No laboratório o professor pode mais facilmente identificar alunos que ainda estão no estágio concreto: são alunos que tendem a decorar os conteúdos e não conseguem aplicá-los para resolver problemas, (Wankat and Oreovicz, 1992). Podem ser alunos que algumas vezes até sabem os conteúdos, mas não conseguem relacioná-los para resolver novos problemas. No laboratório eles fazem o experimento mecanicamente e não conseguem explicar os resultados obtidos, nem relacionar os resultados com outros conteúdos. São alunos que muitas vezes nem sabem como

começar o experimento. Eles necessitam um forte apoio do professor, que muitas vezes acaba tendo que guiá-los constantemente.

O aluno ao fazer um experimento baseado em objetos físicos pode exercitar ações básicas que irão formar o pensamento lógico-matemático ligado a estes objetos, para que no futuro tenha condições de fazer raciocínios abstratos.

### 3.9 Considerações finais

Neste capítulo foram inicialmente mostrados os estágios do desenvolvimento cognitivo, segundo Piaget. Em seguida foi feito um resumo sobre os esquemas cognitivos e *habitus*, procurando mostrar que eles possuem um papel importante no aprendizado.

Dando continuidade foi mostrado que o conhecimento científico exige do pesquisador um pensamento abstrato, de tal forma que só aquele indivíduo que estiver no estágio operacional formal poderá ter.

Foram mostrados alguns estudos indicando que muitos alunos dos cursos de engenharia não conseguem atingir o estágio operacional formal, tendo por isto dificuldade em aprender conceitos abstratos.

Falou-se, também, sobre o papel do laboratório como auxiliar no desenvolvimento cognitivo do aluno. Em seguida foi mostrado que o processo para o aluno obter as estruturas necessárias ao pensamento formal lógico-matemático é feito através de abstrações reflexionantes, e foi feita uma explanação sobre o desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos.

Foi mostrado o que pode ser feito para que o aluno possa atingir o estágio operacional formal e finalmente foi mostrado que o pensamento reflexivo é muito importante para auxiliar neste processo, sendo que experimentos de laboratório, trabalhados de forma reflexiva, podem ser uma maneira eficaz de auxiliar o aluno a passar para o estágio formal.

Em função destas informações, o laboratório deixa de ser um elemento acessório e torna-se um elemento fundamental nos cursos de engenharia.

Devido à heterogeneidade de formação dos alunos do ensino médio, fica cada vez mais difícil garantir que a maioria dos alunos que entram nos cursos de engenharia se encontram no nível operacional formal.

Pelas pesquisas realizadas fica claro que muitos alunos podem estar em estágios de aprendizados inferiores ao esperado. Assim, é

necessário que os professores se preocupem com o currículo de forma a garantir que em todas as disciplinas sejam utilizados mecanismos para testar e fortalecer o pensamento lógico, permitindo com isso que mais alunos passem para o estágio operacional formal.

Existem alunos que fazem o experimento de laboratório com certa facilidade, mas enfrentam extrema dificuldade ao aplicar estes conceitos em uma prova teórica. São alunos que ainda estão no estágio operacional concreto e o professor deve buscar formas de auxiliá-los a fazerem a transição para o estágio operacional formal.

O laboratório pode ser um elemento de grande importância no auxílio dos alunos para que eles possam fazer a transição entre os estágios operacional concreto e operacional formal.

No capítulo 4, como continuidade deste capítulo, serão mostrados que tipos de experimentos o aluno teria condições de fazer conforme sua capacidade cognitiva. Em seguida será proposta uma classificação dos experimentos de laboratório, conforme as características cognitivas trabalhadas.



## Capítulo 4

# Os experimentos e sua relação com estágios cognitivos

### 4.1 Introdução

Para Piaget o indivíduo constrói suas próprias estruturas de conhecimento, continuamente testando-as no mundo externo e adaptando-as, sempre buscando um equilíbrio. Assim muitos indivíduos adquirem uma estrutura de conhecimento que trabalha razoavelmente bem, (Wankat and Oreovicz, 1992). Desta forma, o indivíduo aprende e modifica suas estruturas mentais a todo instante, a partir de qualquer experiência. E a escola é o local mais apropriado para se obter a modificação destas estruturas, sendo que o laboratório é um ambiente privilegiado, onde o professor pode mais facilmente identificar o nível de aprendizado do aluno e propor novos experimentos para que o aprendizado ocorra de maneira efetiva.

A ação é a fonte das operações, porque suas coordenações gerais comportam certas estruturas elementares, que servem de ponto de partida às abstrações reflexionantes. O sujeito é ativo e constrói, ele próprio, suas estruturas por procedimentos de abstrações reflexionantes, (Piaget, 1979).

As operações são ações interiorizadas, isto é, executadas de forma interior e simbolicamente, e não materialmente. Essas ações interiorizadas constituem o pensamento, e devem ser primeiramente aprendidas materialmente. Pensar é classificar, ordenar, correlacionar, reunir, dissociar, etc. Mas o indivíduo deve, primeiramente, executar todas estas operações materialmente em ações, para em seguida ser capaz de construí-las em pensamento, (Piaget, 1983). É necessário muito exercí-

cio de ação pura para construir as subestruturas do pensamento.

Um problema crítico para o aprendizado, é que alguns conhecimentos são obtidos por observação direta da realidade e podem levar a conceitos errados. Por exemplo, muitos estudantes de engenharia iniciam o curso de física com a crença de que uma força constante deve ser aplicada para manter um objeto se movendo a uma velocidade constante, (Wankat and Oreovicz, 1992).

Ao estudar os conceitos corretamente o aluno vive a agonia da reconstrução do conhecimento devido ao desequilíbrio causado por novos dados que não podem ser explicados pelos modelos antigos, e a incapacidade de resolver os problemas requeridos, (Wankat and Oreovicz, 1992).

Muitos alunos acham argumentos matemáticos e aulas teóricas com pouca discussão razão insuficientes para descartar o modelo pré-newtoniano. Por exemplo, no caso do movimento de um corpo, experimentos com um sistema quase sem atrito são necessários para fazer os alunos revisarem seus modelos do mundo, (Wankat and Oreovicz, 1992).

O laboratório oferece oportunidades de identificar, diagnosticar e permitir a superação das concepções alternativas dos alunos, (Alves, 2000).

Segundo a teoria construtivista, formar uma nova estrutura do conhecimento é difícil e os estudantes devem ser motivados para fazerem isto. Por exemplo, o contato direto com os professores tem um efeito positivo na reorganização da estrutura do conhecimento, particularmente para alunos que se identificam com o símbolo da autoridade, (Wankat and Oreovicz, 1992), sendo que isto pode ser conseguido de forma mais efetiva em um laboratório.

Alunos que ainda estão no estágio operacional concreto têm dificuldade em rever suas estruturas do conhecimento. Para aqueles que estão neste estágio, a operação concreta do laboratório pode ajudá-los a aceitar uma nova organização do conhecimento, (Wankat and Oreovicz, 1992).

O laboratório pode ser utilizado como um meio para permitir o desenvolvimento mental do aluno, para que seja feita a transição do estágio operacional concreto para o operacional formal. Os experimentos físicos (“*hands-on*”) permitem que o aluno trabalhe os objetos físicos em um nível operacional concreto, fazendo uma ponte com o conteúdo teórico para atingir um raciocínio operacional formal.

Além disto, os laboratório são fundamentais para desenvolver as competências dos alunos, permitindo que todos desenvolvam habilidades e competências independente do nível operacional em que se encontram, possibilitando que aqueles que ainda estão no estágio operacional concreto consigam fazer uma ligação entre os objetos que estão manipulando e a teoria. Isto pode permitir um melhor entendimento de alguns conceitos formais.

Mas o laboratório não pode ser um local onde o aluno segue para executar alguma funções mecanicamente, apenas no nível psicomotor. O professor deve se preocupar que em cada experimento sejam trabalhadas as dimensões cognitivas, afetivas e psicomotoras, (Bloom et al., 1976). E a atividade cognitiva deve ser relacionada a atividades voltadas à indagação, pois este tipo de atividade promove pensamentos lógicos, sendo uma forma de se treinar o aluno para que ele possa passar para o estágio operacional formal, (McKinnon and Renner, 1971).

O experimento de laboratório tem outras vantagens, no laboratório o aluno deve ser ativo, diferente de uma aula teórica onde uma abordagem passiva é permitida e freqüentemente encorajada. A reconstrução do conhecimento requer um esforço mental ativo do estudante, (Wankat and Oreovicz, 1992).

Este capítulo é composto da seguinte forma: na seção 2 procura-se relacionar as estruturas cognitivas com o tipo de experimento que o aluno consegue realizar. Na seção 3 propõe-se uma forma de classificar os experimentos de laboratório conforme as características cognitivas trabalhadas. Na seção 4 procura-se ressaltar os problemas que podem aparecer quando o aluno tiver que fazer experimentos fora de seu nível cognitivo. Finalmente na ultima seção faz-se algumas considerações sobre este capítulo.

## 4.2 Atividades cognitivas e experimentos

O laboratório pode ser o ambiente ideal para que o aluno modifique suas estruturas cognitivas. Os experimentos de laboratório, bem planejados, serão fontes de ações que permitirão que o aluno reconstrua suas estruturas cognitivas.

Nesta parte procura-se relacionar as estruturas cognitivas com o tipo de experimento, dentro da capacidade do aluno. Isto é, fazer a relação das estruturas cognitivas com o tipo de experimento que o aluno consegue realizar.

### 4.2.1 Estágio sensório-motor

Para Piaget (1983) no estágio sensório-motor o indivíduo sabe executar ações que têm êxito, mas ele não tem consciência destas ações. Ele consegue chegar ao resultado pela ação e não pelo pensamento, isto é por esquemas sensório-motores e não por esquemas representativos.

O processo cognitivo está situado em uma ação efetiva e atual, mas não refletida ainda num sistema conceptualizado, (Piaget, 1983).

O que é adquirido pela ação sensório-motora não resulta de imediato em nenhuma representação adequada no plano do pensamento, (Piaget, 1990).

Os esquemas da inteligência sensório-motora não são ainda conceitos, pois só entram em jogo no momento da sua utilização prática material, (Piaget, 1990).

Alguns experimentos podem ser executados de forma mecânica, utilizando-se apenas os esquemas-sensório motores, sem que o aluno faça uma reflexão sobre o que está realizando, como por exemplo, fazer montagem de circuitos, fazer soldagem de componentes, montagem dos equipamentos.

Neste nível cognitivo, o aluno consegue fazer a montagem, consegue até fazer o sistema funcionar, mas ele não consegue explicar o que fez nem porque funcionou.

As operações mentais envolvidas são de baixa característica cognitiva.

### 4.2.2 Estágio pré-operacional

Neste estágio, o indivíduo manipula símbolos mentais, imagens ou palavras que representam coisas e pessoas, mesmo que não estejam presentes. Ele consegue representar graficamente o que fez.

O indivíduo torna-se capaz de inferências elementares, de classificações de configurações espaciais, correspondências, etc, (Piaget, 1990). Mas ele não possui ainda um pensamento lógico completo.

O indivíduo combina elementos sem qualquer procedimento sistemático ou qualquer testagem de resultados, (Pulaski, 1986).

Além de montar o sistema, e fazer funcionar, o aluno consegue relatar o que fez, mesmo que seja dentro de uma semi-lógica ou de uma pré-lógica, isto é, algumas de suas explicações podem estar incompletas ou conterem incoerências.

### 4.2.3 Estágio concreto

Neste estágio, há a aplicação do conhecimento lógico-matemático sobre objetos físicos.

O indivíduo combina elementos com uma certa lógica, mas fica restrito a pares de combinações, a menos que seja sugerido a ele outras combinações. Algumas vezes não consegue explicar como conseguiu fazer a combinação de certos elementos, (Pulaski, 1986).

O indivíduo possui um raciocínio descritivo, pois lida com fatos concretos em um mundo real e visível, (Pulaski, 1986).

Após um treinamento adequado, o indivíduo consegue montar um circuito, colocá-lo em funcionamento, analisar e explicar seu funcionamento de forma correta em um sentido lógico. Ele consegue fazer as medições de um experimento e interpretar os resultados corretamente.

Mas ele pode ter dificuldade em fazer medições e interpretação dos resultados em um novo circuito, sem um treinamento adequado.

O aluno não consegue fazer a pesquisa de defeito em circuitos desconhecidos, com certa complexidade, pois ele não consegue trabalhar com muitas variáveis ao mesmo tempo. Para circuitos que conhece bem, após treinamento adequado, ele consegue fazer a pesquisa.

O aluno desenvolve muito bem as atividades relacionadas a objetos físicos, mas pode ter dificuldade em relacionar as mesmas atividades com exemplos hipotéticos ou fazer a aplicação do que aprendeu em novas situações.

Neste estágio, o aluno necessita muito da parte prática para poder compreender conceitos abstratos. Ele baseia muito do seu aprendizado na prática.

### 4.2.4 Estágio formal

Neste estágio, o indivíduo possui a capacidade de raciocinar sobre enunciados, hipóteses e não apenas sobre objetos postos sobre a mesa ou imediatamente apresentados.

Na combinação de elementos, o indivíduo começa a trabalhar de modo sistemático levando em conta todas as combinações possíveis, (Pulaski, 1986).

O indivíduo possui um raciocínio hipotético-dedutivo, baseado em hipóteses que levam a certas deduções. Ele é capaz de um raciocínio inferencial, (Pulaski, 1986). O indivíduo pode lidar com experimentos multifatoriais complexos, isto é, com muitas variáveis.

O aluno consegue fazer a pesquisa de defeitos em circuitos desconhecidos, com certa complexidade, pois mentalmente ele consegue interpretar o que significa certo valor de tensão em um determinado ponto do circuito e quais condições em pontos anteriores levaram a este resultado.

Dado um conjunto de requisitos, o aluno será capaz de identificar o problemas, escolher a solução mais adequada e fazer o projeto. O aluno não necessita fazer a montagem para verificar que o projeto está correto. Num nível mental abstrato ele consegue analisar teoricamente e verificar se o projeto irá funcionar.

No quadro 4.1 são mostradas as características de cada estágio cognitivo.

Obs: alguns alunos podem estar num estágio de transição entre o concreto e o formal. Pode-se dizer que eles se encontram no estágio pós-concreto, (McKinnon and Renner, 1971).

### 4.3 Experimentos de laboratórios

Existem diversas maneiras de se classificar os experimentos de laboratório. Por exemplo, den Berg (1997) classifica os laboratórios (e por consequência, os experimentos) por objetivo de utilização: a) laboratório de conceitos: com ênfase no ensino de um conceito ou para que o aluno supere conceitos errados; b) laboratório de pesquisa ou inquirição: com ênfase em como aprender a fazer pesquisa; c) laboratório de instrumentação: com ênfase em aprender habilidades no manuseio de equipamentos.

Em McComas (1997) os laboratórios de ciências (e por consequência, os experimentos) são classificados em quatro níveis, conforme os graus de liberdade (ou abertura) dados ao aluno, com relação à definição do problema, dos meios e caminhos e da resposta esperada, como mostrado no quadro 4.2.

Neste capítulo propõe-se classificar os experimentos de laboratório levando-se em consideração características cognitivas que são trabalhadas no experimento.

É claro que uma mesma atividade de laboratório pode ser desenvolvida de diferentes formas, podendo levar ao desenvolvimento de estruturas cognitivas de baixo nível, se for desenvolvida de forma mecânica, ou de alto nível, se for desenvolvida de forma reflexiva. Mas muitas vezes, o professor a utiliza como um fim em si próprio, dando

Quadro 4.1: Estágios cognitivos e características

<b>Estágio Cognitivo</b>	<b>Características</b>
<b>Sensoriomotor</b>	Pelo meio da ação, o indivíduo desenvolve esquemas sensorio motores. As operações mentais envolvidas são de natureza sensorial e motora. Atividades reflexas. O indivíduo forma uma representação mental do mundo pela sua interação física com o mundo.
<b>Pré-operacional</b>	Há o início de operações mentais, que ainda são pré-conceitos e pré-relações. Possui uma inferência elementar. O indivíduo tem um pensamento lógico não completamente formado. Resolução de problemas pelo emprego de representações mentais. Incapaz de generalizar. Realismo nominal – o indivíduo pensa que o nome faz parte do objeto Raciocínio pré-conceitual e intuitivo – não consegue entender a explicação na perspectiva do professor. Ele começa a manipular imagens mentais (imaginação) Realismo - o aluno enxerga as leis físicas como imutáveis e exatamente reais.
<b>Concreto</b>	O aluno consegue manipular relações lógico-matemáticas sobre objetos físicos. O pensamento adquire reversibilidade. As operações lógicas são aplicadas na resolução de problemas concretos. Neste estágio o indivíduo possui a idéia de conservação de: numero, comprimento, líquido, massa, peso, área, volume.
<b>Formal</b>	O aluno consegue manipular relações lógico-matemáticas abstratas. Resolve problemas verbais e hipotéticos complexos. O aluno consegue usar símbolos relacionados a conceitos abstratos e resolver problemas.

Fonte: o autor

maior importância ao resultado do experimento do que o processo como um todo. O aluno ao terminar o experimento sai sem fazer qualquer análise crítica do que executou.

Pode-se classificar os experimentos de laboratório nos grandes grupos:

1. Demonstração

Quadro 4.2: Níveis de abertura do laboratório

Nível	Problema	Meios e caminhos	Resposta
0	Dado	Dados	Dada
1	Dado	Dados	Aberta
2	Dado	Abertos	Aberta
3	Aberto	Abertos	Aberta

Fonte: McComas (1997)

2. Experimentos realizados pelos alunos
3. Projetos
4. Pesquisa dirigida pelo aluno

### 4.3.1 Demonstração

A demonstração é uma das atividades que menos contribui para o desenvolvimento cognitivo do aluno.

Na demonstração, o professor faz o experimento e o aluno apenas observa, e em alguns casos anota os dados para a confecção do relatório. Nesta situação, corre-se o risco do aluno prestar mais atenção a efeitos acessórios do experimento, do que ao próprio experimento. O aluno tem uma participação passiva.

A demonstração pode levar o aluno a uma abstração empírica, isto é, retirando informações dos objetos, e não a uma abstração reflexionante, que seriam as relações lógico-matemáticas elaboradas pela mente, a partir das ações desenvolvidas sobre os objetos.

O aluno não desenvolve esquemas sensório-motores, pois ele tem um comportamento passivo.

Em algumas situações, o aluno ouve, observa e monta mentalmente o experimento, mas talvez não o compreenda completamente, podendo o aprendizado situar-se numa pré-operação. Isto ocorre, pois a demonstração é realizada muitas vezes na perspectiva e no ritmo do professor.

Conforme for desenvolvida, a demonstração nem poderá ser vista como um referencial concreto, no ponto de vista de formação de esquemas mentais. Pode ser que o aluno não compreenda o que se está demonstrando, pois a explicação do professor pode estar além da sua capacidade cognitiva.



### 4.3.2 Experimentos realizados pelos alunos

Com relação aos experimentos realizados pelos alunos, têm-se um continuum entre dois tipos extremos de experimentos: experimentos completamente guiados e experimentos totalmente abertos ou não estruturados.

Os alunos têm uma participação ativa nas atividades experimentais, que podem ser subdivididas em:

- **Experimento completamente guiado**

Também denominado experimento completamente estruturado, “*cookbook*”, tipo-receita ou “*close-ended*”.

Nos experimentos tipo-receita, os alunos simplesmente seguem roteiros muitos limitativos, que são seqüências de passos na forma de uma receita e que permitem chegar a um resultado pré-determinado. Com isto o professor consegue manter um controle sobre o conhecimento exigido dele próprio e dos seus alunos. Mas estes experimentos não ajudam a desenvolver habilidades críticas de pensamento que conduzem a um profundo aprendizado, (Anagnos et al., 2007).

Este tipo de experimento desenvolve características cognitivas ligadas à ação sensorio-motor, podendo levar o aluno a uma abstração empírica e não a uma abstração reflexionante.

Para que este tipo de experimento pudesse desenvolver esquemas de alto nível cognitivo, o professor teria que adotar um enfoque reflexivo.

Nesta categoria, os experimentos podem ser utilizados para:

a) **Demonstrar uma fórmula** – muitas atividades experimentais têm como objetivo apenas a verificação de conceitos teóricos já aprendidos pelo aluno, tornando-se uma mera coleta de dados, em que não se faz a interpretação dos resultados. O aluno não faz um processo investigativo e são trabalhados apenas esquemas de baixo poder cognitivo. É um laboratório de verificação de conceitos teóricos.

b) **Treinar o aluno na aquisição de habilidades psicomotoras** – devido à ação desenvolvida pelo aluno, alguns esquemas sensorio-motores são reforçados. Mas não há garantias de que o estruturas cognitivas complexas sejam desenvolvidas.

c) **Reforçar conceitos teóricos** – depende do modo como este experimento é executado: se for executado mecanicamente pode levar apenas ao desenvolvimento de esquemas sensório-motores; se for implementado de forma reflexiva pode levar ao desenvolvimento de esquemas de maior característica cognitiva.

d) **Experimento guiado orientado à inquirição** – é um experimento bastante estruturado, mas com características reflexivas, no qual o aluno é guiado a uma visão científica. Este tipo de experimento permite o desenvolvimento de abstrações reflexionantes.

- **Experimento parcialmente guiado**

Também denominado experimento parcialmente estruturado.

Ao estudante são dadas algumas instruções na montagem do experimento e sobre o que deve ser feito no começo. Para a parte final do experimento, alguns detalhes são deixados a cargo do estudante

O aluno começa a desenvolver abstração reflexionante.

