

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Elétrica

Pós-graduação em Engenharia Elétrica



Medida de Habilidade em Programação  
Funcional via Modelagem de Rasch com  
Validação Dicotômica

REANE FRANCO GOULART

Fevereiro/2012

Uberlândia-MG

REANE FRANCO GOULART

Medida de Habilidade em Programação  
Funcional via Modelagem de Rasch com  
Validação Dicotômica

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para obtenção do título  
de Doutora em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Vieira Lima

Fevereiro/2012  
Uberlândia–MG

REANE FRANCO GOULART

Medida de Habilidade em Programação  
Funcional via Modelagem de Rasch com  
Validação Dicotômica

Orientador: Prof. Dr. Luciano Vieira Lima

Uberlândia, fevereiro/2012

**Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Luciano Vieira Lima – Orientador  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Dr. Luciano Silva  
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profa. Dra. Kátia Lopes Silva  
Faculdade Pitágoras de Uberlândia

---

Prof. Dr. Aleksandro Santos Soares  
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Henrique Dantas Neder  
Universidade Federal de Uberlândia



# Dedicatória

Ao Sávio, ao Túlio, a Onice, ao Antônio, a Maria Catarina, ao Reider, a Rúbia, ao Paulo, ao Alexandre, ao Bruno e ao Gustavo, pelo amor e pela motivação.

# Agradecimentos

A Deus, que me concedeu sabedoria, paciência e perseverança para ir até o final. Aos meus pais, sempre com palavras de força nas horas mais difíceis. Ao Túlio, que sempre me incentivou nos momentos em que pensei em desistir. Aos meus irmãos, Rúbia e Reider, à minha avó, Maria Catarina, ao meu cunhado Paulo, aos meus lindos sobrinhos, Alexandre, Bruno e Gustavo, que entenderam minha necessidade de me ausentar em alguns momentos. À minha sogra, que ficou com meu filho quando viajei. Aos meus amigos Júnia Magalhães Rocha, Hipólito Barbosa, Mônica Rocha Ferreira de Oliveira, Rubens Barbosa Filho, Will Roger Pereira, Karine Barbosa Carbonaro e Sirley Cristina Oliveira, com quem pude trocar experiências profissionais e conhecimentos científicos. Somos mais que vencedores! Aos meus colegas e amigos Fernando Leite, Vanderli A. Campos, Saulo de Moraes Garcia Júnior e Marco Antonio Maciel, que contribuíram com seu conhecimento para o fechamento deste trabalho. Aos meus colegas do IFTM que me apoiaram quando estive ausente. Muito obrigada a todos os meus familiares e amigos que torceram por mim.

# Resumo

Mudanças no processo de ensino e aprendizagem podem ser tanto benéficas quanto ineficazes para o aprendizado do aluno. Este trabalho buscou mostrar que métodos de ensino atuais não suprem com eficiência a necessidade de melhorar as habilidades discentes. Para tanto, recorreram-se a experimentos com alunos da disciplina Linguagem de Programação porque esta apresenta questões cujas respostas são livres — ou seja, porque os códigos podem ser feitos de diversas maneiras —, enquanto a avaliação é dicotômica. Avaliaram-se os procedimentos didáticos do professor, a metodologia usada nas aulas, a linguagem de programação e o tempo usado para desenvolver o exercício proposto. Em uma das turmas experimentais, a teoria de Robert Mager foi aplicada para comparar o aprendizado dos alunos. Nessa teoria, os objetivos instrucionais preveem a declaração sobre o que o aluno vai receber de informação e se as compreendeu para ser capaz de usá-las após o término do curso. Concluiu-se que houve melhoria na habilidade e no desempenho dos alunos, isto é, aumento no conhecimento mensurável e demonstrável graficamente pelo modelo de Rasch.

**Palavras-chave:** Linguagem de programação; modelo de Rasch; objetivos instrucionais; correção dicotômica.

# Abstract

Changes in the process of teaching and learning can be both useful and non-useful to enhance students learning. This work tried to show that current teaching methods not always meet the needs efficiently when it comes to improve students' skills. For that, it relied on experiments with Language Programming subject matter's students. It did so because such a subject matter poses questions whose answers can be answered freely — because its codes can be written in many ways —, while its assessment is dichotomic. Teacher's didactic procedures, methodology applied in classes, programming language, and the time taken to develop the work proposed were the categories considered in the research. In an experimental group of students, Robert Mager's theory was applied to compare their learning. In such theory, instructional aims are supposed to provide a statement on the information students will get and on their understanding and ability to use them after the course ends. Conclusion is that students' skills and performance were improved, that is to say, that there was an increase of knowledge, which can be measured and presented graphically by Rasch model.

Keywords: programming language; Rasch model; instructional aims; dichotomic correction.

# Sumário

<b>Dedicatória</b>	<b>i</b>
<b>Agradecimentos</b>	<b>ii</b>
<b>Resumo</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract</b>	<b>iv</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2 Linhas Pedagógicas de Ensino</b>	<b>5</b>
2.1 Objetivos Instrucionais . . . . .	9
2.1.1 Ensino-aprendizagem para os objetivos instrucionais . . . . .	9
2.2 Metodologia para os objetivos instrucionais . . . . .	11
2.3 Avaliação dos objetivos instrucionais . . . . .	13
2.3.1 Habilidade e Competência . . . . .	14
2.4 Aplicação dos objetivos instrucionais na informática . . . . .	16
2.5 Ensino Behaviorista ou Comportamentalista . . . . .	17
2.5.1 Tipos de reforços . . . . .	18
2.5.2 Ensino-aprendizagem no ensino comportamentalista . . . . .	20
2.5.3 Metodologia no ensino comportamentalista . . . . .	21
2.5.4 Avaliação no ensino comportamentalista . . . . .	22
2.5.5 Aplicação do ensino comportamentalista na informática	22
2.6 Ensino construtivista . . . . .	24
2.6.1 Ensino e aprendizagem no ensino construtivista . . . . .	24
2.6.2 Metodologia no ensino construtivista . . . . .	25

2.6.3	Avaliação no ensino construtivista . . . . .	25
2.6.4	Aplicação do ensino construtivista na informática . . . . .	26
2.7	Ensino tradicional . . . . .	28
2.7.1	Ensino e aprendizagem no ensino tradicionalista . . . . .	28
2.7.2	Metodologia no ensino tradicionalista . . . . .	29
2.7.3	Avaliações no ensino tradicionalista . . . . .	30
2.7.4	Aplicação do ensino tradicionalista na informática . . . . .	31
<b>3</b>	<b>Teoria de Mager para o ensino profissional</b>	<b>33</b>
3.1	Objetivos bem elaborados . . . . .	35
3.1.1	Taxonomia dos objetivos educacionais . . . . .	36
3.2	Formulação dos objetivos . . . . .	38
3.2.1	Desempenho . . . . .	39
3.2.2	Habilidade e Competência . . . . .	41
3.3	Planejamento do ensino profissional . . . . .	42
3.3.1	Fases do planejamento . . . . .	43
3.3.2	Aproveitamento do ensino . . . . .	44
<b>4</b>	<b>Planejamento Experimental</b>	<b>47</b>
4.1	Vantagens de um planejamento experimental . . . . .	49
4.2	Pesquisa estatística . . . . .	50
4.2.1	Processo de desenvolvimento da pesquisa . . . . .	50
4.2.2	Variáveis . . . . .	55
4.2.3	População e amostras . . . . .	56
4.3	Teoria de Resposta ao Item (TRI) . . . . .	57
4.3.1	Modelo Logístico . . . . .	59
4.3.2	Máxima Verossimilhança . . . . .	62
4.3.3	Medida de Rasch . . . . .	65
<b>5</b>	<b>Execução dos Experimentos</b>	<b>71</b>
5.1	O problema e sua importância . . . . .	72
5.2	Objetivos . . . . .	72
5.3	Justificativa . . . . .	73
5.4	Definições . . . . .	74

5.4.1	População e tipo de amostra . . . . .	74
5.4.2	Variáveis . . . . .	74
5.5	Hipótese . . . . .	75
5.6	Dificuldades e Limitações . . . . .	76
5.6.1	Dificuldades . . . . .	76
5.6.2	Limitações . . . . .	76
5.7	Coleta e análise estatística dos dados . . . . .	76
5.8	Turma A – Linguagem de programação procedural C . . . . .	79
5.8.1	Conclusão da turma A . . . . .	83
5.9	Turma B – linguagem de programação orientada a objeto – Java	83
5.9.1	Conclusão da turma B . . . . .	86
5.10	Turma C – linguagem de programação lógica – Prolog . . . . .	87
5.10.1	Análise dos dados da turma C – linguagem Prolog . . .	88
5.11	Turma D – linguagem de programação funcional – Scheme .	89
5.11.1	Conclusão da turma D . . . . .	93
5.12	Comparação entre as turmas . . . . .	93
5.12.1	Considerando as questões fáceis . . . . .	93
5.12.2	Considerando as questões médias . . . . .	94
5.12.3	Considerando a questão difícil . . . . .	94
5.13	Estimando a habilidade da turma . . . . .	95
5.13.1	Interpretação gráfica . . . . .	98
5.13.2	Habilidade para a turma A . . . . .	100
5.14	Habilidade para a Turma B . . . . .	103
5.15	Habilidade para turma C . . . . .	106
5.16	Habilidade para a turma D . . . . .	107
<b>6</b>	<b>Conclusão e discussão dos resultados</b>	<b>109</b>
<b>A</b>	<b>Linguagem de Programação Funcional Scheme</b>	<b>112</b>

# **Lista de Tabelas**

5.1	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 1 – nível fácil . . . . .	80
5.2	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 02 - nível fácil . . . . .	81
5.3	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 03 - nível médio . . . . .	81
5.4	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 4 – nível médio . . . . .	82
5.5	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 5 – nível difícil . . . . .	82
5.6	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 1 – nível fácil . . . . .	84
5.7	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 2 – nível fácil . . . . .	85
5.8	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 3 – nível médio . . . . .	85
5.9	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 4 – nível médio . . . . .	86
5.10	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 5 – nível difícil . . . . .	86
5.11	Cálculo da média e desvio padrão da avaliação . . . . . . . . . . .	88
5.12	Cálculo da média e desvio padrão dos 10 exercícios – nível fácil . . . . .	90
5.13	Cálculo da média e desvio padrão dos 5 exercícios – nível fácil . . . . .	91
5.14	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 3 – nível médio . . . . .	91
5.15	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 4 – nível médio . . . . .	92
5.16	Cálculo da média e desvio padrão do exercício 5 – nível difícil . . . . .	92

# Capítulo 1

## Introdução

Esta tese tem como propósito analisar o desempenho e a habilidade do estudante em disciplinas de linguagem de programação. A importância de ter um bom desempenho e uma boa habilidade indica que o aluno tem conhecimento e capacidade para desenvolver as atividades proposta pelo professor.

Os métodos de ensino mais utilizados nas instituições de ensino nos dias de hoje são: tradicional, construtivista e behaviorista. Eles possuem características específicas para o aprendizado do aluno. A partir destas, verificar-se-á se o conteúdo ministrado pelo professor está permitindo que o aluno obtenha habilidade e desempenho sobre o assunto.

Um método de ensino que difere dos anteriores e que será aplicado nos experimentos é a Teoria dos Objetivos Instrucionais, que foi desenvolvida por Robert Mager. Os objetivos instrucionais preveem a declaração sobre o que o aluno vai receber de informação e se as compreendeu para ser capaz de usá-las após o término do curso. Mager destacou alguns pontos interessantes para mostrar a eficiência de sua teoria:

- objetivos bem elaborados para alcançar as metas no final da disciplina;
- formulação dos objetivos através de desempenho, habilidade e competência;
- planejamento do ensino profissional.

Serão realizados experimentos com 04 turmas com ensino de linguagem

de programação diferentes. Durante os experimentos, é importante que haja integração entre o professor, os alunos, o processo, a estatística e o bom senso.

Nos experimentos podem ocorrer acontecimentos inesperados, por isso é interessante que o pesquisador e os demais envolvidos façam uma preparação para os resultados, porque nem sempre a conclusão obtida é a esperada. Dessa forma, o resultado também é considerado válido, porque mostra que não se alcançou o objetivo desejado, isto é, é preciso realizar mudanças na estratégia de pesquisa.

Os dados obtidos dos experimentos serão avaliados usando-se os estudos estatísticos. A pesquisa utilizada é qualitativa porque se trata de população, não usando nenhuma amostragem. Todos os alunos que participarem dos experimentos fazendo os exercícios farão parte dos avaliados e os que não fizerem os exercícios por motivo qualquer não entraram nos cálculos.

Os alunos que participarão dos experimentos são de curso técnico e superior na área de informática. Durante o experimento, o observador analisará os seguintes fatores:

- método de ensino usado pelo professor durante a aula;
- metodologia de ensino utilizada pelo professor para ministrar o conteúdo;
- motivação em expor o conteúdo aos alunos;
- avaliar se os alunos têm experiência anterior em linguagem de programação;
- linguagem de programação com aplicação no mercado.
- tempo que o aluno utilizou para desenvolver o programa proposto.

Com o término do experimento, os dados serão avaliados estatisticamente para medir o aproveitamento dos alunos e, em seguida, a habilidade. A maneira usual de medir uma habilidade é aplicar um teste que consiste em certo número de questões. Cada uma dessas questões mede um atributo da habilidade que se está avaliando. O teste pode ter a forma de um texto escrito livre ou uma demonstração livre da habilidade, portanto o avaliador decide se a resposta está correta ou não.

Na área de programação, é possível apresentar questões livres que permitem uma avaliação totalmente objetiva. Os programas podem ser escritos de diversas maneiras para exibir um único resultado. Apesar de ser uma questão aberta, a correção é simples e não exige avaliador, isto é, o programa funciona ou não funciona. Esse tipo de correção é chamada dicotômica; o programa que funciona recebe 1 ponto e os programas que não funcionam recebem nota 0. Questões dicotômicas são frequentemente ditas binárias.

Para estimar a habilidade dos alunos, usar-se-á a teoria do modelo de Rasch, que graficamente exibe a escala de habilidade que os alunos terão em cada exercício. A escala de habilidade é uma escala arbitrária em que o importante são as relações de ordem existentes entre seus pontos, e não necessariamente sua magnitude. Ela possui três parâmetros:

- o parâmetro  $b$ , que mede a unidade da habilidade;
- o parâmetro  $c$ , que não depende de escala – trata-se de uma probabilidade e, como tal, assume sempre valores entre 0 e 1;
- o parâmetro  $a$  é análise da curva de característica do item (CCI).

Com os dados dos experimentos e a demonstração gráfica, permite-se analisar qual método de ensino é o mais adequado e se permitiu que os alunos tivessem melhor aproveitamento do conteúdo ministrado pelo professor.

O trabalho foi dividido nos seguintes capítulos:

**Capítulo 2** – Estudo das linhas pedagógicas de ensino que são utilizadas para explicar e promover o ensino e aprendizagem aos alunos.

**Capítulo 3** – Teoria de Mager para implantar a operacionalização dos objetivos educacionais.

**Capítulo 4** – Planejamento Experimental com a descrição do projeto estatístico para realizar os experimentos.

**Capítulo 5** – Execução dos Experimentos, mostrará os resultados das avaliações dos alunos para analisar o desempenho e a habilidade a partir do modelo de Rasch.

**Capítulo 6** – Conclusão e discussão dos resultados resultarão na análise se a aplicação da teoria de Mager permitiu que o aluno adquirisse desempenho e habilidade, comparando-se com as outras turmas.

## Capítulo 2

### Linhas Pedagógicas de Ensino

Existem várias linhas pedagógicas de ensino que são utilizadas para explicar e promover o ensino e aprendizagem aos alunos. As instituições educacionais e docentes escolhem a linha pedagógica para seguir ou até realizam combinações com o propósito de melhoria ao ensino.

As linhas pedagógicas que serão abordadas nesse trabalho são: tradicional, behaviorista, construtivista e a dos objetivos instrucionais, que será proposta como forma de melhoria no desempenho do aluno. Essas linhas pedagógicas serão detalhadas ainda neste capítulo.

A partir de princípios filosóficos e epistemológicos, essas linhas são estruturadas de modo a contar com regras e conhecimentos que direcionam o ensino para as metodologias e técnicas apropriadas, a fim de conduzir o conteúdo a ser ministrado, ou seja, como explicar, observar e resolver as atividades.

Através da relação entre professor e alunos, inicia-se o processo de aprendizagem que visa à mudança de comportamentos através das experiências construídas por fatores emocionais, neurológicos, relacionais e ambientais. O aprendizado é o resultado da interação entre estruturas mentais e o meio ambiente. O conhecimento adquirido no ensino é construído e reconstruído continuamente. [CASTRO,2011]

Estudiosos dedicaram seu tempo à investigação sobre a aprendizagem, que inicialmente era realizada em animais e, depois, em seres humanos. Vejam alguns deles:

- Burrhus Frederic Skinner (1904–1990) – teoria do condicionamento operante em animais e crianças;
- Max Wertheimer (1880–1943) – teoria da aprendizagem de totais, também chamada de psicologia da Gestalt ou teoria do campo cognitivo;
- Jerome Bruner (1915) – estrutura e estratégias na aprendizagem do descobrimento;
- Benjamim S. Bloom (1913–1999) – modelo de aprendizagem de mestria, enfatiza que o tipo de processo mental segundo o qual o aluno espera ser testado determinará seu método de estudar e se preparar.
- Robert Frank Mager (1923) – teoria da Instrução de Critério de Referência (CRI): o aluno aprende no seu próprio ritmo e realiza testes para avaliar seu aprendizado. Os objetivos instrucionais devem ser formulados e medidos em termos de comportamentos terminais observáveis. Distingue objetivos de conteúdo e objetivos que não são de conteúdo. Implicitamente, exclui ensino em nível de reflexão.

As teorias da aprendizagem envolvem a união das atividades práticas e os processos educativos. Foram bastante estudadas devido aos problemas existentes, como, por exemplo, o conhecimento ineficiente do aluno relacionado com a falta de comunicação entre aluno e professor. Isso, frequentemente, ocorre quando o professor, ao ministrar uma disciplina, expõe o conteúdo a ser estudado para os alunos, mas não define o que espera deles ao término da disciplina.

Tal dificuldade é um assunto antigo que não sofreu grandes alterações de melhorias nos objetivos para que se tornem claros e úteis, mostrando ao aluno o que espera que ele possa estar realizando no final do conteúdo ministrado. O assunto tornou-se um enfoque de pesquisa, preocupando Roberto Frank Mager, que, em 1974, criou uma série de documentos intitulados Publicações didáticas e destinados ao uso dos docentes do SENAI. Em seu livro *Objetivos para o ensino efetivo*, o autor descreveu como os objetivos devem ser definidos pelo docente para fixar o aperfeiçoamento do aluno para a formação profissional.

Nesse trabalho serão utilizadas as teorias taxonômicas de objetivos relacionada com os experimentos, que se aplicará aos alunos para manipulação

das variáveis do modelo de aprendizagem escolar atendendo a três critérios:

1. espera-se que o aluno seja capaz de aprender;
2. concede-se a quantidade de tempo necessário para que cada aluno complete sua tarefa;
3. assegura-se a perseverança na tarefa através de objetivos instrucionais claros, específicos, da retroalimentação imediata do desempenho, do emprego liberal de reforço, da interação pessoal com cada aluno e do êxito.

Outra grande preocupação de Mager (1979) são os objetivos instrucionais, que devem ser bem definidos para o desenvolvimento efetivo. Ele descreve que o objetivo da aprendizagem é uma declaração sobre o que o aluno vai fazer, compreender ou será capaz de fazer após o término da disciplina. Essa teoria será aplicada com alunos (jovens e adultos) para avaliar o desempenho de aprendizagem em disciplinas de linguagens de programação.

Esta tese aplicará os conceitos de Mager nos experimentos a ser realizados, discutindo seus resultados em relação aos diversos aspectos teóricos referidos. O planejamento do ensino para jovens e adultos mostrará quais são os procedimentos para elaborar um curso que tenha os objetivos estruturados e em que, ao término, o aluno possua condições de expor seu desempenho e desenvolver o que lhe foi aprendido com eficiência. Os alunos serão avaliados e observados mediante o seu comportamento durante todo o desenvolvimento da disciplina em estudo.

Outra preocupação no ensino e aprendizagem se refere ao que é sugerida por Skinner na teoria behaviorista. O ensino deve ser bem planejado, com material programado e controlado; permitindo assim que os resultados do estudante possam ser medidos através do comportamento. O professor tem como controlar o tempo da tarefa e as respostas dos alunos, dando-lhes feedback constantes. O aluno pode aprender a partir de estímulos, que são recompensados caso os objetivos sejam alcançados, o que foi chamado “Instrução Programada”.

A teoria construtivista direcionada para os adultos foi sistematizada e experimentada pelo autor Paulo Freire, o qual dizia que não usava os mes-

mos métodos com os adultos que eram usados com as crianças. Essa teoria se apoia no significado da experiência vivida, no saber do aluno. O construtivismo mostra que todos podem aprender e todos sabem alguma coisa; e que o sujeito é responsável pela construção do conhecimento e pela ressignificação do que aprende. O jovem e o adulto só aprendem quando têm um projeto de vida, em que o conhecimento é significativo para eles. Eles que constroem suas próprias categorias de pensamento, organizam o seu mundo e transformam-no. [GADOTTI,2003]

A teoria tradicional é uma educação semelhante a um adestramento, como diria Foucault em 1987. Tem por objetivo normalizar as pessoas. O pensador chamava de normalização da educação a prática de dizer o que é certo ou que é errado, o que se deve fazer ou que se deve pensar, ou seja, transforma as pessoas em “normais”. [PORTO,2008]

As abordagens pedagógicas citadas possuem diversas características sobre ensino e aprendizagem. Com essas diferenças, um problema tem ocorrido no ensino da informática que preocupa os profissionais da área. Trata-se da dificuldade de o aluno compreender as disciplinas de linguagem de programação, principalmente quando se refere a “algoritmos”.

Existem fatores a ser verificados para compreender o motivo da dificuldade nas linguagens de programação. Inicialmente, alguns fatores podem ser descritos, tais como método de ensino do professor; desinteresse do aluno pelo conteúdo; falta de raciocínio lógico do aluno. Com certeza, existem outros fatores que serão descobertos no momento dos experimentos.

A partir da obtenção das causas da dificuldade em algoritmos, será necessário que diferentes estratégias pedagógicas de ensino sejam aplicadas pelo professor, dessa forma imagina-se a redução da dificuldade e do índice de reprovação.

O presente capítulo relata as principais linhas pedagógicas aplicadas nas instituições de ensino. Será exibida inicialmente a teoria proposta para esse trabalho para que o leitor possa observar as vantagens. São elas: objetivos instrucionais, tradicional, behaviorista e construtivista. Para cada linha pedagógica, descrevem-se os seguintes tópicos: ensino e aprendizagem, metodologia, avaliações e aplicações nas linguagens de programação.

## 2.1 Objetivos Instrucionais

O aprendizado dos dias de hoje não seguem a teoria dos objetivos instrucionais. Os professores se preocupam em transmitir o conteúdo e nem se quer se preocupam com a compreensão do aluno da informação repassada. As aulas não possuem objetivos bem definidos. Nesse caso, no final da disciplina, o aluno não tem capacidade para demonstrar habilidade sobre o assunto.

A falta de habilidade pelo aluno incomodou Mager por muitos anos. Ele propõe aos docentes que façam os objetivos bem enunciados para que o aluno possa saber que tipo de conhecimento vai estudar, além de formas práticas que realizará para exibir sua habilidade.

### 2.1.1 Ensino-aprendizagem para os objetivos instrucionais

Robert Frank Mager trabalhou a questão dos objetivos efetivos relacionados com a falta de comunicação entre o aluno e o professor. Esse problema tem ocorrido porque o professor não informa ao aluno o que espera dele no final da disciplina. Para obter êxito nessa teoria é preciso seguir as seguintes instruções:

- fixar as metas que a pretende chegar ao final da disciplina;
- selecionar os métodos e conteúdos que mais se ajustem ao objetivo;
- colocar o aluno em contato com a matéria de acordo com os princípios da aprendizagem;
- deve avaliar o aluno na base dos objetivos selecionados no começo.

Segundo Mager, as etapas do processo de ensino são usadas também por algumas empresas de consultoria em treinamento, por especialistas na indústria e por alguns setores militares. O procedimento é aplicável tanto às áreas acadêmicas quanto às profissionais.

A finalidade de Mager foi implantar a operacionalização dos objetivos educacionais. Os objetivos precisam ser formulados para a aprendizagem do público que almeja ensinar. Existem formas para se alcançar o sucesso nesse ensino; vejam-se algumas condições a seguir:

- inicialmente, deve-se ter certeza de que o ensino é necessário, ou seja, conferir se existe uma razão para a aprendizagem e que os estudantes desconhecem o assunto que pretende ensinar;
- especificar, de forma clara, quais são os resultados que se espera alcançar com o ensino;
- organizar experiências de aprendizagem para o aluno segundo os princípios dessa aprendizagem;
- avaliar a atuação do aluno conforme os objetivos iniciais estabelecidos.