Nesta categoria de experimentos são desenvolvidas habilidades psicomotoras, habilidades cognitivas de médio nível, e habilidades afetivas, pois os alunos começam a lidar com as incertezas.

Este tipo de experimento se encontra na transição entre o estágio concreto e o estágio formal.

- **Experimento não-estruturado**

Também denominado experimento aberto ou “*open-ended*”.

Em um experimento não-estruturado os alunos recebem apenas metas ou instruções gerais, como por exemplo, construir um novo circuito lógico. O aluno deve decidir o que necessita ser feito e como isto deve ser feito, da melhor forma possível.

Nesta categoria de experimentos são desenvolvidas habilidades psicomotoras, habilidades cognitivas de alto nível, e habilidades afetivas, pois os alunos tem de lidar com incertezas em todas as etapas.

Os experimentos podem ser classificados em:

a) **Experimentos de montagem de projetos** – nestes tipos de experimentos são feitas as implementações do que foi

projetado. Nestes experimentos podem ser realizadas medidas para obter determinados coeficientes necessários ao projeto, ou eles podem ser usados para projetar, construir e testar algum dispositivo/sistema.

b) **Pesquisa experimental** – os alunos irão ao laboratório para realizar a parte experimental de sua pesquisa, que pode ter sido iniciada em sua sala de estudos. Não há nada estruturado, o aluno é quem vai definir o que deve ser feito e como será feito.

c) **Experimento aberto orientado à inquirição** – é um experimento não estruturado, mas com características reflexivas, no qual o aluno é sempre questionado e deve justificar suas decisões.

### 4.3.3 Projeto

Uma atividade projeto é uma situação pedagógica em que o grupo de alunos confronta um problema contextualizado, formulado a partir de um cliente e seus interesses, colocado dentro da realidade técnica atual e relacionado às questões sociais (impactos e interesses), empresariais (organização, marketing) e econômicas (custos e financiamento) que o envolvem, (Gomes and Silveira, 2007).

Neste tipo de atividade não há necessariamente a necessidade de o aluno fazer a montagem para verificar o funcionamento. O aluno possui segurança e condições para desenvolver pensamentos abstratos e prever, ainda no projeto, todos os problemas que poderiam ocorrer.

Para isto o aluno deve estar no estágio operacional formal, pois ele irá necessitar de estruturas cognitivas de alto nível.

Deve-se distinguir entre o laboratório de projetos do laboratório de montagem do projeto. No primeiro se faz o projeto, num nível conceitual, sem necessidade de qualquer implementação. Nos laboratórios de montagem de projetos são feitas as implementações do que foi projetado. Eles podem ser utilizados para projetar pequenos modelos ou resolver problemas industriais. Experimentos de montagem de projetos são classificados como experimentos não-estruturados.

### 4.3.4 Pesquisa dirigida pelo aluno

São atividades de mais alto nível cognitivo, normalmente desenvolvidas por alunos que participam de projetos de pós-graduação, como

bolsistas de iniciação científica. São mais utilizadas nos cursos de graduação que possuem interação com a pós-graduação.

O aluno estando no estágio operacional formal não necessita fazer experimentos durante a pesquisa, ele pode utilizar livros, artigos, etc. A pesquisa pode ser realizada de forma teórica, sem o uso do laboratório.

Mas se for necessário fazer uma pesquisa experimental, o aluno vai para o laboratório e a atividade recai na característica de experimento não-estruturado.

#### **4.4 Problemas com os experimentos quando não são trabalhados de forma reflexiva**

Qualquer forma de ensino trabalhada numa forma reflexiva levará a resultados eficazes. Mas algumas formas de ensino são mais fáceis de serem trabalhadas de forma reflexiva do que outras. Um mesmo experimento de laboratório pode ser trabalhado de diversas maneiras, levando a atividades reflexivas ou não.

O problema é que o laboratório é considerado uma atividade de baixo poder cognitivo, sendo usado muitas vezes apenas para confirmar a teoria.

Na realidade muitos professores trabalham os experimentos como um fim, não se preocupando em desenvolver o processo de reflexão em seus alunos.

Cada tipo de experimento trabalha determinadas características cognitivas. Algumas vezes o aluno não consegue entender o experimento por não estar no nível cognitivo adequado. Além disto, alguns experimentos podem não desenvolver determinadas características cognitivas.

Nos quadros 4.3 e 4.4 são mostrados os tipos de experimentos e as características cognitivas desenvolvidas e alguns problemas que podem aparecer.

Nestes quadros são mostrados como o aluno reagiria a cada tipo de experimento, conforme seu nível cognitivo.

No caso de experimentos físicos, todos os alunos, independente do seu nível cognitivo, desenvolvem esquemas sensório-motores.

#### **4.5 Considerações finais**

Neste capítulo procurou-se relacionar as estruturas cognitivas com o tipo de experimento que o aluno consegue realizar. Em seguida

foi proposta uma forma de classificar os experimentos de laboratório conforme as características cognitivas trabalhadas. Na última seção procurou-se ressaltar os problemas que podem aparecer quando o aluno tiver que fazer experimentos fora de seu nível cognitivo.

Conforme o estágio cognitivo do aluno, ele irá aproveitar ou não o experimento. E poderá aproveitar de forma diferente do seu colega.

O professor deve ter consciência das limitações temporárias dos alunos, verificando o que realmente cada aluno conseguiu aprender do experimento.

Entende-se que preparar uma aula de laboratório não é apenas, partindo da ementa, definir um conjunto de atividades que o aluno deverá desenvolver. Existem muitos aspectos que devem ser analisados ao se preparar uma aula, envolvendo além do conhecimento da própria disciplina, o conhecimento de filosofia, psicologia, teoria de ensino e aprendizagem, devendo ser imbricados, buscando-se uma unidade do conhecimento, para que se atinja o objetivo da aprendizagem.

Além disto, o professor pode escolher diferentes aspectos a serem trabalhados em um experimento. Ele deve decidir o que irá trabalhar com os alunos, qual o enfoque será utilizado. Para definir com exatidão o que será desenvolvido, ele poderá fazer questionamentos epistemológicos. Isto também está relacionado com a interpretação do experimento.

Para conseguir atingir o objetivo principal que é o aprendizado do aluno, o professor poderia usar teorias de aprendizagem e para escolher as melhores estratégias de ensino, basear-se nos estilos de aprendizagem dos alunos.

Assim, para se conceber um experimento de laboratório, assim como para preparar qualquer conteúdo teórico, deve-se levar em consideração alguns fatores extremamente importantes: a) qual o objetivo do experimento ou do conteúdo teórico a ser ministrado? b) quais habilidades espera-se que os alunos desenvolvam com o experimento ou com o conteúdo teórico? c) quais características os alunos possuem, isto é, quais são os estilos de aprendizagem dos alunos? d) qual o estilo de ensino do professor? e) qual a teoria epistemológica que embasa um experimento ou um conteúdo teórico?

No capítulo 5 será feita uma proposta de como o professor poderia preparar sua aula de forma reflexiva. O fazer do professor é de uma grande complexidade e necessita que seja, num primeiro momento, reflexivo, mas sempre com um objetivo a atingir que é a visão transdisciplinar.

Quadro 4.3: Características cognitivas dos experimentos e problemas - parte 1

Estágio cognitivo				
	<b>Esquema Pré operacional</b>	<b>Esquema Concreto</b>	<b>Esquema Formal</b>	
<b>Tipo de experimento</b> <b>Demonstração</b>	<b>Esquema Sensório-motor</b> Na demonstração não são trabalhados esquemas sensório-motores.	Na demonstração, o aluno pode não compreender a perspectiva do professor, ficando em uma semi-lógica.	A demonstração não é um referencial concreto, e o aluno terá dificuldade em visualizar as relações físicas do experimento. Ele pode se fixar em algum evento acessório se não estiver preparado para compreender o experimento.	a) Difícilmente levará o aluno para o estágio formal, se não for trabalhado de forma reflexiva. b) O aluno que se encontra neste estágio, entenderá facilmente a demonstração. Mas ela poderá acrescentar pouca coisa ao seu conhecimento.
<b>Experimento estruturado</b>	Neste tipo de experimento são trabalhados esquemas sensório-motores. Se o experimento for executado de maneira mecânica, sem o aluno se questionar sobre o que está fazendo, ele adquire o conhecimento do objeto sendo estudado apenas por sua interação física com o objeto, sendo, portanto muito limitado.	O aluno pode fazer o experimento, de forma mecânica, sem fazer nenhum questionamento sobre os resultados obtidos. Neste caso, ele poderia chegar a conceitos errados ou incompletos, podendo ser classificados dentro de uma semi-lógica	O experimento é um referencial concreto, mas pode ser muito limitativo, trabalhando apenas os esquemas sensório-motores se não for desenvolvido de forma reflexiva. O professor deve criar situações para que o aluno desenvolva o raciocínio lógico-matemático.	Difícilmente conduzem o aluno ao pensamento formal, se não for trabalhado de forma reflexiva.

Quadro 4.4: Características cognitivas dos experimentos e problemas - parte 2

		Estágio cognitivo		
		Esquema Pré operacional	Esquema Concreto	Esquema Formal
<b>Tipo de experimento</b>				
<b>Experimento parcialmente estruturado</b>	Os esquemas sensório-motores têm um papel secundário neste tipo de experimento.	O aluno pode fazer a parte estruturada, mas talvez não consiga desenvolver a parte não estruturada.	O aluno fixa-se mais na parte estruturada do experimento, desenvolvendo-a a contento. A outra parte, ele procurará copiar dos colegas ou adaptará de informações obtidas em livros.	O aluno facilmente executa as duas partes do experimento. Neste estágio, a parte não-estruturada do experimento poderá trazer maiores desafios ao aluno.
<b>Experimento não estruturado</b>	Os esquemas sensório-motores têm um papel secundário neste tipo de experimento.	O aluno pode tentar fazer montagens sem um planejamento e sem conexão com o experimento proposto. Ele pode ter dificuldade em manipular muitas variáveis ao mesmo tempo.	O aluno busca problemas próximos ao proposto, cujas soluções são encontradas na literatura. Ele irá criar poucas soluções prontas para chegar à solução do problema proposto.	O aluno no estágio formal irá desenvolver este experimento a contento.
<b>Projeto e Pesquisa</b>	Não são trabalhados esquemas sensório-motores	O aluno não faz um planejamento. Ele tenta encaixar soluções prontas que estão ao seu alcance.	O aluno irá tentar fazer a parte concreta que é a pesquisa prática ou testar algumas soluções práticas para chegar ao projeto. Ele tenta fazer o projeto a partir da prática. O aluno segue apenas procedimentos já dominados, que foram expostos em artigos e livros.	O aluno que está completamente no estágio operacional formal consegue fazer o projeto e programar a pesquisa sem a necessidade de qualquer apoio concreto.

Fonte: o autor





## Capítulo 5

# Fazer do professor de forma reflexiva

### 5.1 Introdução

O ensino deve se adaptar às características de cada nova época. Atualmente, um novo padrão cultural caracterizado por uma racionalidade crítica e emancipatória dos sujeitos e das instituições está emergindo, (Alarcão, 2001).

Os alunos irão praticar engenharia em um mundo completamente diferente daquele que os seus professores conheciam, eles irão trabalhar com tecnologias que ainda não existem, (Moore and Voltmer, 2003).

Um princípio fundamental para a educação deve ser o “conhecimento do conhecimento”, integrando o conhecedor em seu conhecimento, (Morin, 2000). Isto será conseguido através do ensino reflexivo.

O ser humano e a sociedade são multidimensionais: o ser humano é ao mesmo tempo biológico, psíquico, social, afetivo, racional; a sociedade comporta as dimensões histórica, econômica, sociológica, religiosa, (Morin, 2000). Para a compreensão desta multidimensionalidade é necessário compreender a transversalidade do conhecimento.

As sociedades emergentes da informação e comunicação necessitam de profissionais reflexivos para lidar com a transversalidade dos conhecimentos, (Tavares, 2001). Nestas sociedades as escolas devem ser mais reflexivas, flexíveis, resilientes, capazes de dar respostas rápidas e eficazes. A escola reflexiva tem a capacidade de se pensar a partir de si própria.

A complexidade dos problemas colocados às escolas não encontra solução rotineira, exige que se faça uma leitura no tempo correto dos fatos e sua interpretação como meio de encontrar a solução estratégica mais adequada, (Alarcão, 2001).

A mente humana possui uma aptidão para formular e resolver problemas, e isto deve ser incentivado no processo de educação, (Morin, 2000). A escola convencional está fundamentada no conhecer, não incentivando a reflexão e a aplicação do conhecimento para resolver problemas.

Os alunos formados por uma escola reflexiva estarão bem mais preparados para demonstrar resiliência e capacidade de superação diante das dificuldades vivendo criticamente o cotidiano. Habitados a refletir terão motivações para continuar a aprender e para pesquisar. Reconhecendo a importância das dimensões afetivas e cognitivas do ser humano, reagirão melhor em face da mudança e do risco que caracterizam uma sociedade em transformação, (Alarcão, 2001).

O professor deve ser um profissional de ação, cuja racionalidade é dialógica, interativa e reflexiva, (Alarcão, 2001). Mas não é possível mudar as pessoas e as organizações sem alterar suas mentalidades e concepções. A criação de uma escola reflexiva deve começar pela educação do professor reflexivo.

Zeichner e Liston afirmam que os programas convencionais para educação de professores seguem um modelo de mestre-aprendiz (“*apprenticeship*”), com o objetivo de ensinar aos alunos técnicas e habilidades pedagógicas derivadas de um corpo de conhecimento pré-existente, sendo que esta abordagem convencional inibe o auto-crescimento do futuro professor e falha em promover um completo desenvolvimento profissional. Como alternativa eles propõem o ensino reflexivo de professores, resultando em uma grande autonomia do professor, e uma crescente participação democrática no sistema educacional, (Zeichner and Liston, 1987).

Zeichner começou a trabalhar com a educação reflexiva de professores ao verificar através de suas pesquisas que muitos alunos de cursos de formação de professores estavam mais preocupados em passar o conteúdo de maneira tranquila e organizada, sem se perguntar por que faziam isso. Outro problema que ele percebeu é que os futuros professores não se questionavam sobre a origem dos currículos, para eles o ensino era um processo meramente técnico a ser conduzido da maneira mais eficaz, (Zeichner, 2008).

A prática reflexiva significa que o professor deve ter um papel mais ativo na formulação dos propósitos e finalidade do seu trabalho. A reflexão significa que o professor pode contribuir com a produção de novos conhecimentos sobre o ensino, (Zeichner, 2008).

Estudos em psicologia cognitiva e incontáveis pesquisas em classes de aula demonstraram que os indivíduos adquirem habilidades fazendo coisas e refletindo sobre os resultados obtidos, e não apenas vendo e ouvindo alguém dizer o que se deve aprender, (Bencomo, 2004).

O conceito do professor como um profissional reflexivo reconhece a “*expertise*” que existe na prática dos bons professores, significando que a melhoria do ensino começa com a reflexão sobre sua própria experiência e que o saber advindo unicamente da experiência de outras pessoas é insuficiente, (Zeichner, 2008).

Warwick (1987) diz que não significa que o professor não-reflexivo não reflita, ele o faz, mas a sua reflexão só consegue enquadrar o problema em uma única maneira.

A reflexão habilita o professor a dirigir suas ações com previsão, habilitando-o a saber o que ele é quando está agindo, (Warwick, 1987).

Zeichner and Liston (1987), retomando os conceitos de Dewey, procuram diferenciar ação reflexiva da ação rotineira: ação reflexiva implica em considerações ativas, persistentes e cuidadosas de qualquer tipo de conhecimento à luz dos fundamentos que o suportam e das conseqüências a que este conhecimento conduz; ação rotineira é guiada pela tradição, pela autoridade externa e pelas circunstâncias.

Neste capítulo faz-se inicialmente uma análise dos elementos que integram o fazer do professor, buscando-se identificar a seqüência de ações que o professor executa ao planejar a aula, para em seguida fazer uma proposta de como o professor poderia preparar sua aula numa visão reflexiva.

## 5.2 Elementos para se discutir o ensino reflexivo

Reflexividade é mais do que apenas um indivíduo examinando suas experiências ou avaliando diferentes perspectivas teóricas. Para uma abordagem reflexiva de ensino ter sucesso, a reflexividade deve ser ligada à ação, (Duarte and Fitzgerald, 2006).

A ação do professor está voltada à preparação e à aplicação da aula. Como objetos de reflexão pode-se começar a discutir os elementos que estão mais próximos do professor ao preparar uma aula.

O professor deverá ser reflexivo em qualquer tipo de aula que for desenvolver, teórica ou prática, mas como o foco da tese é a aplicação no laboratório, será feita uma discussão sobre alguns elementos que o professor poderia levar em consideração para obter uma aula de

laboratório mais efetiva.

No processo ensino-aprendizagem o experimento de laboratório desempenha um papel importante no aprendizado do aluno.

Segundo Fisher et al. (2000), foi realizado um estudo com ex-alunos de algumas disciplinas, que indicaram que o maior aprendizado ocorreu nas aulas de laboratório. Mas será que o aprendizado ocorrido envolveu habilidades e competências que o professor havia efetivamente previsto, ou será que elas aconteceram ao acaso?

Muitos professores desenvolvem experimentos com o intuito de facilitar o aprendizado do aluno, mas será que eles se questionam se o experimento permitirá atingir o objetivo proposto? Será que os professores têm consciência e conseguem explicitar, de forma clara e concisa, quais são os objetivos do experimento?

Ao se fazer a transposição didática, que é a transformação de conhecimento tecnológico em conhecimento de ensino, (Alves, 2000), é necessário que sejam definidos quais os objetivos que se quer atingir, pois a transposição didática pode ser feita para diferentes níveis de ensino. A primeira pergunta a ser feita é como definir estes objetivos e se existe algum padrão na sua definição.

A ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), em 2002, realizou um seminário sobre o uso de laboratório remoto no ensino a distância, (Feisel and Peterson, 2002), que remeteu a um questionamento mais amplo: quais são os verdadeiros objetivos de um experimento de laboratório? Nessa linha pode-se perguntar: quais são os resultados esperados dos experimentos práticos em um currículo de engenharia? É possível definir quais os atributos dos alunos que são desenvolvidos ou melhorados ao se realizar um experimento de laboratório?

Gasta-se muito tempo em aulas de engenharia ensinando objetivos de conteúdos cognitivos, pois objetivos e conteúdos ao nível de conhecimento são mais fáceis de ensinar e testar, (Wankat and Oreovicz, 1992). Mas o fazer do engenheiro é mais amplo, e outros domínios devem ser desenvolvidos. Assim a importância do professor ter conhecimento da classificação (taxonomia) dos objetivos educacionais.

Os experimentos são importantes pois permitem uma aproximação entre teoria e prática, propiciando um espaço de trabalho multidisciplinar e permitindo o desenvolvimento de habilidades como a capacidade de resolver problemas complexos, trabalhar em equipe, realizar planejamentos, redigir comunicações técnicas, (Gomes and Silveira,

2007). Além disto, a noção de competência está diretamente relacionada ao laboratório, pois será ali que o aluno irá fazer uma parte de seu treinamento.

Apesar de pouco trabalhado nos cursos de engenharia, o domínio afetivo é extremamente importante. Quando o professor demonstra expectativas positivas em relação aos alunos, estes sentem-se mais motivados para estudar. O fato do professor conhecer o aluno pelo nome pode ajudar muito na sua auto-estima. As amizades desenvolvidas no laboratório podem durar por muitos anos. Os professores de laboratório são normalmente convidados para redigir cartas de recomendação e os alunos acabam conhecendo melhor os professores de laboratório do que os da teoria, (Wankat and Oreovicz, 1992).

Muitas habilidades não técnicas são importantes ao engenheiro, como por exemplo, habilidades de comunicação, de gerenciamento e interpessoal. Muitos engenheiros são retirados de sua posição por falta destas habilidades, mais do que pela falta de habilidades técnicas, (Wankat and Oreovicz, 1992). O laboratório pode ajudar a ensinar estas habilidades.

Ao se falar em objetivos de ensino deve-se obrigatoriamente buscar o estudo realizado por Bloom e outros pesquisadores na década de 70, (Bloom et al., 1976). Uma questão que deve ser levantada é se os enfoques de taxonomia e de objetivos de ensino não estão superados, pois eles foram largamente utilizados durante as décadas 70 e 80 e depois simplesmente ignorados. Segundo Perrenoud (1999, p. 19) a pedagogia por objetivos não está em absoluto superada, desde que seus excessos sejam contidos: “behaviorismo sumário, taxonomias intermináveis, excessivo fracionamento dos objetivos, organização do ensino objetivo por objetivo, etc”. Tendo consciência destes problemas, o professor não deveria entrar em sala de aula sem formular os objetivos instrucionais e comunicá-los aos alunos.

Com relação ao processo ensino-aprendizagem, o professor deverá saber, (das Dores Wouk, 1978): 1) formular objetivos para determinar o que espera dos seus alunos; 2) selecionar e organizar conteúdos de ensino, respeitando os processos lógico e psicológico da aprendizagem; 3) escolher atividades de ensino para o atendimento individual, em grupo e global de seus alunos, para facilitar a aquisição do conhecimento; 4) determinar critérios e métodos de avaliação conforme estabelecidos nos objetivos já formulados.

Durante muito tempo o conceito de preparar uma pessoa, através

do sistema educacional, foi o de qualificação, (da Silva, 2008). Ao terminar um curso, ela estava qualificada para atuar em determinada área, no futuro. Uma parte de sua formação, aquela relativa a competências e habilidades específicas, era desenvolvida no ambiente de trabalho. Hoje em dia a própria sociedade exige que o indivíduo saia com um mínimo de competências e habilidades para que possa aplicar estes conhecimentos de forma rápida e imediata, tornando obsoleto o conceito de qualificação. Assim, no próprio sistema educacional, o aluno deve adquirir algumas competências e habilidades para sua rápida inserção na sociedade.

O professor, geralmente, tem boas idéias e boas intenções, quando se propõe a ensinar algo. Mas organizar e materializar as idéias de forma que possam ser aplicadas praticamente nem sempre é fácil, e o resultado pode ser diferente do que se esperava.

Para melhor preparar sua aula, o professor poderia utilizar as teorias de aprendizagem, teorias epistemológicas, taxonomias dos objetivos instrucionais, conceitos de competências e habilidades e de transposição didática.

### 5.3 O fazer do professor numa visão reflexiva

A tarefa de preparar aula é bastante complexa, pois envolve diversas dimensões que nem sempre o professor tem consciência. Nesta seção será feita uma proposta de como o professor poderia planejar sua aula numa visão reflexiva.

Alarcão, (Diniz and Campos, 2004), considera que objeto de reflexão é tudo aquilo que se relaciona com a ação do professor durante o ato educativo: conteúdos, métodos e objetivos de ensino, conhecimentos e capacidades a serem desenvolvidas nos alunos, fatores relacionados à aprendizagem, o processo de avaliação.

Reflexividade para Morin, (Tronca, 2006), é uma auto-interrogação. É a capacidade de refletir em e sobre a ação, não de forma episódica, mas como uma postura permanente. A postura reflexiva tem como base uma análise metódica, regular, instrumentalizadora, adquirida por meio de um treinamento. Ao trabalhar de forma reflexiva, o professor utiliza métodos e ferramentas conceituais baseados em diversos saberes, (Perrenoud, 2002).

Como profissional reflexivo, o professor deve ter competências e habilidades relativas ao conteúdo, saberes amplos, capacidade de ante-

cipação, de análise e de inovação, (Perrenoud, 2002).

Procurar ver um mesmo problema de outras maneiras é uma condição importante para o desenvolvimento de uma abordagem reflexiva no ensino. Deve-se estar aberto a perspectivas multidimensionais do mesmo problema, (Duarte and Fitzgerald, 2006). Por exemplo, analisar um problema sob uma perspectiva psicológica poderá ajudar o professor a entender o comportamento e as características pessoais dos alunos; sob uma perspectiva da aprendizagem poderia levar o professor a rever seus métodos de ensino, sob uma perspectiva epistemológica poderia ajudar o professor a reinterpretar os experimentos e a forma como expõe os conteúdos teóricos.

Com a figura 5.1 procura-se mostrar que na preparação de um conteúdo o professor reflexivo deve considerar diversos itens como Transposição Didática, Questões Epistemológicas, Classificação dos Objetivos Instrucionais, Competências, Estilos de Aprendizagem e Teorias de Aprendizagem. Para se conseguir o ensino reflexivo deve-se fazer a integração destas diversas áreas.

Um dos pontos importante do ensino é a transposição didática, (Alves, 2000), que é a transformação do conhecimento tecnológico/científico em conhecimento de ensino. A escola deve preparar o indivíduo para atuar na sociedade, por isto, não pode estar desvinculada da realidade social. A primeira parte deste processo envolve a definição do que deve ser ensinado na escola. O conteúdo a ser ensinado é determinado pelos especialistas que definem as políticas de ensino do governo e também pelos professores que fazem parte do curso.

A especificação do plano de ensino, assim como a preparação da aula, é uma transposição didática. Parte-se do universo do conhecimento que existe tanto em centros de pesquisa e tecnologia, quanto nas práticas sociais. Uma parte deste conhecimento será levado à escola para ser ensinado aos alunos.

A transposição didática nos cursos de engenharia envolve as dimensões de ciência e tecnologia. E a transposição didática com conhecimentos da indústria é também muito importante, mas tem sido relegada pois a maioria dos professores vêm de cursos de pós-graduação, com pouca ou mesmo sem experiência na indústria. Rugarcia et al. (2000) têm questionado sobre quem fará a transposição didática do conhecimento da indústria, devido à diminuição dos professores com experiência nesta área.

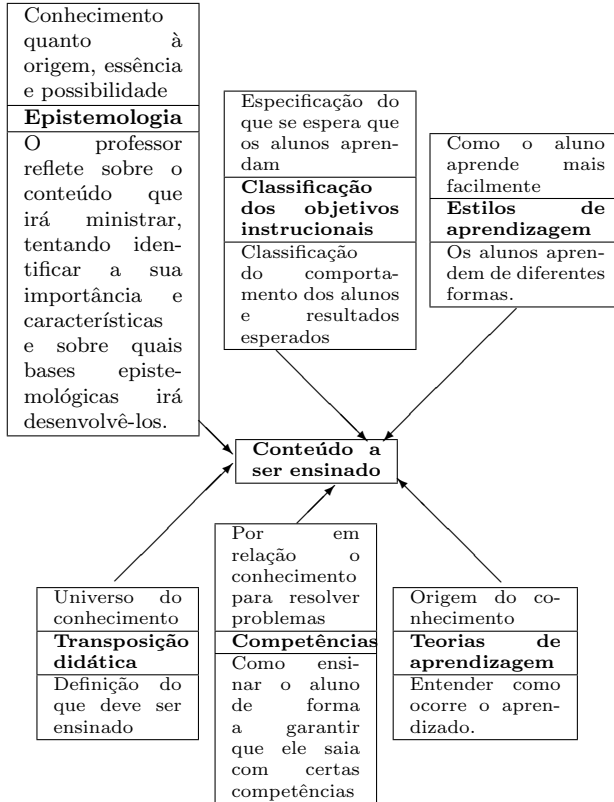


Figura 5.1: Integração das áreas de ensino

A epistemologia, que pode ser inicialmente conceituada como teoria da ciência, filosofia da ciência, ou de forma mais geral como teoria do conhecimento, é considerada um ramo da filosofia preocupada com a natureza e a extensão do conhecimento, (Dutra, 2003).

Embora não exista um consenso sobre o que é epistemologia, neste trabalho epistemologia será considerada uma tarefa realizada pelo professor, “na qual ele irá analisar e refletir sobre a sua atividade científica, procurando explicitar as suas regras de funcionamento, tentando identificar o seu modo próprio de conhecer”, (Pombo, 2008).

O professor faz questionamentos epistemológicos, (Campos et al., 2008), e decide como será a abordagem de cada conteúdo, sua abrangên-



cia, profundidade, etc. Neste tipo de questionamento, o professor se pergunta sobre como o conteúdo será ensinado, e em função disso, ele define o que é importante ensinar e qual o grau de complexidade que quer atingir. Nesse momento ele está definindo, muitas vezes sem ter consciência e empiricamente, que habilidades e competências o aluno irá ter ao final da disciplina.

A noção de competência, (Perrenoud, 1999), pode ser definida como a capacidade de agir eficientemente, pondo em ação vários recursos cognitivos. Ser competente significa por em relação o conhecimento, isto é, implica em usar os conhecimentos para resolver problemas.

A competência é formada por um conjugado de conhecimentos, atitudes, capacidades e aptidões que envolvem operações mentais, capacidade para usar habilidades e o uso de atitudes adequadas à realização de tarefas, (Mendes, 2005).

O conceito de habilidade está mais relacionado com a maneira de executar tarefas, aplicar conhecimentos, de agir, de pensar, (Resende, 2000). As habilidades estão relacionadas ao saber-fazer, saber-ser, saber relacionar-se, saber-agir, (Mendes, 2005).

As competências são constituídas de várias habilidades. Mas uma habilidade não é específica de determinadas competências, visto que ela pode ser utilizada por diversas competências, (Mendes, 2005).

Segundo INEP (1999) competências são as modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações utilizadas para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas. As habilidades referem-se ao plano imediato do saber-fazer. Através das ações e operações, as habilidades aperfeiçoam-se e articulam-se, possibilitando nova reorganização das competências.

As competências que os alunos irão obter podem estar relacionadas a uma área de conhecimento do professor, ou podem ser um requisito imposto pelas disciplinas subsequentes, pois elas necessitam que o aluno tenha um bom conhecimento destes conteúdos como pré-requisito, (Campos et al., 2010b). Por exemplo: quando o professor define que a disciplina terá laboratórios de simulação em vez de laboratórios físicos, ele define o que será aprendido e quais habilidades serão desenvolvidas; quando o professor faz opção por projetos, trabalhos práticos, exercícios, provas, etc, as competências serão formadas (ou não) diferentemente em cada situação. O aluno poderá estar formando competências difusas, isto é o professor não tem consciência do que realmente deseja e são formadas competências sem uma continuidade.

Ao pensar no que será ensinado e quais resultados espera dos alunos, o professor estará definindo os objetivos instrucionais. Muitas vezes o plano de ensino já especifica os objetivos instrucionais, tornando esta tarefa mais fácil ao professor. Se isto não estiver claro, o professor irá preparar o conteúdo sem saber exatamente o que esperar dos alunos. Se o professor estiver em dúvidas sobre quais são os objetivos instrucionais, ele deverá consultar as provas realizadas, pois segundo Felder and Brent (2004) neste momento o professor consegue especificar que comportamento ele espera dos alunos.

Assim, para definir os objetivos instrucionais, o professor pode utilizar algumas metodologias que foram criadas para classificar os comportamentos dos alunos, chamadas taxonomias. Uma forma de classificação bastante utilizada é a Taxonomia de Bloom, dividida em três dimensões: cognitivas, afetivas, psicomotoras, que será mostrada na próxima seção.

Para atingir seu objetivo o professor deverá se preocupar com o processo ensino-aprendizagem. Na primeira parte deste processo, para cada conteúdo a ser ensinado, ele irá procurar uma forma de ensino adequada que melhor se adapte à cada situação, isto é, ele utilizará alguma técnica de ensino, normalmente em função de sua experiência anterior. Na segunda parte deste processo, ele necessita conhecer como acontece o aprendizado, e o que pode ser feito para que a aprendizagem realmente ocorra.

Na busca de se estabelecer princípios gerais de como as pessoas aprendem, foram desenvolvidas teorias de aprendizagem, buscando-se caminhos que facilitem o processo ensino-aprendizado, (Winch and Ginnell, 2007).

Os métodos e técnicas de ensino variam bastante: alguns professores gostam de fazer conferências, outros gostam de demonstrações ou discussões, alguns trabalham com os princípios fundamentais outros em aplicações, alguns enfocam memorização e outros entendimento, (Felder and Silverman, 1988).

Tendo consciência dos objetivos de aprendizagem, isto é, do que se espera que os alunos aprendam, para conseguir um ensino efetivo, o professor deve se preocupar em preparar suas aulas atendendo aos diversos estilos de aprendizagem, pois cada aluno pode ter facilidade em aprender de uma forma diferente do seu colega.

Os estilos de aprendizagem referem-se aos alunos. Referem-se à forma como os alunos aprendem mais facilmente. Cada estudante pos-

sui características próprias, quando se refere à sua maneira de aprender algo. Alguns necessitam ver sobre aquilo que se está falando, enquanto outros necessitam ouvir. Alguns preferem pensar sobre o conteúdo, enquanto outros preferem aplicar este conteúdo.

Conforme Felder and Silverman (1988) os alunos aprendem de diversas formas. Eles aprendem vendo e ouvindo, pensando e agindo, raciocinando de forma lógica e intuitivamente, memorizando, visualizando, fazendo analogias e construindo modelos matemáticos.

O quanto um aluno aprende em sala de aula depende de sua habilidade e sua preparação previa, mas também depende do estilo de ensino do professor, (Felder and Silverman, 1988). Muitas vezes ocorre um desacordo entre o estilo de aprendizagem do aluno e o estilo de ensino do professor e com isso o aluno acaba tendo dificuldades em acompanhar a disciplina e se desinteressa pelo assunto.

No diagrama de blocos da figura 5.2 é feita uma sugestão de quais passos o professor poderia seguir para planejar um conteúdo, (Campos et al., 2010a).

O planejamento do ensino numa visão reflexiva, mostrado na figura 5.2, ocorre na seguinte seqüência:

- 1) Parte-se do universo de conhecimento à disposição do ser humano.
- 2) Uma parte deste conhecimento deve ser levado à escola. Quem define o que deve ser ensinado são os órgãos governamentais responsáveis pelas políticas de ensino e os professores.
- 3) Um conteúdo deve ser ensinado aos alunos, e o professor irá fazer uma transposição didática, seja de livros, artigos ou de sua pesquisa.
- 4) O professor irá fazer questionamentos epistemológicos sobre o que exatamente deve ser ensinado, qual a complexidade deste conteúdo e como é feita sua integração com outras disciplinas. Com isto ele define o que é importante e como deve ser desenvolvido.
- 5) Em seguida o professor define os objetivos instrucionais, procurando especificar o que ele espera que os alunos aprendam e como poderá avaliá-los. Para isto ele pode utilizar alguma taxonomia dos processos de ensino-aprendizagem.
- 6) As competências que os alunos devem obter ao final do curso podem ser subdivididas em habilidades, que por sua vez podem ser enunciadas em termos de objetivos instrucionais.
- 7) Para conseguir ensinar os alunos o professor poderá se apoiar

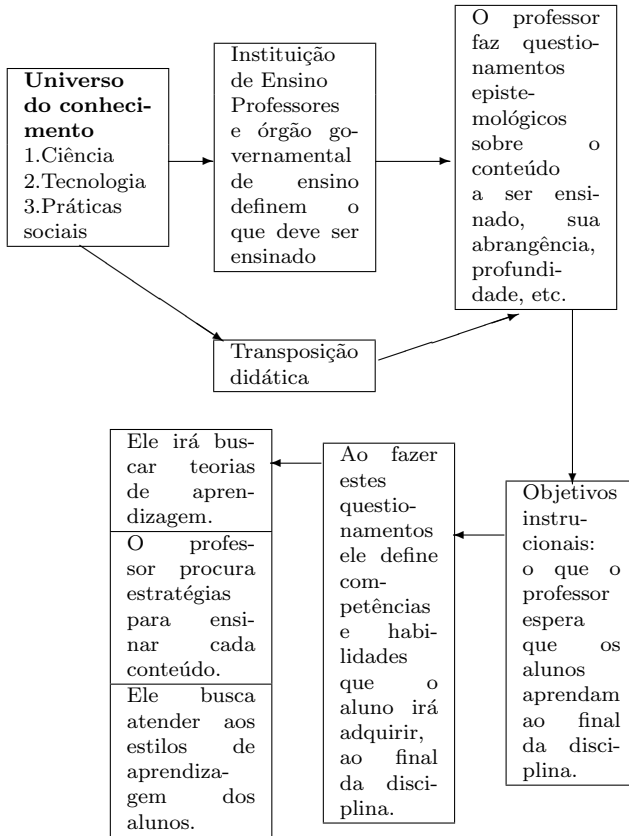


Figura 5.2: O fazer do professor

em teorias de aprendizagem, que procuram explicar como ocorre o aprendizado.

8) Para cada conteúdo a ser ensinado, o professor buscará algum tipo de estratégia que se adapte ao conteúdo e à audiência, isto é, ele irá buscar métodos e técnicas de ensino.

9) O professor tentará preparar a aula para atender aos diversos estilos de aprendizagem dos alunos, para obter melhores resultados de aprendizagem.

O diagrama mostrado na figura 5.2 é uma proposta para o planejamento da aula. Ele não está colocado de forma absoluta e pode ter

seu encadeamento alterado dependendo das condições iniciais que são colocadas ao professor na preparação de sua aula. Além disto, existe também um fluxo de ação, que pode ter a mesma sequência do fluxo do planejamento, mas em alguns casos pode seguir outros caminhos, conforme vai sendo feita a aplicação do que foi planejado.

Algumas vezes os questionamentos e as definições não são feitas de forma estanque, apenas no bloco indicado. Como por exemplo, apesar das competências estarem representadas como um bloco isolado, elas podem ser questionadas em diversos momentos do planejamento. Além disto, no fluxo da ação as competências podem ser obtidas pela integração de diversos blocos.

## 5.4 Considerações finais

Neste capítulo foi mostrado que na escola reflexiva, todos os envolvidos devem atuar de forma reflexiva.

O professor deve trabalhar de forma reflexiva, a partir da preparação de sua aula. A preparação de um conteúdo de forma reflexiva, envolve diferentes aspectos e utiliza diversas teorias. Foi mostrado que este processo parte da transposição didática, passa por questionamentos epistemológicos, pela definição dos objetivos instrucionais, pelas teorias de aprendizagem e pelo conhecimento dos estilos de aprendizagem dos alunos. Uma parte importante refere-se a objetivos de ensino, isto é, o que se espera obter com o ensino. Nesta visão, a taxonomia de Bloom sobre objetivos educacionais pode ser extremamente útil no momento da preparação da aula.

Em outro aspecto, o ensino está saindo da conceituação de qualificação profissional e indo para a de competência. Para especificar de forma clara como as competências serão desenvolvidas, o professor também poderia utilizar as taxonomias de Bloom.

Ainda, neste capítulo foi proposto um modelo para o professor planejar sua disciplina numa visão reflexiva, envolvendo a integração de diversos conteúdos, cujo objetivo é auxiliá-lo a preparar sua aula de forma integrada com os anseios da sociedade, da instituição de ensino e dos alunos.

Muitos professores fazem diversos questionamentos ao preparar sua aula, mesmo sem ter muita consciência. Mas eles poderiam refletir sobre o que estão realmente fazendo, avaliar os métodos que utilizam de forma empírica e procurar utilizá-los de forma mais efetiva e consciente,

e com isto obter melhores resultados.

Por exemplo, o professor poderia utilizar os conceitos sobre estilos de aprendizagem dos alunos, alterando seu estilo de ensinar, conseguindo com isto que os alunos obtivessem melhores notas nas avaliações, pois eles teriam mais facilidade no entendimento do conteúdo. Isto também envolveria a dimensão afetiva, pois os alunos se sentiriam elementos importantes no processo de ensino, podendo ter uma maior motivação para estudar.

O laboratório de engenharia, numa visão reflexiva, tem um papel muito importante no ensino, pois ele permite que o aluno desenvolva suas estruturas cognitivas, atingindo o estágio operacional formal. Mas para isto o professor deve estar consciente do que espera do laboratório e como deve programá-lo para conseguir o resultado desejado. Quando o professor procura organizar um experimento ele deve definir claramente os objetivos que espera que os alunos atinjam, procurando trabalhar todos os domínios do conhecimento.

Através dos objetivos instrucionais o professor pode definir que características ele espera que os alunos desenvolvam no processo ensino-aprendizagem. O grande problema é que poucos professores foram treinados para fazer isto de forma adequada. Mas existe um grande estudo sobre a classificação dos objetivos educacionais, realizada por Bloom e seus colaboradores, que poderia ser utilizado e que será comentado no capítulo 6.

## Capítulo 6

# Objetivos de Ensino e a taxonomia de Bloom

### 6.1 Introdução

Os objetivos de ensino a serem trabalhados em uma disciplina devem envolver todos os domínios do conhecimento – cognitivo, afetivo e psicomotor –, sendo que para se conseguir a formação efetiva de um engenheiro é necessário expor o aluno a estes três domínios, (Feisel and Rosa, 2005).

Um dos grandes problemas no ensino é a falta de definição dos objetivos instrucionais. Quando o professor sabe exatamente onde quer chegar, ele consegue avaliar corretamente o desempenho dos alunos e consegue propor alterações no processo ensino-aprendizagem, para atingir o que havia inicialmente proposto. Mas para isto ele deve saber especificar de forma clara quais são os seus objetivos.

Para atingir um determinado objetivo, deve-se definir claramente aonde se quer chegar e o que se quer obter. Os professores de engenharia, em sua maioria, não são preparados para escrever, de forma adequada, os objetivos instrucionais. A definição dos objetivos é sempre uma atividade desafiadora, sendo que muitas vezes o professor tem apenas uma vaga idéia do que seria necessário para considerar que atingiu seus objetivos.

Para Ma and Nickerson (2006) nenhum fundamento foi estabelecido para avaliar a efetividade do laboratório, e muitos problemas encontrados há 20 anos permaneceram sem solução, como a falta de um consenso sobre medidas de avaliação do aprendizado dos alunos e a amostragem insuficiente no estudo qualitativo. Para se falar em ava-

liação no laboratório é necessário primeiro se falar em objetivos. Não há como avaliar algo se não forem conhecidos os objetivos iniciais. Os objetivos ajudam o professor, pois eles deixam claro a importância do conteúdo a ser ensinado em aulas teóricas, trabalhos de casa e testes, (Wankat and Oreovicz, 1992).

Segundo Wankat and Oreovicz (1992), se o conteúdo não for importante o suficiente para ter um objetivo de ensino, ele deve ser omitido. Para Feisel and Rosa (2005), projetar um experimento de laboratório sem que os objetivos estejam claros, é como projetar um produto sem ter as especificações de projeto bem definidas. Algo irá resultar, mas nem sempre o que se desejava.

Ao fazer a avaliação dos alunos, o professor deve consultar a lista de objetivos e verificar o que é mais importante e que deve ser incluído nas questões, (Wankat and Oreovicz, 1992). Os objetivos devem ser mostrados aos alunos de forma que eles saibam o que devem estudar e o que será avaliado. Deve ficar claro aos alunos quais habilidades que se espera que eles desenvolvam durante a disciplina.

Os objetivos são muito importantes no sistema educacional, podendo ser classificados em objetivos gerais e objetivos específicos. Pode-se definir diversos níveis de objetivos: a) objetivo global de um curso como um todo; b) objetivo geral de cada disciplina; c) objetivo instrucional de cada conteúdo de uma disciplina; d) objetivo instrucional de um experimento.