Mager definiu que “*um objetivo é a descrição de um desempenho que você deseja que seus alunos sejam capazes de exibir antes de os considerarem competentes. Um objetivo descreve um resultado que se pretende alcançar com o ensino, de preferência no processo de ensino propriamente dito.*” [MAGER,1976a]

### **InSTRUÇÃO DE CRITÉRIOS DE REFERÊNCIA – (CRI)**

A teoria de Instrução de Critérios de Referência, criada por Mager, é um conjunto de métodos para a criação e distribuição de programas de treinamento. Os programas de treinamento desenvolvidos usando essa teoria tendem a ser cursos autodirecionados. O aprendizado é direcionado para orientar o desempenho do aluno. A CRI é aplicável para qualquer forma de aprendizado, porém mais direcionada a treinamento técnico; é compatível com teorias de aprendizado de adultos devido a sua ênfase na iniciativa e autogerenciamento do aprendiz.

O aluno aprende no seu próprio ritmo e faz testes para determinar se dominou o conteúdo; para os alunos com dificuldade, o professor acompanha-o até que consiga obter sucesso nas atividades.

Para criar uma disciplina a partir da teoria das instruções de critérios de referência é importante seguir os seguintes aspectos:

- análise do trabalho: identificar o que precisa ser aprendido;
- objetivos de desempenho: especificação exata dos resultados a ser alcançados e como eles vão ser avaliados;

- teste do critério de referência: avaliação do aprendizado em termos do conhecimento/habilidades especificados nos objetivos;
- desenvolvimento de módulos de aprendizado vinculados a objetivos específicos.

## 2.2 Metodologia para os objetivos instrucionais

Uma vantagem extra no esboço dos objetivos é que permite pensar seriamente sobre o que vale a pena ensinar, que assuntos valem a pena despender tempo e esforço para alcançar.

Com a implantação de um sistema para operacionalizar os objetivos educacionais, ele o aplicou em seus livros, como forma de planejar o ensino e não desperdiçar tempo. Nota no livro A formulação de objetivos de ensino descreve que a organização do livro é diferente da maioria dos livros que se encontram. Em várias páginas, será formulada uma pergunta: selecione a melhor resposta e então siga até a página indicada. Dessa forma, o material estará ajustado as suas necessidades e se poderá prosseguir sem se distrair com explicações desnecessárias.

Uma aplicação dessa ideia assemelha-se aos links (elo ou ligação) que há nas páginas de internet. Eles permitem que a estrutura seja não linear, ou seja, que novos conceitos e definições possam ser disponibilizados à medida que haja necessidade em outras páginas.

A elaboração dos objetivos para os estudantes atuais são diferentes dos objetivos que eram descritos para os alunos de geração passada. A tendência hoje é um aprendizado direto – a adequação e efetividade do ensino estão sendo mais e mais questionadas. Segundo Teixeira, a formulação os objetivos têm que atender estes itens: [TEIXEIRA,2009]

- delimitar a tarefa e retirar toda a ambiguidade e dificuldade de interpretação;
- assegurar a possibilidade de medição, de modo que a qualidade e efetividade da experiência de aprendizado possam ser determinadas;

- permitir que professor e alunos distingam entre as diferentes variedades ou classes de comportamento, possibilitando então que decidam qual estratégia de aprendizado tem maiores chances de ser ótima;
- fornecer um sumário completo e sucinto da disciplina que possa servir como estrutura conceitual ou “organizadores avançados” para o aprendizado.

Para a formulação dos objetivos há palavras ou verbos que são abertas a inúmeras interpretações; estas devem ser evitadas no momento de definir o objetivo – vejam-se: saber, compreender, apreciar, captar o significado de, acreditar, ter fé em, internalizar.

Da mesma forma, existem palavras abertas a poucas interpretações, tais como escrever, enumerar, identificar, classificar, solucionar, construir, comparar, contrastar e sorrir.

Com essas palavras é possível determinar que o objetivo se comunica melhor, ou seja, descreve a atuação que se espera do aluno, expresso com tal clareza que evite más interpretações.

Para formular os objetivos, Mager criou um esquema que ajuda um objetivo a comunicar e ser útil; primeiramente, deve responder a três perguntas:

1. O que o aluno deve ser capaz de fazer?
2. Em que condições devem fazê-lo?
3. Quão bom deve ser o desempenho para ser considerado satisfatório?

Com a resposta a essas perguntas inclui três características que ajudará o objetivo a comunicar seu propósito, são elas:

1. Desempenho – um objetivo sempre diz o que o aluno deve ser capaz de fazer.
2. Condições – um objetivo sempre descreve as condições importantes (se as houver) em que o desempenho deve ocorrer.
3. Critério – sempre que for possível, um objetivo descreve o critério de desempenho satisfatório, indicando quão bem o aluno deve atuar para ser considerado aceitável.

Muitas vezes não é necessário incluir as condições, nem sempre é prático incluir os critérios, mas quanto mais disser, mais o objetivo vai comunicar. Outras características também podem ser inseridas, como uma descrição dos alunos para os quais o curso é planejado, ou uma descrição dos procedimentos de aprendizagem através dos quais o objetivo será realizado, o tipo de avaliação que aplicará, dentre outras.

## 2.3 Avaliação dos objetivos instrucionais

Os objetivos instrucionais são avaliados a partir da habilidade do aluno no desempenho da atividade solicitada e na competência em desenvolver a atividade corretamente.

Conforme mencionado, o desempenho é “o que o aluno deve ser capaz de fazer”. Ele pode ser visível, como escrever, consertar; ou invisível, como somar, resolver ou identificar.

A avaliação do desempenho acontece quando o aluno é capaz de fazer ou pensar, demonstrando ter compreendido o objetivo; a observação do comportamento humano é uma alternativa direta para um resultado da aprendizagem, como, por exemplo, quando observa alguém tocar piano, ou programar um computador; essa é uma avaliação abstrata, ou seja, quando está interessado em verificar o conhecimento ou a atitude do aluno, então poderá observar se o aluno está fazendo as atividades que representem aquelas abstrações.

O desempenho é a característica mais importante e indispensável de um objetivo bem formulado, porque descreve um tipo de desempenho que será aceito como evidência de que o aluno realizou.

Mager formula um objetivo descrevendo o propósito da aprendizagem; não se preocupa com a seguinte questão: “O que o aluno faz para demonstrar ter realizado o objetivo?”. Realiza a atividade que foi indicada para fazer, mostrando assim o seu desempenho.

Existem palavras que indicam desempenho: correr, resolver, discriminar, escrever, enunciar, desenhar e listar. É possível ver uma pessoa correndo ou escrevendo; também se pode descobrir se a pessoa é capaz de resolver um

problema ou discriminar cores; essas palavras qualificam um desempenho.

Há palavras que não qualificam desempenho, tais como apreciar, valorizar, internalizar ou compreender; elas descrevem estados ou condições que podem somente ser inferidos a partir de desempenhos.

O ser humano é avaliado a respeito de seu desempenho para saber como está fazendo suas atividades. Por exemplo, o aluno desenvolve um programa que controla a entrada e saída de pessoas no evento. O sistema funciona conforme solicitado pelo cliente, então considera que o aluno é competente para desenvolver programa dessa característica.

Informação como esta é necessária para os professores, pais e/ou empregador. Uma pessoa que tem um bom desempenho é considerada uma pessoa competente no que tem feito, ou seja, possui conhecimento, capacidade e tem características pessoais que distinguem da pessoa com desempenho regular em determinada atividade.

Além do desempenho, existem outras características que devem ser avaliadas, tais como: habilidade e competência.

### 2.3.1 Habilidade e Competência

As habilidades estão associadas à informação adquirida que transforma em saber fazer. As competências são compostas por um conjunto de habilidades harmonicamente desenvolvidas e que caracterizam a função a ser desempenhada; por exemplo, ser arquiteto, programador, médico, engenheiro. As habilidades devem ser desenvolvidas na busca das competências. Isso está fundamentado em um processo de ensino e aprendizagem que prima pelo conhecimento sobre o assunto.

Muitas vezes os termos desempenho, habilidade e competência são confundidas um com o outro:

**Desempenho** – é o que a pessoa deve ser capaz de fazer;

**Habilidade** – é inseparável da ação, mas exige domínio de conhecimentos;

**Competência** – é um termo usado quando uma pessoa possui os recursos para realizar bem uma determinada atividade, ou seja, resolve uma

situação complexa, portanto é possível afirmar que a pessoa é competente.

A informática teve um crescimento assustador nos últimos anos. A habilidade e a competência precisam ser mais do que nunca aprimoradas pelas pessoas que deseja progredir e obter sucesso. Toda pessoa precisa descobrir realmente suas habilidades e suas competências e colocá-las em prática. Uma pessoa competente não recusa desafios e sabe encarar as mudanças necessárias para sua vida profissional.

A prática das habilidades constrói a competência; vejam-se três dimensões que se abrigam:

**O conhecimento é o saber** – é a educação formal, saber o quê, saber o porquê, saber para que e a capacidade de aprender;

**A habilidade é o saber-fazer** – são as experiências, o saber como, as técnicas, o conhecimento tácito e o modelo mental.

**A atitude é o saber ser** – ter determinação, responsabilidade, comprometimento, motivação e iniciativa.

De posse das definições de desempenho, habilidade e competência, Mager defende que o conteúdo de um curso deve possuir as seguintes tomadas de decisões:

- a profundidade de tratamento a ser dada aos assuntos;
- a seleção de procedimentos;
- a avaliação dos alunos;
- aprimoramento da própria disciplina.

A partir da observação do comportamento e das declarações é possível distinguir se a pessoa aprendeu o que foi ensinado. Quando o objetivo identifica o desempenho desejado, então praticamente foi desenvolvido um objetivo útil.

Ao término dessa observação é possível formular um novo objetivo, bem mais preciso do que o objetivo que havia escrito antes; da mesma forma, será

necessário avaliar quais os conteúdos compreendidos pelos alunos e os que não obtiveram. Assim, novas propostas terão novo objetivo.

Neste trabalho, foram realizados experimentos e/ou avaliações em disciplinas que ministram o conteúdo de linguagem de programação. O observador, durante as aulas, obteve a performance dos alunos, por exemplo:

- os alunos que desenvolvem os exercícios propostos pelo professor;
- os alunos que não compreendem o conteúdo ministrado e não pediram auxílio ao professor;
- os alunos que ficam dispersos, conversando e navegando na internet; dentre outras situações que ocorreram nas aulas.

## **2.4 Aplicação dos objetivos instrucionais na informática**

O professor planeja os objetivos efetivos que vai trabalhar na disciplina e se divide em duas vertentes: o professor administra os recursos de aprendizagem ou o professor opera como fonte de aprendizagem.

- O professor que cria deliberadamente um ambiente de aprendizagem em sua classe, realizando os objetivos preestabelecidos, está agindo como um administrador.
- Esse mesmo professor, quando ensina pessoalmente em sala de aula, transforma-o numa fonte de aprendizagem, ou seja, afirma ser a fonte disponível mais apropriada e mais adequada à realização dos objetivos. Dessa forma, assume o papel de operador.

As duas vertentes são boas, apesar de que não é interesse utilizar somente uma delas. Deve-se alternar o uso dos recursos disponíveis que a tecnologia disponibiliza e nem sempre usar somente o quadro e pincel ou giz, slides, textos, trabalhos individuais ou em grupo, aulas práticas, dentre outras. Mesmo tendo essas técnicas, sabe-se que o tempo disponível e a capacidade dos professores são limitados, eles devem se concentrar na realização de um trabalho coerente com seu papel organizacional específico sendo assim o administrador de recursos de aprendizagem.

Nas aulas práticas dos cursos de informática a aplicação da presente teoria é possível de obter sucesso. O professor no início da aula define o objetivo que trabalharão, explica o conteúdo do objetivo e como será desenvolvido, a partir de então, ao final da explicação o aluno escreverá o código, assim o objetivo final é obtido com êxito. Por exemplo:

**Objetivo da aula** – escrever códigos em forma de lista usando a linguagem de programação funcional Scheme.

**Explicação do conteúdo** – a linguagem Scheme é dialeto de LISP, com isso utiliza o conceito de listas em todos os seus códigos. Para criar uma lista usa uma apóstrofe seguida de parênteses (abre e fecha) e insere os elementos dentro da lista. Exemplo: '(a b c d e)

**Objetivo final** – escrever várias linhas de comandos que exemplificam o conceito de listas.

Se o propósito da aula for apenas compreender como criar listas para utilizar na linguagem Scheme, então o objetivo foi alcançado. O aluno mostrou que teve desempenho eficiente, fornecendo as informações claras e úteis a respeito da tarefa feita. Assim, ele será capaz de identificar o seu desempenho e avaliar o quanto foi bom ou ruim.

## 2.5 Ensino Behaviorista ou Comportamentista

O behaviorismo introduzido na escola começou com o psicólogo norte americano John B. Watson (1878 – 1958), que pretendia analisar o comportamento objetivamente observável. [BAUM,2006]

Burrhus Frederic Skinner (1904–1990), o mais conhecido behaviorista, inspirou-se inicialmente em Watson. O propósito era chegar a uma ciência do comportamento e mostrar nitidamente o contraste com a visão da maior parte dos outros behavioristas.

O behaviorismo clássico abraçou a ideia de que todo comportamento humano é infalivelmente controlável por meio do padrão estímulo–resposta. De

acordo com Merchan, em 2000, “[...] os comportamentalistas entendiam a aprendizagem como um processo pelo qual mudava a conduta de um organismo, sempre que, nas mudanças, não se dava a maturação e não tinham caráter ocasional, mas que sejam estáveis.” [PARREIRAS,2000]

Há dois métodos de aprendizagem que permitem explicar a conduta do indivíduo ou animal, tais como: o condicionamento clássico e o condicionamento instrumental ou operante. Eles permitiram verificar que os princípios da aprendizagem não são aplicados a todas as condutas.

**Condicionamento clássico:** foi estudado por Ivan Petrovic Pavlov (1849 – 1936), que iniciou suas pesquisas com animais, associando um estímulo e uma resposta, aprendida através da continuidade. Dessa forma, o estudo da aprendizagem pode transformar a conduta de um organismo a partir de resultados da experiência.

**Condicionamento instrumental ou operante:** é uma visão da psicologia mecanicistas de estímulo–resposta, considerando-se que o ser humano é neutro e passivo em todo comportamento que pode ser descrito em termos sequenciais.

A relação entre os métodos é o estabelecimento de resposta a fatores determinantes. Enquanto o condicionamento clássico é controlado por um estímulo precedente, o condicionamento operante é controlado por suas consequências, seus estímulos (reforço) que se seguem às respostas.

[COUTINHO,1991]

### 2.5.1 Tipos de reforços

Skinner classificou os estímulos ou reforços na relação do indivíduo com as estimulações do meio.

**Reforço positivo:** É todo estímulo cuja apresentação após uma resposta aumenta a probabilidade de sua ocorrência, ou seja, resposta–estímulo.

**Reforço Negativo:** Refere-se a todo estímulo aversivo que, quando retirado, aumenta a probabilidade de ocorrência de certa resposta.

**Reforço de razão:** Refere-se ao reforço que ocorre em decorrência da emissão de um comportamento desejado.

**Reforço de Razão Fixa:** Refere-se ao reforço do comportamento desejado, fixando-se previamente o número de vezes em que o indivíduo deverá apresentar aquele comportamento para que receba o reforço – elogiar (reforço) o aluno a cada três notas boas.

**Reforço de Intervalo Fixo:** Refere-se à presença de reforço em intervalos previamente definidos – o tempo decorrido entre a produção de uma resposta e a aplicação do reforço ser sempre o mesmo. Por exemplo, se um estudante sabe que um professor aplica avaliações de 15 em 15 dias, ele só começará a estudar, provavelmente, às vésperas.

**Reforço de Intervalo Variável:** Refere-se à presença de reforço em intervalos não fixos, sendo impossível, por parte do indivíduo, fazer qualquer previsão. Por exemplo, o professor que aplica suas avaliações em dias diferentes cria uma expectativa que leva o aluno a estar sempre em dia com a matéria.

**Reforço por Imitação:** Quando observa alguém ser reforçado por causa de algum comportamento emitido, a tendência é imitar aquele comportamento.

O reforço tem como finalidade aumentar a probabilidade de resposta, assim como na sua ausência a resposta torna-se menos frequente; isso é a extinção operante. Skinner considerou que o propósito da psicologia é predizer e controlar o comportamento dos organismos individuais. Ele ainda associa uma resposta a um determinado estímulo; em consequência, planeja o resultado que deseja alcançar, sendo positivo ou negativo. [PARREIRAS,2000]

Da mesma forma que tem reforços para propor a resposta desejada, também há fatores que interferem no aparecimento ou ausência da resposta. Segundo Merchan, são eles:

- a forma de administrar o efeito da quantidade de reforço e suas variações;
- a influência do valor do incentivo ou motivação que o reforço exerce sobre a conduta;
- as consequências do tempo de demora no reforço;

- a influência da duração e intensidade de todas as variáveis que intervêm no estabelecimento da resposta condicionada.

O modelo do condicionamento operante é a teoria que mais teve aplicação na aprendizagem escolar. Segundo Skinner, ensinar requer planejar um programa de contingências de reforço que permita ao aluno aprender novas condutas.

### **2.5.2 Ensino-aprendizagem no ensino comportamentalista**

Para analisar o comportamento do ensino, é necessário considerar tanto a forma de ensino como as respostas do aluno que poderão ser analisadas em seus componentes comportamentais.

Ensinar é um planejamento de reforços sob os quais os estudantes aprendem, e é de responsabilidade do professor assegurar a aquisição do conhecimento. O ensino pode ser modificado através do treinamento a ser desenvolvido, assim como: habilidade e comportamento.

- As habilidades são compreendidas como respostas emitidas, que permitem que o professor possa analisar os elementos específicos do comportamento.
- O comportamento dos estudantes é mantido através de reforços arbitrários, tais como elogios, graus, notas, prêmios, reconhecimento do professor e dos colegas, prestígio, etc. Estes estão associados com outra classe de reforços mais remotos e generalizados, tais como o diploma, as vantagens da futura profissão, a aprovação final do curso, monetária, status, prestígio da profissão.

Para Skinner, com os princípios da teoria do reforço, é possível programar o ensino de qualquer disciplina, tanto quanto o de qualquer comportamento, desde que se possa definir previamente o final desejado. A proposta de aprendizagem dessa abordagem se encontra na organização (estruturação) dos elementos para as experiências curriculares.

Essa estruturação direciona o aluno ao caminho adequado a percorrer para que atinjam o objetivo final. A aprendizagem será garantida pela sua programação.

Essa abordagem exige que o professor se responsabilize por planejar e desenvolver o sistema de ensino e aprendizagem, de forma tal que o desempenho do aluno seja maximizado, com os objetivos intermediários e finais bem definidos, juntamente com os critérios que fixam os comportamentos de entrada e aqueles os quais o aluno deverá exibir ao longo do processo de ensino. O professor é considerado como um planejador ou um engenheiro comportamental.

### **2.5.3 Metodologia no ensino comportamentalista**

A metodologia abrange a aplicação de tecnologia educacional e estratégias de ensino, quantas formas de reforços no relacionamento professor–aluno. Esse ensino implica medir o desempenho do aluno através da coerência teórico-metodológica, que possui as seguintes características:

- especificação dos objetivos;
- envolvimento do aluno;
- feedback constante que forneça elementos que especifiquem o domínio de determinada habilidade;
- apresentação do material em pequenos passos; e
- respeito ao ritmo individual de cada aluno.

Essas características são para instrução individualizada, que consiste numa estratégia de ensino na qual se objetiva a adaptação de procedimentos instrucionais para que os se ajustem às necessidades individuais de cada aluno, maximizando sua aprendizagem, seu desempenho e seu desenvolvimento.

Essas instruções também se aplicam a grupo de alunos, permitindo variações em ritmo de aprendizagem, objetivos a ser alcançados, métodos e materiais de estudo, nível exigido de rendimento e desempenho. O ensino comportamentalista enfatiza o uso de estratégias as quais permitem que um maior número possível de alunos atinja altos níveis de desempenho.

Outra estratégia de ensino é a competência que utiliza o módulo instrucional como material de ensino. A experiência de aprendizagem é considerada como competência. O ensino baseado na competência é caracterizado por:

- especificação dos objetivos em termos comportamentais;
- especificação dos meios para se determinar se o desempenho está de acordo com os níveis indicados de critérios;
- fornecimento de uma ou mais formas de ensino pertinentes aos objetivos;
- conhecimento público dos objetivos, critérios, formas de atingi-los e atividades alternativas.

Skinner não se preocupa em justificar por que o aluno aprende, mas sim em fornecer uma tecnologia que seja capaz de explicar como fazer o estudante estudar e que seja eficiente na produção de mudanças comportamentais. A princípio, o conteúdo a ser ministrado é dividido em pequenas partes a fim de ser possível reforçar todas as respostas e todos os comportamentos operantes emitidos pelo aprendiz.

#### **2.5.4 Avaliação no ensino comportamentalista**

A avaliação está diretamente ligada aos objetivos estabelecidos. O processo de aprendizagem inicia-se através de um pré-teste com a finalidade de conhecer os comportamentos prévios, a partir dos quais serão planejadas e executadas as etapas seguintes do processo de ensino e aprendizagem, dessa forma é possível direcionar a disciplina com o melhor aproveitamento dos estudantes.

É a parte integrante para a ocorrência da aprendizagem, pois os comportamentos dos alunos são modelados à medida que estes têm conhecimento dos resultados de seu comportamento.

#### **2.5.5 Aplicação do ensino comportamentalista na informática**

Conforme descrito anteriormente, o ensino avaliará o comportamento do estudante perante a disciplina cursada, ou seja, como ele se comporta para resolver seus algoritmos ou problemas.

Segundo Skinner, usando a teoria do reforço é possível programar o ensino de disciplina e do comportamento, desde que se defina o final desejado. O planejamento comportamentalista inicia-se definindo os objetivos: iniciais, intermediários e finais; além dos critérios de comportamentos de entrada, os quais o estudante deverá exibir ao longo do desenvolvimento dos objetivos.

Todo problema a ser resolvido requer um estímulo para obter a resposta. Esse estímulo é provido do interesse em conhecer sobre o assunto e propor uma resolução para o problema em questão. O estímulo inicial é a definição do problema; estímulo intermediário é como resolver o problema, e o final é a execução do problema.

O professor geralmente estimula os alunos explicando um problema ou a teoria sobre um assunto. Por exemplo, o fatorial é o produto de todos os números inteiros positivos menores ou iguais a  $N$ ; em que  $N$  é um número natural. Essa notação, introduzida por Christian Kramp, em 1808, é estudada no ensino médio.

Para calcular o fatorial do número natural é necessário compreender como a fórmula é resolvida, assim a resposta para o estímulo está prestes a ser obtida. Como o objetivo é aplicar o conteúdo na disciplina de linguagem de programação, não basta apenas realizar o cálculo manual: é preciso criar um algoritmo que realiza o cálculo automaticamente. Nesse caso, é preciso transcrever a solução do problema para uma linguagem de programação.

O desenvolvimento do algoritmo é observado para medir o desempenho do estudante em sua desenvoltura na especificação dos objetivos, na compreensão da teoria e sua aplicação, no procedimento que apresenta os pequenos passos, além da criação do código conforme o seu ritmo de conhecimento.

A competência do estudante é outra estratégia de ensino que almeja observar, principalmente, conforme os comportamentos que o estudante realiza durante todas as etapas de desenvolvimento do código, ainda mais quando são propostas várias maneiras diferentes de resolver o mesmo problema; desse modo, o comportamento é avaliado porque o problema teve comportamentos diversos com resultados semelhantes, mostrando, assim, a compreensão do conteúdo, as formas de atingi-los e atividades alternativas.

O estudante foi avaliado em todos os aspectos mencionados através do

comportamento para alcançar o objetivo final, que foi o de calcular o fatorial de N.

Em todo problema poder haver a possibilidade de não se obter o comportamento almejado pelo observador ou professor. Sendo assim, o professor necessita reavaliar as atitudes do estudante, porque não obteve sucesso na resposta.

## 2.6 Ensino construtivista

Jean Piaget foi um psicólogo suíço (1896–1980) que dedicou seus estudos a investigar os processos da inteligência. Emilia Ferreiro (1936), também especialista na área, partiu dos estudos de Piaget – especificamente, do processo intelectual que envolve o aprendizado das crianças na leitura e escrita. Emilia então se limitou ao desenvolvimento da teoria científica que chamou de “construtivismo”. Construtivismo não é um método, não é uma técnica; esse novo paradigma de ensino, na verdade, é uma postura em relação à aquisição do conhecimento.

Desenvolve a inteligência priorizando as atividades sociais. A aprendizagem depende do estágio de desenvolvimento ou da Competência; o aluno não é simplesmente a soma total do que o indivíduo aprendeu. O exercício operacional da inteligência é a aprendizagem verdadeira, e esta só acontece quando o aluno elabora seu próprio conhecimento.