Os objetivos gerais expressam de forma ampla o papel da escola perante a sociedade. Os objetivos gerais podem ser definidos de três formas, segundo (Libâneo, 1994): a) pelo sistema escolar do país; b) pela escola; c) pelo professor.

Os objetivos gerais da disciplina, (Wankat and Oreovicz, 1992), são resultados finais amplos que se espera que o aluno atinja ao final da disciplina. Eles são declaradas em termos gerais e amplos. Por exemplo: numa disciplina de eletrônica geral, o aluno deve ser capaz de projetar um pré-amplificador linear. Os objetivos gerais servem apenas como guia geral, e não são úteis em um sentido operacional. Os objetivos gerais da disciplina, (Wankat and Oreovicz, 1992), proporcionam uma visão geral do que deverá ser feito na disciplina. Elas são úteis ao departamento no projeto do currículo, e aos estudantes para terem idéia do que será ensinado.

Os objetivos específicos expressam os resultados que se espera que os alunos demonstrem, referentes a conhecimentos, habilidades e



atitudes desenvolvidas no processo educacional, (Libâneo, 1994). Objetivos específicos, (Wankat and Oreovicz, 1992), são úteis para guiar o professor e os alunos sobre o que exatamente os alunos irão aprender, sentir e serão capazes de fazer depois que cada seção da disciplina for completada.

Objetivos de aprendizagem de conteúdos de uma disciplina são declarações explícitas do que os alunos devem ser capazes de fazer para demonstrar seu domínio no conteúdo da disciplina.

Felder and Brent (2003) afirmam que quanto mais claro ficar ao estudante o que se espera que ele faça e quanto mais ele praticar, mais chance ele terá em obter as habilidades desejadas. Daí a importância de mostrar aos alunos os objetivos de ensino da disciplina e os resultados esperados, desde o início da disciplina.

A importância da formulação dos objetivos de ensino reside principalmente na preocupação com o comportamento do aluno, (das Dores Wouk, 1978). Grande parte dos professores se preocupa com a transmissão do conteúdo, mas não se preocupa com o que o aluno conseguiu assimilar. Ele se preocupa mais com o ensino e menos com a aprendizagem.

Neste capítulo é feita uma revisão bibliográfica sobre os objetivos e metas de ensino em experimentos em engenharia e sobre a Taxonomia de Bloom.

## 6.2 Objetivos Instrucionais

Um objetivo instrucional, que também pode ser chamado de objetivo de ensino, objetivo de aprendizagem, objetivo comportamental, é uma descrição do desempenho que se quer que os alunos sejam capazes de exibir depois que eles forem considerados competentes. Um objetivo descreve mais um resultado pretendido, do que o processo de instrução, (Mager, 1983).

Objetivos instrucionais são enunciados do que os alunos devem ser capazes de fazer se eles tiverem adquirido os conhecimentos e as habilidades que o curso supõe que ensinou a eles, (Felder and Brent, 2004).

Formular um objetivo, (das Dores Wouk, 1978), significa: a) prever o comportamento que os alunos irão mostrar durante e ao final do processo de ensino/aprendizagem; b) determinar o que o professor espera dos alunos, como relação à quantidade e qualidade das respos-

tas; c) definir qual o caminho que os alunos irão seguir no processo de aprendizagem.

Objetivos instrucionais são resultados específicos, observáveis e mensuráveis, da aprendizagem. Eles são escritos determinando o que se espera que o aluno aprenda. Objetivos instrucionais bem escritos fornecem base para a seleção de conteúdos instrucionais e procedimentos, ajudando a avaliar o sucesso do ensino e ajudando também aos estudantes a organizarem seus esforços para atingirem o intento do processo ensino-aprendizagem, (Mager, 1983).

Os objetivos instrucionais são escritos para unidades individuais de ensino, enfatizando pontos importantes e reduzindo materiais não essenciais, também auxiliam os alunos na organização e estudos do conteúdo do curso, (Waller, 2009). Eles guiam os alunos no que é esperado deles e os auxiliam na escolha do que é importante para estudar. Objetivos mensuráveis específicos dizem o que o aprendiz será capaz de fazer ao final do curso, (Mager, 1983).

Para Felder and Brent (2004), todos os professores escrevem objetivos de aprendizagem, mas eles chamam estes objetivos de exames de avaliação. A primeira vez que os professores se preocupam com o conhecimento e habilidades que gostariam que os alunos adquirissem, é quando preparam os exames de avaliação. Mas pode ser tarde, pois os alunos não sabendo que conteúdos seriam essenciais, perdem tempo com conteúdos acessórios e acabam falhando nos exames.

Ter um bom conjunto de objetivos de aprendizagem antes de planejar a aula, auxilia o professor a selecionar o conteúdo, e decidir quanto tempo será usado para cada tópico, planejar cada tópico e escrever avaliações relevantes.

Para Felder and Brent (2004), objetivos de aprendizagem devem ser partilhados com os alunos na forma de guias de estudos e usados como base para preparação dos testes: segundo eles, quando os alunos têm um entendimento claro do que se espera deles, existe uma grande chance de que eles irão atender às expectativas.

### 6.2.1 Estrutura de um objetivo de aprendizagem

Mager (1983) elaborou um modelo para redigir objetivos instrucionais. Os objetivos instrucionais descrevem a ação (comportamento observável) que o aluno deverá ter, deixando claro sob quais condições se obterá o desempenho desejado, e qual o padrão de desempenho que

será aceito. Os objetivos são úteis porque indicam o conteúdo e os procedimentos para uma avaliação bem sucedida. Os objetivos de aprendizagem devem ser observáveis e avaliáveis.

Um objetivo instrucional bem formulado indica exatamente o que o professor tinha em mente, sem qualquer possibilidade de outras interpretações. Algumas palavras não devem usadas na construção de objetivos instrucionais, pois podem levar a diversas interpretações. Por exemplo, as seguintes palavras não devem ser utilizadas: saber, compreender, apreciar, captar o significado, conhecer, desenvolver.

Palavras que levam a poucas interpretações, podem ser utilizadas para construção de objetivos instrucionais, como por exemplo: escrever, identificar, resolver, construir, enumerar, comparar, contrastar, criticar, escolher, justificar, relacionar, calcular, (Mager, 1983).

Escrever alguns objetivos comportamentais para a disciplina força o professor a pensar a respeito do comportamento observável, das condições e do nível de desempenho, (Wankat and Oreovicz, 1992).

Os objetivos instrucionais são construídos levando em conta três características principais, (Mager, 1983) e (Wankat and Oreovicz, 1992): a) desempenho: uma palavra de ação que identifica o desempenho a ser demonstrando, isto é o que o aluno deverá ser capaz de fazer, qual o seu comportamento; b) condições: sob quais condições o comportamento será demonstrado; c) critério: uma declaração do critério ou padrão mínimo para um desempenho aceitável, isto é o nível de realização esperado.

Para escrever um objetivo instrucional pode-se usar a seguinte estrutura: *Ao final do [curso, experimento, aula] o aluno será capaz de [executar, listar e discutir, projetar, calcular ou outra ação observável] com critério de avaliação previamente definido.* Por exemplo, um objetivo instrucional poderia ser escrito como: o aluno deverá ser capaz de escolher um equipamento adequado e fazer a medição de resistência, ao final de uma aula de laboratório, com 80% de acerto no valor da resistência (devido à tolerância dos resistores comerciais).

Outra maneira de se escrever um objetivo instrucional, (Waller, 2009) e (Winegarden, 2009), é utilizando o método ABCD; onde A = “*Audience*” (audiência, os alunos), B = “*Behavior*” (comportamento ou ação), C = “*Condition*” (condição para o objetivo) e D = “*Degree*” (grau a ser atingido ou o critério aceitável).

A audiência (A) refere-se aos alunos, a “quem”. Exemplo, “o aluno será capaz de...”. O comportamento ou ação (B) refere-se ao que

se espera que o aluno seja capaz de fazer, ao produto ou ao resultado do fazer. O comportamento ou produto deve ser mensurável e observável. Usa-se um verbo específico e claro que descreve o que o aluno será capaz de fazer depois do ensino. Condição (C) descreve os fatores importantes associados com o desempenho desejado, isto é, as condições importantes sobre as quais o desempenho deve ocorrer. São as circunstâncias sob as quais o objetivo deve ser completado, como por exemplo: depois de assistir uma aula; dado um instrumento de medição específico. O critério (D) descreve o desempenho aceitável. O critério indica qual o nível de desempenho que deverá ser atingido para ser considerado aceitável, como por exemplo: a quantidade de respostas corretas; em qual período de tempo, etc. Indica o padrão que o aluno deve atingir em um desempenho aceitável. Para escrever os objetivos, a condição (C) deve vir inicialmente, seguida pelo verbo de ação ou comportamento, e por último, o critério. Objetivos são construídos no tempo futuro. Exemplo: “depois de assistir a aula e ler o material designado, o aluno deverá ser capaz de explicar o funcionamento de um transistor”.

### 6.3 Taxonomia de Bloom

Um questionamento muito importante a ser feito, é o que se espera do aluno, isto é, o que ele deve aprender através do experimento executado no laboratório. Para responder a esta questão pode ser utilizada a taxonomia dos objetivos de aprendizagem.

Segundo Felder and Brent (2004), um sistema de classificação dos objetivos de aprendizagem, de acordo com seus níveis de habilidades requeridas, pode auxiliar os professores a terem certeza que estão ensinando e testando os alunos em um nível apropriado, sendo que a taxonomia pode ser utilizada tanto em aulas teóricas como em aulas práticas.

A taxonomia dos objetivos educacionais foi inicialmente desenvolvida para classificar o comportamento dos alunos e representa o resultado desejado no processo educacional. Mas elas também pode facilitar a comunicação entre especialistas em avaliação e currículo, (Bloom et al., 1976), podendo facilitar o intercâmbio de testes de avaliação, (Krathwohl, 2002). Além disto, o uso da taxonomia para o laboratório pode levar a se obter laboratórios educacionais de alta qualidade, fornecendo “*benchmark*” para avaliar o processo de ensino, (Feisel and Peterson, 2002).

Em 1950 Benjamin Bloom e seus colaboradores formularam um sistema de classificação, conhecido como Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom, (Bloom et al., 1974) e (Bloom et al., 1976). Os objetivos educacionais existem dentro de três domínios: **domínio cognitivo**: habilidade de pensar e resolver problemas, **domínio afetivo**: atitudes e sistemas de valores, e **domínio psicomotor**: habilidade de fazer coisas.

A taxonomia dos objetivos de ensino, de Bloom, tem sido uma ferramenta importante para analisar e permitir pensar sobre as metas das atividades educacionais, (Ferris and Aziz, 2005).

A taxonomia de Bloom pode ser utilizada para auxiliar os alunos a atingirem gradualmente a forma de pensamento reflexivo, porque ela permite ao professor classificar as atividades propostas em diversos níveis, do simples ao mais complexo, evitando que o aluno faça atividades que estejam além da sua capacidade cognitiva. Assim o estudante pode executar as atividades de forma gradual, em crescentes níveis de dificuldade, e de acordo com sua capacidade cognitiva.

### 6.3.1 Domínio Cognitivo

A cognição refere-se ao processo de saber e conhecer, ao processo de armazenar, processar e recuperar as informações. O fator cognitivo descreve o processo de pensar e o uso do conhecimento, como, associação, raciocínio e avaliação, (Tait-McCutcheon, 2008).

O domínio cognitivo envolve pensar, conhecer e aplicar o conhecimento; é o domínio de maior interesse aos educadores de engenharia, (Wankat and Oreovicz, 1992). Ele é subdividido em:

1. **Conhecimento** – consiste na repetição literal de informação.
2. **Compreensão** - demonstrar entendimento de termos, conceitos e princípios.
3. **Aplicação** - aplicar conceitos e princípios para resolver problemas.
4. **Análise** - dividir coisas em seus elementos, formular explicações teóricas, matemáticas ou modelos lógicos para fenômenos observados.
5. **Síntese** - criar alguma coisa, combinar elementos em novas formas.

6. **Avaliação** - julgar o valor das idéias, trabalhos, soluções, métodos, materiais, escolhendo entre diversas alternativas e justificando a escolha usando um critério especificado.

No quadro 6.1 é mostrado um resumo da taxonomia do domínio cognitivo, indicando alguns verbos que podem ser utilizados e um exemplo para cada nível. Em cada exemplo, o objetivo irá iniciar com a seguinte frase: “ao final da unidade teórica, o aluno deverá ser capaz de”, sendo completado com o que está no quadro.

Níveis 1-3 são denominados resultados cognitivos de baixo nível e níveis 4-6 são referidos como habilidade de pensamento de alto nível. O ensino de graduação em engenharia geralmente se restringe aos níveis 1-3 (especialmente no nível 3), ainda que algumas vezes questões de nível 4 apareçam em exames, (Feisel and Peterson, 2002).

### 6.3.2 Domínio afetivo

O afeto é um sistema interno de crenças do aluno. O domínio afetivo inclui as crenças que o aluno possui sobre ele próprio e sua capacidade em aprender o conteúdo, sua própria-estima e o seu status percebido como estudante; suas crenças sobre a natureza do entendimento do conteúdo; seu potencial para ter sucesso na matéria, (Tait-McCutcheon, 2008).

O domínio afetivo está preocupado com comportamentos e objetivos que são emocionais e trabalham com sentimentos, incluindo gostos e desgostos, atitudes, sistemas de valores e crenças, (Wankat and Oreovicz, 1992). Ele é subdividido em:

1. **Atenção e receptividade** – é o quanto o indivíduo está consciente de um fenômeno ou estímulo particular, o quanto está propenso a receber informações ou rejeitá-la.
2. **Respostas** – significa a reação a um estímulo. Inicialmente o indivíduo responde à informação, apenas quando é incitado a fazê-lo, sendo considerado um consentimento passivo. Então o indivíduo torna-se disposto e deseja responder a partir de sua própria iniciativa. Finalmente a resposta leva a uma satisfação pessoal que irá motivar o indivíduo a fazer respostas individuais.
3. **Valorização** - significa atribuir valor a um objeto, fenômeno, comportamento ou princípio. O indivíduo decide que um objeto,

Quadro 6.1: Resumo da taxonomia do Domínio Cognitivo

<b>Domínio Cognitivo da Taxonomia de Bloom</b>	<b>Verbos que podem ser usados</b>	<b>Exemplo</b>
1) Conhecimento – consiste na repetição literal de informação.	Citar, identificar, definir, nominar, relatar, escrever, reconhecer, selecionar, tabular.	Citar o código de cores para identificação de resistores
2) Compreensão – demonstrar entendimento de termos, conceitos e princípios.	Associar, classificar, comparar, descrever, explicar, estimar, expressar, interpretar, localizar, relatar, traduzir	Explicar nas suas próprias palavras o conceito de pressão de vapor.
3) Aplicação – aplicar conceitos e princípios para resolver problemas.	Aplicar, demonstrar, interpretar, praticar, relatar, resolver, usar, interpolar, prever, calcular	Calcular a queda de tensão em um circuito simples.
4) Análise – dividir coisas em seus elementos, formular explicações teóricas, matemáticas ou modelos lógicos para fenômenos observados.	Analisar, criticar, debater, diagramar, experimentar, inferir, inspecionar, resumir, diferenciar, estimar	Analisar o desempenho dinâmico de um reator didático com tanque agitado
5) Síntese – criar alguma coisa, combinar elementos em novas formas.	Organizar, montar, compor, construir, criar, projetar, generalizar, integrar, organizar, planejar, gerenciar, produzir, propor, especificar	Projetar um carro movido a energia solar
6) Avaliação – julgar o valor das idéias, trabalhos, soluções, métodos, materiais, escolhendo entre diversas alternativas e justificando a escolha usando um critério especificado.	Estimar, avaliar, escolher, criticar, avaliar, julgar, medir, recomendar, selecionar, testar, definir pontuação	Criticar um relatório de laboratório.

Fontes: (Feisel and Peterson, 2002), (Bloom et al., 1976), (Waller, 2009)

fenômeno ou comportamento tem um valor inerente a ele; o indivíduo inicialmente aceita o valor, então ele prefere o valor e final-

mente torna-se comprometido com o valor como guia principal de comportamento.

4. **Organização** - significa organizar diferentes valores em um sistema de valores internamente consistentes. O indivíduo necessita organizar valores em um sistema, determinar como eles se inter-relacionam e estabelecer uma hierarquia social de valores.
5. **Caracterização por um valor (complexo de valores)** - significa internalizar um sistema de valores e se comportar de acordo a este sistema, de uma maneira geral, consistente e previsível. O comportamento do indivíduo se torna congruente com sua estrutura de valores, e com os seus atos individuais em uma forma que permite outros a verem seus valores.

No quadro 6.2 é mostrado um resumo da taxonomia do domínio afetivo, indicando alguns verbos que podem ser utilizados e um exemplo para cada nível. Em cada exemplo, o objetivo irá iniciar com a seguinte frase: “ao final da unidade, o aluno deverá ser capaz de”, sendo completado com o que está no quadro.

### 6.3.3 Domínio psicomotor

Bloom e seus colaboradores não se dedicaram ao desenvolvimento do domínio psicomotor. Mas Bloom, (Landsheere and Landsheere, s.d.), dava preferência à taxonomia proposta por Simpson (1966) que inclui habilidades motoras, coordenação visual da mão, movimento dos músculos, fala e outros, (Wankat and Oreovicz, 1992). O domínio psicomotor é subdividido em:

1. **Percepção** – passo inicial na execução de uma atividade motora. É o processo de tornar-se consciente de objetos, qualidades ou relações pelo meio dos órgãos sensoriais. Significa usar órgãos dos sentidos para obter sugestões a fim de guiar uma atividade motora.
2. **Posicionamento** – significa demonstrar prontidão para tomar uma ação particular. Três aspectos do posicionamento foram identificados: mental, físico e emocional.
3. **Respostas guiadas** – significa o estágio inicial de aprendizagem de uma habilidade incluindo imitação e tentativa-e-erro. Pode ser dividido em duas categorias: imitação e tentativa-e-erro.



Quadro 6.2: Resumo da taxonomia do Domínio Afetivo

<b>Domínio Afetivo da Taxonomia de Bloom</b>	<b>Verbos que podem ser usados</b>	<b>Exemplo</b>
1) Atenção e receptividade – é o quanto o indivíduo está consciente de um fenômeno ou estímulo particular, o quanto está propenso a receber informações ou rejeitá-la.	Aceitar, reconhecer, seguir, ouvir, observar, receber, encontrar	Ouvir e repetir as instruções dadas pelo professor.
2) Respostas – significa a reação a um estímulo. Inicialmente o indivíduo responde à informação, apenas quando é incitado a fazê-lo, sendo considerado um consentimento passivo. Então ele torna-se disposto e deseja responder a partir de sua própria iniciativa. Finalmente a resposta leva a uma satisfação pessoal que irá motivá-lo a fazer respostas individuais.	Concordar, permitir, responder, perguntar, escolher, comunicar, cooperar, demonstrar, descrever, discutir, exibir, seguir, dar, ajudar, localizar, obedecer, oferecer, praticar, ler, relatar, responder, selecionar, tentar, participar em	Participar em uma discussão.
3) Valorização – significa atribuir valor a um objeto, fenômeno, comportamento ou princípio. O indivíduo decide que um objeto, fenômeno ou comportamento tem um valor inerente a ele; o indivíduo inicialmente aceita o valor, então ele prefere o valor e finalmente torna-se comprometido com o valor como guia principal de comportamento.	Adotar, ajudar, completar, contribuir, encorajar, avaliar, guiar, iniciar, justificar, unir, manter, propor, questionar, reagir, buscar, estudar, sugerir, apoiar, agradecer	Adotar critérios em um julgamento para fazer uma escolha de valor e em seguida procurar convencer os outros da sua escolha.
4) Organização – significa organizar diferentes valores em um sistema de valores internamente consistentes. O indivíduo necessita organizar valores em um sistema, determinar como eles se interrelacionam e estabelecer uma hierarquia social de valores.	Antecipar, pesar, conferir, considerar, gerir, consultar, coordenar, projetar, testar, estabelecer, facilitar, julgar, investigar, gerenciar, guiar, modificar, organizar, planejar, revisar,	Adotar uma abordagem sistemática à resolução de problemas; formular um plano de carreira.
5) Caracterização por um valor (complexo de valores) – significa internalizar um sistema de valor e se comportar de acordo a este sistema, de uma maneira geral, consistente e previsível O comportamento do indivíduo se torna congruente com sua estrutura de valores, e com os seus atos individuais em uma forma que permite outros a verem seus valores.	Atuar, administrar, ajudar, desafiar, criticar, debater, defender, disputar, discordar, enfatizar, intensificar, perdoar, influenciar, negociar, persistir, promover, rejeitar, resolver, buscar, servir, resolver, tolerar, oferecer-se para	Trabalhar independentemente e diligentemente; atuar efetivamente em atividades de grupo; agir eticamente.

Fontes: (Feisel and Peterson, 2002), (Bloom et al., 1974), (Waller, 2009)

4. **Mecanização** – significa o último estágio de aprendizado de uma habilidade de forma que ela possa ser executada com proficiência.
5. **Resposta explícita complexa** – significa a habilidade plena de execução de um padrão de movimento complexo.
6. **Adaptação** – significa que as habilidades são tão bem desenvolvidas que o indivíduo pode modificá-las para se adequar à situação.
7. **Originalidade (criação)** – significa criar um novo padrão de movimento baseado em habilidades altamente desenvolvidas.

Outros pesquisadores desenvolveram taxonomias próprias, que serão vistas mais adiante.

No quadro 6.3 é mostrado um resumo da taxonomia do domínio psicomotor, (Wankat and Oreovicz, 1992) e (Simpson, 1966), indicando alguns verbos que podem ser utilizados e um exemplo para cada nível. Em cada exemplo, o objetivo irá iniciar com a seguinte frase: “ao final da unidade, o aluno deverá ser capaz de”, sendo completado com o que está no quadro.