### 2.6.1 Ensino e aprendizagem no ensino construtivista

O construtivismo condena a rigidez nos procedimentos de ensino, as avaliações padronizadas e a utilização de material didático demasiadamente estranho ao universo pessoal do aluno. As matérias estão voltadas à reflexão e autoavaliação, portanto a escola não é considerada rígida.

O professor propõe que o aluno participe ativamente do próprio aprendizado mediante a experimentação; valoriza o intercâmbio entre alunos e o trabalho em grupo; estimula a dúvida e o desenvolvimento do raciocínio. Não permite que sejam apresentados conhecimentos prontos ao aluno. Utiliza-se

a técnica tradicional da memorização, provendo o aprendizado; não se admite a conhecida “decobreba”.

O termo “construtivismo” estimula a descoberta do conhecimento do aluno através das atividades realizadas. Enfatiza que o erro ocorrido não é fator para desistência, mas uma maneira de buscar mais aprendizagem.

### **2.6.2 Metodologia no ensino construtivista**

Tudo que se ensina ao aluno o impede de inventar ou de descobrir. Os alunos não aprendem a pensar; eles pensam e, quando pensam, desenvolvem mecanismos avançados de pensamento.

O professor evita rotina, fixação de respostas e hábitos. Deve simplesmente propor problemas aos alunos, sem lhes ensinar as soluções; provocar desequilíbrios e fazer desafios.

O aluno é tratado de acordo com seu desenvolvimento mental e social. O professor sempre será o orientador, investigador, coordenador e pesquisador.

Os professores que utilizam essa linha pedagógica precisam ter as seguintes características: mente aberta, atitude investigativa, desprendimento intelectual, sensibilidade às mudanças do mundo combinada com iniciativa para os alunos e flexibilidade para aceitar as mudanças contínuas. O trabalho do professor sustentará uma relação com o aluno não baseada na autoridade, mas na qualidade.

Os alunos que aprendem através do construtivismo serão pessoas de espírito inquisitivo, participativo e cooperativo, com mais desenvoltura para elaboração do próprio conhecimento.

O trabalho com os alunos despertará um senso de autonomia e participação e terá uma qualidade de conhecimento melhor que no ensino tradicional, que quer quantidade de conhecimento.

### **2.6.3 Avaliação no ensino construtivista**

A avaliação no construtivismo é realizada continuamente, diferentemente da provas periódicas do ensino tradicional. Uma grande diferença do construtivismo com outras teorias é o tratamento dado ao erro. A correção deve ser

transformada numa situação de aprendizagem, e não de punição ou censura. Piaget não deu atenção ao erro escolar, enquanto La Taille (1997) considera que os erros dos alunos podem dar pistas importantes sobre as capacidades de assimilação.

O construtivismo corrige o erro transformando-o numa situação de Aprendizagem, isto é, comparando o passado com o presente – por exemplo, o professor solicita que os alunos façam um texto no início do ano, ao chegar ao fim do ano pede um texto com o mesmo tema, assim resulta o progresso ocorrido. No ensino tradicional, o erro é corrigido à medida que aparece. Os professores se preocupam mais com o conteúdo do texto do que com a ortografia, dessa forma os alunos têm tendência de cometer incorreções na escrita.

Os alunos que recebem o ensino através do construtivismo não são estimulados à competição. Eles são treinados para cooperação entre os colegas, investe no desafio pessoal, motivando o aluno a seguir em frente no caminho do conhecimento.

O socioconstrutivismo propõe construir o conhecimento baseando-se nas relações dos alunos com a realidade, valorizando e aprofundando o que o aluno já sabe. O conhecimento e a inteligência vão se desenvolvendo gradativamente, num processo de construção que é tão importante quanto o próprio conhecimento.

#### **2.6.4 Aplicação do ensino construtivista na informática**

O ensino construtivista possibilita que o aluno construa o seu conhecimento e aprenda o conteúdo proposto pelo professor – neste caso, o estudo de linguagem de programação. Esse conteúdo, depois de aprendido, permitirá que o aluno se desenvolva usando o computador ou algum produto, tais como documento, imagem, software, relatório, projeto, sites etc.

No construtivismo, compreender o assunto e desenvolver a solução do problema é uma questão de etapas. Se o aluno afirma que não consegue aprender linguagem de programação, realmente não conseguirá mesmo. A etapa inicial é querer aprender, é realizar um jeito de sentir necessidade de

conhecimento da linguagem de programação, de sentir a efetiva vontade de aprender.

Outra etapa de aplicação do ensino é a observação de que as linguagens de programação possuem conceitos primitivos semelhantes, por exemplo, definição das variáveis, operações matemáticas e cálculos. Todo aprendizado se constrói a partir do conhecimento anterior, fazendo uma rápida análise, comparação e dedução.

O fato de o aluno desenvolver algo do seu interesse torna a aprendizagem mais significativa. A interação do aluno é ativa, estimulando o conhecimento a partir das atividades realizadas. Ninguém ensina a ninguém: o aluno é sempre o agente de sua aprendizagem. O professor somente ilude o aluno no ensino de programação; o máximo que pode fazer é levá-lo à descoberta do raciocínio lógico do problema.

Um conceito em programação deve ser transformado em ideia concreta. Não imagine que aprenderá por decorar um caminho; em programação o caminho precisa ser construído, redescoberto pelo aluno. Cada passo de desenvolvimento é importante para a descoberta do todo, pode ser que não chegue à reta final, mas seguiu o caminho devagar com o propósito de ter a solução.

Em situação que o aluno realize algum erro, o professor vai capacitá-lo para obter outro conhecimento e desenvolver a atividade almejada. Na programação, o erro pode ser eliminado com a resolução de diversos exercícios para aprender o funcionamento da lógica de programação do problema. Repetir os exercícios trará conhecimento diferenciado ao aluno, principalmente se realizá-los de forma diferente, ou seja, se usar e abusar da imaginação. Nunca repetir como um cachorrinho adestrado, que faz coisas que o dono manda sem perceber por que está fazendo. Ao contrário, tem de repetir exercícios aprendidos como “um campeão de xadrez”, que sempre inventa partidas novas, cada vez mais difíceis, mas sempre superadas.

Muitas vezes, dúvidas surgem no momento de desenvolver os programas. Elas precisam ser eliminadas e, para isso, é preciso que se busque o mesmo estímulo essencial para sentir-se capaz de descobrir. Caso tenha o aluno escrito o código e, em dado ponto, não encontrou a solução, não deve abando-

nar o código feito, procure ajuda a partir do ponto identificado como dúvida. Muitos estudantes deixam os estudos apenas por não verificar um pequeno problema ou por não conseguir solucioná-lo.

Como o ensino é construtivo, os alunos podem ensinar outros colegas e, com isso, estão adquirindo mais conhecimento. Dessa forma, o professor torna-se observador, pesquisador, investigador do ensino, com o propósito de avaliar se as informações estão sendo repassadas e abstraídas corretamente.

## 2.7 Ensino tradicional

O ensino tradicional originou-se no século XVIII; seu objetivo era tornar universal o acesso do homem ao conhecimento. Ele tem um método firmado e certa resistência em aceitar inovações, e assim foi considerado ultrapassado nas décadas de 1960 e 70. As escolas que adotam esse método de ensino acreditam que o aluno passará a ter uma formação crítica através da informação adquirida e da demonstração transmitida.

Nos dias de hoje, o ensino tradicional é encontrado na maioria das escolas, principalmente nas públicas; mesmo que a sociedade, a família e o mundo do trabalho tenham mudado. As escolas mais conceituadas do mundo, entre elas estão as inglesas e as suíças, são as mais tradicionais possíveis por ser muito antigas.

### 2.7.1 Ensino e aprendizagem no ensino tradicionalista

O compromisso desse ensino é a preparação intelectual e moral dos alunos para assumir sua posição na sociedade. As escolas brasileiras continuam utilizando esse modelo de ensino, o mais desejado pela sociedade. As escolas que inovaram para o sistema educacional mais moderno foram as privadas destinadas às classes privilegiadas da sociedade.

O ensino privilegia a quantidade de informação, misturando os conteúdos significativos com os de pouco significado. Cabe ao professor trabalhar conteúdos significativos para a formação do aluno, dessa forma as atividades deixariam de ter o sistema repetitivo e dariam espaço para a criatividade,

pesquisa e produção de conhecimentos.

Na relação entre professor e aluno, é predominante a autoridade do primeiro, que transmite o conteúdo de maneira unilateral. O professor avalia o aluno através de interrogatórios orais, exercícios e trabalhos feitos em casa, além de provas escritas. Ele tem a função de repassar o conhecimento e informações, mantendo certa distância dos alunos, que são “elementos passivos” em sala de aula.

### **2.7.2 Metodologia no ensino tradicionalista**

Os conteúdos ministrados pelos professores são separados em duas partes: a experiência do aluno e as realidades sociais. A cada parte correspondem perguntas às quais o aluno deverá responder. Fica visível, em sala de aula, uma troca verbal intensa entre professor e alunos em termos de perguntas e respostas até que o resultado proposto seja atingido. Portanto, os alunos chegam a esse resultado e se infere que tenham compreendido o conjunto relacionado de ideias tal como foi proposto.

O aluno tem o ensino cultural igualitário para todos. Ele precisa se esforçar para se destacar. Os menos capazes lutam para superar suas dificuldades e conquistar seu lugar junto aos capazes. Os alunos não possuem espaço para atuar, agir ou reagir de forma individual. Não existem atividades práticas que permitem aos alunos inquirir, criar e construir.

As aulas são expositivas, com muita teoria e exercícios para memorização. A motivação é quase nenhuma; depende do professor manter o aluno interessado e atento. O conteúdo ministrado pelo professor termina apenas quando a exposição é finalizada e os exercícios de repetição, aplicação e recapitulação são concluídos. O aluno pode não ter compreendido e o professor ficará ciente desse fato quando realizar uma verificação futuramente ou quando realizar atendimento individual.

Na intervenção do professor é que reside a problemática do ensino tradicional. O professor vê-se obrigado, na maioria das vezes, a limitar-se ao fornecimento de receituários. É um ensino caracterizado por se preocupar mais com a variedade e quantidade de noções/conceitos/informações do que

com a formação do pensamento reflexivo.

A metodologia aplicada é a transmissão do patrimônio cultural; o professor traz o conteúdo pronto e o aluno se limita, passivamente, a escutá-lo; o produto final desse processo é a aprendizagem do aluno – comprova-se através da reprodução dos conteúdos feita pelo aluno de forma automática e sem variações. Na maioria das vezes é considerado que houve a aprendizagem.

Essa metodologia é criticada pelos construtivistas por causa da sua objetividade. A única semelhança dos objetivistas e construtivistas é a convicção de que existe uma realidade exterior ao indivíduo. Paulo Freire criticou o ensino tradicional porque utilizava a cartilha como ferramenta central da didática para o ensino da leitura e escrita. As cartilhas ensinavam pelo método da repetição de palavras soltas ou de frases criadas de forma forçosa, que comumente se denomina como linguagem de cartilha.

Saviani (1980) sugere que o papel do professor se caracteriza pela garantia de que o conhecimento seja conseguido, e isso independentemente do interesse e da vontade do aluno.

Para Paulo Freire (1987), esse ensino é baseado na educação bancária, ou seja, uma educação que se caracteriza por “[...] depositar, no aluno, conhecimentos, informações, dados, fatos etc.

### **2.7.3 Avaliações no ensino tradicionalista**

As avaliações são periódicas, através de provas, e medem a quantidade de informação que o aluno conseguiu absorver. Essa forma de ensino admite reprovação dos alunos que não alcançaram êxito. A reprovação do aluno passa a ser necessária quando o mínimo de conhecimento repassado não foi atingido e as provas e exames são necessários para a constatação de que esse mínimo exigido para cada série foi adquirido pelo aluno.

As tarefas de aprendizagem quase sempre são padronizadas, o que implica poder recorrer-se à rotina para se conseguir a fixação de conhecimentos/-conteúdos/informações. Dessa forma, é proposto que todos deverão seguir o mesmo ritmo de trabalho, estudar pelos mesmos livros-texto, utilizar o

mesmo material didático, repetir as mesmas coisas, adquirir, pois, os mesmos conhecimentos.

Aos alunos são apresentados somente os resultados desse processo, para que sejam armazenados. Ao indivíduo que está “adquirindo” conhecimento compete memorizar definições, enunciados de leis, sínteses e resumos que lhe são oferecidos no processo de educação formal.

#### **2.7.4 Aplicação do ensino tradicionalista na informática**

A maioria dos professores que atuam nos dias de hoje foi alfabetizada através do ensino tradicional nas escolas que frequentaram. Mesmo que estejam usando outros métodos com seus alunos, possuem as técnicas do tradicionalismo.

O professor nessa linha pedagógica é um multiplicador de conhecimento, mas infelizmente mantém distância dos alunos. Com o uso do ensino na informática, o cenário modificou-se. Com as aulas práticas, o professor se aproximou do aluno para resolver suas atividades no computador, permitindo que eles possam construir suas próprias atividades: documentos, programas, sites.

A troca de informações passou a acontecer com mais frequência. Por exemplo, o professor solicita ao aluno que desenvolva um algoritmo que calcule a conversão das temperaturas de Celsius para Fahrenheit e vice-versa. Assim, as perguntas do aluno são respondidas individualmente.

O ensino possibilita que haja motivação e inovação nas aplicações. Pode-se buscar a resolução dos problemas e, dessa forma, o professor deixa os alunos mais interessados e atentos durante as aulas.

As avaliações são realizadas periodicamente, permitindo que o professor encontre os erros cometidos pelo aluno, e a correção é feita imediatamente. O professor trabalha com conteúdos significativos para a realidade do aluno; assim, a repetição pode existir, assim como o espaço para a que criatividade, pesquisa e produção do conhecimento sejam executadas pelos alunos.

Apesar de existirem muitas críticas ao ensino tradicional, devido à autoridade do professor, o ensino de informática pode ser ministrado facilmente

nessa vertente, principalmente porque a execução repetida dos exercícios em se tratando das linguagens de programação é importante para a fixação do conhecimento ministrado pelo professor.

# Capítulo 3

## Teoria de Mager para o ensino profissional

A maioria das literaturas pedagógicas aborda a aplicação dos objetivos educacionais no ensino de 1º e 2º grau, deixando de lado os cursos técnicos e superiores, pois o público dos graus iniciais exige que seus objetivos sejam especificados com mais clareza para motivá-los na aquisição do conhecimento e em direções desejadas.

Segundo Benjamin S. Bloom, os objetivos são as metas que fornecem especificações detalhadas para a elaboração e o uso de técnicas de avaliação. [TEIXEIRA,2009]

Bloom utilizou unidades de estudo curtas para que o aluno pudesse prosseguir em seu ritmo próprio. A cada unidade, indicava os objetivos esperados do aluno e, no fim da unidade, o aluno pedia ao professor que lhe desse um teste rápido, sem nota, abrangendo os objetivos da unidade.

Caso o aluno revelasse mestria em cada objetivo, o professor elogiava o desempenho e permitia que passasse para a unidade seguinte de aprendizagem. Se não revelasse mestria, o professor instruía brevemente sobre o material não dominado e depois lhe pedia que recapitulasse antes de prosseguir para um novo teste. [GALLOWAY,1976]

Robert Frank Mager usava os objetivos efetivos para eliminar a distância entre o aluno e o professor. Esse distanciamento ocorre quando o professor deixa de informar ao aluno o que deseja que ele demonstre no final da disciplina.

plina ou do curso. Para obter êxito nessa tarefa é preciso realizar as seguintes instruções:

- determinar as metas que deve alcançar até ao final do curso;
- definir os conteúdos relevantes para o público-alvo;
- avaliar o aluno a cada atividade desenvolvida.

Essas instruções normalmente não ocorrem, mas no aprendizado dos dias de hoje. De modo geral, os professores preocupam-se em transmitir o conteúdo, e não com a compreensão do aluno perante a informação repassada. As aulas não possuem objetivos bem definidos. No final da disciplina ou do curso, o aluno não tem capacidade para demonstrar habilidade sobre o assunto. A falta de habilidade pelo aluno incomodou Mager por muitos anos.

Afinal, quem é este homem que propõem aos docentes que façam os objetivos bem enunciados para que o aluno possa saber que tipo de conhecimento estudará, além de formas práticas que realizará para exibir sua habilidade.

Robert Frank Mager, educador americano, nasceu em 1923. Seu nome é mais reconhecido nas áreas de treinamento nas empresas que buscam clareza nas metas e na aprendizagem programada na área da educação. Tem diversos livros que já foram traduzidos para 16 idiomas com mais de três milhões de cópias. Trabalha no campo de desenvolvimento de recursos humanos, na Sociedade Americana de Treinamento e Desenvolvimento com o propósito de melhoria do desempenho. No Brasil, existe a Associação Brasileira de Treinamento e Desenvolvimento ([www.abtd.com.br](http://www.abtd.com.br)). [ABTD]

Ele foi premiado pelo avanço da análise do comportamento técnico, por ter abordado problemas significativos utilizando métodos diretamente ligados à análise do comportamento técnico ou que efetivamente incorporam princípios comportamentais. Abordou alguns pontos interessantes para mostra a eficiência de sua teoria:

1. objetivos bem elaborados para alcançar as metas no final da disciplina;
2. formulação dos objetivos através de desempenho, habilidade e competência;
3. planejamento do ensino profissional.

### 3.1 Objetivos bem elaborados

Segundo Mager, as etapas do seu processo de ensino são aplicáveis tanto em áreas acadêmicas quanto a profissionais. Algumas empresas de consultoria em treinamento, por especialistas na indústria e por alguns setores militares.

A finalidade de Mager foi implantar a operacionalização dos objetivos educacionais. Os objetivos precisam ser formulados para a aprendizagem do público que almeja ensinar. Existem formas para alcançar o sucesso neste ensino, de acordo com as condições a seguir:

- inicialmente, deve-se ter certeza que o ensino é necessário, ou seja, conferir se existe uma razão para a aprendizagem e que os estudantes desconhecem o assunto que pretende ensinar;
- especificar de forma clara quais os resultados que espera alcançar com o ensino;
- organizar experiências de aprendizagem para o aluno, segundo os princípios dessa aprendizagem;
- avaliar a atuação do aluno conforme os objetivos iniciais estabelecidos.

Mager define que “um objetivo é a descrição de um desempenho que você deseja que seus alunos sejam capazes de exibir, antes de os considerarem competentes. Um objetivo descreve um resultado que se pretende alcançar com o ensino, de preferência ao processo de ensino propriamente dito.” [?]

Existem três razões importantes para ter objetivos bem-sucedidos:

1. objetivos sem clareza na formulação não exibem planejamento de métodos, materiais ou conteúdos de aprendizagem;
2. a formulação dos objetivos precisa estar relacionada com saber se o objetivo, de fato, foi alcançado; por exemplo, os testes feitos durante o curso devem informar tanto professores como alunos se foram bem-sucedidos na realização dos objetivos do curso;
3. fornecer aos alunos meios de organizar seus esforços para alcançá-los.

A partir do momento em que os objetivos passam a estar claros aos alunos de todos os níveis, podem então aproveitar melhor as atividades que acham

importante. Uma vantagem extra no esboço dos objetivos permite pensar seriamente sobre que assunto vale a pena ensinar e que ferramenta vale a pena despender tempo e esforço para alcançar.

### **3.1.1 Taxonomia dos objetivos educacionais**

Benjamin S. Bloom, em 1956, escreveu a “Taxonomia dos Objetivos Educacionais” ou “Taxonomia de Aprendizagem”, que dividem os objetivos em: cognitivos e afetivos. Os objetivos cognitivos preocupam com a informação e conhecimento, ou seja, é a atividade básica da maioria dos programas educacionais e de treinamento. Os objetivos afetivos enfatizam atitudes e valores, sentimentos e emoções na educação.

A taxonomia de Bloom organiza os objetivos dos domínios cognitivos e afetivos em seis classes; para observar os dois domínios é necessário considerar a dimensão cognitiva, ou seja, o professor está interessado naquilo que o estudante fará; enquanto no domínio afetivo o professor preocupa com o que ele faz em relação ao aprendizado ou com o aprendizado.

Criou-se uma estrutura que pode ser utilizada pelos profissionais de ensino. Os professores que mantêm perguntas associadas aos vários níveis da taxonomia, sem dúvida alguma, farão um trabalho melhor ao incentivar em seus alunos a capacidade cognitiva de mais alta ordem, em comparação com aqueles que não usam essa ferramenta.

A atualização da taxonomia de Bloom veio a surgir em 1999, por um antigo aluno de Bloom – o doutor Lorin Anderson – e colegas. Eles publicaram uma versão atualizada de fatores que afetam o ensino e a aprendizagem. Ela veio para corrigir alguns problemas, como: “saber o quê” (conteúdo do raciocínio) de “saber como” (os procedimentos para resolver problemas).

O conhecimento dimensional de “saber o quê” foi dividido em quatro categorias: fato, conceitual, procedural e metacognitivo.

- O conhecimento do fato inclui elementos isolados de informação, como definições de vocabulário e conhecimento de detalhes específicos;
- O conhecimento conceitual consiste em sistemas de informação, como classificações e categorias;

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

Segundo Manzano, a revisão da taxonomia de Bloom utilizou os seguintes termos: [MANZANO,2000]

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

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

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

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

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

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

Segundo Anderson, o ensino significativo proporciona aos alunos o conhecimento e os processos cognitivos necessários para uma solução de problemas.

Com a teoria de taxonomia, cada nível de conhecimento pode corresponder a um nível de processo cognitivo, portanto o aluno pode lembrar-se de um conhecimento fato ou procedural, entender o conhecimento conceitual ou metacognitivo ou analisar o conhecimento metacognitivo ou fato. [ANDERSON,2001]

## 3.2 Formulação dos objetivos

Para formular os objetivos, Mager partiu do princípio de três perguntas fundamentais e, com a resposta delas, os objetivos comunicam e serão uteis.

- a) O que o aluno deve ser capaz de fazer?
- b) Em que condições devem fazê-lo?
- c) O quanto bom deve ser o desempenho para ser considerado satisfatório?

O objetivo deve ser claro e útil para expressar as intenções acerca dos propósitos da aprendizagem de maneira tão concisa quanto possível. Nas teorias de metodologia de pesquisa científica, encontram-se as definições de objetivo geral e específico.

O objetivo geral expressa de maneira sucinta e clara a habilidade ou conhecimento principal a ser adquirido pelos alunos – por exemplo, solicita ao aluno que aumenta a quantidade de memória RAM de um computador ou solicita ao aluno que desenvolva um algoritmo que calcule a equação do 2º grau.

O objetivo específico refere-se às metas que satisfazem a certas necessidades educacionais. Devem ser focadas em ações ou comportamentos observáveis e mensuráveis. Precisam ser expressas através de verbos que comunicam expectativas do professor em relação ao que deve ser aprendido. Exemplos de metas para que o aluno aumente a quantidade de memória RAM são:

1. remover a cobertura de um computador em menos de 2 minutos, usando as ferramentas adequadas e observando normas de segurança;
2. localizar os slots de memória RAM em menos de 2 minutos;

3. decidir, em menos de 1 minuto, se a nova placa de memória pode ser adicionada à(s) já existente(s) ou se deve substituir uma placa existente;
4. inserir, em menos de 2 minutos, a nova placa de memória, observando normas de prevenção de danos por eletricidade estática;
5. repor a coberta do computador em menos de 2 minutos, usando as ferramentas adequadas e observando normas de segurança;
6. em menos de 5 minutos, ligar o computador, interpretar as mensagens mostradas na tela e decidir se a operação foi bem-sucedida;
7. se a operação não for bem-sucedida, em menos de 15 minutos e sem consulta, usar as mensagens na tela para formular uma hipótese que explique o resultado negativo.

O aluno pode ter conhecimento de como realizar tais objetivos; por outro lado, pode danificar outro componente interno do computador ou ser incapaz de reconhecer casos em que não é possível inserir placas de memórias adicionais por falta de espaço livre, ou ainda inserir a placa nova e ser incapaz de certificar-se que a placa está funcionando corretamente. Esses aspectos menores e mais detalhados avaliam a habilidade do aluno no desempenho da atividade solicitada e a competência em desenvolver a atividade corretamente.

### **3.2.1 Desempenho**

O desempenho é a característica mais importante e indispensável de um objetivo bem formulado, pois descreve o que será aceito como evidência do que o aluno realizou.

Para analisar o desempenho a partir do aprendizado usando os objetivos instrucionais, Robert Gagné apresentou uma descrição excelente dos tipos de desempenho, tentando mostrar quais são as condições mais adequadas para facilitar a aprendizagem de cada um desses tipos de desempenho.

Gagné definiu oito categorias de desempenho e, depois, para simplificar a tarefa de planejar cursos, reduziu-as em cinco, a seguir: [MAGER,1976b]

- discriminação: ser capaz de dizer a diferença entre dois ou mais assuntos;
- resolução de problemas: como decidir o que fazer; o processo que encontra a causa do problema e implica ensinar ao aluno métodos que o levem a localizar a falha;
- memória: esse desempenho trata de informações que podem ser lembradas; por exemplo, “o aluno tem que saber” quando o aluno precisa enumerar as atividades de que vai necessitar quando escuta falar em “desenvolva uma calculadora”, inicialmente o aluno tem que conhecer as operações básicas;
- manipulação: saber “o que” fazer nem sempre é a mesma situação do que saber “como” fazer. Esse é um ponto importante, porque os professores normalmente não conseguem relacionar a teoria com a prática. Às vezes, eles agem como se acreditasse que o aluno sabe o que fazer, também sabe como fazer. Realizam um bom trabalho ensinando aos alunos a falar sobre algum assunto, mas fracassam no ensino de como realmente fazê-la. A manipulação está relacionada com a memória do aluno, saberá o que fazer com as ferramentas através da prática real, a melhor maneira de ensiná-lo a usá-las.
- linguagem: técnica para ensinar habilidades verbais é o uso da imitação, exercícios frequentes e conhecimento imediato dos resultados.

Após essas descrições de tipos de desempenho, uma questão pode surgir. Por que avaliar o desempenho da pessoa? Todo ser humano precisa ser avaliado a respeito de seu desempenho para saber como está fazendo suas atividades, informação necessária para professores, pais e/ou empregadores. Uma pessoa que tem um bom desempenho é considerada uma pessoa competente no que tem feito, ou seja, possui conhecimento, capacidade e tem características pessoais que distinguem da pessoa com desempenho regular em determinada atividade.

Além do desempenho, existem outras características que devem ser avaliadas, tais como: habilidade e competência.

### **3.2.2 Habilidade e Competência**

A capacidade de saber fazer uma atividade indica que há habilidade, contudo haverá competência se aquela for desenvolvida eficientemente. Essas duas características fundamentam um processo de ensino e aprendizado do conhecimento sobre o assunto.

As habilidades estão associadas à informação adquirida que transforma em saber fazer. As competências são um conjunto de habilidades harmonicamente desenvolvidas e que caracterizam a função a ser desempenhada.

Diversas vezes os termos desempenho, habilidade e competência são confundidas um com o outro:

- o desempenho é o que a pessoa deve ser capaz de fazer;
- a habilidade é inseparável da ação, mas exige domínio de conhecimentos;
- a competência é um termo usado quando uma pessoa possui os recursos para realizar bem uma determinada atividade, ou seja, resolve uma situação complexa, portanto é possível afirmar que a pessoa é competente.

A partir da prática de três parâmetros, a habilidade constrói a competência. Inicia pelo desempenho do conhecimento do saber, por exemplo, saber o quê, saber o porquê, saber para quê, além da capacidade de aprender. A habilidade é o saber fazer através das experiências, das técnicas e do conhecimento. Enquanto a competência é o saber ser, responsável, comprometido, motivado e com iniciativa. Os conceitos descritos anteriormente podem ser diferenciados através do exemplo: suponha que o aluno tenha que resolver um problema (competência), saber ler, calcular, interpretar dados, tomar decisões e registrar por escrito (habilidades).

De posse das definições de desempenho, habilidade e competência, Mager defende que o conteúdo de um curso deve possuir as seguintes tomadas de decisões:

- a profundidade de tratamento a ser dada aos assuntos;
- a seleção de procedimentos;

- a avaliação dos alunos;
- aprimoramento da própria disciplina ou curso.

### 3.3 Planejamento do ensino profissional

O planejamento do ensino profissional requer que o professor escolha em qual empreendimento se envolverá, ou seja, do professor que administra os recursos de aprendizagem ou do professor que opera como fonte de aprendizagem.

Um professor-administrador possui quatro atividades independentes e diversificadas, mas quando reunidas constituem um conjunto do processo de administração do ensino:

**Planejar:** define os objetivos que deverão ser realizados, descreve roteiros de ensino, estabelece a ordem em que os tópicos serão estudados, determina o tempo disponível e os recursos a ser utilizados;

**Organizar:** cria um ambiente favorável à aprendizagem e um bom relacionamento entre as pessoas envolvidas no sistema educacional e a delegação de responsabilidades;

**Dirigir:** tarefa que requer mais habilidade do professor-administrador; ele que orienta, encoraja e inspira seus alunos. Atua no papel de liderança; estudantes bem orientados aprendem mesmo na ausência de planos e de qualquer organização, mas estudantes bem orientados amparados por bons planos e por uma organização adequada tornam-se excepcionais;

**Controlar:** comparam o desempenho obtido com os critérios previamente estabelecidos, de modo a determinar se os objetivos foram ou não alcançados.

As atividades do professor administrador atendem ao planejamento do ensino profissional para jovens e adultos partindo da premissa de que se interessa em formar profissionais eficientes no trabalho e que está interessado em ser capaz de provar o seu sucesso em tal empreendimento. Nessa situação,

o professor tem o papel de demonstrar seus esforços através da sua habilidade em facilitar o processo de aprendizagem.

A falha do ensino acontece quando o professor usa todos os recursos, mas não consegue demonstrar aos alunos o desempenho que almeja deles no final do curso, conforme descrito nos objetivos do curso. Outros profissionais também cometem falhas: um dentista fracassa quando trata o dente errado; o encanador falha se não consegue deter o vazamento d'água.

A finalidade do planejamento do curso profissional é que, ao final do curso, o aluno seja capaz de realizar satisfatoriamente suas tarefas e de aprimorar suas habilidades através da prática. A partir dessas duas situações destinadas ao aluno, é necessário que saiba realizar cada uma das tarefas e com que frequência elas são executadas.

A habilidade do aluno é avaliada depois de ter recebido esclarecimentos suficientes sobre cada tarefa, de modo a estabelecer a diferença entre a execução correta e a incorreta e possa também avaliar seus esforços no sentido de realizar cada uma das tarefas implícitas.

O desempenho do aluno é eficiente quando fornece informações claras e úteis a respeito da tarefa realizada; ele deve ser capaz de identificar um bom desempenho de um desempenho insatisfatório quando tiver ocasião de observá-lo, quer nele ou em outras pessoas.

### **3.3.1 Fases do planejamento**

O ensino efetivo requer uma orientação voltada para o desempenho mais do que para o conteúdo. Existem fases para realizar um planejamento de curso com ensino efetivo, são elas: preparação, planejamento e aperfeiçoamento.

**Fase de preparação:** Inicialmente, descreve-se o que o aluno faz quando executar a tarefa; em seguida, descreve-se o desempenho no trabalho com mais detalhe, enumera-se cada tarefa que terá no trabalho e descrevem-se as etapas de cada uma dessas tarefas, ou seja, faz-se a análise das tarefas; em seguida, descreve-se o público do curso e não como se desejaria que fosse; a partir da descrição dos envolvidos no curso, adaptam-se os objetivos para atender às expectativas; os obje-

tivos do curso são determinados em função das informações fornecidas pela análise das tarefas, adaptados aos pré-requisitos do curso e às condições administrativas como tempo disponível e instalações; para finalizar, elaboram-se exames através dos quais se avaliam o sucesso e os testes prévios, ou seja, teste de habilidade que foram elaborados nos pré-requisitos do curso.

**Fase de planejamento:** Inicia-se definindo o esboço das unidades de ensino e suas tarefas, de modo que ao final de cada unidade o aluno seja capaz de fazer algo que não sabia fazer antes, mantendo assim a motivação. O desempenho do aluno precisa ser avaliado pelo professor, dessa forma verificam-se as técnicas didáticas, o material de ensino e os recursos usados – se estão permitindo a evolução do conhecimento do aluno. Com a sequência das unidades, visa-se à obtenção da maximização das habilidades do aluno e a eficiência do curso. De posse da sequência definitiva organizada, os planos de aula são concluídos e só, então, o curso estará em condições de ser posto experimentalmente em prática.

**Fase de aperfeiçoamento:** É a parte mais simples do processo de planejamento, ou seja, implica a verificação da consecução dos objetivos através do ensino e a verificação da validade dos objetivos em função do trabalho. Um professor não pode cessar o seu aprimoramento de conhecimentos, principalmente porque novas técnicas, novos dispositivos de ensino e o perfil dos alunos variam gradativamente.

De posse da organização do planejamento é importante que haja uma avaliação para identificar se o aluno teve aproveitamento do ensino e adquiriu o conhecimento desejado.

### 3.3.2 Aproveitamento do ensino

Um ponto a ser observado é a maneira como o aluno pode tirar o melhor proveito do que lhe foi ensinado. É interessante que os alunos sejam motivados a continuar se dedicando aos assuntos que lhes foram ensinados.

Mager escreveu em seu livro *Atitudes favoráveis ao ensino* a seguinte história: “Era uma vez um professor cuja principal característica se escondia sob forma bem singular. Alunos aos milhares ou possivelmente milhares de milhares, em volta dele o dia todo. Quando finalmente notado pelo seu diretor e perguntado com se saía dessa proeza, ele levantou três dedos e disse: Gente! Vocês precisam somente seguir minha indicação: Crescer do Zero ao Grande Herói do Campus para responder estas perguntas com as quais batalharão: Para onde vou? Como chegarei lá? Como vou saber que cheguei?” [MAGER,1976a]

Nesse caso, “Para onde vou?” é uma questão que trata da dependência do aluno pelo professor, ou seja, o professor influencia o aluno para certos estudos e certas atividades, mostrando-o o avanço do assunto e criando, assim, entusiasmo para utilizar o que lhe foi ensinado.

O procedimento “Como chegará lá?” é a meta do ensino que prepara o aluno para usar as habilidades e os conhecimentos que possui e prepará-lo para aprender mais a respeito do que lhe foi ensinado. Uma maneira de alcançar essa meta é fazer com que, após a experiência de aprendizagem, o aluno tenha uma tendência a se interessar pelo assunto estudado, ao invés de fugir.

A intenção é fazer com que os alunos modifiquem seus conhecimentos, suas atitudes e suas habilidades. Assim é possível avaliar se o objetivo proposto foi alcançado, ou seja, se ele passou a ter mais conhecimento do que antes; se compreendeu algo que ele não compreendia antes; se passou a desenvolver habilidade que não era desenvolvida antes; se sentiu uma situação diferente do que sentia antes; se desenvolveu a apreciação de algo que antes lhe era indiferente.

Essas avaliações podem ser aplicadas em qualquer aula ministrada pelo professor. Se a intenção for alcançar um ou mais desses resultados, então deseja que o aluno torne diferente do que era antes da aula que assistiu. Essa atitude geralmente não ocorre no ensino tradicional. Nesse ensino, o professor geralmente repassa o conteúdo e não se preocupa com o aproveitamento do aluno perante o assunto; o aluno assemelha-se a uma conta bancária que recebe vários depósitos.

O ensino ministrado em sala de aula não deve ficar restrito ao período da disciplina. O professor deve preocupar-se com o que o aluno fará após o término da disciplina, depois que a influência do professor não esteja mais presente. Por exemplo, o aluno concluiu o curso técnico ou qualquer outro curso. Durante o curso, os professores desenvolvem conteúdos de apreciação, de tal modo que o aluno apresente comportamentos apreciativos mesmo depois que a ajuda do professor termine. Mager defende em sua teoria que a preocupação do professor é com o desempenho do aluno num futuro imediato e em longo prazo, além da dedicação que o professor deverá obter para gerar frutos, através de influências, bons e futuros.

A etapa de avaliação relaciona-se com a questão feita no início “Como saber se chegou ao objetivo?” Para saber se o aluno alcançou o objetivo ao sair da sua influência, o caminho melhor é deixar claro o objetivo e identificar as atividades que o aluno deve estar fazendo se o objetivo for alcançado. Pode também definir alguns meios que auxiliarião o alcance do objetivo.

O objetivo educacional proposto por Mager é o objetivo que deverá identificar o que o aluno deverá fazer para demonstrar que alcançou o objetivo; deverá sugerir condições relevantes para o desempenho desejado e, também, sugerir como constatar que o objetivo foi alcançado.

## Capítulo 4

# Planejamento Experimental

A crescente evolução educacional tem levado profissionais de diferentes formações a buscar técnicas sistemáticas de planejamento experimental. Nas pesquisas acadêmicas, a metodologia do planejamento acontece em função de uma base teórica na qual procura-se testar determinado aspecto de um campo do conhecimento ou expandir o seu domínio a partir do surgimento das necessidades educacionais.

A metodologia adotada para realizar um planejamento experimental deve atingir os objetivos desejados, sendo necessária uma integração entre o processo, a estatística e o bom senso. Pode acontecer que os resultados alcançados a partir dos objetivos tragam sucesso ou fracasso, pois para cada situação existe uma justificação para o resultado obtido.

O planejamento experimental escolhido neste trabalho procurou preservar intencionalmente o espaço de liberdade entre os envolvidos, alunos e professores, que discutiram o tema em estudo, definiram os objetivos que pretendiam obter e os planos e propósitos que desejavam alcançar.

Nesta pesquisa, a proposta dos experimentos só seria adequada desde que a intenção fosse desencadear um trabalho de transformação de competências potenciais em desempenhos maduros que proporcionassem mudanças.

Os temas escolhidos para experimentos referiam-se a estudo de problemas e temas de relevância para o ensino e para o processo de formação. A característica fundamental do experimento é o fato de que eles deveriam ser

significativos para os participantes.

É de se lembrar que os experimentos formalizados até os dias de hoje devem-se, em parte, a Sir Ronald A. Fisher (1890–1962), um estatístico que trabalhou na Estação Experimental de Agricultura de Rothamsted, na Inglaterra, com experimentos agrícolas, o que explica o uso de vários termos técnicos associados à área agronômica.

Um experimento depende da influência de três partes teóricas para determinar um projeto estatístico, a saber:

- especificação – determina o erro máximo que pode ser cometido;
- projeto – consiste em produzir a confiabilidade desejada ao menor custo possível, utilizando as facilidades físicas e os recursos humanos disponíveis;
- avaliação – consiste em verificar as diferenças entre os vários procedimentos utilizados para a comparação de resultados.

O planejamento experimental é um conjunto de dados que devem ser obtidos para projetar exatamente o tipo de informação que procura. O observador do experimento necessariamente deve saber o que está procurando, ou seja, deve ter conhecimento do que espera quando o experimento tiver terminado.

Para o desenvolvimento dos experimentos, é preciso que se tenha o conhecimento das seguintes técnicas: planejar, avaliar, analisar e interpretar os resultados de um experimento. São técnicas que requerem estudos para aplicá-las na área desejada. É importante que haja uma preparação para o resultado, porque nem sempre a conclusão obtida é a esperada pelo observador. Dessa forma, o resultado também é considerado válido, porque pode mostrar que não alcançou o objetivo desejado, ou seja, pode indicar a necessidade de mudança da estratégia.

## 4.1 Vantagens de um planejamento experimental

- Reduz o número de experiências ou repetições e melhora a qualidade da informação obtida através dos resultados. Assim ocorre a diminuição do trabalho e, consequentemente, do tempo e do custo final, permitindo que o observador possa investir tempo no planejamento do processo e no estudo das variáveis envolvidas.
- Permite o estudo de um número considerável de fatores que são analisados simultaneamente. Se se analisa separadamente cada um deles, pode-se não atingir o resultado desejado, pois não conseguirá detectar a interação entre eles.
- Permite calcular e avaliar o erro experimental. É fundamental para que se possa especificar o nível de confiança com o qual se pode estimar a reprodução do resultado desejado. Não é prudente confiar num resultado desejado. É desejável saber se ao se repetir o processo várias vezes ele terá comportamento semelhante, variando segundo um erro experimental esperado, de modo a assegurar a estabilidade do estudo realizado.
- A competência do profissional na área de atuação é mais importante do que seu conhecimento em estatística. Segundo Fisher, “*Chamar o especialista em estatística depois que o experimento for feito pode ser o mesmo que pedir a ele para fazer um exame post-mortem. Talvez ele consiga dizer do que foi que o experimento morreu*”.

Há três razões iniciais para desenvolver um planejamento estatístico: são os métodos estatísticos, o planejamento e a resolução de problemas. Muitas vezes os pesquisadores iniciantes e/ou profissionais de empresas temem a falta de amadurecimento e, consequentemente, a falta dessas três razões. O roteiro descrito é saudável, pois mostra como irá utilizar a metodologia com critério, que a conduta do planejamento não gera impedimento e que, em caso de dúvidas, é feita consulta prévia ao profissional da estatística.

## 4.2 Pesquisa estatística

Atualmente, não se pode realizar uma pesquisa com bases científicas sem o respaldo fornecido pela metodologia estatística. A estatística introdutória pode ser dividida em três grandes partes:

**Estatística descritiva:** cuida da descrição tabular, gráfica e paramétrica dos dados obtidos experimentalmente, através de procedimentos de amostragem ou de experimentos propriamente ditos;

**Probabilidade e estatística matemática:** estudam a ocorrência dos eventos e das variáveis aleatórias que os descrevem, fornecendo as bases da teoria estatística.

**Inferência estatística:** dedica-se à estimativa por intervalo e por região, assim como aos testes de hipóteses sobre parâmetros populacionais.

O trabalho em questão vincula-se às duas primeiras grandes partes. Envolve os procedimentos de amostragem; tabulação dos dados obtidos das aulas a partir das análises do desempenho do aluno perante o conteúdo ministrado pelo professor; possui variáveis para simplificar o manuseio de quantidade de alunos e dos itens avaliados sobre a habilidade e competência.

Um planejamento experimental a ser desenvolvido refere-se a uma nova teoria e/ou processo avaliativo, em geral, dependente de um grande número de variáveis. A existência das variáveis influencia as respostas desejadas. Elas são indispensáveis para resultados confiáveis obtidos e para que análises estatísticas consistentes possam ser realizadas.

A estatística é a ciência que tem por objetivo planejar e otimizar experimentos, orientar sua condução, coletar, descrever e analisar suas respostas, retirando o maior número possível das informações nelas contidas.

### 4.2.1 Processo de desenvolvimento da pesquisa

A geração do conhecimento científico utiliza-se de uma sequência de atividades para retratar os passos fundamentais da pesquisa. O estudo sobre “Avaliação do desempenho do aluno na disciplina de linguagem de programação

aplicando a teoria de Instrução de Critério de Referência (CRI)” (veja detalhes sobre o assunto no capítulo 02) foi aplicado para ilustrar estes passos. A escolha deste estudo deve-se à riqueza de detalhes que ele oferece para caracterizar uma pesquisa linear. [ALENCAR,1998]

**1 - Definição do problema de pesquisa:** Vários fatores podem influenciar na formulação de um problema de pesquisa. Um desses fatores é o referencial teórico ou paradigma de informação selecionado pelo pesquisador. Por exemplo, o aluno será avaliado a partir do método de ensino e metodologia usada pelo professor. Verifica-se sua capacidade de adquirir competência em desenvolver o que está sendo proposto pelo professor. O processo de conhecimento pode ser difundido através de outras variáveis que influenciam no aprendizado do aluno, por exemplo: motivação em aprender o conteúdo, experiência anterior, linguagem de programação com diversas aplicações no mercado.

**2 - Formulação das hipóteses:** A hipótese é uma afirmação categórica que tenta responder ao problema levantado pelo tema escolhido para pesquisa. É uma pré-solução para o problema levantado. O trabalho de pesquisa confirmará ou negará a hipótese levantada. A hipótese geral dessa pesquisa foi avaliar se a aplicação da teoria de Mager melhorava o desempenho dos alunos com relação aos métodos de ensino pedagógicos (tradicional, comportamentalista, construtivista) usados pelos professores nos dias de hoje. O propósito foi analisar se os alunos teriam um desempenho diferenciado perante o conteúdo adquirido, conforme a metodologia defendida por Mager.

**3 – Definição operacional das variáveis:** As variáveis utilizadas pelo pesquisador são definidas de tal forma que possam ser testadas ou verificadas empiricamente sem se perder o significado que as teorias atribuem. Por exemplo, o estudo aplicado nesse trabalho tomou como variáveis “o método de ensino educacional”, “as diferentes linguagens de programação”, em se tratando das linguagens de programação: de quais dessas o aluno tem conhecimento. Essa variável operacionaliza por

questões de avaliação: se o aluno já ouviu falar sobre a linguagem de programação, se já fez algum programa utilizando-a, qual foi o grau de dificuldade encontrado e outras questões que podem ser verificadas. A cada resposta positiva atribui-se o escore 1 e a cada resposta negativa atribui-se o escore 0, ou seja, é a teoria de avaliação dicotômica. O grau de conhecimento e uso da linguagem de programação depende da quantidade de questões avaliativas para obter as informações do aluno.

**4 – Elaboração dos instrumentos de pesquisa:** A pesquisa necessita de instrumentos para adquirir informações que justifiquem os estudos em questão. Podem-se aplicar questionários, técnicas de análise dos dados e/ou amostragem dos entrevistados. Os instrumentos na pesquisa somente podem ser elaborados se as atividades anteriores a esse passo tiverem sido realizadas. Para a verificação do desempenho, da habilidade e da competência do aluno no uso da linguagem de programação através da metodologia de ensino adotado pelo professor, foram utilizadas as seguintes atividades:

- identificar o método de ensino que o professor utiliza para nas aulas;
- identificar a metodologia que o professor usa para ministrar o conteúdo;
- identificar se o professor descreve os objetivos iniciais da aula, como instruirá os alunos para desenvolvê-lo e alcançar objetivo final;
- identificar os alunos que demonstram interesse pelo conteúdo ao conseguirem desempenho satisfatório na resolução dos exercícios propostos;
- identificar os alunos desmotivados com a aula por não realizarem as tarefas solicitadas pelo professor;
- identificar o tempo em que as atividades são feitas com o propósito de avaliar o desempenho do aluno;
- identificar quantos alunos conseguiam resolver os exercícios fáceis, médios e difíceis;
- identificar o tempo que os alunos levavam para desenvolver o problema proposto pelo professor;

Após a conclusão dessas atividades, os dados foram analisados. Foram selecionadas as seguintes teorias para analisá-los:

- métodos de ensino educacional – para verificar se, com o método usado pelo professor, permite-se que o aluno tenha um desempenho satisfatório.
- planejamento experimental – para avaliar as atividades observadas através das pesquisas quantitativas e qualitativas e alguns cálculos estatísticos;
- Teoria de Resposta ao Item – para analisar o desempenho do aluno e se ele consegue resolver os níveis de questões, tais como: fáceis, médias e difíceis. Para melhor avaliar, serão usadas outras teorias que auxiliarão na estimativa de habilidade do aluno, são elas:
  - modelo logístico – são os modelos de resposta ao item para respostas dicotômicas. Para esse trabalho serão usados três parâmetros: a dificuldade, a discriminação e a probabilidade de resposta correta dada por indivíduos de baixa habilidade;
  - máxima verossimilhança – estimar os parâmetros dos itens e das habilidades dos estudantes;
  - modelo de Rasch – para avaliar o nível de desempenho individual e o nível de dificuldade na questão.

**5 – Coleta de dados:** É a busca de evidências empíricas para confirmação ou rejeição das relações entre variáveis contidas nas hipóteses que foram previamente formuladas. É tarefa cansativa e quase sempre toma mais tempo do que se espera. Exigem do pesquisador paciência, perseverança e esforço pessoal, além do cuidadoso registro dos dados. Um aspecto importante é o perfeito envolvimento das tarefas organizacionais e administrativas com as científicas, obedecendo-se aos prazos estipulados, aos orçamentos previstos, ao preparo do pessoal. O planejamento, quanto mais bem feito for, menos desperdício de tempo haverá no trabalho de campo, facilitando a etapa seguinte. Os dados foram coletados a partir da observação das aulas ministradas pelos professores. O docente conduzia sua aula normalmente e o pesquisador observava toda a conduta da aula. Por exemplo:

- como o professor repassa o conteúdo?
- Quais recursos tecnológicos utiliza?
- Possui material de apoio para os alunos (apostilas, manual da linguagem)?
- Qual método de ensino que o professor utiliza para conduzir suas aulas?
- Como os alunos reagem ao conteúdo ministrado?
- Qual o interesse dos alunos no assunto?

Esses são alguns itens que o pesquisador deveria observar durante o tempo em que ficava nas aulas. Com certeza, fatores não planejados poderiam surgir. Todos os dados extraídos das aulas serviram para contribuir com os resultados finais.

**6 – Análise dos dados:** Com os dados coletados, eles foram inicialmente organizados (tabulados) para, em seguida, ser analisados: dispostos em tabelas, submetidos aos testes estatísticos, análise do índice de acerto das questões fáceis, médias e difíceis, geração de gráficos com o desempenho dos alunos. Com essas análises, foi possível verificar se a hipótese foi ou não confirmada.

**7 – Estabelecimento das conclusões:** Realizadas as análises, o pesquisador elaborou as conclusões do trabalho especificando os resultados que obteve e o que eles significam para a explicação do fenômeno estudado e, se for o caso, as relações desses resultados com os de outros estudos. Após a exibição do resultado, sugestões foram propostas, além das limitações que ocorreram durante a pesquisa.