### 6.3.4 Domínio conativo

Um domínio não muito conhecido e pouco utilizado é o **domínio conativo**, que refere-se aos aspectos motivacionais e volitivos do comportamento humano, isto é, vontade, desejo, nível de esforço.

Conação é definido como o processo mental que ativa e direciona o comportamento e a ação. Alguns aspectos da conação são: motivação intrínseca, vontade, desejo, auto-direção e auto-regulação, (Huitt and Cain, 2005).

Conação refere-se ao ato de se esforçar, de focar atenção e energia e de ações intencionais. Conação refere-se, também, ao poder de permanência e a sobrevivência. O domínio conativo inclui as intenções dos alunos e as disposições a aprender, a sua abordagem para monitorar seu próprio aprendizado e sua auto-avaliação. Conação inclui a disposição dos alunos em se esforçar para aprender e as estratégias que eles empregam em apoio da sua aprendizagem. Inclui sua inclinação para planejar, acompanhar e avaliar o seu trabalho e sua preferência para atenção e reflexão, (Tait-McCutcheon, 2008).

Quadro 6.3: Resumo da taxonomia do Domínio Psicomotor

<b>Domínio Psicomotor</b>	<b>Verbos que podem ser usados</b>	<b>Exemplo</b>
1) Percepção – passo inicial na execução de uma atividade motora. É o processo de tornar-se consciente de objetos, qualidades ou relações pelo meio dos órgãos sensoriais. Significa usar órgãos dos sentidos para obter sugestões a fim de guiar uma atividade motora.	Distinguir, identificar, selecionar	Seguir uma receita na preparação de comida; repetir instruções, de forma oral ou escrita, para executar um experimento.
2) Posicionamento – significa demonstrar prontidão para tomar uma ação particular. Três aspectos do posicionamento foram identificados: mental, físico e emocional.	Assumir uma posição, demonstrar, mostrar	Explicar a série de passos requeridos para operar um forno de convecção; uso dos equipamentos adequados para medir uma resistência elétrica.
3) Respostas guiadas – significa o estágio inicial de aprendizagem de uma habilidade incluindo imitação e tentativa e erro. Pode ser dividido em duas categorias: imitação e tentativa-e-erro.	Imitar, tentar, experimentar	Executar uma calibração de um cromatógrafo a gás seguindo instruções passo a passo.
4) Mecanização – significa o último estágio de aprendizado de uma habilidade de forma que ela possa ser executada com proficiência.	Montar, calibrar, construir, mostrar, fixar, medir, consertar, misturar, organizar, fazer esboço, aquecer	Seguir um procedimento com segurança; habilidade em executar medidas de resistência elétrica.
5) Resposta explícita complexa – significa a habilidade plena de execução de um padrão de movimento complexo.	Efetuar, executar, operar	Executar uma manutenção de rotina de equipamentos eletrônicos de forma rápida e correta.
6) Adaptação – significa que as habilidades são tão bem desenvolvidas que o indivíduo pode modificá-las para se adequar à situação.	Adaptar, mudar, revisar, trocar, alterar	Alterar a rotina de manutenção de um equipamento para se adequar a um problema não familiar.
7) Originalidade (criação) – significa criar um novo padrão de movimento baseado em habilidades altamente desenvolvidas.	Criar, projetar, criar algo novo	Desenvolver um procedimento para testar um protótipo de um novo dispositivo.

Fontes: (Feisel and Peterson, 2002), Simpson (1966), (Waller, 2009)

## 6.4 Objetivos de aprendizagem no laboratório

Os objetivos de aprendizagem devem ser observáveis e mensuráveis. Um bom objetivo de aprendizagem pode ser escrito como: ao final do [curso, experimento, aula] o aluno será capaz de [executar, listar e discutir, projetar, definir, ou outra ação observável].

Em Feisel and Peterson (2002) encontram-se os objetivos de aprendizagem para o laboratório de engenharia, válidos para experiências de laboratório em todo o curso. Os objetivos iniciam-se com a seguinte frase: “ao completar os laboratórios no currículo de graduação em engenharia, o aluno será capaz de ...”:

- *Objetivo 1: Instrumentação – aplicar sensores, instrumentos e ferramentas de software de forma apropriada para fazer medições de quantidades físicas.*
- *Objetivo 2: Modelos – identificar as forças e as limitações de modelos teóricos como previsões do comportamento no mundo real. Isto pode incluir a avaliação de uma teoria, se ela descreve de forma adequada um evento físico e estabelecer ou validar a relação entre dados obtidos de medição e princípios físicos básicos.*
- *Objetivo 3: Experimento – planejar uma abordagem experimental, especificando de forma apropriada equipamentos e procedimentos, implementar estes procedimentos, e interpretar os dados resultantes para caracterizar um material, componente ou sistema de engenharia.*
- *Objetivo 4: Análise dos dados – demonstrar a habilidade em coletar, analisar e interpretar dados, e formar e defender suas conclusões. Fazer julgamentos em ordem de magnitude, e conhecer unidades de sistemas de medidas e conversões.*
- *Objetivo 5: Projeto – projetar, construir ou montar uma peça, um produto ou um sistema, inclusive usando metodologias, equipamentos ou materiais específicos; determinar as exigências do cliente; desenvolvimento de um sistema a partir de especificações; testar e depurar um protótipo, um sistema ou um processo usando ferramentas apropriadas para satisfazer as especificações.*
- *Objetivo 6: Aprender a partir das falhas – reconhecer resultados errados devido a falhas de equipamentos, partes, código, constru-*

*ção, processo ou projeto e então re-engenheirar uma solução efetiva.*

- *Objetivo 7: Criatividade – demonstrar níveis apropriados de pensamento independente, criatividade e capacidade de resolver problemas no mundo real.*
- *Objetivo 8 - Psicomotor – demonstrar competências na seleção, modificação e operação de ferramentas e recursos de engenharia apropriadas.*
- *Objetivo 9: Segurança – reconhecer saúde, segurança e questões ambientais relacionadas a processos e atividades tecnológicos, e manuseá-los com responsabilidade.*
- *Objetivo 10: Comunicação – comunicar de forma efetiva sobre trabalhos de laboratório a uma audiência específica, oralmente e escrita, em níveis variando de resumos executivos a relatórios técnicos amplos.*
- *Objetivo 11: Trabalho em equipe – trabalhar de forma efetiva em equipe, incluindo responsabilidade individual e conjunta; determinar papéis, responsabilidades, e tarefas; monitorar progressos, atender a prazos; e integrar contribuições individuais em uma forma final aceitável.*
- *Objetivo 12: Ética no laboratório – comportar-se com altos padrões éticos, incluindo relatar informações objetivamente e interagir com integridade.*
- *Objetivo 13: Consciência sensorial – usar os sentidos humanos para juntar informações e fazer julgamentos coerentes, numa visão da engenharia, na formulação de conclusão sobre problemas do mundo real.*

Estes objetivos são gerais e podem ser utilizados também em aulas expositivas.

## 6.5 Relações taxonomia e objetivos instrucionais com estágios cognitivos de Piaget

Nesta seção serão mostrados algumas relações entre os níveis cognitivos de Piaget, objetivos instrucionais e a taxonomia do domínio cog-

nitivo.

A relação entre objetivos instrucionais com os estágios cognitivos é mostrada, através de alguns exemplos, no quadro 6.4. Neste quadro são mostrados os estágios cognitivos propostos por Piaget, as suas características e exemplos de objetivos instrucionais.

Quadro 6.4: Relação estágios cognitivos de Piaget e objetivos instrucionais

<b>Estágios cog- nitivos</b>	<b>Características</b>	<b>Objetivos</b>
Sensoriomotor	O indivíduo aprende através de sua interação com o ambiente através de ações sensório-motoras.	O aluno deverá ser capaz de fazer a furação para colocação dos componentes em uma placa de circuito impresso.
Pré-operacional	Há o início de operações mentais, mas o pensamento lógico não está completamente formado. O indivíduo consegue fazer correspondências.	O aluno deverá ser capaz de identificar o valor de um resistor a partir do código de cores.
Concreto	O indivíduo consegue manipular relações lógico-matemáticas sobre objetos físicos.	O aluno deverá ser capaz de montar um circuito integrador, aplicar um degrau na entrada e explicar o resultado obtido na saída.
Formal	O indivíduo é capaz de manipular relações lógico-matemáticas abstratas.	Explicar no espaço de estados o significado da matriz do sistema (A), relacionando-a com as características de um sistema físico. Explicar o significado, no espaço de estados, de vetores serem ou não linearmente independentes.

Fonte: o autor

Cada domínio da taxonomia de Bloom é composta por níveis e subníveis. A taxonomia do domínio cognitivo de Bloom e seus subníveis, é mostrada no quadro 6.5.

Uma forma possível de se relacionar a taxonomia do domínio cognitivo com níveis cognitivos de Piaget, é mostrado no quadro 6.6. Cada nível do domínio do Bloom é subdividido em diversos subníveis, mas nem todos os níveis serão dominados pelo indivíduo. Neste quadro são mostrados quais subníveis o indivíduo consegue trabalhar, conforme o estágio cognitivo em que ele se encontra. O conteúdo do quadro 6.6 é explicado a seguir:

Quadro 6.5: Taxonomia do domínio cognitivo

Níveis do domínio cognitivo	subníveis
1.00-conhecimento	1.10-conhecimento de específicos. 1.20-conhecimento de modos e meios de tratar com específicos. 1.30-conhecimento de universais e abstrações num determinado campo.
2.00-compreensão	2.10-translação. 2.20-interpretação. 2.30-extrapolação.
3.00-aplicação	
4.00-análise	4.10-análise de elementos. 4.20-análise de relações. 4.30-análise dos princípios organizacionais.
5.00-síntese	5.10-produção de uma comunicação singular. 5.20-produção de plano ou de um conjunto determinado de operações. 5.30-derivação de um conjunto de relações abstratas.
6.00-avaliação	6.10-julgamento em termos de evidência interna. 6.20-julgamento em termos de critérios externos.

Fonte: o autor

- **Nível 1.00: conhecimento** – é a evocação, por conhecimento ou memória, de idéias, materiais ou fenômenos, (Bloom et al., 1976).

**Nível cognitivo Sensório-motor** – através de atividades sensório-motoras o indivíduo começa a ter interação como o mundo. Ele é capaz de conhecer objetos. Neste nível cognitivo o indivíduo tem condições de evocar porções específicas de informações, correspondendo ao item 1.10-conhecimento de específicos.

**Nível cognitivo Pré-operacional** – o indivíduo tem condições de evocar porções específicas de informações, correspondendo ao item 1.10-conhecimento de específicos.

**Nível cognitivo Concreto** – o indivíduo tem condições de evocar porções específicas de informações, correspondendo ao item 1.10-conhecimento de específicos. Ele também tem condições de lidar com o conhecimento de modos de organizar, estudar, julgar e criticar idéias e fenômenos, (Bloom et al., 1976), correspondendo ao item 1.20-conhecimento de modos e meios de tratar com es-

pecíficos.

**Nível cognitivo Formal** – o indivíduo tem condições de evocar porções específicas de informações, correspondendo ao item 1.10-conhecimento de específicos. Ele também tem condições de lidar com o conhecimento de modos de organizar, estudar, julgar e criticar idéias e fenômenos, (Bloom et al., 1976), correspondendo ao item 1.20-conhecimento de modos e meios de tratar com específicos. O indivíduo tem condições de lidar com o conhecimento dos principais esquemas e modelos para organização de fenômenos e idéias, (Bloom et al., 1976), correspondendo ao item 1.30-conhecimento de universais e abstrações num determinado campo.

Quadro 6.6: Relação estágios cognitivos de Piaget e a taxonomia do domínio cognitivo.

Estágios cognitivos	Níveis do domínio cognitivo					
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Sensoriomotor	1.10					
Pré-operacional	1.10	2.10				
Concreto	1.10 1.20	2.10 2.20 2.30	3.00	4.10 <sup>†</sup> 4.20 <sup>†</sup> 4.30 <sup>†</sup>	5.10 <sup>†</sup>	6.10 <sup>†</sup> 6.20 <sup>†</sup>
Formal	1.10 1.20 1.30	2.10 2.20 2.30	3.00	4.10	5.10 5.20 5.30	6.10 6.20

<sup>†</sup> operação apenas sobre objetos concretos.

Fonte: o autor

- **Nível 2.00: compreensão** – corresponde ao entendimento de uma mensagem literal contida em uma comunicação, (Bloom et al., 1976).

**Nível cognitivo Sensorio-motor** – o indivíduo possui uma compreensão limitada.

**Nível cognitivo Pré-operacional** – conforme o tipo de compreensão ela pode corresponder a uma simples evocação de conhecimento, (Bloom et al., 1976), correspondendo ao item 2.10-translação.



**Nível cognitivo Concreto** – o indivíduo tem condições realizar a translação de um conhecimento para outro, correspondendo ao item 2.10-translação. Ele tem condições de interpretar uma comunicação, correspondendo ao item 2.20-interpretação. Ele tem condições de fazer extrapolações sobre determinada comunicação, correspondendo ao item 2.30-extrapolação. Lembrando que o indivíduo tem condições de realizar a compreensão sobre conteúdos concretos.

**Nível cognitivo Formal** – o indivíduo tem condições realizar a translação de um conhecimento para outro, correspondendo ao item 2.10-translação. Ele tem condições de interpretar uma comunicação, correspondendo ao item 2.20-interpretação. Ele tem condições de fazer extrapolações sobre determinada comunicação, correspondendo ao item 2.30-extrapolação. Lembrando que o indivíduo tem condições de realizar a compreensão sobre conteúdos concretos e abstratos.

- **Nível 3.00: aplicação** – corresponde à aplicação de conceitos e teorias, (Bloom et al., 1976).

**Nível cognitivo Sensório-motor** – o indivíduo não consegue manipular conceitos e teorias de forma lógica.

**Nível cognitivo Pré-operacional** – o indivíduo não consegue manipular conceitos e teorias de forma lógica.

**Nível cognitivo Concreto** – o indivíduo consegue aplicar conceitos e teorias, desde que relacionadas a objetos físicos.

**Nível cognitivo Formal** – o indivíduo consegue aplicar conceitos e teorias, relacionadas a objetos físicos ou a situações abstratas.

- **Nível 4.00: análise** – conhecer como dividir o material em suas partes constitutivas, suas interrelações e os modos de organização, (Bloom et al., 1976), formular explicações teóricas, matemáticas ou modelos lógicos para fenômenos observados.

**Nível cognitivo Concreto** – o indivíduo consegue fazer a análise das partes que compõe objetos físicos, que corresponde ao item 4.10-análise de elementos.

**Nível cognitivo Formal** – o indivíduo consegue fazer a análise das partes que compõem elementos concretos ou abstratos, que

corresponde ao item 4.10-análise de elementos. Ele consegue também relacionar as partes, que corresponde ao item 4.20-análise de relações. Ele também consegue também mostrar a estrutura implícita e explícita do material, que corresponde ao item 4.30-análise dos princípios organizacionais.

- **Nível 5.00: síntese** – combinar elementos e partes, de modo a formar um todo, (Bloom et al., 1976).

**Nível cognitivo Concreto** – o indivíduo consegue fazer uma síntese com elementos físicos conhecidos, que corresponde ao item 5.10-produção de uma comunicação singular.

**Nível cognitivo Formal** – o indivíduo consegue fazer uma síntese com elementos físicos conhecidos, que corresponde ao item 5.10-produção de uma comunicação singular. O indivíduo consegue propor um plano de operações, como por exemplo, para examinar hipóteses, que corresponde ao item 5.20-produção de plano ou de um conjunto determinado de operações. O indivíduo consegue trabalhar com relações abstratas, que corresponde ao item 5.30-derivação de um conjunto de relações abstratas.

- **Nível 6.00-avaliação** – julgamento acerca do valor de idéias, soluções, etc, realizados com um determinado propósito, (Bloom et al., 1976).

**Nível cognitivo Concreto** – o indivíduo consegue fazer avaliações sobre a coerência interna, desde que relacionadas a evidências físicas, que corresponde ao item 6.10-julgamento em termos de evidência interna. O indivíduo consegue fazer avaliações em termos de critérios externos, desde que relacionadas a evidências físicas, que corresponde ao item 6.20-julgamento em termos de critérios externos.

**Nível cognitivo Formal** – o indivíduo consegue fazer avaliações sobre a coerência interna, para qualquer situação, que corresponde ao item 6.10-julgamento em termos de evidência interna. O indivíduo consegue fazer avaliações em termos de critérios externos, para qualquer situação, que corresponde ao item 6.20-julgamento em termos de critérios externos.

## 6.6 Considerações finais

A formulação de objetivos de ensino é útil desde que não se retome o exagero que marcou as décadas de 70 e 80 no Brasil, onde o ensino por objetivo foi caracterizado como a forma ideal de se trabalhar o processo ensino-aprendizagem.

A formulação de objetivos de aprendizagem tem que ser o primeiro passo que o professor deve tomar antes de iniciar seu trabalho, pois ele só poderá saber se realmente os atingiu, se ele souber quais eram seus objetivos iniciais.

Muitas vezes o professor tem apenas uma vaga idéia do que quer obter do processo educacional e fica frustrado por que os alunos aprendem muito pouco do conteúdo trabalhado. Nesta situação, a culpa é do professor, pois ter uma vaga idéia é não saber o que quer. Sem a definição clara dos objetivos de ensino ele não saberá aonde quer chegar. Conforme Felder and Brent (2004), se o professor estiver em dúvida sobre quais são os seus objetivos de ensino, ele pode buscar suas provas e a partir delas ele saberá o que realmente espera que os alunos tenham aprendido, o que na realidade são os seus objetivos.

Neste capítulo foi mostrado um resumo sobre a forma correta de se escrever os objetivos instrucionais. Foi mostrado também um resumo sobre as taxonomias de Bloom e seus colaboradores. Foi mostrado um conjunto de objetivos instrucionais para o laboratório. E finalmente foi mostrada uma possível relação entre objetivos instrucionais, a taxonomia do domínio cognitivo com os níveis cognitivos propostos por Piaget.

Foi comentado que a taxonomia do domínio psicomotor não foi objeto de estudos de Bloom. A taxonomia do domínio psicomotor mais utilizada foi desenvolvida por Simpson. Outros educadores desenvolveram diversas taxonomias do domínio psicomotor atendendo a situações particulares, mas maioria destas taxonomias do psicomotor não atende às especificidades dos cursos de engenharia.

Assim no próximo capítulo é feita uma proposta de uma nova taxonomia do domínio psicomotor, que possa atender às características dos experimentos dos cursos de engenharia, envolvendo atividades práticas, mas com características reflexivas.



## Capítulo 7

# Nova taxonomia do domínio psicomotor

### 7.1 Introdução

Segundo Feisel and Rosa (2005), a função da engenharia é manipular materiais, energia e informação gerando benefícios para a humanidade. Engenharia é uma profissão que deve gerar resultados práticos à sociedade e é uma profissão prática, em que o fazer é a chave de sua atuação. Essa expressão, profissão prática está na realidade relacionada à tecnologia.

Tecnologia é uma atividade humana que transforma o ambiente natural para adaptá-lo melhor às necessidades humanas, (Eshach, 2006). Baseado neste conceito, pode-se afirmar que engenharia é uma profissão ligada à tecnologia. Como foi visto no capítulo 2, a tecnologia possui duas dimensões: a do conhecimento científico e a do conhecimento prático. Para Bunge (1980), tecnologia é a técnica que emprega conhecimento científico.

Os engenheiros usam a ciência não como simples aplicação do conhecimento a um problema particular, mas eles constroem conhecimento para situações específicas. A idéia de uma máquina, o conceito de uma chave, uma invenção, as idéias de eficiência e de otimização, as teorias da hidráulica, da aero-dinâmica, da cinemática, da cibernética, de fila, de informação, e de redes são inerentemente tecnológicas e não conceitos científicos, (Eshach, 2006).

Assim os cursos de engenharia devem ensinar a prática da engenharia, mas sempre vinculada a uma linha de tecnologia e ciência. Isto é, eles têm que seguir a linha do conhecimento científico e tecnológico e evitar o uso do conhecimento vulgar. Desta forma, o ensino no laboratório deve ser desenvolvido numa linha científica e tecnológica, com os

professores e alunos fazendo uma interpretação reflexiva da medida, e não apenas no sentido de fazer a mera anotação da medida.

Para Landsheere and Landsheere (s.d.), as atividades sensório-motoras são essenciais ao desenvolvimento da inteligência. Além disto a habilidade manual não é importante apenas para o operário, mas é importante também para o pesquisador de laboratório, para o cirurgião, e para outros profissionais qualificados.

Mas a forma como o laboratório é desenvolvido pode levar a resultados diferentes do esperado. Em artigos sobre o ensino de ciências nota-se a grande preocupação sobre as funções e eficácia do ensino no laboratório, (den Berg, 1997). Como já foi comentado, muitos alunos não são capazes de explicar aspectos importantes do experimento realizado.

Isto ocorre porque muitos alunos, e quem sabe alguns professores, vêem o laboratório apenas como uma atividade mecânica, na qual não há necessidade de se pensar. O que se conclui, é que não adianta apenas fazer o experimento, o aluno deve refletir sobre o que realizou. Daí a grande importância da visão reflexiva no ensino.

Para Moraes (2000), aprender ciências significa romper com a experiência do mundo sensível. É colocar em crise conceitos tradicionais da experiência comum. O laboratório de engenharia deve seguir esta linha. Muitos professores acreditam que fazer um experimento conduz o aluno à aprendizagem. Isto é, basta o aluno realizar o experimento e o aluno chega imediatamente à lei e à compreensão de toda uma teoria. Na realidade, isto pode levar ao conhecimento vulgar. O professor deve sempre se preocupar em trabalhar, em qualquer nível de ensino, num enfoque reflexivo.