**8 – Elaboração do relatório de pesquisa:** A finalidade da elaboração do relatório de pesquisa é descrever todos os sete passos que o pesquisador seguiu, ou seja, da formulação do problema de pesquisa ao estabelecimento das conclusões, de forma clara e objetiva. É descrever o processo de pesquisa, o modo como o conhecimento obtido foi gerado.

#### 4.2.2 Variáveis

É um nome que atribui a um fenômeno que pode ser medido e que varia conforme a medição. Dá-se o nome de variável. Uma variável que permite ser medida é aquela cujo fenômeno será observado pelo pesquisador. Por exemplo, quantas vezes o aluno consultou a apostila para desenvolver a função do exercício proposto.

Uma variável pode ser manipulada ou experimental, nesse caso o experimentador modifica a determinação para realizar o experimento. Por exemplo, se o aluno desenvolve um programa que tem 10 linhas, o pesquisador delimita que ele deve reduzir o código em 3 linhas. Além disso, o pesquisador, ao verificar um código longo, implicará em programa correto e se consultou muito o material de apoio; ao avaliar um código de curso, pressupõe-se que o programa está incorreto ou correto, portanto realizou pouca consulta na apostila.

Existem outros dois grandes grupos de variáveis: quantitativa ou numérica e qualitativa.

**Variáveis quantitativas** são aquelas que descrevem quantidades e, portanto, seus possíveis valores são descritos por números. Ela pode ser subdividida em dois tipos: discreta (quando assumem um número determinado de valores – por exemplo: escores atribuídos numa prova de programação) e contínua (quando descrevem situações que envolvem contagens – por exemplo: porcentagem dos alunos que acertaram a primeira questão da prova).

**Variáveis qualitativas** são aquelas que descrevem qualidades, não utilizam números para descrevê-las. Podem ser de dois tipos: ordinais (os valores agregam a ideia de ordem – por exemplo: nível de aprovação dos alunos) e nominais (a ideia de ordem não está agregada – por exemplo: nomes das linguagens de programação).

As variáveis identificadas para o planejamento experimental desse trabalho permitiram medir, avaliar, analisar e interpretar os dados para o resultado desejado; são elas:

- método de ensino usado pelo professor durante a aula;
- metodologia de ensino utilizada pelo professor para ministrar o conteúdo;
- motivação em expor o conteúdo aos alunos;
- avaliar se os alunos têm experiência anterior em linguagem de programação;
- linguagem de programação com aplicação no mercado;
- tempo que o aluno utilizou para desenvolver o programa proposto;

#### **4.2.3 População e amostras**

Em todo experimento é necessário que se defina a população que a pesquisa almeja, ou seja, o conjunto de todos os indivíduos ou elementos que compartilham um grupo de características comuns. A pesquisa não pode ser aplicada a uma população grande, como, por exemplo, deseja-se obter o desempenho de todos os alunos que estão estudando as disciplinas de linguagem de programação no estado de Minas Gerais. A população deve ser limitada para atender a interesses mais específicos, assim como obter resultados confiáveis em tempos menores e a custos mínimos. Define-se população-alvo.

A população-alvo é o conjunto de indivíduos ou elementos que possuem a informação desejada pelo pesquisador. Em relação ao exemplo citado, a população alvo poderia ser aqueles alunos que cursam a disciplina na região do Triângulo Mineiro; ou também os alunos que fazem a disciplina no Instituto Federal do Triângulo Mineiro.

A amostra da população-alvo é um subconjunto selecionado sob certas regras que se presta para estimar, de modo confiável, as informações necessárias ao pesquisador. A forma de escolha da população para realizar a amostragem pode ser dividida em aleatória ou determinística.

Amostra aleatória é aquela na qual cada elemento da população-alvo tem uma probabilidade fixa de ser incluída na amostra. Os elementos que compõem a amostra são escolhidos na população-alvo por algum critério de sorteio. Já amostra determinística é aquela que não utiliza seleção aleatória, transferindo o critério de seleção para o julgamento pessoal do pesquisador.

O experimento realizado com os alunos adotou a amostra determinística por atender ao critério de seleção, que nesse caso são os alunos que realizaram os exercícios propostos para serem avaliados mediante seu desempenho.

### **4.3 Teoria de Resposta ao Item (TRI)**

A avaliação educacional no início do século XX passou a privilegiar as habilidades dos estudantes através do acompanhamento do progresso do conhecimento adquirido pelos alunos ao longo do tempo.

A avaliação que verifica o desempenho dos estudantes, das instituições e dos cursos atualmente é o ENADE (Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes). O INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) é responsável por aplicar essa avaliação aos alunos ingressantes e concluintes. A partir dessa nota, os cursos e as instituições são avaliados através de conceitos. As provas não são semelhantes e servem para obter o grau de conhecimento do estudante ao longo do curso, ou seja, se teve aumento de conteúdo referente ao curso.

A preocupação com o desempenho do aluno tem criado diversas formas de avaliar o conhecimento adquirido. Essas avaliações observam o raciocínio lógico, a habilidade, a proficiência e/ou a competência em resolver algum problema.

Para analisar a capacidade dos estudantes, a Teoria de Resposta ao Item (TRI) está sendo aplicada nas provas do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) para selecionar os candidatos que demonstram ter o melhor desempenho. Essa teoria pode ser útil para avaliação em disciplinas que os estudantes cursam, por exemplo, nas escolas, em curso técnico e até na faculdade.

A Teoria de Resposta ao Item (TRI) é uma teoria aplicada nas provas, por exemplo, as do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). Ela foi desenvolvida na década de 1950, nos Estados Unidos, e envolve psicologia, estatística e informática. Antes desse período, a proficiência do estudante era exclusivamente através da Teoria Clássica das Medidas, que atribui notas a partir do número de acertos, subtraindo os erros. Assim era possível comparar o desempenho dos estudantes que tenham feito as mesmas provas.

Nas provas elaboradas dentro da TRI, a proficiência pode ser inferido com maior precisão, ou seja, usam-se os traços latentes que são avaliações indiretas, algo que não pode ser medido com peso e altura. Portanto, se uns estudantes fizerem duas provas diferentes – desde que as provas sejam elaboradas com os padrões exigidos da TRI, então obterá a mesma nota, ou seja, o conteúdo está no estudante, não no instrumento de medida.

Segundo Andrade, a TRI é “*um conjunto de modelos matemáticos que procuram representar a probabilidade de um indivíduo dar uma certa resposta a um item como função dos parâmetros do item e da(s) habilidade(s) do respondente. Essa relação é sempre expressa de tal forma que, quanto maior a habilidade, maior a probabilidade de acertos no item.*”

A TRI é um instrumento avaliativo que permite a construção de escalas de habilidade calibradas. Para saber se os itens cumprem os requisitos, é preciso testá-los. Depois dos pré-testes, as questões podem ser eliminadas, reformuladas ou incorporadas a um banco de dados de itens, que deve ser constantemente atualizados. O INEP tem como proposta construir um banco com milhares de itens, para possibilitar, com isso, construir inúmeras provas distintas.

Segundo o presidente do INEP, Joaquim José Soares Neto, as questões fazem parte do Banco Nacional de Itens. Existem outras avaliações aplicadas pelo INEP como a Prova Brasil e o Exame Nacional para Certificação de Competência de Jovens e Adultos (ENCCEJA), que utilizam a TRI. Nesse processo, empresas são contratadas para criar itens e aplicá-los em testes para estudantes, que não sabem que estão “experimentando” perguntas de exames.

Provavelmente, foi em um desses experimentos que os alunos do colégio Christus, em Fortaleza, tiveram acesso prévio a algumas questões do exame. E foi em função da utilização do TRI que o cancelamento dessas questões não trouxe prejuízo ao processo seletivo como um todo.

Até 2000, a TRI era pouco conhecida pelos especialistas em avaliação e pelos estatísticos no Brasil. Ela passou a ser aplicada com o propósito de divulgar o potencial dessa teoria tanto no seu aspecto estatístico-matemático quanto na sua aplicação e interpretação na avaliação da aprendizagem e em

outras áreas.

Atualmente, a aplicação de seu padrão avaliativo está sendo usado em diversas provas, até nos provões das escolas. A aplicação depende do interesse de quem almeja usar.

As áreas de conhecimento que realizam avaliações educacionais e o interesse pelas técnicas da TRI cresceram satisfatoriamente, principalmente quando se refere a características do indivíduo que não podem ser observadas diretamente – essas são chamadas de traços latentes.

As avaliações antes da TRI utilizavam a teoria clássica das medidas. Nessa teoria as avaliações aconteciam através da análise e interpretação da prova como um todo. Torna-se inviável a comparação entre alunos que não foram submetidos às mesmas provas ou, pelo menos, ao que se denomina de formas paralelas de testes. [ANDRADE,2000]

A TRI possui uma grande diferença da teoria clássica, que começa pela comparação entre os indivíduos, mesmo que tenham sido submetidos a provas que têm itens comuns ou à comparação entre indivíduos da mesma população que tenham sido submetidos a provas totalmente diferentes. Outra vantagem é que os elementos de avaliação são os itens, e não a prova como um todo.

O trabalho em questão utilizou a TRI como meio de verificação da proficiência dos estudantes em disciplinas de linguagem de programação. O professor, ao elaborar as questões, se preocupará em medi-las através dos níveis de conhecimento diferentes pelas perguntas. Em uma mesma prova, é interessante que haja a variação de questões fáceis, médias e difíceis, porque esses itens têm de conseguir a diferenciação entre o aluno que domina o conteúdo e aquele que tenta acertar no chute.

Para obter os cálculos de desempenho do estudante, é preciso a compreensão de conteúdos do modelo logístico, da máxima verossimilhança e do modelo de Rasch. Resumidamente, são expostos a seguir.

#### **4.3.1 Modelo Logístico**

Segundo Andrade, “*o modelo logístico da TRI calcula a probabilidade de um candidato acertar aquele item a partir do conhecimento que possui (dificul-*

*dade) e o conhecimento mínimo necessário para responder à questão (discriminação ou habilidade) e avalia o padrão de respostas do aluno na prova para ter certeza de que ele não está acertando ao acaso". [JUSTINO,2011]*

O modelo proposto pela TRI é o modelo logístico unidimensional de 3 parâmetros; atualmente o mais utilizado é dado pela fórmula:

$$p(\theta) = \frac{1}{1 + e^{-a(\theta-b)}}$$

Onde:

e = 2.718 é a constante de Euler,

b é o parâmetro de dificuldade,

a é o parâmetro de discriminação ou competência,

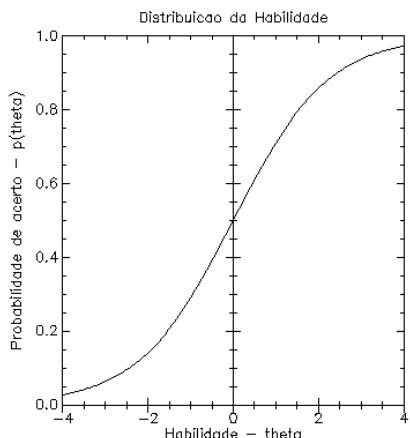
$\theta$  é o nível de habilidade e

a( $\theta$  - b) é o desvio logístico.

Na estatística, os modelos logísticos para itens dicotômicos são os modelos de resposta aos itens mais utilizados. Possuem três tipos, que se diferenciam pela quantidade de parâmetros que utilizam para descrever o item. Segundo Andrade, os modelos logísticos têm de 1, 2 e 3 parâmetros e considera as seguintes particularidades: [ANDRADE,2000]

- i)** somente a dificuldade do item;
- ii)** a dificuldade e a discriminação;
- iii)** a dificuldade, a discriminação e a probabilidade de resposta correta dada por indivíduos de baixa habilidade.

A relação entre a função logística e os parâmetros do modelo é exibida através da Curva Característica do Item (CCI). Os parâmetros da CCI como a habilidade está entre -4 e 4, enquanto a probabilidade de resposta correta está entre 0 e 1. Observe a figura a seguir:



A função logística é matematicamente mais conveniente, pois é uma função explícita dos parâmetros do item e da habilidade e não envolve integração. O parâmetro  $b$  representa a habilidade necessária para a probabilidade de acerto, ou seja, quanto maior o valor de  $b$ , mais difícil é o item, e vice-versa.

A possibilidade de o aluno com baixa habilidade responder corretamente ao item é muitas vezes referida como a probabilidade de acerto ao acaso. Quando não é permitido “chutar” o valor de  $b$  que se refere à dificuldade, é o valor latente da habilidade de um indivíduo que tem a probabilidade de resposta correta para o item igual a 0,5.

Essa função é uma sigmoide, ou seja, tem a forma da letra grega  $\sigma$ . A inclinação da curva muda em função do nível de habilidade e atinge o valor máximo quando a habilidade se iguala à dificuldade da questão. A curva com valores altos indica itens com curvas características muito íngremes, assim divide os alunos em dois grupos: os que possuem habilidades abaixo do valor do parâmetro  $b$  e os que possuem habilidades acima do valor do parâmetro  $b$ .

Caso o parâmetro  $a$  atinja valor negativo, não se espera que esse modelo indique a probabilidade de responder corretamente o item, no entanto esta diminui com o aumento da habilidade. Baixos valores de  $a$  indicam que o item tem pouco poder de competência, isto é, estudantes com habilidades bastante diferentes têm aproximadamente a mesma probabilidade de responder corretamente ao item.

### 4.3.2 Máxima Verossimilhança

Um ponto importante e crítico na TRI é a estimação dos parâmetros envolvidos nos modelos, ou seja, são os parâmetros dos itens e das habilidades dos estudantes. A probabilidade de uma resposta correta a um determinado item depende somente da habilidade do estudante e dos parâmetros que caracterizam o item; estas são informações desconhecidas. Para o momento, as únicas informações que se conhece são as respostas dos estudantes aos itens.

Para obter as informações desconhecidas, a TRI vai dividir o problema em três situações:

- quando se conhecem os parâmetros dos itens, deseja-se estimar as habilidades;
- quando se conhecem as habilidades dos estudantes, interessa a estimação dos parâmetros dos itens; e
- quando se deseja realizar uma calibração, ou seja, estimar os parâmetros dos itens e as habilidades dos estudantes simultaneamente.

Para qualquer das situações, a estimação sugerida é o uso do método da Máxima Verossimilhança (MV). O MV é eficiente porque produz os estimadores de menor variância.

Seja uma amostra aleatória  $(y_1 \ y_2 \ y_3 \dots \ y_n)$  retirada de uma população com uma função densidade de probabilidade dada por  $(f \ y \ \theta)$ , a qual depende do vetor de parâmetros  $\theta$  e tem uma função de probabilidades conjunta dada por

$$\prod_{i=1}^n f(y_i, \theta)$$

Conforme se pode ver, a função de probabilidade conjunta é simplesmente o produto de cada uma das observações:

$$(* (f y_1 \theta)(f y_2 \theta)(f y_3; \theta) \dots (f y_n \theta))$$

onde  $\theta$  é um vetor fixo de parâmetros e  $y_i$  é uma variável aleatória.

Antes da retirada da amostra, cada observação do psicólogo ou pedagogo é uma variável aleatória cujo modelo de probabilidade é igual à função de probabilidade da população. Se não fosse assim, os cientistas humanos não conseguiriam estudar as populações. Por exemplo, a média e a variância de cada amostra tomada pelo cientista humano é igual à média e variância da população. Diferentes psicólogos tiram amostras diferentes. É por isso que, antes da retirada das amostras, o vetor de parâmetros  $\theta$  é fixo, enquanto os componentes  $y_i$  da amostra são variáveis.

A função densidade de probabilidades conjuntas pode, então, ser reinterpretada como uma função do vetor de parâmetros  $\theta$ . Nessa nova interpretação,  $\theta$  é variável. Para uma dada amostra  $(y_1 y_2 y_3 \dots y_n)$ , o psicólogo vê seu modelo de probabilidades como uma função do vetor de parâmetros  $\theta$  desconhecido; essa função  $f = (\lambda(\theta)(expr \theta))$  é chamada de verossimilhança. Aqui chamar-se-á a função de verossimilhança  $L(\theta, y)$ , onde  $y$  é a lista  $(y_1 y_2 \dots y_n)$ .

Uma possibilidade de se resolver o problema de estimação é escolher o vetor  $\theta$  que maximiza a probabilidade de obter-se a amostra específica  $(y_1 y_2 \dots y_n)$  colhida pelo psicólogo. Em outras palavras, queremos o vetor  $\hat{\theta}$  que torna  $L(\theta, y)$  a maior possível.

A solução parece simples. Basta igualar a 0 as derivadas parciais da função de verossimilhança e resolver as equações assim obtidas para encontrar o vetor  $\hat{\theta}$ . Na maioria dos casos, trabalha-se com o logaritmo natural da função de verossimilhança para tornar o problema mais simples:  $\ln(L)$ .

Um exemplo bem simples nos ajudará a entender o problema. Segundo Portugal, considere-se uma variável aleatória  $y$  com Distribuição Normal média  $\mu$  e variância  $\sigma^2$ . A função densidade de probabilidade de cada ob-

servação também é normal e é dada por: [PORTUGAL,1995]

$$f(y_t; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(y_t - \mu)^2\right)$$

e a função de densidade conjunta é dada por

$$L = \prod_{t=1}^T f(y_t; \mu, \sigma^2)$$

Logo, a função de verossimilhança é

$$L = \prod_{t=1}^T f(\mu, \sigma^2; y_t)$$

e o logaritmo natural de  $L$  é

$$\begin{aligned} \ln L(\mu, \sigma^2; y_t) &= \sum_{t=1}^T \ln(f(\mu, \sigma^2; y_t)) \\ \ln L(\mu, \sigma^2; y_t) &= \sum_{t=1}^T \left[ -\ln \sqrt{2\pi\sigma^2} - \frac{1}{2\sigma^2}(y_t - \mu)^2 \right] \\ \ln(L) &= -\frac{T}{2} \ln 2\pi - \frac{T}{2} \ln \sigma^2 - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{t=1}^T (y_t - \mu)^2 \end{aligned} \tag{4.1}$$

A equação 4.1 acima é a forma mais usual de apresentação do  $\ln L$ . Agora cabe encontrar os estimadores de máxima verossimilhança da média ( $\mu$ ) e da variância ( $\sigma^2$ ), isto é, vamos obter o vetor  $(\mu, \sigma^2)$  que maximizará a equação. Iguala-se o escore eficiente a 0 ( $S(\theta) = 0$ ).

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln L}{\partial \mu} &= \frac{1}{\sigma^2} \sum_{t=1}^T (y_t - \mu)^2 = 0 = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{t=1}^T y_t - \frac{1}{\sigma^2} (T\mu) \\ \frac{\partial \ln L}{\partial \sigma^2} &= -\frac{T}{2\sigma^2} + \frac{1}{2(\sigma^2)^2} \sum_{t=1}^T (y_t - \mu)^2 = 0 \end{aligned}$$

Resolvendo as equações 4.2 e 4.3 para  $\mu$  e  $\sigma^2$  tem-se:

$$\mu = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_t = \bar{y}$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2$$

que são os estimadores de máxima verossimilhança para a média e a variância.

### 4.3.3 Medida de Rasch

Georg Rasch (1901–80) era dinamarquês e estudou estatística com Sir Ronald Fisher e com Ragnar Frisch. Fisher formulou vários conceitos da ciência contemporânea, tais como suficiência, *ancilaridade* (ANCILLA, em latim, significa serva, ajudante), *discriminador linear* e *informação*. Desses conceitos, o mais importante é a suficiência.

A suficiência de um modelo e de seu parâmetro é uma estatística que tem a seguinte propriedade: “Nenhuma outra estatística que forneça informação adicional quanto ao valor do parâmetro pode ser calculada a partir da mesma amostra”. Em termos práticos, dado um conjunto  $X$  de dados independentes, identicamente distribuídos e condicionados a um parâmetro desconhecido  $\theta$ , uma estatística suficiente é uma função  $T(X)$  cujo valor contém toda a informação necessária para calcular qualquer estimativa do parâmetro (como a máxima verossimilhança, que também é um conceito introduzido por Fisher). O teorema da fatoração de Fisher-Neyman fornece um método conveniente de caracterizar a suficiência. Diz o teorema:

*Dada a função de densidade  $f_\theta(x)$ ,  $T$  é suficiente para  $\theta$  se e somente se existirem funções  $g$  e  $h$  tais que:*

$$f_\theta(x) = h(x)g_\theta(T(x))$$

Da equação acima, pode-se ver que a função densidade  $f$  pode ser fatorada em um produto tal que o fator  $h$  não depende de  $\theta$  e o outro fator, que depende

de  $\theta$ , depende de  $x$  apenas através de  $T(x)$ . Rasch tomou emprestada a suficiência de Fisher e diz:

*O que sobra quando uma estimativa suficiente é extraída dos dados independe do traço psicológico que queremos avaliar e pode ser usado para controlar um modelo que não depende das estimativas para reproduzir os dados originais. Isso é a pedra fundamental dos modelos objetivos.*

Em 1951, Rasch iniciou a análise dos benefícios de aulas extracurriculares para pessoas com dificuldade em ler e interpretar textos. Por vários anos, foram aplicados testes de leitura e interpretação de textos em um certo número de estudantes. A pontuação de cada estudante incluía, entre outras coisas, o número de palavras lidas em um intervalo de tempo. Na época, parecia não haver meio de comparar a pontuação de um texto com a pontuação de outro texto.

O interesse de Rasch por suficiência sugeriu uma expressão simples para o problema dos estudantes com dificuldade em leitura: a probabilidade de uma pessoa ler um número específico de palavras de um texto segue a Distribuição de Poisson com um parâmetro para a pessoa e um parâmetro para o texto.

$$p(a_{\nu i}) = e^{-\beta_{\nu} \varepsilon_i} \frac{\beta_{\nu}^{a_{\nu i}} \varepsilon_i^{a_{\nu i}}}{a_{\nu i}!}$$

onde  $a_{\nu i}$  é o número de palavras lidas no texto  $i$ ,  $\beta_{\nu}$  é a proficiência do leitor  $\nu$  e  $\varepsilon_i$  é o grau de dificuldade do texto. A propósito,  $\varepsilon_i$  é o parâmetro do texto. Usando máxima verossimilhança, Rasch deduziu um estimador para a relação existente entre os parâmetros de dois textos:

$$\hat{\varepsilon}_i - \hat{\varepsilon}_j = \ln\left(\frac{a_{\nu i}}{a_{\nu j}}\right)$$

Reza a lenda que, quando Rasch mostrou esse resultado para Frisch, o nobelista repetiu espantado: *O parâmetro da pessoa desapareceu!* A cada interrupção, Rasch confirmava a observação do professor: *Sim, desapareceu.* E continuava a explicar suas conclusões sobre aulas extras para estudantes com dificuldade de leitura.

Rasch levou vários dias para entender o alcance de sua descoberta e a razão para a admiração de Frisch: Ao separar os dois parâmetros, ele criou uma classe de modelos com uma estatística suficiente simples.

Nas ciências humanas, na psicologia e na educação, as evidências vêm do *objeto de estudo* que são as pessoas que interagem com um *instrumento* de medida, que pode ser um questionário, um concerto ou, como no nosso caso, um programa de computador.

## Objetividade específica

Introduzida por Rasch na psicologia em 1960, o termo *objetividade específica* caracteriza os modelos de Rasch porque eles permitem a comparação entre itens sem fazer referência a pessoas, e a comparação entre pessoas sem fazer referência a itens. A objetividade específica exige que os métodos de comparação de estudantes devem ser independentes dos instrumentos usados na comparação.

Seja  $A$  um conjunto de estudantes e  $V$  um conjunto de instrumentos usados para avaliar os estudantes. Seja  $p$  um modelo que mapeie um ponto de  $A \times V$  em probabilidades. Seja  $c$  uma função cujo valor  $c(p(a, v), p(b, w))$  seja definido para cada quádrupla  $(a, v; b, w) \in (A \times V)^2$ . Nesse caso,  $c$  é chamada de função de comparação. A função de comparação é especificamente objetiva se o valor  $c(p(a, v), p(b, v))$  independe do instrumento  $v$  para todo  $a, b \in A$ . Rasch diz o seguinte:

*O termo objetivo refere-se ao fato de que a comparação de dois estudantes de  $A$  independe do instrumento  $v \in V$  utilizado e também de outros elementos na coleção de pessoas  $A$ . Em outras palavras, independe de tudo que não sejam as pessoas comparadas e suas reações.*

A palavra específica enfatiza que não se pode ter objetividade em todas as situações. A pergunta é: podemos ser objetivos com programas de computadores (ítems) e estudantes de computação (objetos de estudo)? Tentaremos demonstrar que sim.

O método de Rasch para atacar problemas como esse tem as três etapas enumeradas abaixo.

1. Projetar ou desenhar instrumentos que provoquem respostas válidas no grupo de pessoas é o objeto de nosso estudo.
2. Extrair os estimadores suficientes.
3. Examinar o que sobra dos dados experimentais em busca de estruturas.

Para utilizar o método, temos que encontrar um modelo que é consistente com o processo que gera a pontuação e que tenha um conjunto de parâmetros separáveis. Nossa instrumento de medida é uma coleção de programas de computador. A resposta que esperamos das pessoas, que são programadores, é do tipo aberta; essas pessoas são livres para escrever qualquer programa que obedeça às especificações. A correção e pontuação são dicotômicas, ou seja, os programas corretos recebem 1 ponto e os programas que não funcionam recebem 0. Evidentemente, a correção é feita por *software*, que compila o programa e o faz **Correr**.

## **Modelo de Rasch**

O dinamarquês Georg Willian Rasch foi um matemático, e seu trabalho se restringia ao campo das funções matemática básica, especialmente as funções gama. Foi convidado a coordenar grupo de estudos de cientistas interessados em estatística e matemática. Este treinamento em estatística aconteceu de 1935 a 1936, a partir deste período foi estudar em Londres com o importante estatístico Sir Ronald Aylmer Fisher. A influência de Fischer proporcionou um futuro emprego a Rasch no Grupo de Psicologia Militar na Dinamarca. A partir desta oportunidade desenvolveram uma teoria de extrema importância no campo da estatística aplicada à área da saúde, contribuições estas na área da psicometria. [CHACHAMOVICH,2007] [ANDERSEN,2001]

A contribuição mais importante de Rasch foi desenvolvida em 1960. Chamada de modelo de Rasch, é considerada o modelo matemático mais robusto para avaliar modelo de escalonamento comportamental. O escalonamento

comportamental refere-se ao processo de afirmar se os resultados dos testes com respeito ao que a pessoa conhece ou pode realizar. Esta é uma aplicação prática que vêm sendo implementadas em procedimentos de avaliação psicológica e educacional. [PRIMI,2004]

O Modelo de Rasch permite avaliar entre o nível de desempenho individual e o nível de dificuldade na questão, por exemplo, de uma prova. Esta teoria vem de encontro com o TRI (Teoria de Resposta ao Item) que atualmente é aplicada no ENEM, em vestibulares e concurso público.

A probabilidade de um aluno de nível superior de desempenho resolver adequadamente questões básicas é muito alta; o contrário acontecerá se o aluno se situar num nível de desempenho básico, quando a probabilidade de responder acertadamente a questões de nível superior é muito baixa. Baseado neste procedimento é possível estimar simultaneamente a probabilidade de um aluno responder corretamente a um dado item e a probabilidade de um item particular do teste ser respondido corretamente por um dado estudante.

O modelo de Rasch é compreendido pela possibilidade da rápida distinção entre respostas intuitivamente prováveis e improváveis. Este modelo avalia a quantidade de pessoas que tenha acertado e Não acertado determinado item caracterizando-o pela facilidade/dificuldade. A outra maneira de verificação é a quantidade de itens acertados e não acertados por determinada pessoa caracterizando essa pessoa pela competência/incompetência.

Com estas observações de facilidade/dificuldade e competência/incompetência, o modelo de Rasch atribui uma probabilidade à resposta para determinada questão dependendo apenas de dois parâmetros a ser estimados: a competência da pessoa e a dificuldade da questão.

Com a obtenção da suposta competência da pessoa e da suposta dificuldade de itens, Rasch desenvolveu um modelo matemático, uma função logística a partir das medidas com base na relação probabilística entre competência (de qualquer pessoa) e dificuldade (de qualquer item); após minuciosa avaliação final aplicou-se a correção dicotômica, que produz a probabilidade condicional de um resultado binário (certo/incorrecto).

Suponha-se uma tabela com a relação dos os acertos e não acertos; as linhas ordenadas com as pessoas da mais competente para a menos competente.

tente (de cima para baixo) e os itens são ordenados nas colunas da mais fácil para a mais difícil (da esquerda para a direita).

Portanto, Rasch abordou a análise de avaliação de um ponto de vista probabilístico e chegou a curvas de distribuição de probabilidades que são essencialmente logísticas.

# Capítulo 5

## Execução dos Experimentos

Uma pesquisa experimental permite que o pesquisador manipule diretamente as variáveis relacionadas com o objeto de estudo. A manipulação das variáveis proporciona o estudo da relação entre causas e efeitos de um determinado fenômeno. Essa manipulação acontece na variável independente a fim de se observar o que acontece com a variável dependente. Nesse caso, o pesquisador pode alterar o ambiente a ser pesquisado de forma a observar se cada intervenção produz os resultados esperados.

As observações nos experimentos devem ser tratadas de forma objetiva, isto é, qualquer observação que se queira avaliar deve ser definida de forma que leituras possam ser feitas independentemente do observador.

Durante a realização dos experimentos, foi necessário a integração entre o processo, a estatística e o bom senso, principalmente relacionado com os envolvidos – neste caso, o professor e os alunos.

No início dos experimentos, ocorreram acontecimentos inesperados, por isso houve a necessidade de uma preparação para os resultados, porque nem sempre a conclusão obtida é a esperada pelo observador. Dessa forma, o resultado também é considerado válido, porque mostra que não se alcançou o objetivo desejado, daí ser necessário realizar mudanças na estratégia de ensino.

## 5.1 O problema e sua importância

Foram realizados quatro experimentos para avaliar o desempenho do aluno nas disciplinas de linguagem de programação. Foram utilizados os paradigmas de linguagem imperativos e declarativos. As linguagens imperativas utilizadas para o experimento são: C e Java, enquanto as declarativas foram Prolog e Scheme. A especificação dessas turmas serão através de A, B, C e D, sendo C (turma A), Java (turma B), Prolog (turma C) e Scheme (turma D).

O experimento principal foi com a turma de linguagem de programação funcional Scheme, na qual foi aplicada a teoria dos Objetivos Instrucionais, de Robert Frank Mager.

Procurou-se avaliar o desempenho do aluno ou da turma a partir do objetivo bem formulado, que descreve o tipo de desempenho que é considerado aceito conforme a realização do aluno.

O fato de possuir um bom desempenho significa que o aluno tem conhecimento e capacidade para desenvolver a atividade proposta pelo professor. Dessa maneira, o objetivo definido pelo professor foi atingido, a metodologia usada permitiu que o aluno aprendesse o conteúdo ministrado, houve envolvimento do aluno na aquisição de informações e a avaliação do aluno foi realizada com base nos objetivos iniciais expostos na aula.

## 5.2 Objetivos

Elaborar um curso que supra as necessidades do público-alvo e possua assuntos atualizados para envolver os estudantes e permitir que vejam aplicações desenvolvidas na realidade: eis um exemplo de um objetivo principal.

Os objetivos instrucionais descrevem que a aprendizagem é a declaração sobre o que o aluno vai receber de informação, se compreendeu, para ser capaz de fazer após o término da disciplina que está cursando.

Os estudantes aprendem quando tem algum projeto de vida. Por exemplo, alunos do PROEJA (Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e

Adultos) geralmente têm interesse por algum curso porque o governo oferece uma bolsa de estudo que aumenta a renda familiar e o conhecimento adquirido proporcionará melhoria no trabalho, além da conclusão dos estudos. Alunos que cursam ensino médio e fazem curso de informática – por exemplo, o curso Ensino Médio Integrado a Informática nos Institutos Federais – têm um alto interesse por desenvolvimento de jogos, porque utilizam essas ferramentas com forma de diversão entre os colegas.

A partir das necessidades do público, a disciplina ou o curso pode ser conduzido para que haja maior disposição dos alunos em obter conhecimento e desenvolver ferramentas que proporcionem diversão, podendo até mesmo ser fonte de renda futura.

### **5.3 Justificativa**

A distância entre professor e aluno geralmente é grande, quando trata de aprendizagem. Em geral, o professor ministra sua aula e, muitas vezes, não observa se o aluno compreendeu o que foi explicado naquela aula. Nesse caso, fatores como a falta de compreensão do conteúdo provocam: desinteresse pelo assunto e até reprovação. Tal sistemática tem prejudicado os estudantes, porque o professor só fica sabendo que o aluno não compreendeu o conteúdo ministrado durante as aulas quando aplica uma avaliação e as notas dos alunos não foram satisfatórias, ou seja, não mostraram desempenho.

O importante é aplicar mudanças nos métodos de ensino para que essas dificuldades deixem de existir e os alunos possam aprender a partir do seu interesse.

Não há método de ensino perfeito, tanto é que há escola que não adota um método padrão: permite que o professor escolha algum método para trabalhar. Dessa forma, observou-se que os alunos também têm seu método de aprendizado. Há alunos que se adaptam melhor ao construtivismo; outros, não. Tal tipo de problema pode ser tratado como sugestão futura.

## 5.4 Definições

Em todo experimento há o envolvimento de alguns conceitos que necessitam ser definidos, como, por exemplo, população, tipo de amostra e variáveis, como aparece a seguir:

### 5.4.1 População e tipo de amostra

A população-alvo foram os alunos que cursavam as disciplinas de linguagem de programação. A escolha da população para realizar o experimento foi através da amostra determinística, porque através dela não se utilizou de seleção aleatória, transferindo-se o critério de seleção para o julgamento pessoal do pesquisador. O critério de seleção adotado para esse caso foram os alunos que realizavam os exercícios propostos, sendo avaliados o seu desempenho, a habilidade e a competência. Os alunos que não realizaram os exercícios fizeram parte da categoria de desinteresse.

### 5.4.2 Variáveis

Segundo Wazlawick, variável é um nome que se dá a um fenômeno que pode ser medido e que varia conforme a medição. As variáveis podem ser dos seguintes tipos: medida, manipulada, independente e dependente.

A variável medida é aquela cujo fenômeno será observado pelo pesquisador. Ela possui um conjunto de números naturais e seus valores não são determinados pelo observador, mas simplesmente medidos. Por exemplo, quantas vezes o estudante consultou o material da disciplina para desenvolver a atividade proposta pelo professor.

A variável manipulada é aquela que o experimentador modifica deliberadamente para realizar o experimento, também chamada de variável experimental. A manipulação acontece para encontrar dependências entre as variáveis. Por exemplo, quantas linhas de código o estudante usou para escrever o programa. Assim, o pesquisador avalia se os códigos longos implementam programa correto ou incorreto para, então, concluir que a consulta no material foi maior. Em contrapartida, os códigos curtos mostram programa

incorreto ou correto e que houve pouca consulta no material.

Já as variáveis independentes são aquelas que influenciam a outra, enquanto as dependentes são totalmente influenciadas.

Nos experimentos, foram utilizadas variáveis medidas e manipuladas, inicialmente para medir o tempo utilizado em desenvolver o código do programa, em seguida manipulada no que se refere ao código, ou seja, como o estudante desenvolveu as linhas de código para usar os menores recursos possíveis.

Durante o experimento foi necessário que houvesse uma relação maior entre os envolvidos, além do processo, da estatística e do bom senso. Essa ligação foi interessante para descobrir as variáveis que desejava medir. A partir de então, identificou-se as variáveis que pudesse ser medidas, avaliadas, analisadas e interpretadas para os resultados, são elas:

- método de ensino usado pelo professor durante a aula;
- metodologia de ensino utilizada pelo professor para ministrar o conteúdo;
- motivação em expor o conteúdo aos alunos;
- avaliar se os alunos têm experiência anterior em linguagem de programação;
- linguagem de programação com aplicação no mercado;
- tempo que o aluno utilizou para desenvolver o programa proposto.

## 5.5 Hipótese

A hipótese também pode ser chamada de teoria, porque se refere à importância de trabalhar com uma boa teoria na pesquisa. Segundo Wazlawick, não basta realizar experimentos e encontrar relações entre variáveis; é preciso ter uma teoria que procure explicar o porquê dessas relações. [WAZLAWICK,2008]

A hipótese deste trabalho foi avaliar se a teoria de Mager melhorou o desempenho dos alunos com relação aos métodos de ensino pedagógicos usados pelos professores nos dias de hoje. O propósito foi analisar se os alunos teriam um desempenho diferenciado perante o conteúdo adquirido, conforme a metodologia de Mager.

## 5.6 Dificuldades e Limitações

Os pesquisadores, ao esboçarem um planejamento experimental, esperam responder questões como: compreender de imediato quais são as pesquisas a serem feitas; como devem ser realizadas; quanto custará; qual o tempo necessário para ser completadas.

Percebeu-se que não são todas as áreas de pesquisa que se adaptam a experimentos, além disso nem todos são publicados para efeito de conhecimento e divulgação. Será que não chegam ao fim, ou os resultados não são os esperados? Imagina-se que em todo experimento há dificuldades e limitações, mesmo com os especialistas, ainda mais com profissionais de outras áreas.

### 5.6.1 Dificuldades

Conta-se como dificuldades:

- estudar material de estatística para conduzir os experimentos;
- falta de documentos que explicam como as áreas de computação e pedagogia juntamente podem realizar experimentos;
- utilizar a estatística para abstrair os resultados.

### 5.6.2 Limitações

As principais limitações são:

- falta de profissionais que já trabalharam com experimentos para avaliar o desempenho de estudantes;
- alunos desinteressados em fazer os exercícios;
- pouco tempo para avaliar as turmas e tirar uma conclusão satisfatória.

## 5.7 Coleta e análise estatística dos dados

Para a elaboração do projeto de pesquisa, deve-se ter conhecimento sobre qual tratamento estatístico aplicar aos seus dados experimentais para conse-

uir resultados, tirar conclusões e obter respostas às indagações iniciais que motivam e justificam a realização dos seus experimentos. Para um experimento existem, pelo menos, dois tipos de tratamentos: pesquisa quantitativa e pesquisa qualitativa.

A pesquisa quantitativa privilegia a razão analítica, buscando explicações causais por meio de relações lineares entre fenômenos. Esse paradigma trabalha com processo hipotético – dedutivo, que concilia a interpretação empírica com as certezas da lógica dedutiva. [BORTONI-RICARDO,2008]

A pesquisa qualitativa procura entender, interpretar fenômenos sociais inseridos em um contexto, permitindo um acompanhamento melhor. Trata-se de uma pesquisa etnográfica: o pesquisador está interessado em um processo que ocorre em determinado ambiente e quer saber como os envolvidos interpretam as informações que recebem. Com essa observação é possível iniciar a geração e análise dos dados.

Os experimentos realizados com os alunos utilizaram o paradigma interpretativista ou a pesquisa qualitativa; essa pesquisa aplicada na sala de aula volta-se para a observação do processo de aprendizagem do conteúdo da linguagem de programação em estudo. Dessa forma, foi possível mostrar como e por que alguns alunos avançaram no conhecimento, enquanto outros se desinteressaram pelo conteúdo ministrado pelo professor, ou ainda viram-se frustrados porque fracassaram nos exercícios solicitados.

Se em uma sala de aula na disciplina de linguagem de programação o professor solicita que os alunos façam quatro exercícios e que devem ser desenvolvidos no prazo de 10 minutos cada exercício e, se numa turma com 20 alunos, somente três alunos resolveram o primeiro exercício dentro do prazo determinado; outros utilizaram mais tempo; no horário total da aula somente sete alunos conseguiram fazer dois dos exercícios propostos pelo professor. Dos 20 alunos, 13 não conseguiram atingir o objetivo. A partir desse ponto é necessário verificar quais são as dúvidas, as dificuldades e o desinteresse que ocorreram com os alunos, podendo-se analisar o problema do desempenho.

Por causa de fatos como esse, os experimentos devem ser repetidos mais de uma vez, para que o observador identifique as diferenças apresentadas,

mesmo que repita os mesmos passos na execução dos experimentos e mesmo que use sempre o mesmo observador para executar as medidas; portanto, haverá diferenças, mesmo que realize tudo exatamente igual, desde o começo até o fim do experimento.

As repetições podem ser avaliadas como desnecessárias, mas não o são; mesmo que todos os valores medidos estejam errados, o valor médio desses valores errados estaria sempre mais próximo do valor real daquilo que estava sendo medido do que, muitas vezes, quaisquer dados de experimentais isolados.

Não existe uma quantidade de número de repetições a ser adotado nos experimentos; o importante é tornar confiáveis os resultados e sua interpretação estatística.

Em relação ao experimento com os alunos, a cada novo exercício que o professor solicita que façam, realizou-se a contagem do tempo de desempenho deles, dessa forma foram obtidos experimentos básicos, médios e avançados de acordo com o conteúdo ministrado.

De posse dos dados experimentais obtidos realizou-se uma média para avaliar a aproximação dos valores do que foi medido. A média tende naturalmente a convergir os erros de medida, considerando que estes podem ser para maior ou para menor em relação ao valor real do que foi medido. Se não houvesse erro nenhum de medida, todas as medidas efetuadas seriam iguais à média, pois não haveria diferenças nem para maior nem para menor em relação ao valor real. A média realizada nos experimentos com os alunos será a soma do tempo (em minutos) de todos os alunos dividido pela quantidade de alunos que realizaram os exercícios.

Os exercícios foram divididos em fáceis, médios e Difíceis, atendendo às teorias estatísticas utilizadas na análise dos dados, ainda neste capítulo.

## Análise estatística dos dados

Para análise do aproveitamento dos alunos foi utilizado o teste da proporção envolvendo a distribuição normal ao nível de significância de 5%.

Para análise das médias dos tempos de execução foi utilizado o teste

da diferença de duas médias envolvendo a distribuição normal ao nível de significância de 5%.

A comparação aconteceu entre as turmas A e B, A e D, B e D, usando-se as questões 1, 2, 3, 4 e 5: fácil, fácil, média, média e difícil, respectivamente.

O desvio padrão utilizado foi  $n$ , por tratar de população, pois todos os alunos que fizeram os exercícios foram avaliados, não usando nenhuma amostragem.

Os resultados referem-se somente aos alunos que fizeram os exercícios propostos até o final. Foram desconsiderados os alunos que não conseguiram atingir.

Foi considerado o valor de 70%, devido ao grande número de instituições de ensino que considera a nota mínima de aprovação.

Usou-se a tabela unilateral, e todos os testes elaborados foram bilaterais. [FONSECA,1996]

Com o cálculo do tempo dos alunos, da média dos tempos e do desvio padrão, é possível realizar a comparação entre as turmas para avaliar o desempenho e habilidade dos alunos.

## **5.8 Turma A – Linguagem de programação procedural C**

A turma escolhida tinha 25 alunos. O professor utilizava a linha pedagógica tradicional e às vezes utilizava a abordagem construtivista, com o uso do quadro branco para escrever exemplos e expor aos alunos o conteúdo da aula, como este deveria ser desenvolvido e o ambiente DEV-C. O professor disponibilizava aos alunos apostilas e listas de exercícios para reforço do conteúdo ministrado em sala de aula.

Foi marcado o tempo de 10 minutos para realizarem o experimento, isto é, para que os alunos desenvolvessem o código usando a linguagem de programação C.

Dos 25 alunos, somente alguns conseguiram fazer os Exercícios; os demais, por motivos diversos, não conseguiram.

Trabalhando com a distribuição de dados do tempo de desenvolvimento das questões, é possível ter as seguintes informações para realizar a comparação entre as turmas e avaliar a habilidade dos alunos usando-se as teorias estatísticas mostradas no capítulo de planejamento experimental.

Qtde de alunos	Tempo (min)
2	11
1	14
1	23
3	35
1	50
1	65
1	67
Total de alunos	10
Média ( $\bar{X}$ )	34,6
Desvio padrão	$\sigma_n = 19,71$ $\sigma_{n-1} = 20,77$

Tabela 5.1: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 1 – nível fácil

Considerando 70% a porcentagem de alunos que deveriam terminar o teste, concluímos que dez chegaram ao término (40%). Houve diferença significativa entre a meta esperada e a meta conseguida ( $p < 0.05$ ). Uma porcentagem grande de alunos não conseguiu, assim conclui-se que o método usado para o exercício não conseguiu êxito no aproveitamento. A questão foi considerada fácil e não atingiram o esperado.

Qtde de alunos	Tempo (min)
1	10
2	12
1	22
1	27
1	29
Total de alunos	06
Média (X)	18,67
Desvio padrão	$\sigma_n = 7,65$ $\sigma_{n-1} = 8,38$

Tabela 5.2: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 02 - nível fácil

24% dos alunos conseguiram resolver o exercício no tempo marcado. Houve uma diferença significativa entre a meta esperada e alcançada ( $p < 0.05$ ). A questão foi considerada fácil e os alunos não conseguiram a meta de 70%.

Qtde de alunos	Tempo (min)
1	4
2	7
1	8
3	11
2	12
1	16
1	39
1	52
Total de alunos	12
Média (X)	15,83
Desvio padrão	$\sigma_n = 13,85$ $\sigma_{n-1} = 14,47$

Tabela 5.3: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 03 - nível médio

Os alunos tiveram 48% de aproveitamento, mas não atingiram a meta de 70%. Houve diferença significativa entre a meta esperada e a atingida ( $p < 0.05$ ).

Qtde de alunos	Tempo (min)
1	9
1	34
3	45
1	48
1	53
Total de alunos	07
Média (X)	39,86
Desvio Padrão	$\sigma_n = 13,65$ $\sigma_{n-1} = 14,75$

Tabela 5.4: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 4 – nível médio

Para sete alunos que fizeram o exercício até o fim, tem-se 28% de aproveitamento. Houve diferença significativa entre a meta esperada e a atingida ( $p < 0.05$ ).

Qtde de alunos	Tempo (min)
2	1
2	2
1	3
2	4
1	7
1	9
1	10
2	20
Total de alunos	12
Média (X)	6,92
Desvio padrão	$\sigma_n = 6,50$ $\sigma_{n-1} = 6,79$

Tabela 5.5: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 5 – nível difícil

48% dos alunos fizeram o exercício, nesse caso foram 12. Houve uma diferença significativa entre a meta esperada e a atingida ( $p < 0.05$ )

### **5.8.1 Conclusão da turma A**

Conclui-se que o tempo médio na etapa fácil foi considerável por se tratar de etapa inicial; os alunos não estavam ambientados com a técnica.

Na etapa média, o acréscimo de tempo de 15,83 para 39,86 foi devido ao maior grau de dificuldade.

Na etapa difícil, o tempo foi o menor porque os alunos estavam ambientados com a técnica.

No início observou-se que o método de ensino não foi considerado satisfatório, mas após o treinamento dos alunos verificou-se que o método funciona bem com treinamento.

## **5.9 Turma B – linguagem de programação orientada a objeto – Java**

A turma selecionada tinha 15 alunos. O método utilizado pelo professor indicava a abordagem construtivista. Ele incentivava os alunos a construir seu conhecimento a partir das informações que lhes foram repassadas. Por exemplo, o professor fazia comparações com a linguagem estruturada, em que há um único processo para ser executado, enquanto na orientada a objeto existem vários processos. Dessa forma, expunha exemplos que pode ser feitos nas duas linguagens em que a execução é igual.

Em relação à metodologia, utilizava uma apostila, o quadro branco e o ambiente Eclipse para desenvolver os programas e mostrar aos alunos como podem fazer para construir os seus próprios códigos.

O professor explicou os conceitos de objeto, classe, instância e construtor; exemplificou com a criação da classe pessoa, definindo suas características (atributos) e comportamento (métodos); mostrou como desenvolver o algoritmo na ferramenta utilizada em sala de aula.

Após a explicação para reforçar o conhecimento, pediu que os alunos fizessem a criação da classe animal, atribuindo suas características e comportamento. Para esse exemplo, foi realizada a medição do tempo que os alunos utilizaram para desenvolver o algoritmo. Nessa aula, quatro 4 alu-

nos faltaram e o tempo foi medido para os 11 alunos. A seguir, os tempos utilizados:

Qtde de alunos	Tempo (min)
1	14
1	16
1	20
1	21
2	30
1	32
1	34
1	37
1	38
1	46
Total de alunos	11
Média (X)	28,91
Desvio padrão	$\sigma_n = 9,58$ $\sigma_{n-1} = 10,04$

Tabela 5.6: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 1 – nível fácil

Os alunos tiveram 73% de aproveitamento, atingindo a meta de 70%. Não superaram significativamente a meta ( $p > 0.05$ ).

Qtde de alunos	Tempo (min)
2	1
1	2
1	5
1	8
1	15
1	17
1	20
Total de alunos	08
Média (X)	8,63
Desvio padrão	$\sigma_n = 7,19$ $\sigma_{n-1} = 7,69$

Tabela 5.7: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 2 – nível fácil

Os alunos conseguiram 53% de aproveitamento; não atingiram a meta 70%. Não houve diferença significativa ( $p > 0.05$ ).

Qtde de alunos	Tempo (min)
1	4
1	6
3	12
3	33
2	34
Total de alunos	10
Média (X)	21,3
Desvio padrão	$\sigma_n = 12,35$ $\sigma_{n-1} = 13,02$

Tabela 5.8: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 3 – nível médio

Os alunos tiveram 67% de aproveitamento; quase atingiram a meta de 70%, sendo a diferença insignificante ( $p > 0.05$ ).