Piaget desenvolveu estudos mostrando que o raciocínio abstrato pode ser feito por indivíduos que atingiram um desenvolvimento mental completo, atingindo o estágio de operações formais, (Pulaski, 1986), tendo assim condições plenas de fazer o pensamento reflexivo. Infelizmente, devido a falhas no processo educacional, muitos indivíduos adultos não atingem este estágio, (Pulaski, 1986). Mas o professor pode propor atividades utilizando objetos concretos, desenvolvidas em uma forma reflexiva, auxiliando estes indivíduos a atingirem um desenvolvimento mental pleno. Nesta visão, o laboratório tem uma importância significativa no processo educacional.

Será que os professores conhecem realmente os objetivos do experimento? Será que eles são capazes de explicar aos estudantes quais são estes objetivos? Será que eles são capazes de definir que caracterís-

ticas os estudantes irão desenvolver ao realizarem o experimento? De acordo com Feisel and Rosa (2005), projetar um experimento de laboratório sem a definição clara dos objetivos, é como projetar um produto sem ter as especificações: alguma coisa irá resultar, mas nem sempre o que se desejava. O instrutor deve usar um sistema para a classificação (taxonomia) dos objetivos de ensino de forma a assegurar que ele está ensinando e avaliando de forma adequada, (Felder and Brent, 2004).

A taxonomia dos objetivos instrucionais pode ser utilizada para classificar o comportamento do aluno, indicando os resultados pretendidos no processo educacional, (Bloom et al., 1976).

A competência do aluno em fazer coisas depende de como o processo educacional desenvolve certas habilidades e não apenas propiciando conhecimentos teóricos, (Ferris and Aziz, 2005). O professor deve especificar claramente o que é esperado do aluno e como ele deve proceder para obter o comportamento desejado. A taxonomia do domínio psicomotor pode ajudá-lo nesta especificação.

Mas as taxonomias do domínio psicomotor existentes não atendem às características dos experimentos dos cursos de engenharia, por serem de baixa atividade cognitiva, ligadas mais às coordenações motoras, pois muitas delas foram desenvolvidas para classificação de habilidades ligadas à educação física.

Neste capítulo propõe-se uma reinterpretação da taxonomia do domínio psicomotor a ser utilizada nos laboratórios dos cursos de engenharia, partindo-se da concepção do experimento, procurando-se enfatizar a relação da engenharia com o conhecimento científico, sempre numa visão reflexiva.

## 7.2 A concepção e o conhecimento científico

O conhecimento ser faz pela percepção? Talvez o conhecimento comum (conhecimento vulgar), como foi definido por Bachelard (1996), possa ser feito apenas pela percepção. Mas por ser enraizado dentro de seus valores elementares, o conhecimento vulgar não pode evoluir. Ele tem mais respostas que questões. Ele responde a tudo, (Bachelard, 1975), mas as respostas são compostas por idéias ingênuas.

Segundo Bachelard (1996), para que um fato seja definido e situado é necessário um mínimo de interpretação. No conhecimento vulgar, os fatos são precocemente implicados em razão. Do fato à idéia, o percurso é muito curto. A impressão que se tem, é que basta considerar o

fato.

Uma adesão imediata a observações particulares pode levar à imobilização do conhecimento. A experiência comum não é de fato construída, é no máximo, feita de observações justapostas. A observação primeira é sempre um obstáculo inicial para a cultura científica, pois é uma experiência colocada antes e acima da crítica.

Com relação aos dados da experiência física, os fatos só são acessíveis se assimilados pelo sujeito, o que pressupõe a intervenção de instrumentos lógicos-matemáticos de assimilação construindo relações que enquadram ou estruturam esses fatos e os enriquecem na mesma proporção, (Piaget, 1990).

Russell dizia que a percepção fornece o conhecimento dos objetos materiais e a concepção dá acesso às idéias eternas que subsistem independente do indivíduo, (Piaget, 1990). O indivíduo somente conhece o real através das suas ações e não apenas das suas percepções.

Os experimentos feitos através da percepção imediata, chamam a atenção para o fato de que a pessoa vê o que espera ver, isto é, aquilo que vivenciou anteriormente, e portanto, com que está mais familiarizada, (Pulaski, 1986).

Para Bachelard (1996), a experiência científica é uma experiência que contradiz a experiência comum. O espírito científico não tem opiniões sobre questões que não compreende com clareza. É preciso em primeiro lugar, saber formular problemas, fazer perguntas.

Fazer com que os alunos utilizem equipamentos de medição não garante que eles obtenham uma educação científica. O mais importante é a **concepção que eles fazem do experimento**.

O conhecimento científico é resposta a um pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. A concepção seria o fazer esta pergunta, o formular o problema.

A concepção é um modo de organizar as experiências e de imaginar o possível. Na idéia da concepção encontra-se: a idéia de engendrar ou de procriação; a idéia de formação de conceito; a idéia de design, de configuração original constituindo um modelo para conjuntos, montagens ou objetos novos, (Morin, 2005).

A concepção utiliza todos os recursos do espírito, do cérebro e da mão do homem: combina a aptidão para formar imagens mentais com as aptidões para produzir imagens materiais (desenhos, maquetes, modelos); utiliza palavras, idéias, conceitos, teorias, faz avaliações, utiliza a imaginação e estratégias da inteligência, (Morin, 2005).



### 7.2.1 Concepção, percepção e consciência

Para atingir o conhecimento científico, o indivíduo deve primeiramente fazer a concepção do conhecimento que ele tem sobre o objeto e do que busca conhecer, isto é, deve fazer a organização do que conhece, para em seguida poder fazer a percepção do que quer conhecer, que é, observar as características do objeto. Conforme Morin (2005), a concepção transforma o conhecido em concebido, em pensamento.

Quando se fala em concepção não se está apenas falando na visão do professor que cria, produz o experimento, para ser utilizado mais tarde pelos alunos. Mas fala-se principalmente na concepção de quem irá executar o experimento, neste caso os alunos, como um ato de organizar o conhecimento que possui, se preparar para poder observar melhor o objeto.

A concepção é um modo de organizar a experiência e o conhecimento. Ela transforma o conhecido, que pode ser um amontoado de informações, em concebido, em pensamento. Ela permite a formação de conceitos. A concepção é formular a pergunta: qual é o problema? Para que o experimento tenha uma conotação científica, o aluno deve inicialmente se perguntar: “o que irei fazer no laboratório? qual o problema a ser resolvido? o que eu devo conhecer para poder executar o experimento?”. Ao se questionar ele começa a fazer uma concepção sobre o experimento que irá executar.

Assim, num laboratório, o conhecimento científico parte inicialmente da concepção do experimento, para depois ser feita a percepção, sendo que a percepção envolve a manipulação dos equipamentos e a medição dos dados. A crítica feita ao laboratório é que muitas vezes os experimentos são iniciados diretamente pela percepção dos dados, sem ter sido feita a concepção do que deve ser feito.

Feita a percepção, a pessoa tem condições de fazer uma reflexão sobre os resultados obtidos, a partir da concepção inicial do experimento, e atingir a consciência. Para Morin (2005), a consciência é o produto e a produtora da reflexão. A consciência é um retorno do espírito sobre si mesmo via linguagem. Esse retorno permite um pensamento do pensamento capaz de retroagir sobre o pensamento.

Dado um objeto qualquer, para se fazer consciência deste objeto, em primeiro lugar é necessário que se crie uma **concepção** do que se deseja observar. Numa visão científica, a pessoa não alcança nada fora dela sem que primeiro faça uma concepção. Um objeto possui diversas características que podem não ser observadas pela mente

que não foi treinada. Em segundo lugar, a pessoa tem que fazer a **percepção**, isto é, a obtenção das características do objeto. Feitos estes dois níveis, concepção e percepção, ela, imediatamente, cria uma possibilidade de fazer **consciência** do objeto, (Cruz, 2011). Assim, Cruz, afirma que o conhecimento científico é obtido através da seguinte sequência: concepção-percepção-consciência.

### 7.3 Ensino prático reflexivo

Como já foi falado, reflexividade é uma auto-interrogação. É a capacidade de refletir em e sobre a ação de forma permanente. Esta postura pode ser obtida por meio de um treinamento.

No laboratório de engenharia, o professor pode ensinar como funcionam os equipamentos e componentes, mas a forma como o aluno utiliza estes elementos para montar ou testar um circuito ou um sistema só pode ser ensinada de forma reflexiva, na qual o aluno conversa com o problema, (Schon, 2008). Dito de outra forma, é possível ensinar o aluno a manipular equipamentos e componentes, mas a sua aplicação correta e otimizada em situações específicas só será aprendida em uma conversação reflexiva do aluno com o problema. O aluno deve aprender a refletir com e sobre o problema. Ele deve fazer um diálogo reflexivo com o problema. Para Perrenoud (2002), o paradigma reflexivo está na origem dos ofícios técnicos ou científicos.

Segundo Galiazzi (2000), o aluno mantém sistemas alternativos do conhecimento e o aprendizado de uma nova teoria não significa no abandono das antigas convicções, sendo aplicadas em contextos diferentes. Isto acontece por que o aluno apenas decora o conteúdo, mas não o internaliza. A internalização do conhecimento será conseguida através do ensino reflexivo.

Para Schon (2008), a escola profissional vive um problema devido ao relacionamento com os componentes orientados pela disciplina e componentes orientados pela prática. Para ele, no currículo convencional o ensino prático é sempre uma reflexão a posteriori. Existe um núcleo de disciplinas teóricas, e o laboratório tem como função aplicar as teorias e técnicas aprendidas nas disciplinas, sendo sempre considerado inferior. No ensino prático reflexivo a aprendizagem ocorre através do fazer, sendo tão importante quanto o núcleo teórico.

O ensino prático reflexivo trabalha com o aprender-fazendo e com um diálogo de reflexão-na-ação recíproco entre instrutor e estudante. A

aula prática deve ser um ambiente que permita criar uma ponte entre a ciência aplicada e a reflexão-na-ação, (Schon, 2008).

O ensino prático reflexivo demanda intensidade e duração que vão muito além das características de uma disciplina comum. O aluno praticamente vive no ambiente criado para este tipo de ensino, como por exemplo, em um ateliê de arquitetura, (Schon, 2008).

Neste tipo de ensino desenvolvem-se vários tipos de reflexão que transcendem a prática educacional normal. Os profissionais refletem sobre suas próprias teorias tácitas, os professores refletem sobre os métodos de pesquisa e os instrutores sobre as teorias e processos que eles trazem para sua própria reflexão-na-ação.

A educação reflexiva pode ajudar os alunos a se conscientizarem do conhecimento que já têm e a assumirem responsabilidades sobre sua própria aprendizagem.

Uma parte dos professores não investe na formação da prática reflexiva, pois considera que a reflexão seja algo automático. Também parte dos alunos não gosta de refletir, prefere absorver os saberes. Eles foram habituados, pela própria escola, a não fazerem questionamentos. Mas o treinamento para a visão reflexiva pode auxiliar os alunos à passarem para o estágio operacional formal. Assim a grande importância de se ensinar o aluno a ser reflexivo em todas as situações de sua vida.

## 7.4 As taxonomias do domínio psicomotor

Segundo Landsheere and Landsheere (s.d.), Bloom e seus colaboradores não publicaram um estudo sobre o domínio psicomotor, pois consideraram que os objetivos psicomotores mencionados na literatura pedagógica levariam a um conjunto bastante artificial. E além disto Bloom considerava que estes objetivos não desempenhariam um papel relevante no ensino secundário.

Além da taxonomia proposta por Simpson (1966) já vista na seção anterior, existem diversas versões da taxonomia no domínio psicomotor.

a) Taxonomia de Harrow, (Harrow, 1988), desenvolvida para ser utilizada em educação física, contendo seis níveis, cada um com alguns sub-níveis: 1) movimentos reflexos – reflexos segmentais; reflexos intersegmentais; reflexos suprasedimentais; 2) movimentos básicos-fundamentais – movimentos locomotores; movimentos não-locomotores; movimentos manipulativos; 3) capacidades perceptivas – discriminação

cinestésica; discriminação visual; discriminação auditiva; discriminação tátil; capacidade de coordenação; 4) capacidades físicas – resistência; força; flexibilidade; agilidade; 5) destrezas motoras – destreza adaptativa simples; destreza adaptativa composta; destreza adaptativa complexa; 6) comunicação não-verbal – movimento expressivo; movimento interpretativo.

b) Taxonomia de Ragsdale, (Harrow, 1988) e (Landsheere and Landsheere, s.d.), composta pelos níveis: 1) atividades motoras de manipulação: manipulação ou ação com referência direta a um objeto. Intervém os critérios de velocidade e de precisão; 2) atividades motoras da linguagem: movimentos dos órgãos de fala, movimentos oculares, movimentos que intervêm na escrita, trata-se de registrar, de receber ou comunicar idéias; 3) atividades motoras emocionais: comunicação de atitudes, de sentimentos, de emoções por intermédio do movimento.

c) Taxonomia de Kibler et al, (Harrow, 1988) e (Landsheere and Landsheere, s.d.), composta pelos níveis: 1) habilidade motora geral – são movimentos corporais simples, movimento dos membros e/ou outras partes do corpo: movimentos relacionados com os membros superiores; membros inferiores; movimentos relacionados com duas ou varias unidades corporais. 2) habilidade motoras delicadas – movimentos das extremidades, habitualmente em conjunção com um olho ou orelha, em geral de combinação com um objeto exterior. São movimentos perfeitamente coordenados: movimentos dedo/mão; coordenação óculo-motora; coordenação áudiomanual; coordenação mão/olho/pé; outras combinações de movimentos mão/pé/olho/orelha. 3) comportamentos de comunicação não verbal – comportamentos estudados que tentam transmitir uma mensagem a um auditor, sem recorrer a palavras; mímica; gestos, expressão corporal 4) comportamentos verbais – discursos, invenção da mensagem, organização, codificação, decodificação.

d) Taxonomia de Guilford, (Landsheere and Landsheere, s.d.) e (Siddiqui, 2008): 1) força – capacidade para executar experiências psicomotoras que exigem principalmente força; 2) impulso – capacidade de impelir o próprio corpo ou objetos na direção pretendida dependendo a força apropriada; 3) rapidez (velocidade) – capacidade para executar experiências psicomotoras num determinado espaço de tempo; 4) precisão estática – capacidade de executar desempenhos psicomotores em que a precisão da pausa importa acima de tudo; 5) precisão dinâmica – capacidade para executar experiências psicomotoras em que a precisão do movimento é de extrema importância; 6) coordenação – capacidade

de execução de dois ou vários desempenhos psicomotores ao mesmo tempo, na relação pretendida; 7) flexibilidade – fluidez no movimento, capacidade de movimentar o corpo ou objetos sem esbarrar.

e) Taxonomia de Daves, (Landsheere and Landsheere, s.d.), que estabelece o grau de coordenação como princípio da hierarquia proposta, sendo este um fator comum a todo desenvolvimento físico: 1) imitação – tendência espontânea para imitação; imitação observável; 2) manipulação – seguir as instruções; seleção; fixação de um padrão de ações; 3) precisão – reprodução; direção; 4) estruturação da ação – seqüência; harmonia; 5) naturalização – automatização; interiorização.

f) Dawson, (Ferris and Aziz, 2005), propôs uma taxonomia para o domínio psicomotor: 1) observação; 2) tentativa; 3) repetição; 4) refinamento; 5) consolidação; 6) competência.

g) Krathwohl, (Ferris and Aziz, 2005), propôs uma taxonomia para o domínio psicomotor com as seguintes características: 0) **movimentos básicos**: 0.1) movimentos não-locomotor; 0.2) movimentos manipulativos; 0.3) movimentos locomotor. 1) **prontidão**: 1.1) sensibilidade à sugestões; 1.2) sugestão e seleção de comportamento; 1.3) posicionamento: 1.3.1) posicionamento mental, 1.3.2) posicionamento emocional, 1.3.3) posicionamento físico; 2) **desenvolvimento de habilidades de movimento**: 2.1) interpretação de imagens mentais em sensações cinestésicas; 2.2) produção do comportamento apropriado; 3) **desenvolvimento de um padrão de movimento** (integração de movimento e aperfeiçoamento dos resultados): 3.1) produção de padrão de movimentos; 3.2) aperfeiçoamento do padrão de movimentos; 4) **adaptação e originalidade de padrões de movimentos**: 4.1) adaptação de padrões de movimentos; 4.2) selecionar e adaptar padrões de movimentos.

Todas as taxonomias do domínio psicomotor mostradas até agora, incluindo a de Simpson mostrada na seção anterior, cobrem apenas um nível de educação inicial, em que os alunos se encontram numa idade em que necessitam aprender habilidade físicas e coordenações de movimentos básicos. Estas habilidades motoras situam-se numa área geral de desenvolvimento de músculos e movimentos coordenados, muitas vezes necessários para aulas de educação física. O psicomotor se concentra em movimentos físicos como a parte mais importante da ação, não levando em consideração outras formas de ação, (Ferris and Aziz, 2005) and (Hoffmann, 2008).

h) Taxonomia de Scriven, (Landsheere and Landsheere, s.d.).

Scriven propôs uma taxonomia única com 5 níveis englobando os três domínios, resultando numa mini-taxonomia: **domínio cognitivo:** 1) conhecimento e 2) compreensão; **domínio afetivo:** 3) motivação; **domínio psicomotor:** 4) capacidades não cognitivas; 5) variáveis não-educativas.

A taxonomia de Scriven tenta fazer a união dos três domínios, mas torna-se geral demais para ser utilizada no laboratório.

i) Ferris e Aziz, (Ferris and Aziz, 2005) e (Hoffmann, 2008), apresentaram uma adaptação da taxonomia de Simpson, que é apropriada para avaliar as atividades de engenheiros no laboratório. A taxonomia é composta pelos seguintes níveis: 1) reconhecimento de ferramentas e materiais: exemplo, reconhecer um microscópio como uma ferramenta; 2) manuseio de ferramentas e materiais: exemplo, posicionar o microscópio sem danificá-lo; 3) operação básica das ferramentas: exemplo, colocar uma lâmina sob as lentes, focando-a; 4) operação competente das ferramentas: exemplo, mudança fluente de objetos e lentes, focando o objeto de forma rotineira; 5) operação especializada de ferramentas: exemplo, selecionar as melhores lâminas para observar, evitando a secagem dos objetos; 6) planejamento de operações de trabalho: exemplo, planejar como criar lâminas para obter melhores observações, preparando uma série de objetos a serem testados; 7) avaliação de resultados e planejamento de meios para melhorias; exemplo, avaliar uma série de observações, identificar aqueles objetos que são menos adequados como prova de testes.

A taxonomia proposta por Ferris e Aziz foi desenvolvida para classificar as atividades práticas exercidas por estudantes de engenharia, mas sempre parte da percepção dos dados e dos equipamentos. O planejamento e a avaliação são atividades feitas após a realização do experimento.

j) Hoffmann (2008), propôs uma taxonomia do psicomotor em um nível mais abstrato, que ele chamou domínio de habilidades. Ele utilizou a taxonomia proposta por Ferris e Aziz, mas interpretou o termo “material” como “material para pensar a respeito”, e o termo “ferramentas” como “processo a ser aplicado”: 1) reconhecimento de ferramentas e materiais: exemplo, reconhecer uma equação diferencial; 2) operação básica de ferramentas: exemplo, usar uma suposição inicial para resolver um problema; 3) operação de ferramentas de forma competente: exemplo, resolver um problema incluindo condições de limites; 4) operar uma ferramenta de forma especializada: exemplo, selecionar e aplicar

métodos numéricos mais vantajosos.

A taxonomia proposta por Hoffmann possui uma característica abstrata, atendendo às atividades psicomotoras necessárias para a resolução de um exercício teórico, mas não atende às especificidades do laboratório.

## 7.5 Proposta de uma nova Taxonomia para o domínio psicomotor

Para se ter um ensino prático reflexivo, o aluno ao entrar no laboratório já deve estar questionando o que será feito e como será feito.

Assim, para que o laboratório leve a aprendizados significativos, o aluno necessita fazer inicialmente uma concepção do experimento a ser executado.

Profissionais capacitados fazem experimentos utilizando as concepções que eles tem do problema, impondo um tipo de coerência a situações caóticas. A partir do resultado obtido, eles refazem sua concepção do problema, podendo obter uma nova abordagem para o problema. Isto constitui uma conversação reflexiva com os materiais numa dada situação, (Schon, 2008).

O profissional competente ao entrar em um laboratório possui uma concepção do que irá fazer. Assim como o cientista, ele não entra no ambiente e vai pegando objetos sem fazer uma organização prévia.

Nesta taxonomia, deve-se ter em mente que o aluno não irá ao laboratório fazer um experimento, sem antes ter sido preparado para isto. Ao entrar no laboratório ele tem uma idéia do que irá fazer, isto é, ele possui uma concepção do experimento.

Mesmo um laboratório no início do curso, como o laboratório introdução à engenharia, o aluno já possui uma concepção do que deseja aprender. Ele quer ser engenheiro, ele quer poder trabalhar em engenharia. A sua concepção de engenharia pode até ser equivocada, mas ele possui uma concepção própria. Além disto, ele já possui uma certa base do segundo grau, que é utilizada no laboratório para que ele possa fazer os experimentos propostos.

O aluno ao entrar em um laboratório sem a concepção do que quer fazer, normalmente fará o conhecimento vulgar, aquele que tudo aceita e tudo procura explicar, sem qualquer fundamento.