Qtde de alunos	Tempo (min)
1	8
2	17
1	22
2	28
1	39
Total de alunos	07
Média ( $\bar{X}$ )	22,71
Desvio padrão	$\sigma_n = 9,28$ $\sigma_{n-1} = 10,03$

Tabela 5.9: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 4 – nível médio

Os alunos tiveram 47% de aproveitamento; não atingiram a meta de 70% e a diferença foi significativa ( $p < 0.05$ ).

Qtde de alunos	Tempo (min)
1	24
1	25
2	38
Total de alunos	04
Média ( $\bar{X}$ )	31,25
Desvio padrão	$\sigma_n = 6,76$ $\sigma_{n-1} = 7,80$

Tabela 5.10: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 5 – nível difícil

Os alunos tiveram 27% de aproveitamento; não atingiram a meta de 70%, sendo a diferença significativa ( $p < 0.05$ ).

### 5.9.1 Conclusão da turma B

Na etapa fácil houve uma redução de aproveitamento do 1º para o 2º exercício em virtude do aumento do grau de dificuldade.

Na etapa média houve uma diminuição de aproveitamento do 3º para o 4º exercício em virtude do grau de dificuldade.

Na etapa difícil o grau de dificuldade aumentou, com a consequente diminuição do aproveitamento.

De modo geral, os alunos tiveram menor aproveitamento em função do aumento da dificuldade, logo o método de ensino foi adequado ao tipo de aluno.

## 5.10 Turma C – linguagem de programação lógica – Prolog

A turma tinha 14 alunos. O professor usava o método tradicional. Ele explicava o conteúdo e os alunos deviam repetir. A repetição acontecia a partir da escrita dos programas no quadro pelo professor. Ele escrevia os códigos para os alunos, que deveriam transcrevê-los para a linguagem e, em seguida, executar com o propósito de avaliar os resultados do exercício.

O professor utilizava livro e apostila, lista de exercícios, manual da linguagem, quadro e ambiente visual Prolog para descrever e executar os códigos.

Os alunos aceitavam o que o professor dizia e não faziam perguntas. Eles não desenvolviam os programas durante as aulas. Em certa aula, o professor disponibilizou uma lista de exercícios e disse que na aula seguinte estaria disponível para sanar as dúvidas. Na aula, o professor fez perguntas sobre alguns exercícios da lista e os alunos não souberam responder. O que pode ser observado é que não houve compreensão do conteúdo pelos alunos. A partir desse problema, o professor escreveu o código no quadro e os alunos novamente transcreveram-no para a linguagem. Os alunos não interagiam com a aula.

Após algumas aulas, o professor aplicou uma avaliação. Foi medido o tempo utilizado para desenvolvê-la. Dos 14 alunos, 2 faltaram no dia da avaliação. A avaliação tinha 4 questões (2 fáceis, 1 média e 1 difícil), respectivamente.

Qtde de alunos	Tempo (min)
1	50
1	52
1	55
1	56
1	67
1	73
1	85
1	86
1	88
1	89
1	93
1	94
Total de alunos	12
Média (X)	74
Desvio padrão	$\sigma_n = 16,44$ $\sigma_{n-1} = 17,17$

Tabela 5.11: Cálculo da média e desvio padrão da avaliação

A disciplina foi finalizada com um trabalho dividido em partes para compor notas separadas. O professor disponibilizou as instruções do trabalho. Os alunos não demonstraram conhecimento e interesse pelo conteúdo. O professor em certa aula pediu que 4 alunos desenvolvessem no quadro um exercício, mas não conseguiram. Com relação ao trabalho final da disciplina, somente 5 alunos fizeram e entregaram, desses trabalhos apenas 4 estavam corretos; outro estava incompleto. Portanto, esses alunos foram aprovados.

### 5.10.1 Análise dos dados da turma C – linguagem Prolog

Embora 85% dos alunos tenham comparecido à prova, com o tempo médio de execução 74 minutos, a média foi baixa (3,91) em 10 pontos. O desvio padrão, por tratar de população, ( $\sigma_n = 3,13$ ).

Esse experimento não permitiu compará-lo com os outros, pois o término do curso resultou em entrega de trabalhos com pesquisa.

## 5.11 Turma D – linguagem de programação funcional – Scheme

A turma tinha 20 alunos. O professor utilizava a teoria dos Objetivos Instrucionais de Mager. O professor propôs aos estudantes um curso de extensão que permitisse o aprendizado de uma linguagem de programação que, geralmente, não é ensinada nos cursos técnicos profissionalizantes. Foram utilizados livros, quadro e a ferramenta DrRacket para executar os códigos.

O conteúdo do curso foi planejado para que, em cada aula, um objetivo específico fosse alcançado. No início da aula, o professor explicava o objetivo da aula e mostrava o que desejava que os estudantes obtivessem ao término da aula. Por exemplo, escrever fórmulas matemática usando a forma prefixa; construir listas de elementos e aplicar as funções `car` e `cdr`, além de acrescentar elementos às listas usando a função `cons` e construir programas utilizando a função `cond` quando há condições que são satisfeitas, dentre outras.

Quando uma disciplina tem o seu conteúdo projetado em objetivos instrucionais, é possível dividir os problemas em menores partículas. Essa é uma estratégia muito conhecida em projeto de sistema. Os códigos são divididos para resolver a solução do problema como um todo, no final realiza-se a combinação das partes com o propósito de gerar a solução do problema original.

O professor inicialmente motiva os alunos, ilustrando o uso da linguagem Scheme por ser um dialeto de LISP. LISP é uma linguagem utilizada e aplicada em diversas áreas, até mesmo em multimídia, como, por exemplo, no filme Final fantasy. As funções de Scheme, quando utilizadas, produz um resultado dicotômico, dessa forma seu código se torna eficiente a todo o momento.

A partir de cada objetivo definido, o professor em suas aulas explicava aos alunos a importância de cada função e suas funcionalidades. Propôs exercícios para praticar o conhecimento preestabelecido, contudo fixou a atuação da função. Foi elaborada uma lista de exercícios para aplicar no curso (vide Apêndice A).

Como nos outros experimentos, o tempo dos alunos durante o desenvolvi-

mento dos exercícios foram medidos. A primeira avaliação do tempo foi para uma lista de dez exercícios fáceis para aprenderem a criar listas e identificar seus elementos, usando os comandos.

Qtde de alunos	Tempo (min)
1	4
1	5
2	7
1	8
3	9
2	10
1	11
2	12
1	13
1	14
1	19
Total de alunos	16
Média (X)	9,94
Desvio padrão	$\sigma_n = 3,54$ $\sigma_{n-1} = 3,66$

Tabela 5.12: Cálculo da média e desvio padrão dos 10 exercícios – nível fácil

Os alunos atingiram a meta, conseguindo 80% de aproveitamento, sendo acima da meta de 70%. Não superaram significativamente ( $p > 0.05$ ).

Qtde de alunos	Tempo (min)
2	5
3	6
4	7
3	9
1	10
1	12
1	20
Total de alunos	15
Média (X)	8,33
Desvio padrão	$\sigma_n = 3,65$ $\sigma_{n-1} = 3,77$

Tabela 5.13: Cálculo da média e desvio padrão dos 5 exercícios – nível fácil

Os alunos atingiram a meta, com 75% de aproveitamento em 70%. Não superaram significativamente ( $p > 0.05$ ).

Qtde de alunos	Tempo (min)
1	5
1	6
2	7
3	8
1	9
1	10
2	11
Total de alunos	11
Média (X)	8,18
Desvio padrão	$\sigma_n = 1,85$ $\sigma_{n-1} = 1,94$

Tabela 5.14: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 3 – nível médio

Os alunos tiveram 55% de aproveitamento, não atingindo a meta de 70%. Houve diferença significativa entre o atingido e o esperado ( $p < 0.05$ ).

Qtde de alunos	Tempo (min)
1	4
2	7
1	8
3	9
1	11
1	12
1	22
1	47
1	56
Total de alunos	12
Média (X)	16,75
Desvio padrão	$\sigma_n = 16,20$ $\sigma_{n-1} = 16,92$

Tabela 5.15: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 4 – nível médio

Os alunos conseguiram 60% de aproveitamento, quase atingindo a meta de 70%. A diferença foi insignificante ( $p > 0.05$ ).

Qtde de alunos	Tempo (min)
2	9
2	10
1	12
1	15
1	20
Total de alunos	7
Média (X)	12,14
Desvio padrão	$\sigma_n = 3,76$ $\sigma_{n-1} = 4,06$

Tabela 5.16: Cálculo da média e desvio padrão do exercício 5 – nível difícil

Os alunos conseguiram 35% de aproveitamento, muito longe de atingir a meta de 70%. A diferença foi significativa ( $p < 0.05$ )

### **5.11.1 Conclusão da turma D**

Nos exercícios fáceis, a porcentagem foi superior à meta de 70% (80% e 75%) nos exercícios 1 e 2, respectivamente.

À medida que aumentou o grau de dificuldade, a porcentagem de aproveitamento decresceu de 60% para 55% nos exercícios 3 e 4, respectivamente.

No exercício difícil, o aproveitamento não foi atingido, caindo ainda mais a porcentagem de aproveitamento, sem atingir a meta devido ao grau de dificuldade acentuado.

O método de ensino se iniciou com a porcentagem de aproveitamento elevada: 80%; comparando-se com as demais, foi superior.

## **5.12 Comparação entre as turmas**

Das 4 turmas, apenas 3 serão consideradas, sendo a penúltima descartada. A comparação foi realizada entre turma A com turma B, turma A com turma D e turma B com turma D.

### **5.12.1 Considerando as questões fáceis**

- Questão 1: entre as turmas A e B, a média dos tempos não diferiu significativamente ( $p > 0.05$ ).  $Z$  calculado = 0,82.
- Questão 1: comparando-se as turmas A e D, houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ). A turma D teve menor tempo de execução.  $Z$  calculado = 3,91.
- Questão 1: comparando-se as turmas B e D, houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ). A turma D teve menor tempo de execução.  $Z$  calculado = 6,28.

Conclui-se que a turma D na questão 1 teve melhor desempenho que as outras duas turmas.

Questão 2: entre as turmas A e B, houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ). A turma B teve menor tempo de execução.  $Z$  calculado = 2,49.

Questão 2: entre as turmas A e D, houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ). A turma D teve menor tempo de execução.  $Z$  calculado

= 3,17.

Questão 2: entre as turmas B e D, a média dos tempos não diferiu significativamente ( $p > 0.05$ ). A turma D teve menor tempo de execução, mas não significativo. Z calculado = 0,11.

Conclui-se que a turma D na questão 2 teve melhor desempenho que as outras duas turmas.

### 5.12.2 Considerando as questões médias

Questão 3: entre as turmas A e B, a média dos tempos não diferiu significativamente ( $p > 0.05$ ). A turma A teve menor tempo de execução, mas não significativo. Z calculado = - 0,97.

Questão 3: entre as turmas A e D, não houve diferença significativa ( $p > 0.05$ ), mas a turma D teve menor tempo de execução. Z calculado = 1,89.

Questão 3: entre as turmas B e D, houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ). A turma D teve menor tempo de execução. Z calculado = 3,33.

Conclui que a turma D na questão 3 teve melhor desempenho que as outras duas turmas.

Questão 4: entre as turmas A e B, houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ). A turma B teve menor tempo de execução. Z calculado = 2,75.

Questão 4: entre as turmas A e D, houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ). A turma D teve o menor tempo de execução. Z calculado = 3,32.

Questão 4: entre as turmas B e D, não houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ), mas a turma D teve menor tempo de execução. Z calculado = 1,02.

Conclui-se que a turma D na questão 4 teve melhor desempenho que as outras duas turmas.

### 5.12.3 Considerando a questão difícil

Questão 5: entre as turmas A e B, a média dos tempos diferiu significativamente ( $p < 0.05$ ). A turma A teve menor tempo de execução. Z calculado = - 6,30.

Questão 5: entre as turmas A e D, a média dos tempos não diferiu significativamente ( $p < 0.05$ ). A turma A teve menor tempo de execução. Z calculado = -2,22.

Questão 5: entre as turmas B e D, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ). A turma D teve menor tempo de execução. Z calculado = 5,22.

Conclui-se que a turma D na questão 5 teve melhor desempenho que a turma A, mas perdeu para B.

## 5.13 Estimando a habilidade da turma

Em medições de desempenho na área educacional, há sempre uma variável aleatória subjacente, como é o caso do coeficiente de inteligência ou uma nota de 1 a 10. Essas variáveis referem-se, com frequência, às características não observáveis, como a inteligência ou a capacidade de aprender matemática facilmente. Várias dessas características são facilmente descritas, mas não podem ser medidas diretamente, ao contrário de atributos físicos como altura ou peso. As características que não podem ser medidas então são chamadas de traços latentes.

Devido à impossibilidade de medir os traços latentes, os educadores tentam substituí-los por variáveis aleatórias que, embora correlacionadas com os traços latentes, possam ser observadas e medidas. Por isso, os conceitos fundamentais de um treinamento são:

- Conduta – qualquer atividade observável realizada pelo educando.
- Conduta final – conduta desejada no final curso.
- Habilidade – conjunto de atributos que definem a conduta.
- Competência – capacidade do educando de satisfazer um critério de medida da conduta final.

A maneira usual de medir uma habilidade é aplicar um teste que consiste em certo número de questões. Cada uma dessas questões mede um atributo da habilidade que se está avaliando. O teste pode ter a forma de um texto escrito livre ou uma demonstração livre da habilidade. Nesse caso, o avaliador decide se a resposta está correta ou não.

Na maioria das áreas do conhecimento, questões de resposta livre são difíceis de usar em um teste, dada a carga subjetiva do avaliador. Além disso,

se o número de alunos que estão fazendo o teste é muito grande, torna-se necessário contratar um grande número de monitores que, por mais rigorosa que seja a escolha dos critérios de correção, vão apresentar avaliações divergentes. Por essas e outras razões, a tendência é aplicar testes de múltipla escolha. Evidentemente, os testes de múltipla escolha não são eficientes para avaliar um grande número de habilidades. Por exemplo, como avaliar a capacidade de um estudante de efetuar um experimento de química com testes de múltipla escolha?

As deficiências dos testes de múltipla escolha fizeram com que eles caíssem no desfavor de vários educadores brasileiros. Mesmo assim, continuam a ser a forma mais comum de avaliação, por falta de opções.

Felizmente, na área de programação, é possível apresentar questões livres que permitem uma avaliação totalmente objetiva.

Normalmente existem diversas formas de escrever um programa. Apesar de ser uma questão aberta, a correção é simples e nem exige avaliador: o programa funciona ou não funciona. A correção é dicotômica: o programa que funciona recebe 1 ponto e os programas que não funcionam recebem nota 0. Questões dicotômicas são frequentemente ditas binárias. Assim, a ciência da computação é perfeita para testar os métodos de treinamento que está sendo realizado.

Como dito anteriormente, foi utilizada a correção dicotômica. É um modelo de avaliação usado para análise de itens de múltipla escolha, como certo ou errado. A outra forma é quanto à análise de itens abertos, que é o caso aplicado neste trabalho, ou seja, tem respostas livre.

Se a habilidade é realmente observável, pode se dizer que cada estudante tem certo grau da referida habilidade. Assim, permite dar, a cada estudante, uma pontuação que o coloca em uma posição bem definida na escala de habilidades. Tradicionalmente, a escala de habilidade é denotada pela letra grega  $\theta$ .

Considerando-se que a habilidade é uma variável aleatória, o conjunto dos valores numéricos da habilidade é um espaço imagem  $R_X$  do comportamento que almeja medir. Pode se associar a uma probabilidade com cada elemento de  $R_X$ , obtendo-se uma distribuição da habilidade. Seja  $p(\theta)$  a probabilidade

associada a  $\theta$ . Para uma dada questão, essa probabilidade será pequena para estudantes com baixa habilidade e grande para estudantes com alta habilidade.

Para estimar a habilidade é preciso ter um conjunto de estudantes com habilidades conhecidas. Há várias maneiras de determinar as habilidades desses estudantes. Por exemplo, para uma dada questão levantam-se dados de habilidade versus probabilidade de acerto. Por exemplo, suponha que 40% dos estudantes de referência com habilidade 2 acertaram a questão; pode se estabelecer o par cartesiano  $(2, 0.4)$  de habilidade versus probabilidade de acerto. Dessa forma, levanta uma seguinte distribuição experimental de probabilidades:

$$\{(\theta_1, p_1), (\theta_2, p_2), (\theta_3, p_3) \dots (\theta_n, p_n)\}$$

Aplicando-se a mesma mudança de variável aos dados experimentais, obtém-se o conjunto  $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3) \dots (x_n, y_n)\}$  O problema, agora, pode ser formulado assim: tem  $n$  pontos de dados  $(x_i, y_i)$ , com  $i = 1, 2, 3 \dots n$ . A meta é encontrar a equação da linha reta  $y = ax + \beta$  que forneça o melhor ajuste para os dados experimentais.

Quando se fala em melhor ajuste, falam-se em valores de  $a$  e  $\beta$  que minimiza o quadrado dos erros que existem entre a curva teórica e os dados experimentais. Em outras palavras, deseja-se encontrar o menor  $Q(a, \beta)$ , em que

$$Q(a, \beta) = \sum_{i=1}^n (y_i - (a + \beta x_i))^2$$

Por exemplo, sabe-se que a derivada é zero no mínimo; pode-se então derivar a expressão em  $\beta$  e em  $a$  fazer as derivadas iguais a zero.

$$\frac{\partial Q}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - (a + \beta x_i)) = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial \beta} = 2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - (a + \beta x_i)) = 0$$

Expandindo essas equações, obtém-se:

$$\sum_{i=1}^n y_i = a \sum_{i=1}^n 1 + \beta \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = a \sum_{i=1}^n x_i + \beta \sum_{i=1}^n x_i^2$$

Dessas duas equações, pode-se obter os coeficientes  $a$  e  $\beta$ :

$$a = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i)(\sum x_i y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$\beta = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Embora relativamente trabalhosa, a implementação dessas equações em Scheme é direta. Se se tiver o devido cuidado, o programa em Scheme será um espelho bastante fiel do modelo. As funções auxiliares `xi2` e `xiyi` calculam os termos  $x_i^2$  e  $x_i y_i$  da somatória. O código utilizado estará na lista dos exercícios no Apêndice A.

Para que uma única definição possa efetuar todas as somatórias, passar como argumento para essa definição, uma função `f` que se encarregará de calcular as expressões específicas de cada somatória.

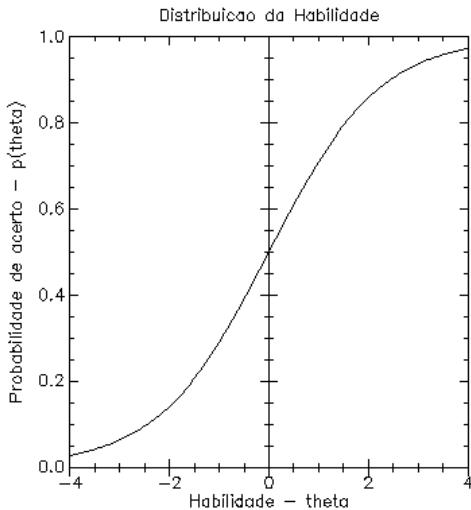
Os argumentos que a função recebe são o número da referência da habilidade e a porcentagem que acertaram a questão, a partir destes se obterá os seguintes resultados a competência e a dificuldade da questão.

### 5.13.1 Interpretação gráfica

O gráfico utilizado tem uma forma de “S” com inclinação e deslocamento na escala de habilidade definido pelos parâmetros do item. O modelo do gráfico baseia-se no fato de que indivíduos com maior habilidade possuem maior probabilidade de acertar o item e que esta relação não é linear.

A proporção de respostas corretas ao item  $i$  dentre todos os indivíduos

da população com habilidade  $\theta$  é mostrada no gráfico através da Curva Característica do Item (CCI). Veja a figura a seguir:



A escala da habilidade é uma escala arbitrária em que o importante são as relações de ordem entre seus pontos, e não necessariamente sua magnitude. O parâmetro  $b$  é medido na mesma unidade da habilidade e o parâmetro  $c$  não depende de escala, pois se trata de uma probabilidade e, como tal, assume sempre valores entre 0 e 1. [ANDRADE,2000]

**Parâmetro  $b$ :** representa a habilidade necessária para uma probabilidade de acerto, isto é, quanto maior o valor de  $b$ , mais difícil é o item, e vice-versa. Localiza entre -4 e 4.

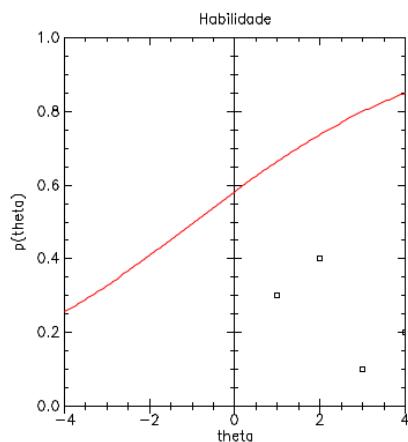
**Parâmetro  $c$ :** representa a probabilidade de um aluno com baixa habilidade responder corretamente ao item e é muitas vezes referido como a probabilidade de acerto ao acaso. Quando não é permitido “chutar”,  $c$  é igual a 0 e  $b$  representa o ponto na escala da habilidade onde a probabilidade de acertar o item é 0.5. Localiza-se entre 0 e 1.

**Parâmetro  $a$ :** é proporcional à derivada da tangente da curva no ponto de inflexão. Itens com  $a$  negativo não são esperados nesse modelo, uma vez que indicariam que a probabilidade de responder corretamente ao item diminui com o aumento da habilidade. Baixos valores de  $a$  indicam que o item tem pouco poder de discriminação (alunos com habilidade

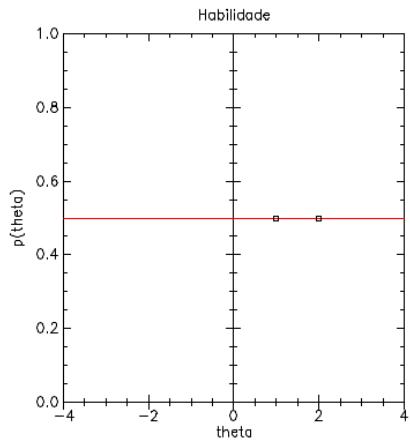
bastante diferentes têm aproximadamente a mesma probabilidade de responder corretamente ao item) e valores muito alto indicam itens com curvas características muito “íngremes”, que discriminam os alunos basicamente em dois grupos: os que possuem habilidades abaixo do valor do parâmetro  $b$  e os que possuem habilidades acima do valor do parâmetro  $b$ . Localiza-se no ponto em que a curva passa pela linha central.

### 5.13.2 Habilidade para a turma A

Para o exercício 1 da turma A, a habilidade dos primeiros alunos é melhor que a dos últimos. Conclui-se que 30% dos estudantes de referência com habilidade 1 acertaram a questão, 40% dos alunos de referência com habilidade 2 acertaram a questão, 10% dos alunos de referência com habilidade 3 acertaram a questão e 20% com referência com habilidade 4 acertaram a questão. O par cartesiano estabelecido é (1 0.3) (2 0.4) (3 0.1) (4 0.2) de habilidade versus probabilidade de acerto. O cálculo da discriminação/competência e dificuldade é (0,35 -0,95) respectivamente. Foram usados esses valores para gerar o gráfico da distribuição da habilidade. Nos demais exercícios, serão realizados os mesmos procedimentos.

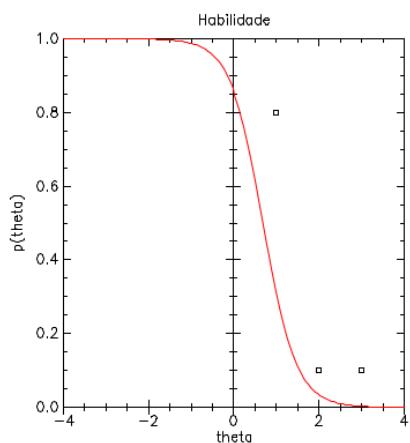


A partir dos valores da discriminação  $a$  0.35 e dificuldade  $b$  -0.95, conclui-se que os alunos possuem pouca habilidade, apesar da questão ser muito fácil (competência próxima de zero). Para o exercício 2, houve 50% de acertos para referência com habilidade 1 e 2; os valores de discriminação e dificuldade foram considerados 0.0 para ambos.



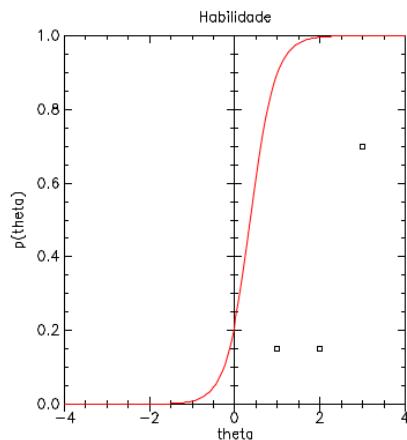
Conclui-se que, como os valores de  $a$  e  $b$  são iguais a zero, isso indica que o item tem pouco poder de discriminação, ou seja, qualquer aluno tem a mesma probabilidade de responder corretamente ao item. A questão é fácil, mas com um pequeno grau de dificuldade.