Em um nível de abstração é possível pensar que o aluno poderia

ir ao laboratório sem nenhum conhecimento. Mas isto seria um processo altamente repetitivo, para formação de habilidades de baixo ou quase nenhuma característica cognitiva, como por exemplo o treinamento de alunos com certa deficiência de aprendizagem. Um método ou teoria de aprendizagem em que o aluno não faria a concepção ao entrar em um laboratório, seria o comportamentalismo (behaviorismo), cujo método usado é o condicionamento, e os procedimentos de ensino são repetidos até chegar ao resultado desejado. Os comportamentalistas acreditam não ser necessária nenhuma atividade intelectual do sujeito para alcançar o resultado desejado, (Winch and Gingell, 2007). Mas isto não atenderia o que se deseja obter nos laboratórios de engenharia.

Schon (2008) afirma que situações problemáticas só são convertidas em problemas bem definidos através da designação e da concepção, e não apenas através de soluções técnicas.

Quando se apresenta uma prática a um aluno, ele deve construir uma imagem desta prática, deve fazer uma avaliação de onde está e deve fazer um mapa do caminho para onde quer chegar, (Schon, 2008).

Assim o primeiro passo seria a **concepção** que o aluno faz do experimento. Muitos professores utilizam isto exigindo o pré-relatório, para que os alunos estudem o conteúdo que será trabalhado, forçando-os a criarem uma concepção do experimento.

Quando os alunos começam o experimento, inicialmente eles têm que escolher os equipamentos que irão utilizar e em seguida montar o experimento. Isto é, eles tem que se **posicionar** com relação à escolha de determinadas ações para poderem iniciar o experimento. Eles devem estar prontos para agir a fim de iniciar o experimento (posicionamento).

Ao iniciar o experimento, os alunos começam a ter a **percepção** das medições a serem realizadas, dos problemas que existem para obterem os dados de forma correta, e finalmente dos resultados das medições.

Os experimentos iniciais são bastante controlados, possuindo características de experimentos completamente estruturados. Os **passos a serem executados são basicamente guiados** por um roteiro. O estudante deve seguir o roteiro para obter o resultado correto.

A partir de um certo momento, os alunos estão aptos a desenvolverem **experimentos parcialmente guiados**, sendo que o roteiro é bastante simplificado, deixando a eles muitas das decisões. Neste nível, o aluno pode **adaptar** o que aprendeu para atender a situações novas.

Através da repetição de algumas ações os alunos conseguem certas



habilidades práticas, isto é, eles atingem uma certa **mecanização**.

Em um nível mais elevado, os alunos estão aptos a desenvolverem **experimentos com respostas abertas**, sendo que não há roteiro, delegando-se para eles todas as decisões. Neste nível o aluno consegue **criar** novos padrões para atender a situações que não haviam sido previstas.

E finalmente, o aluno avalia o que fez, como obteve um determinado resultado e como poderia ter feito para obter melhores resultados. Ele está **consciente** do que sabe e do que sabe-fazer.

Todas as taxonomias estudadas são importantes dentro de sua área de aplicação específica. Mas para os cursos de engenharia, as taxonomias mais importantes são: Simpson, Ferris e Aziz, e Hoffmann, sendo que estas duas últimas são baseadas na taxonomia de Simpson. A taxonomia de Ferris e Aziz começa com a percepção dos dados e dos equipamentos, mas o planejamento é feito apenas após o experimento. Nesta taxonomia, a falta da concepção inicial do experimento, pode levar o aluno a executar os procedimentos mecanicamente sem o necessário entendimento. A taxonomia de Hoffmann foi desenvolvida para classificar as atividades psicomotoras necessárias para a resolução de exercícios teóricos, e não para classificar atividades de laboratório. Finalmente, a taxonomia de Simpson é voltada para movimentos físicos.

Para superar estas limitações, uma nova taxonomia é proposta para classificar atividades psicomotoras executadas pelos alunos de engenharia em um laboratório, baseadas na taxonomia de Simpson, mas reinterpretadas para níveis cognitivos mais elevados.

1. **Concepção do experimento** – o aluno deverá organizar o conhecimento que possui e relacioná-lo com aquilo que terá que fazer no laboratório. Ao fazer o experimento sem trabalhar este nível, o aluno irá fazer o que Bachelard (1996) chamou de experiência do senso comum, que normalmente é contrária ao conhecimento científico. Os professores normalmente exigem um pré-relatório dos alunos, para que eles formem uma concepção do experimento antes de executá-lo.

**Características cognitivas** – para poder fazer a concepção do experimento o aluno deve ter condições de fazer uma análise abstrata do que será desenvolvido. Somente alunos no estágio formal conseguem fazer esta concepção de forma global. Para auxiliar os alunos, alguns professores pedem que eles façam algum tipo de

simulação antes da aula, na tentativa de que consigam mais facilmente fazer a concepção do experimento. Também, ao pedir um pré-relatório, o professor busca criar condições para que o aluno faça uma concepção do experimento, antes de realizar o experimento.

2. **Posicionamento com relação ao experimento** – demonstrar prontidão para manipular componentes e equipamentos. Isto é, o aluno deve ser capaz de montar a estrutura a ser testada. Ele deve ser capaz de montar os circuitos ou os sistemas a serem testados. Ele deve ter condições de escolher e conectar corretamente os equipamentos para fazer o experimento.

**Características cognitivas** – os alunos no estágio concreto têm muita facilidade em lidar com equipamentos e circuitos. Eles compensam algumas dificuldades que possuem na teoria com o seu desempenho no laboratório. São os alunos que se destacam pela facilidade em montar a estrutura a ser testada. O professor deve incentivar que todos alunos participem da montagem do experimento, evitando que alguns alunos monopolizem este processo.

3. **Percepção do experimento** – é o processo de tornar-se consciente das características dos objetos que compõem o experimento, através dos órgãos sensoriais. O aluno utiliza os órgãos dos sentidos para, através dos equipamentos que possui à sua disposição, realizar as medições necessárias ao experimento. É o processo de tomar consciência das medições executadas. O aluno deve ter a capacidade de fazer as medições requisitadas pelo experimento.

**Características cognitivas** – os alunos no estágio concreto têm facilidade em realizar as medições e obter os resultados. Mas muitas vezes não conseguem fazer conclusões mais amplas, ficando restritos ao que foi obtido. Já os alunos no estágio operacional formal, conseguem utilizar o que aprenderam em conjunto com outros conhecimentos. Assim, numa visão reflexiva, a percepção do experimento deve ser acompanhada de atividades que propiciem a análise dos resultados das medições e a conscientização do que o aluno realizou. Em uma atividade na qual o professor faz a demonstração do experimento, o aluno tem uma percepção indireta da medição dos dados, pois é o professor quem realiza o experimento. Neste tipo de experimento, deve-se tomar cuidado para que o aluno não perca o interesse ou fixe sua atenção em processos

acessórios à demonstração. Em qualquer tipo de experimento, é muito importante que o aluno faça a análise dos resultados obtidos.

- 4. Capacidade para realizar experimentos completamente guiados** – é o estágio inicial de aprendizagem de uma habilidade. Neste estágio o aluno terá mais facilidade se for proposto a ele um roteiro indicando os procedimentos a serem executados. O aluno tem poucas habilidades relacionadas ao laboratório e necessita um forte suporte do instrutor para executar o experimento. São experimentos bastante estruturados, cujo roteiro possui informações passo a passo do que será feito, através do qual os alunos possuem poucas condições de errar ou criar. São também conhecidos como experimentos completamente estruturados, “*cookbook*” ou “*close-ended*”. Este tipo de experimento é necessário para que o aluno desenvolva uma habilidade específica, mas, algumas vezes, o aluno não tem consciência do que está fazendo, ele apenas executa o que o professor definiu. Por isto, o professor deve fazer o aluno refletir sobre aquilo que ele está fazendo, para que o experimento se torne significativo ao estudante;

**Características cognitivas** – os alunos que estão nos estágios operacional concreto e formal conseguem desenvolver a contento os experimentos guiados. Mas deve-se tomar cuidado para que o aluno no estágio concreto, não realize as atividades mecanicamente, sem um entendimento mais amplo do que foi realizado.

- 5. Capacidade para realizar experimentos parcialmente guiados** – é o estágio intermediário de aprendizagem de uma habilidade. O aluno já possui algumas habilidades e pode executar o experimento com apoio parcial do professor. São experimentos com um roteiro simplificado, sendo uma parte estruturada e uma outra parte aberta, na qual o aluno terá que tomar algumas decisões para finalizar o experimento. Ao estudante são dadas algumas instruções na montagem do experimento e sobre o que deve ser feito no começo. Para a parte final do experimento, alguns detalhes são deixados a cargo do estudante, (Wankat and Oreovicz, 1992). Também é conhecido como experimento parcialmente estruturado. Estes experimentos são necessários para que o aluno possa desenvolver independência e iniciativa, além das habilidades técnicas. O professor deve encontrar caminhos para fazer o aluno

refletir sobre o que está realizando, pois só assim o experimento será significativo para o aluno. As habilidades já estão bem desenvolvidas e o indivíduo pode modificá-las para atender a diferentes situações, isto é, o indivíduo pode adaptar o que aprendeu para atender novas situações. O nível **adaptação** da taxonomia de Simpson situa-se aqui.

**Características cognitivas** – neste nível os alunos necessitam ter independência e iniciativa, para que possam programar e executar o experimento. O aluno desenvolve experimentos, mas sem um grau inovativo, sendo monitorado pelo professor. Ele aplica soluções conhecidas em novos problemas, como, por exemplo, pequenos projetos e pesquisas dirigidas pelo professor. Os alunos no estágio concreto talvez tenham dificuldade em atuar neste estágio. Para o aluno no estágio concreto ter sucesso relativo, ele deverá ser bem treinado nos conteúdos básicos, de forma que ele consiga aplicar o que aprendeu em novos problemas. O aluno que está no estágio formal desenvolve este tipo de atividade com mais facilidade.

6. **Mecanização** – neste nível o aluno exercitou inúmeras vezes uma habilidade, podendo executá-la com proficiência. O indivíduo depois de executar uma atividade um grande número de vezes, incorpora esta habilidade, podendo executá-la de forma quase automática. É uma consequência do exercício realizado através de experimentos completamente guiados ou parcialmente guiados. A mecanização é importante para a formação de determinadas competências.

**Características cognitivas** – este é um nível importante para todos os alunos, pois o grau de competência depende de quanto o aluno exercita uma habilidade. Ele deve utilizar de forma constante o que aprendeu para reforçar as suas habilidades. Mas deve-se ressaltar que não é um processo mecânico puro, é um processo reflexivo, no qual o aluno repete mas sempre refletindo sobre o que fez.

7. **Capacidade para realizar experimentos não-estruturados** – é o estágio final de aprendizagem de uma habilidade. O aluno já possui habilidades bem desenvolvidas e pode executar o experimento sem a ajuda do professor. São experimentos que não

possuem roteiros pré-definidos, forçando os alunos a tomarem todas as decisões necessárias. Apenas são especificados os objetivos do experimento, sendo deixado aos alunos a escolha dos procedimentos. Significa a habilidade plena em aplicar os conhecimentos práticos em situações novas. O aluno tem condições de fazer o experimento sem o acompanhamento do professor. O aluno já incorporou as características dos níveis anteriores e começa a ter condições de fazer o meta-conhecimento nas atividades práticas, isto é, ele começa a desenvolver uma meta-psicomotricidade. É conhecido também como experimento aberto ou “*open-ended*”. Pode ser subdividido em: a) **laboratório de montagem de projetos**; b) **pesquisa experimental dirigida pelo aluno**; c) **laboratório aberto orientado à inquirição**.

O aluno consegue resolver problemas em situações novas, para as quais não havia sido treinado. O nível **criação** da taxonomia de Simpson (1966) situa-se neste nível.

**Características cognitivas** – neste estágio os alunos devem ter independência, iniciativa e habilidades técnicas bem formadas, para que possam programar e executar o experimento. Os alunos conseguem criar novas propostas para os experimentos. Esta já é uma característica própria de pessoas competentes. Exemplos de atividades neste nível são montagem de projetos e pesquisas práticas dirigidas pelo aluno. Esta é uma característica dos indivíduos no estágio formal. Os alunos no estágio concreto talvez tenham dificuldade em atuar neste nível.

8. **Consscientização do que foi feito e aprendido** – neste nível o aluno reflete sobre o que fez, avalia e incorpora o conhecimento adquirido para ser utilizado futuramente. Ele já desenvolveu uma metacognição e uma meta-motricidade, isto é, ele possui uma meta-psicomotricidade. No ensino reflexivo, este nível será trabalhado em cada um dos níveis anteriores.

**Características cognitivas** – neste nível o aluno trabalha em um nível de meta-conhecimento. Ele tem consciência do que fez e do que aprendeu. Assim ele pode reavaliar o que fez e propor alterações e complementos ao que foi realizado. Só alunos que estão no estágio operacional formal, conseguem atingir totalmente este estágio.

Deve-se ressaltar que a sequência **concepção, percepção e**

**consciência** deveria ser trabalhada em qualquer dos níveis do domínio psicomotor. Por exemplo, o aluno ao iniciar um **experimento completamente guiado** deve inicialmente fazer a concepção do experimento que será realizado. Em seguida ele deve seguir o roteiro definido pelo professor, fazendo a percepção dos dados. E ao final do experimento, o professor deverá criar alguma situação para que o aluno reflita sobre o que realizou e sobre os resultados obtidos, para que ele tenha consciência daquilo que aprendeu.

## 7.6 Considerações finais

Inicialmente foi feita uma discussão sobre o conhecimento científico e conhecimento tácito, mostrando que a escola deve trabalhar sempre o conhecimento científico, mesmo sendo mais fácil para o aluno utilizar o conhecimento tácito.

Foi mostrado, também, que a sequência concepção, percepção e consciência é necessária para se atingir o conhecimento científico.

Mostrou-se, também, que o ensino deve sempre ser realizado de forma reflexiva, mesmo o ensino de laboratório, para evitar que o aluno realize as atividades mecanicamente, não internalizando o conhecimento.

Em seguida foi feito um resumo mostrando algumas taxonomias do domínio psicomotor, no qual é possível verificar que estas taxonomias são fortemente relacionadas às características motoras, e que a relação movimento-mente está muito voltada para atividades básicas. Mas para executar experimentos em engenharia é necessária uma sincronia mais complexa entre o mental e o motor, e as taxonomias propostas, atendem apenas parcialmente.

Finalmente foi feita a proposta de uma nova taxonomia para o domínio psicomotor, na qual o aluno deve inicialmente fazer a concepção do experimento, organizando o conhecimento que possui. Em seguida ele deve se posicionar em relação à escolha dos equipamentos e à montagem do experimento. Dando continuidade o aluno deve fazer a percepção do experimento, isto é, deve fazer as medições. Inicialmente, o experimento pode ser do tipo respostas guiadas, no qual o aluno tem pouca iniciativa ou criatividade. Neste nível estão relacionados os experimentos completamente guiados. No nível seguinte podem ser propostos experimentos parcialmente guiados. No nível da mecanização, o aluno, através da repetição, irá adquirir as habilidades necessárias para

ter determinadas competências. O nível seguinte corresponde à resposta aberta complexa, em que o aluno tem condições de executar experimentos não-estruturados. Finalmente o aluno adquire uma consciência do que sabe fazer, do que fez e do que aprendeu.

A proposta do uso desta taxonomia está relacionada ao fazer reflexivo do professor, pois ele poderia preparar a aula de laboratório de forma reflexiva, como mostrado no capítulo 5, definindo os objetivos que espera que os alunos atinjam, conforme a taxonomia proposta neste capítulo, mas sempre tendo a preocupação em avaliar em que nível cognitivo os alunos se encontram, propondo atividades que possam auxiliar os alunos que ainda estão no estágio cognitivo concreto a passarem para o estágio cognitivo formal.





## Capítulo 8

### Conclusão

O processo ensino-aprendizagem é extremamente complexo, envolvendo diversas dimensões e variáveis. Cada nível de ensino, cada curso, possui características próprias que devem ser atendidas. Dentro do curso de engenharia, uma das grandes questões refere-se ao equilíbrio entre conteúdos teóricos e conteúdos práticos que devem ser trabalhados, para se conseguir um ensino mais efetivo. A busca é sempre para obter o ensino de forma mais eficiente possível.

O laboratório não deve ser visto como apêndice do conteúdo teórico, onde os alunos realizam experimentos de forma mecânica. No laboratório o aluno deve trabalhar de forma reflexiva a todo o momento.

Muitos professores reclamam que os alunos decoram determinados conteúdos para fazer a prova, e até atingem a nota para aprovação, mas não entendem o conteúdo e não conseguem fazer a conexão com outros conceitos, não tendo condições de aplicar o conteúdo estudado em novas situações.

Outros professores reclamam que os alunos não têm iniciativa para realizar as atividades propostas. Por exemplo, em um experimento de laboratório, algumas vezes o professor tem de acompanhar os alunos constantemente para que possam executar o que foi pedido.

Alguns alunos reprovam diversas vezes em uma mesma disciplina. Mesmo se esforçando para estudar o conteúdo e resolver os problemas propostos como exercícios, nas provas eles falham em aplicar o conteúdo estudado. São alunos inteligentes e muitos professores não conseguem entender o que acontece.

Esta falha na formação dos alunos acontece por que os professores não trabalham o ensino de forma reflexiva. Muitos professores acham que não é obrigação deles ensinar a pensar e que os alunos devem já

vir sabendo fazer isto. Tanto atividades teóricas quanto as práticas poderiam ser melhor aproveitadas se fossem desenvolvidas de forma reflexiva. Mas para o aluno poder trabalhar de forma reflexiva, ele deve estar no estágio cognitivo adequado.

O objetivo principal deste trabalho foi fazer um estudo sobre o ensino reflexivo, propondo uma metodologia de como o professor poderia preparar sua aula de forma reflexiva, podendo ser utilizado tanto para disciplinas teóricas ou práticas. Mas como o objetivo inicial sempre foi trabalhar com disciplinas de laboratório, este estudo foi particularizado para o ensino em laboratório.

Como objetivo secundário, procurou-se os estudos dos estágios cognitivos de Piaget, buscando-se explicações com relação às dificuldades que alguns alunos enfrentam em determinadas disciplinas ou determinados conteúdos.

Um outro objetivo secundário deste trabalho foi fazer um estudo sobre os experimentos didáticos de laboratório nos cursos de Engenharia relacionando-os com os estágios cognitivos, procurando levantar suas características, sua eficácia, e como eles poderiam ser desenvolvidos para se obter um ensino eficaz, pois é possível notar que alguns conceitos ensinados acabam sendo ignorados pelo aluno e ele entra na vida profissional com muitas incertezas.

Também como objetivo secundário, foi proposta uma nova taxonomia para o domínio psicomotor, numa visão reflexiva, baseada na sequência: concepção-percepção-consciência.

A escola reflexiva necessita que todos os envolvidos no processo ensino aprendizagem assumam a postura reflexiva. Mas principalmente os professores e os alunos devem ser reflexivos em todos os momentos. Para se conseguir o ensino reflexivo, o professor deve começar a pensar de forma reflexiva na preparação da aula. Por isto, foi feita uma proposta de como o professor poderia preparar a aula de forma reflexiva. Do lado do aluno, para que possa ser reflexivo no ensino, ele deve ter condições cognitivas de fazer o pensamento abstrato, por isto buscou-se elementos que permitam identificar o estágio cognitivo em que o aluno se encontra e como ajudá-lo a superar eventuais problemas.

Iniciou-se uma revisão bibliográfica sobre o laboratório de engenharia e os experimentos didáticos. Foram estudados os tipos de laboratório e suas características. Foi feito, também, um estudo sobre o experimento em suas diversas conotações.

Os cursos de engenharia passaram por diversas fases, sendo que o

conteúdo prático sofreu uma grande desvalorização nas últimas décadas. Mas devido a reclamações de diversos setores, que necessitavam o conhecimento de determinadas especialidades, as universidades começaram a se preocupar em oferecer mais atividades práticas.

Mas ao se oferecer mais laboratórios e mais atividades práticas, começaram a surgir algumas críticas sobre a forma como os experimentos estavam sendo desenvolvidos. Isto foi mostrado no capítulo 2.

A preparação e organização da aula está relacionada à uma visão do professor. Mas para uma proposta de ensino reflexivo, deve-se também analisar o processo do ponto de vista do aluno. Isto é, como o aluno aprende e em que momento da sua vida ele tem capacidade para aprender determinados conteúdos. Piaget fez um grande estudo sobre os estágios cognitivos dos indivíduos e suas características. Este estudo não se limita a crianças e adolescentes, e pode ser aplicado aos alunos de engenharia. Muitos pesquisadores chegaram à conclusão de que grande parte da população adulta não possui um raciocínio pleno, pois não conseguiu atingir o estágio cognitivo formal. Isto é causado por falhas no processo educacional e pode ser revertido. Isto foi mostrado no capítulo 3.

No capítulo 4 foi proposta uma classificação dos experimentos conforme as características cognitivas trabalhadas, procurando-se mostrar que alguns experimentos podem ser muito limitativos, se não forem trabalhados numa visão reflexiva.

Para se conseguir o ensino reflexivo, o professor deve buscar uma visão integrada do conhecimento, envolvendo elementos como: transposição didática, definição dos objetivos instrucionais, teorias ensino-aprendizagem, noção de competências e habilidades, teorias sobre os estilos de aprendizagem dos alunos, entre outros.

Quando o professor organiza sua aula, ele deve se preocupar com o que será ensinado e como será ensinado. Isto é, ele fará uma transposição didática, que é a transformação de conteúdos da vida profissional, social, científica, para a vida acadêmica, sempre procurando organizar o conteúdo de forma a ser compatível com a estrutura cognitiva do aluno.

O professor só poderá ter certeza se atingiu ou não seus objetivos, se eles forem definidos de forma clara. Verificou-se em muitos artigos que os autores não definiam de forma clara quais eram os objetivos dos experimentos que estavam sendo propostos. Foram encontradas críticas sobre o fato de os alunos irem para o laboratório sem saberem

o que deveriam aprender. Muitas vezes o próprio professor não sabe exatamente aonde quer chegar. Mas para poder avaliar corretamente, o professor deve definir de forma clara o que ele espera que os alunos aprendam.

Antigamente a escola se preocupava em qualificar o aluno, isto é, dar a ele um conjunto de conhecimentos em potencial, e ele iria aprender como aplicá-los no seu posto de trabalho. Atualmente, exige-se que o aluno saia com algumas competências, que ele já saiba como aplicar o que aprendeu. Houve um deslocamento do conceito de qualificação profissional para o de competências. Assim, o professor deve preparar suas aulas, atendendo a esta visão de competências.

Com relação à aprendizagem, o professor deve estar atento aos estilos de aprendizagem dos alunos, que são teorias que estudam as preferências e os mecanismos de acesso dos alunos à informação e o que pode ser feito para facilitar o aprendizado.

Ainda com relação à aprendizagem o professor pode utilizar teorias de aprendizagem, tentando compreender a gênese do conhecimento e com relação ao ensino, ele pode buscar métodos de ensino para melhor desenvolver os conteúdos a serem ministrados.

A integração destes elementos, sendo feita de forma transversal, pode levar o obter uma visão reflexiva do processo ensino-aprendizagem. Assim, para que o ensino seja efetivo, o professor deve fazer a preparação e a aplicação da aula sempre de forma reflexiva, de forma a medir e corrigir o progresso dos alunos. Foi proposto então uma forma de se preparar a aula numa visão reflexiva, mostrada no capítulo 5.

No capítulo 6 foi feito um resumo sobre os objetivos instrucionais e a taxonomia proposta por Bloom e seus colaboradores, e foi mostrada uma relação entre a taxonomia do Domínio Cognitivo e os níveis cognitivos propostos por Piaget.

Finalmente, buscando-se enfatizar a necessidade do ensino reflexivo no laboratório, foi proposta uma nova taxonomia para o domínio psicomotor, numa visão reflexiva, mostrado no capítulo 7. Esta taxonomia baseia-se no conceito de que o aluno para poder fazer o experimento a contento deve antes de mais nada fazer a concepção do que será desenvolvido. Só após a concepção do experimento o aluno poderá fazer a medição (isto é, a percepção) dos dados de forma consciente. Mas feita a medição dos dados, o aluno não pode dar por encerrada sua participação no laboratório. Ele deve, após a concepção do experimento e da percepção dos dados, tomar consciência do que realizou e

do que aprendeu. Assim propõe-se a taxonomia baseada nos conceitos: concepção-percepção-consciência. Mas o aluno só conseguirá fazer isto, se estiver no estágio cognitivo formal, sendo com isto capaz de pensar reflexivamente.

Para se atingir o ensino reflexivo, deve-se educar tanto o aluno como o professor, nesta forma de se pensar. O ensino reflexivo pode ser atingido, tanto para disciplinas teóricas quanto práticas.

O laboratório pode ser utilizado de diversas maneiras, desde para uma simples confirmação da teoria até como um processo auxiliar para o desenvolvimento das estruturas cognitivas do aluno. No ensino reflexivo o laboratório assume um papel muito importante, permitindo mais facilmente que o professor identifique em que nível cognitivo os alunos se encontram, auxiliando-os no desenvolvimento de novas estruturas cognitivas.

Procurou-se mostrar que o processo ensino-aprendizado envolve dois segmentos complexos e inter-relacionados. De um lado o professor que se preocupa com métodos e técnicas de como ensinar determinado conteúdo e de outro lado o aluno que possui expectativas e apreensões sobre o que lhe será ensinado e se terá condições de aprender o conteúdo ministrado.

Assim neste trabalho procurou-se mostrar que o processo ensino-aprendizagem vai além do processo disciplinar e do processo multidisciplinar. Ele possui uma característica transdisciplinar, envolvendo: o conteúdo a ser ministrado e sua relação com outras disciplinas, os métodos e técnicas que o professor utiliza, o conhecimento de como o aluno aprende, entre outros, sendo que todos estão relacionados entre si.

A transdisciplinaridade busca o diálogo entre as diversas áreas do conhecimento, mostrando que não existem separações entre as disciplinas. Esta separação é uma invenção do homem para tentar dominar o conhecimento.

Não existe um método pronto para se chegar ao ensino transdisciplinar, pois a transdisciplinaridade está relacionada com a complexidade do mundo. O ensino transdisciplinar deve ser re-construído a cada nova aula, a cada novo encontro com os alunos. E talvez nunca se atinja a completa transdisciplinaridade. Mas pode-se começar com um questionamento reflexivo, sobre o fazer do professor. O ensino reflexivo é um passo inicial na busca do ensino transdisciplinar.

Assim, o ensino numa visão reflexiva envolve a aplicação de conteúdos de diversas áreas, como por exemplo: transposição didática dos

conhecimentos tecnológicos-sociais à disciplina em questão; questionamentos epistemológicos; conhecimento das teorias de aprendizagem; consideração pelas diferenças individuais buscando-se entender como cada indivíduo aprende (estilos de aprendizagem dos alunos); aplicação de técnicas de ensino integradas e coerentes com o conteúdo e com as características dos alunos; a aplicação prática do conteúdo teórico, isto é o saber-fazer, o aprender a conhecer, o aprender a fazer, o aprender a ser, o aprender a viver em conjunto, (Weber, 2004), e acima de tudo compreender a integração que existe entre sujeito e objeto.

Mas o simples conhecimento destas áreas não é suficiente para se conseguir a visão reflexiva, é necessário que eles sejam incorporados quase de forma automática ao fazer do professor. Assim, existe uma necessidade de uma conscientização e treinamento dos professores nestes assuntos. E este trabalho tem como proposta ser um instrumento que ajude a fazer esta conscientização.

### 8.0.1 Contribuições da tese

As principais contribuições obtidas a partir desta tese são:

1. Proposta de uma metodologia para o professor analisar e preparar sua aula de forma reflexiva para o ensino em laboratório.
2. Proposta de uma nova classificação dos tipos de experimentos de laboratório levando em consideração as características cognitivas que são trabalhadas no experimento.
3. Proposta de como relacionar os experimentos didáticos de laboratório nos cursos de Engenharia com os estágios cognitivos, procurando levantar suas características, sua eficácia, problemas que pode ocorrer com relação à aprendizagem e como os experimentos poderiam ser desenvolvidos para se obter um ensino eficaz
4. Proposta de uma nova taxonomia para o domínio psicomotor, numa visão reflexiva, baseada na sequência: concepção-percepção-consciência.

## Referências Bibliográficas

- Alarcão, I. *Escola reflexiva e nova racionalidade*. Artmed, 2001.
- Alves, J. P. *Atividades experimentais: do método à prática construtivista*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, S.C., 2000.
- Anagnos, T., Komives, C., Mourtos, N. J., and McMullin, K. M. Evaluating student mastery of design of experiment. In *37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, 2007.
- Antsaklis, P., Basar, T., DeCarlo, R., McClamroch, N. H., Spong, M., and Yurkovich, S. Report on the nsf/css workshop on new directions in control engineering education. *IEEE Control Systems*, 19(5):53–58, 1999.
- Bachelard, G. *Le rationalisme appliqué*. Presses Universitaires de France, 1975.
- Bachelard, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Contraponto, 1996.
- Bachelard, G. *Ensaio sobre o conhecimento aproximado*. Contraponto, 2004.
- Barros, C. S. G. *Psicologia e construtivismo*. Editora Ática, 1996.
- Bencomo, S. D. Control learning: present and future. *Annual Reviews in Control*, 28(1):115–136, 2004.
- Bentham, S. *Psicologia e educação*. Ed. Loyola, 2006.

- Bernstein, D. S. Enhancing undergraduate control education. *IEEE Control Systems Magazine*, 19(5):40–43, 1999.
- Bissel, C. C. Control education: time for radical change? *IEEE Control Systems Magazine*, 19(5):44–49, 1999.
- Bloom, B. S., Krathwohl, D. R., and Masia, B. B. *Taxionomia de objetivos educacionais: domínio afetivo*. Editora Globo, 1974.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., and Krathwohl, D. R. *Taxionomia de objetivos educacionais: domínio cognitivo*. Editora Globo, 1976.
- Bonwell, C. and Eison, J. *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. <http://www.oid.ucla.edu/units/tatp/old/lounge/pedagogy/downloads/active-learning-eric.pdf>, 1991.
- Bourne, J., Harris, D., and Mayadas, F. Online engineering education: learning anywhere, anytime. *Journal of Engineering Education*, 9(1): 131–146, 2005.
- Brandão, H. P. and Guimarães, T. A. Causas e efeitos da expressão de competências no trabalho: para entender melhor a noção de competência. *Revista de Administração Mackenzie*, 8(3):32–49, 2007.
- Bristol, E. H. An industrial pont of view on control teaching and theory. *IEEE Control Systems Magazine*, 6(1):24–27, 1986.
- Bunge, M. *Epistemologia: um curso de atualização*. T.A. Queiroz, 1980.
- Campos, P. R. B., Castelan, E. B., and Moreno, U. F. Métodos de aprendizagem e correntes epistemológicas em propostas didáticas para ensino experimental de controle. In *XVII Congresso Brasileiro de Automática*, 2008.
- Campos, P. R. B., Castelan, E. B., and Moreno, U. F. Proposta de ensino numa visão reflexiva aplicada no ensino de laboratório. In *XVIII Congresso Brasileiro de Automática*, 2010a.
- Campos, P. R. B., Castelan, E. B., and Moreno, U. F. Revisitando os conceitos de competências e habilidades no ensino do laboratório de engenharia. In *Anais do XXXVIII do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, 2010b.



- Cantu, E. *Elementos para o fortalecimento da mediação docente na educação tecnológica: aplicação no ensino-aprendizagem de redes de computadores*. PhD thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
- Cruz, M. *Concepção, percepção e consciência*. [http://www.falec.br/pdf/artigo\\_concepcao.pdf](http://www.falec.br/pdf/artigo_concepcao.pdf), 2011.
- da Silva, M. R. *Currículo e competências: a formação administrada*. Cortez, 2008.
- das Dores Wouk, M. Micro-ensino e comportamento verbal interativo. Folheto, 1978. Universidade Federal do Paraná.
- den Berg, E. V. *Improving Teaching in the Laboratory: Old Problems, New Perspectives*. [http://projects.edte.utwente.nl/smarternet/version2/cabinet/lab\\_teaching.pdf](http://projects.edte.utwente.nl/smarternet/version2/cabinet/lab_teaching.pdf), 1997.
- Diniz, R. and Campos, L. Formação inicial reflexiva de professores de ciências e biologia: possibilidades e limites de uma proposta. *ABRAPEC*, 4(2):27–39, 2004.
- Douglas, E. P. and Chiu, C.-C. Work in progress - use of guided inquiry as an active learning technique in engineering. In *39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, 2009.
- Duarte, F. and Fitzgerald, A. *Guiding principles for a reflexive approach to teaching organisation studies*. <http://ro.uow.edu.au/jutlp/vol3/iss1/3>, 2006.
- Dubinsky, E. *Reflective Abstraction in Advanced Mathematical Thinking*. <http://www.springerlink.com/content/n563515788t76180/fulltext.pdf>, 2002.
- Durham, E. *Fábrica de maus professores*. <http://veja.abril.com.br/261108/entrevista.shtml>, 2008.
- Dutra, L. *Introdução à teoria da ciência*. Editora UFSC, 2003.
- Eshach, H. *Science Literacy in Primary Schools and Pre-Schools*, volume 1 of *Classics in Science Education*. Springer, 2006.

- Feisel, L. D. and Rosa, A. J. The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, 94(1):121–130, 2005.
- Feisel, L. D. and Peterson, G. D. A colloquy on learning objectives for engineering education laboratories. In *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, 2002. American Society for Engineering Education.
- Felder, R. M. and Brent, R. Designing and teaching courses to satisfy the abet engineering criteria. *Journal of Engineering Education*, 92(1):7–25, 2003.
- Felder, R. M. and Brent, R. The abc's of engineering education: Abet, bloom's taxonomy, cooperative learning, and so on. In *Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, 2004. American Society for Engineering Education.
- Felder, R. M. and Silverman, L. K. Learning and teaching styles in engineerin education. *Journal of Engineering Education*, 78(7):674–681, 1988.
- Ferris, T. and Aziz, S. A psychomotor skills extension to bloom's taxonomy of education objectives for engineering education. In *International Conference on Engineering Education and Research: Exploring Innovation in Education and Research (iCEER 2005)*, pages 1–6, 2005.
- Fisher, P. D., Fairweathe, J. S., and Haston, L. A. Establishing learning objectives and assessing outcomes in engineering service courses. In *30th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, 2000.
- Galiazzi, M. C. Algumas faces do contrutivismo, algumas críticas. In Moraes, R., editor, *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*, pages 131–158. Edipucrs, 2000.
- Gomes, F. and Silveira, M. Experiências pedagógicas em ensino de controle e automação. In Aguirre, L. A., editor, *Enciclopédia de Automática*, volume 1. Editora Blucher, capítulo 3, 2007.
- Harrow, A. *Taxionomia do domínio psicomotor: manual para elaboração de objetivos comportamentais em educação física*. Editora Globo, 1988.

- Hoffmann, M. Using bloom's taxonomy of learning to make engineering courses comparable. In *19th EAEEIE annual conference*, pages 205–209, 2008.
- Horacek, P. Laboratory experiments for control theory courses: a survey. *Annual Reviews in Control*, 13(24):151–162, 2000.
- Houaiss, A. *Dicionario Houaiss Da Lingua Portuguesa*. Objetiva, 2001.
- Huitt, W. and Cain, S. *An overview of the conative domain*. <http://www.edpsycinteractive.org/brilstar/chapters/conative.pdf>, 2005.
- INEP. *Exame Nacional do Ensino Médio-ENEM: documento básico*, 1999.
- Kheir, N., Astrom, K., Auslander, D., Cheok, K., Franklin, G., Masten, M., and Rabins, M. Control systems engineering education. *Automatica*, 32(2):147–166, 1996.
- Krathwohl, D. A revision of bloom's taxonomy: an overview. *Theory Into Practice*, 41(4):212–218, 2002.
- Krivickas, R. and Krivikas, J. Laboratory instruction in engineering education. *Global Journal of Engineering Education*, 11(2):191–196, 2007.
- Landsheere, V. and Landsheere, G. *Definir os objetivos da educação*. Martins Fontes Editora, s.d.
- Lee, H.-J. Understanding and assessing preservice teachers' reflective thinking. *Teaching and Teacher Education*, 21(6):699–715, 2005.
- Leitch, R. and Day, C. Action research and reflective practice: towards a holistic view. *Educational Action Research*, 8(1):179–193, 2000.
- Libâneo, J. C. *Didática*. Editora Cortez, 1994.
- Lyons, N. *Handbook of reflection and reflective inquiry: mapping a way of knowing for professional reflective inquiry*. Springer, 2010.
- Ma, J. and Nickerson, J. V. Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys*, 38(3):1–24, 2006.

- Mager, R. *A formulação de objetivos de ensino*. Editora Globo, 1983.
- Martin, M. *Constructive Empiricism and Science Education*. <http://www.pantaneto.co.uk/issue3/martin.htm>, 2001.
- McComas, W. The nature of the laboratory experience: a guide for describing, classifying and enhancing hands-on activities. *CSTA Journal*, Spring:6–9, 1997.
- McKinnon, J. and Renner, J. Are colleges concerned with intellectual development. *American Journal of Physics*, 39(9):1047–1052, 1971.
- Mendes, L. O. *Políticas Públicas e a Pedagogia das Competências na Educação Profissional: a trajetória do ensino profissionalizante de nível técnico no Brasil e no Estado de São Paulo*. PhD thesis, Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- Mitchelmore, M. and White, P. *Abstraction In Mathematics And Mathematics Learning*. [http://www.emis.de/proceedings/PME28/RR/RR031\\_Mitchelmore.pdf](http://www.emis.de/proceedings/PME28/RR/RR031_Mitchelmore.pdf), 2004.
- Montoya, A. O. D. *Piaget: imagem mental e construção do conhecimento*. Editora Unesp, 2005.
- Moore, D. and Voltmer, D. Curriculum for an engineering renaissance. *IEEE transactions on Education*, 46(4):452–455, 2003.
- Moraes, R. Teorias implícitas. In Moraes, R., editor, *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*, pages 159–194. Edipucrs, 2000.
- Moreira, M. A. and Masini, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. Centauro, 2001.
- Morin, E. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. Cortez Editora, 2000.
- Morin, E. *O método 3: o conhecimento do conhecimento*. Editora Sulina, 2005.
- Perez, J., Garcia, J., Muñoz, I., Alonso, A., and Puche, P. L. Co-operative learning vs. project based learning: A practical case. In *Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE*, pages 1573 –1582, april 2010.

- Perrenoud, P. *Construir competências desde a escola*. Artmed, 1999.
- Perrenoud, P. *Ensinar: agir na urgência, decidir na incerteza*. Artmed, 2001.
- Perrenoud, P. *A prática reflexiva no ofício do professor*. Artmed, 2002.
- Piaget, J. *O estruturalismo*. Editora Difel, 1979.
- Piaget, J. *A epistemologia genética/Sabedoria e ilusões da filosofia; problemas da psicologia genética*. Editora Abril Cultural, 1983.
- Piaget, J. *Epistemologia Genética*. Martins Fontes, 1990.
- Piaget, J. *Seis estudos de psicologia*. Editora Labor, 1991.
- Piaget, J. *Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais*. Artes médicas, 1995.
- Polya, G. *How to Solve it: a new aspect of mathematical method*. Princeton University Press, 1973.
- Pombo, O. *Apontamentos sobre o conceito de epistemologia*. [www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/investigacao/cat\\_epist.htm](http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/investigacao/cat_epist.htm), 2008.
- Popper, K. *A lógica da pesquisa científica*. Editora Cultrix, 2001.
- Prince, M. Does active learning work? a review of the research. *Journal of Engineering Education*, pages 1–9, 2004.
- Pulaski, M. A. S. *Compreendendo Piaget: uma introdução ao desenvolvimento cognitivo da criança*. Guanabara, 1986.
- Resende, E. *O livro das competências*. Qualimark, 2000.
- Robbins, P. *The reflexive engineer: perceptions of integrated development*. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jid.1351/pdf>, 2007.
- Rugarcia, A., Felder, R. M., Woods, D. R., and Stice, J. E. The future of engineering education. i. a vision for a new century. *Chem. Engr. Education*, 34(1):16–2, 2000.
- Schon, D. *Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem*. Artmed, 2008.

- Siddiqui, M. H. *Teaching of economics*. APH Publishing Corporation, 2008.
- Simpson, E. *The Classification of Educational Objectives, psychomotor domain*. <http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED010368.pdf>, 1966.
- Surgenor, B. and Firth, K. The role of the laboratory in design engineering education. In *CDEN 2006 - 3rd CDEN/RCCI International Design Conference*, 2006.
- Tait-McCutcheon, S. *Self-Efficacy in Mathematics: Affective, Cognitive, and Conative Domains of Functioning*. <http://www.merga.net.au/documents/RP612008.pdf>, 2008.
- Tavares, J. Relações interpessoais em uma escola reflexiva. In Alarcão, I., editor, *Escola reflexiva e nova racionalidade*, pages 32–64. Artmed, 2001.
- Tronca, D. S. *Transdisciplinaridade em Edgar Morin*. EDUCS, 2006.
- Tzafestas, C. S., Palaiologou, N., and Alifragis, M. Virtual and remote robotic laboratory: Comparative experimental evaluation. *IEEE Transactions on Education*, 49(13):360–369, 2006.
- Vallim, M., Farines, J., and Cury, J. Practicing engineering in a freshman introductory course. *IEEE Transactions on Education*, 49(1): 74–79, 2006.
- Waller, K. V. *Writing Instructional Objectives*. <http://www.naacls.org/docs/announcement/writing-objectives.pdf>, 2009.
- Wankat, P. C. and Oreovicz, F. S. *Teaching Engineering*. <https://engineering.purdue.edu/ChE/AboutUs/Publications/TeachingEng/index.html>, 1992.
- Warwick, P. *Reflective practice: some notes on the development of the notion of professional reflection*. [escalate.ac.uk/downloads/3573.pdf](http://escalate.ac.uk/downloads/3573.pdf), 1987.
- Weber, M. R. G. F. Trabalho e competência nos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2004.

- Winch, C. and Gingell, J. *Dicionário de Filosofia da Educação*. Contexto, 2007.
- Winegarden, B. J. *Writing Instructional Objectives*. [http://meded.ucsd.edu/faculty/writing\\_instructional\\_objectives.pdf](http://meded.ucsd.edu/faculty/writing_instructional_objectives.pdf), 2009.
- Zeichner, K. *Uma análise crítica sobre a “reflexão” como conceito estruturante na formação docente*. <http://www.scielo.br/pdf/es/v29n103/12.pdf>, 2008.
- Zeichner, K. and Liston, D. *Teaching student teacher to reflect*. [http://www.colorado.edu/education/faculty/danielliston/Docs/Zeichner&Liston\\_Teaching\\_Student\\_Teachers\\_to\\_Reflect.pdf](http://www.colorado.edu/education/faculty/danielliston/Docs/Zeichner&Liston_Teaching_Student_Teachers_to_Reflect.pdf), 1987.