Para exercício 03, a habilidade versus probabilidade de acertos tem os seguintes dados: (1 0.8) (2 0.1) (3 0.1). A discriminação e dificuldade encontrada são de -2,58 e 0,69 respectivamente.



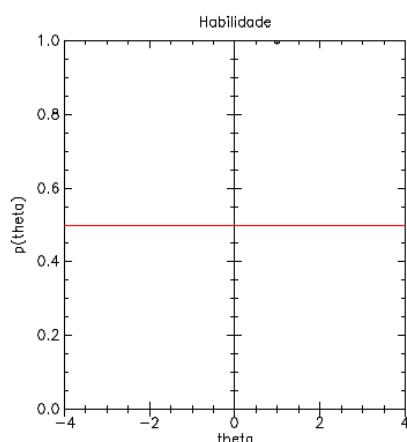
Quando o valor de discriminação ( $a$ ) é negativo, Isso indica que os alunos, para responder ao item corretamente, devem ter aumento de habilidade. Nesse caso, não houve acréscimo de habilidade.

Para o exercício 4, foi obtido (1 0.15) (2 0.15) (3 0.7) de habilidade versus probabilidade de acertos. A discriminação e dificuldade são 3,45 e 0,37.



Conclui-se que, com os valores de  $a$  e  $b$  (3,45 e 0,37), isso significa que os alunos possuem habilidades para resolver o exercício. A questão, sendo média, demonstra que os alunos foram adquirindo, durante o processo, acréscimo de habilidade.

Para o exercício 5, houve 100% de acerto com referência à habilidade 1. A discriminação e dificuldade é 0.0.

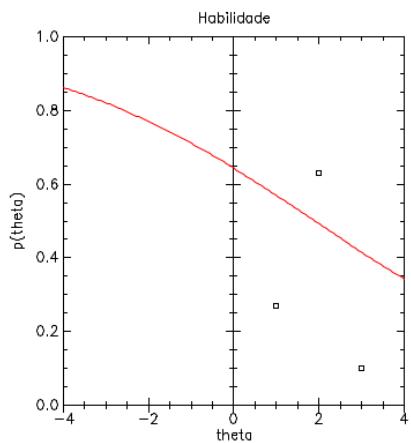


Como os valores obtidos de  $a$  e  $b$  são iguais a zero, Conclui-se que o item tem pouco poder de discriminação, ou seja, aluno com habilidades diferentes

tem a aproximadamente a mesma probabilidade de responder corretamente ao item. À medida que aumenta consideravelmente o grau de dificuldade, mesmo os alunos tendo adquirido habilidade anteriores, não foram capazes de resolver a questão difícil.

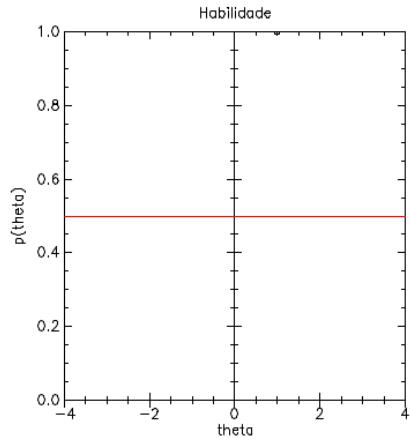
## 5.14 Habilidade para a Turma B

Para o exercício 1, obteve-se (1 0.27) (2 0.63) (3 0.1) de habilidade versus probabilidade de acertos. A discriminação e dificuldade encontradas são -0.31 e 1,



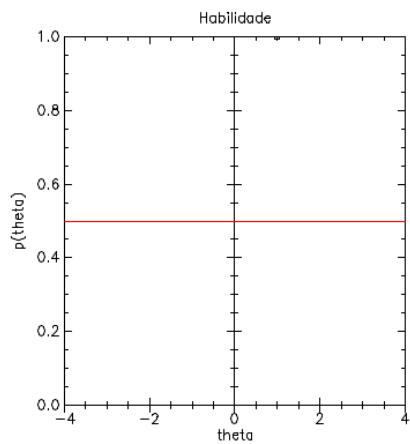
Quando o parâmetro  $a$  é negativo, não se espera resposta. Conclui-se que os alunos requerem habilidade para responder corretamente ao item. A competência é próxima de zero e a dificuldade é razoável.

Para o exercício 2, houve 100% de acerto com referência à habilidade 1. A discriminação e dificuldade é 0.0.



Os valores de  $a$  e  $b$  são zero, logo se conclui que o item tem pouco poder de discriminação; o aluno com habilidades diferentes tem aproximadamente a mesma probabilidade de responder corretamente ao item. Ele adquiriu conhecimento das questões anteriores, embora poucos tenham permanecido no processo.

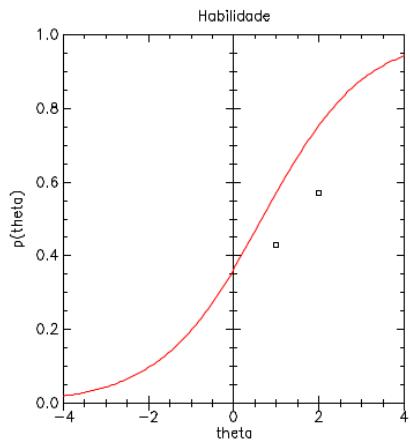
Para o exercício 3, houve 50% de acertos para referência com habilidade 1 e 2; os valores de discriminação e dificuldade foram considerados 0.0 para ambos.



Mesmo que tenha ocorrido 50% de acertos, os valores de  $a$  e  $b$  obtidos são zero, respectivamente. Conclui-se que os alunos têm pouca habilidade para responder corretamente ao item. A medida que aumenta o grau de

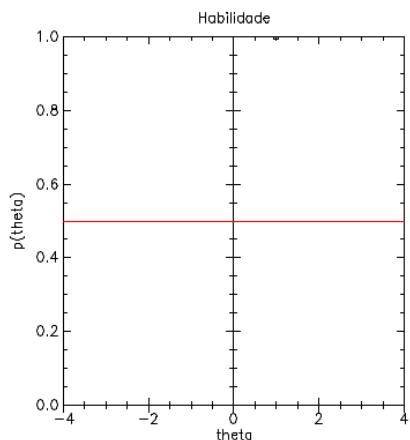
conhecimento das questões anteriores a essa, o grau de competência decresce e a dificuldade aumenta.

Para o exercício 4, obteve-se (1 0.43) (2 0.57) de habilidade versus probabilidade de acertos. A discriminação e dificuldade encontradas são 0.84 e 0,66, respectivamente.



Os valores de  $a$  e  $b$  são aceitáveis para exibir a habilidade dos alunos. Houve acréscimo no grau de competência e no grau de dificuldade, embora a questão tenha tido seu grau de dificuldade aumentado.

Para o exercício 5, houve 100% de acerto com referência à habilidade 2. A discriminação e dificuldade são 0.0.

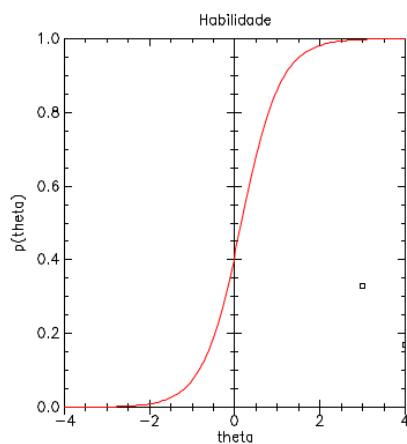


Os valores de  $a$  e  $b$  são iguais a zero. A questão é difícil e apenas 4 alunos fizeram com 100% de acerto, havendo desistências de alunos quando a questão era difícil. Conclui-se que, à medida que o conhecimento aumenta,

há uma queda de competência, necessitando-se cada vez mais de treinamento.

## 5.15 Habilidade para turma C

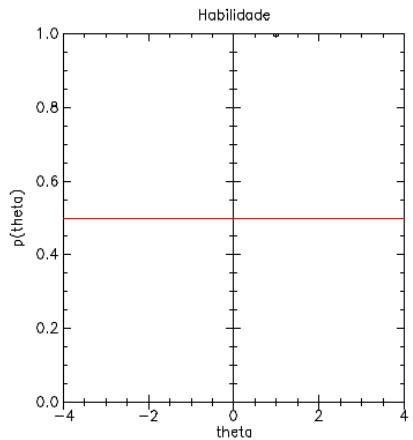
Foram obtidos, com referência com habilidade e probabilidade de acertos, os seguintes dados, (3 0.33) (4 0.17) (5 0.5). A discriminação e dificuldade encontradas são 2,18 e 0,16, respectivamente.



Como somente alguns alunos obtiveram nota acima de 70%, a habilidade destes pode se considerar aceitável. Podendo-se verificar pelos valores de  $a$  e  $b$ , que são positivos e indicam que possuem habilidade. O grande problema no método é a desistência cada vez maior quando aumenta o grau de dificuldade.

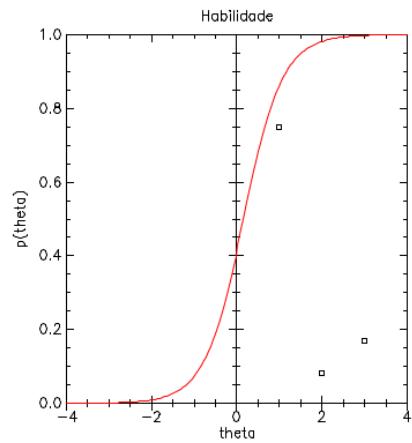
## 5.16 Habilidade para a turma D

Para os exercícios 1, 2, 3 e 5, houve 100% de acertos com referência à habilidade 1. A discriminação e dificuldade são 0.0.



Os valores de  $a$  e  $b$  são zero, logo se conclui que o item tem pouco poder de discriminação; o aluno com habilidades diferentes tem aproximadamente a mesma probabilidade de responder corretamente ao item. Mesmo com 80% da participação dos alunos, o índice de acerto foi elevado na 1<sup>a</sup> questão, permanecendo inalterado na 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup>, caindo um pouco na 4<sup>a</sup> e elevando-se na 5<sup>a</sup>, mesmo havendo pequena diminuição no número de alunos que participaram. Justifica-se que o método de Mager aplicado apresentou vantagens sobre os demais em virtude de maior acerto.

Para o exercício 4, houve (1 0.75) (2 0.08) (3 0.17) de referência com habilidade versus probabilidade de acertos, enquanto a discriminação e a dificuldade foram de -1,70 e 0,78.



Conclui-se que, apesar de o valor de  $a$  ser negativo, a probabilidade de se responder corretamente ao item diminuirá com o aumento da habilidade.

# Capítulo 6

## Conclusão e discussão dos resultados

Como vimos, este trabalho é resultado do estudo dos métodos de ensino para avaliar o aproveitamento dos alunos que cursam a disciplina de linguagem de programação. Aplicou um método de ensino diferente dos atuais, em que a formulação dos objetivos é conforme o público-alvo, ou seja, aplicou-se a teoria dos Objetivos Instrucionais, que Robert Frank Mager propôs.

O sucesso desse ensino se iniciou pela identificação de que o ensino era necessário para os estudantes, isto é, que existia razão para a aprendizagem e que os estudantes desconheciam o assunto que o professor se propôs a ensinar. Foram descritos de forma clara os resultados que se esperava que os alunos alcançassem com o ensino. Organizaram-se as experiências de aprendizagem para o aluno, que foi avaliado conforme os objetivos iniciais estabelecidos.

Para verificar a veracidade dos métodos de ensinos, realizaram-se experimentos com alunos que cursam esse tipo de disciplina. Observou que: cada professor tem um método de ensino diversificado; as metodologias adotadas são semelhantes; a motivação do professor interfere no aproveitamento do aluno; a experiência do aluno com outra linguagem ajuda no desenvolvimento dos problemas; exemplo de aplicações da linguagem motiva o aluno no aprendizado; e a medição do tempo mostrou os alunos que têm perseverança em atingir seus objetivos.

Como um dos fatores mais relevantes no experimento, está a construção de códigos corretos em menor tempo possível. Alguns alunos se destacaram nos tempos que foram medidos e consequentemente no aproveitamento. Houve desinteressados – observou-se, na análise estatística dos dados, uma quantidade grande; infelizmente um dos motivos é a falta de conhecimento na área de matemática, falta de concentração para compreender o problema, além de diversos fatores que dispersam a atenção, tais como conversa entre colegas, internet, jogos e outros.

Observando-se a quantidade de alunos que iniciaram e terminaram os experimentos, conclui-se que existem limitações nos alunos, principalmente quando o conteúdo aumenta, o rendimento diminui e a desistência acontece. Durante o experimento, para o professor que não exigiu que o aluno demonstrasse compreensão do conteúdo através de habilidade e desempenho, o resultado foram notas indesejáveis e até reprovação.

A teoria dos Objetivos Instrucionais foi aplicada em uma disciplina considerada prática; é interessante aplicá-la, também, em disciplinas teóricas e em cursos de pouca duração. Deve-se, primeiramente, planejar o curso voltado ao público que almeja atender; não deve haver conteúdo genérico que os estudantes já conhecem.

Nos experimentos, os programas desenvolvidos pelos estudantes foram avaliados usando-se a correção dicotômica, isto é, funcionam ou não funcionam; assim, os dados poderiam ser utilizados estatisticamente. A partir de então, eles foram manipulados para obter os cálculos de desempenho e da habilidade dos alunos.

O desempenho de cada exercício foi calculado para depois se realizar a comparação entre as turmas, ou seja, os exercícios foram divididos em fáceis, médios e difíceis, portanto a comparação foi realizada por esses níveis de dificuldade. A partir dessa comparação já se obteve a turma que se destacou perante o aproveitamento.

Para confirmar o desempenho da turma que teve destaque, realizou-se a aplicação do modelo de Rasch em cada exercício com o propósito de se obter a habilidade dos alunos. A estimativa da habilidade da turma que teve diferença das demais foi a que teve conhecimento do conteúdo e aquela em

que a habilidade dos alunos aumentou consideravelmente.

Na comparação entre as turmas, a turma de maior destaque foi a que recebeu as instruções dos objetivos instrucionais e participou do experimento da linguagem de programação Scheme. Estatisticamente, o método de ensino aplicado na turma foi mais eficaz com relação aos outros métodos de ensino. A conclusão partiu dos valores estatísticos e no modelo de Rasch.

Foi um estudo realmente muito interessante e instrutivo porque exibiu alguns dos problemas que há no ensino, não importando o nível – se básico, fundamental, técnico ou superior. A solução deve se iniciar pelo professor com o envolvimento total do aluno para que se possa melhorar o desempenho e a habilidade com relação aos conteúdos do curso.

## **Trabalhos futuros**

Neste trabalho, foi identificado o método de ensino que melhor permite que o aluno desenvolva desempenho e habilidade aconselhável. Sabe-se que cada aluno tem um método de aprendizagem, assim, como complemento deste trabalho, seria interessante avaliar qual o método em que o aluno está enquadrado para o seu aprendizado de acordo com sua personalidade.

## Apêndice A

# Linguagem de Programação Funcional Scheme

Na década de 1950, John McCarthy desenvolveu a linguagem Lisp durante um projeto de pesquisa em inteligência artificial (IA). A finalidade de McCarthy era criar uma linguagem algébrica para processamento de listas para trabalho em inteligência artificial. A linguagem nasceu como uma ferramenta matemática, independente de qualquer computador, e posteriormente foi adaptada a uma máquina; possui uma capacidade de manipulação de símbolos que a torna extremamente conveniente para essa área.

Diversos grupos se interessaram pela linguagem, com isso a Lisp foi sendo desenvolvida desreguladamente. Cada grupo passou a implementar sua própria versão, dessa forma os detalhes e ambientes de programação tornaram-se variados. Com essas novas implementações, surgiram uma série de “dialetos” do Lisp. Os mais populares são: FranzLisp, MacLisp, InterLisp, Scheme, Xlisp e AutoLisp.

A linguagem Scheme, como citado, é um dos dialetos da Lisp. Ela foi desenvolvida na segunda metade dos anos 70, por Gerald Sussman e Guy L. Steele Jr. Projetaram a implementação do Scheme Lisp, que consiste em um dialeto relativamente simples, cujo projeto traz conceitos originais da semântica da linguagem, como, por exemplo:

- linguagem interativa;
- um programa pode ser compilado, corrigido e testado independentemente do restante;
- seus programas podem ser criados de uma forma incremental;
- possuem simultaneamente um compilador e um interpretador;
- seus programas são sempre em forma de lista;
- tem a capacidade de receber outros programas como dados (argumentos), permitindo o surgimento de ideias como a recursividade.

A linguagem Scheme é como Lisp: uma linguagem interpretada. Ao digitar expressões em uma linguagem formal definida, a mesma retorna a avaliação de sua expressão. A linguagem interpretada é possível pensar como uma calculadora. Este capítulo terá diversos exemplos de expressões simples que serão interpretadas e seu retorno é um cálculo matemático.

Scheme é uma linguagem que utiliza funções em suas interpretações. Essas funções, segundo Sebesta, são divididas em primitivas, criando funções, funções de predicados e fluxo de controle. Vejamos o que contém cada uma delas.

**Funções primitivas** As funções primitivas são aplicadas aos valores de parâmetros e o valor resultante é exibido. A expressão `(* 3 4)` o valor que retorna é 12. Outra função primitiva é: o `quote`, que examina os parâmetros da função como um átomo e/ou uma lista se estes são dados literais, neste caso retorna o parâmetro sem modificação. Veja `(quote a)` retorna `'a`; `(quote (a b c))` retorna `'(a b c)`. O `quote` é uma abreviação comum do apóstrofo. Assim, em vez de usar o `quote`, usaremos o apóstrofo `(')`.

Os programas em Scheme têm como principal estrutura de dados as listas; para manipulá-las, existem as funções primitivas como `car` e `cdr`, que oferecem operações para selecionar partes de uma lista. A função `car` retorna o primeiro elemento de uma lista dada, enquanto a função `cdr` retorna o restante de uma lista dada depois que seu `car` é removido. Veja o exemplo com estas funções:

```
(car '(a b c)) retorna 'a  
(cdr '(a b c)) retorna '(b c).
```

Outra função primitiva que merece destaque é o `cons`. Ele é um construtor de lista primitiva; constrói uma lista a partir de seus dois argumentos, o primeiro dos quais pode ser um átomo ou uma lista; o segundo normalmente é uma lista. Essa função é usada assim: `(cons 'a '())` retorna `'(a)`.

**Criando funções** As linguagens provenientes de Lisp usam a notação  $\lambda$  na forma de lista para definir funções. Essa função é usada para construir outras funções, em especial a função `define`.

`Define` atende a duas necessidades fundamentais da programação Scheme: vincular um nome a um valor e à expressão lambda. `Define` é interpretada diferente das funções primitivas como `car` e as funções aritméticas. A construção da função deve seguir a seguinte estrutura:

```
(define simbolo expressao),
```

veja o exemplo:

```
(define pi 3.14159);  
(define (quadrado n) (* n n)).
```

**Funções de predicado** Serão descritas três funções de predicado na linguagem Scheme, as quais são consideradas as mais importantes: `eq?`, `null?` e `list?`. Todas as funções de predicado têm um nome e terminam com o ponto de interrogação. Uma função de predicado é aquela que retorna um valor booleano (verdadeiro ou falso) – em Scheme os valores booleanos são representados por `#t` e `#f`. O interpretador Scheme retorna a lista vazia `()`, em vez de `#f`. Qualquer lista não nula retornada por uma função de predicado é interpretada como `#t`.

`Eq?` é uma função que assume dois parâmetros; ele retorna `#t` se ambos forem átomos e se os dois forem iguais, caso contrário retornará `()` ou `#f`. Por exemplo,

```
(eq? 'a 'a) retorna #t;  
(eq? 'a 'b) retorna #f ou ().
```

`List?` é uma função utilizada para comparar átomos numéricos. A função `eq?` normalmente não avalia átomos numéricos, por isso que a função `list?` é mais usada para avaliar os átomos numéricos. A função de predicado `list?` retorna `#t` se seu argumento único for uma lista, caso contrário retorna `#f`. Veja os exemplos:

```
(list? '(a b)) retorna #t;  
(list? 'a) retorna #f;  
(list? '()) retorna #t.
```

`Null?` é a função que testa o parâmetro se é uma lista vazia e, neste caso, retorna `#t`, caso contrário retorna `#f`. Por exemplo,

```
(null? '(c x)) retorna #f;  
(null? '()) retorna #t.
```

Outras funções de predicado simples e útil são `display` e `newline`. Estas são funções de saída; elas têm a semântica evidente. A função `display` é escrita da seguinte forma: `(display expressao)` assim exibirá a expressão. A `(newline)` determina que uma linha seja adicionada.

**Fluxo de controle** As funções matemáticas são os mecanismos de fluxo de controle na linguagem Scheme. Scheme tem duas estruturas de controle especiais, uma para seleção bidirecional, outra para seleção múltipla. A bidirecional é o `If` que possui três parâmetros: uma expressão de predicado, uma expressão-then e uma expressão-else. Um exemplo clássico é o cálculo do fatorial:

```
(define (fatorial n)  
  (if (< n 2) 1  
      (* n (fatorial (- n 1)))))
```

A seleção múltipla de Scheme chama-se `cond`, que é uma versão generalizada da expressão condicional matemática; ela permite que mais de um

predicado seja verdadeiro ao mesmo tempo. Cada parâmetro para `cond` é um par de expressões cujo primeiro é um predicado.

A semântica do `cond` tem a seguinte estrutura: os predicados dos parâmetros são avaliados um de cada vez, em ordem a partir do primeiro, até que um seja avaliado como `#t`; se nenhum parâmetro for avaliado assim, é retornado `()`. O predicado especial `else` é considerado opcional. Veja o exemplo do fatorial usando o `cond`:

```
(define (fatorial n)
  (cond ((< n 2) 1)
        (else (* n (fatorial (- n 1))))))
```

**Funções em Scheme** Existem outras funções em Scheme que merecem especial importância, porque são úteis em exemplos neste trabalho.

Uma função é o `append` permite construir uma nova lista que contenha todos os elementos de duas listas dadas como argumentos. Seria possível criar essa nova lista usando-se repetidamente o `cons` para passar os elementos do primeiro argumento de lista, depois o segundo argumento de lista. O exemplo a seguir mostra a ação da função, vejamos:

```
(append '(a b) '(c d e)) retorna '(a b c d e).
```

A outra função que será estudada é o `let`. Ela permite a vinculação temporária de nomes aos valores das subexpressões. A semântica de `let` define que as primeiras `n` expressões sejam avaliadas e os valores resultantes vinculados aos seus nomes associados. Em seguida, as expressões que estão no corpo são avaliadas. O resultado de `let` é o valor da última expressão em seu corpo. O `let` é, de fato, apenas uma abreviação de uma expressão `lambda`. [SEBESTA,2003] As expressões a seguir são equivalentes e o valor resultante delas é 35.

```
(let ((teste 7)) (* 5 teste))
  ((lambda (teste) (* 5 teste)) 7)
```

**Intepretador de Scheme – DrRacket** Scheme necessita de ambientes de interpretação de código, os mais usuais são: Bigloo e DrRacket (antigo PLT Scheme).

Neste trabalho, foi utilizado o DrRacket, por ser um ambiente de fácil usabilidade, gratuito e rápido para interpretar o código da linguagem Scheme. [DrRACKET]

A partir deste momento serão definidos os objetivos básicos para um curso de treinamento em Scheme baseado no ambiente DrRacket.

O ensino da linguagem de programação funcional Scheme foi dividido em objetivos para que o aluno Alcançasse o conhecimento gradativamente. Essa divisão tem o propósito de separar o ensino e avaliar a compreensão do aluno, porque, caso haja alguma dificuldade para completar o objetivo, o professor é capaz de realizar reforços com o aluno, a fim de que haja continuidade no ensino.

**Objetivo 1: avaliar expressões prefixas** Traduzir expressões numéricas mistas para a forma prefixa. No Racket, definir identificadores numéricos.

### Treinamento.

- Definir o identificador pi.

```
#lang racket
(define pi
  (* 4 (atan 1)))
```

```
Correr
> pi
3.141592653589793
```

- Definir o identificador pi/2.

```
#lang racket
(define pi/2
  (* 2 (atan 1)))
```

```
Correr
> pi/2
1.5707963267948966
```

- Efetuar a soma:  $3 + 4 + 5 + 6$   
 $> (+ 3 4 5 6)$   
18
- Efetuar a multiplicação:  $3 \times 4 \times 5$   
 $> (* 3 4 5)$   
60
- Dividir 60 por 3 e o resultado por 4.  
 $> (/ 60 3 4)$   
5
- Efetuar a subtração:  $60 - 3 - 4 - 2$   
 $> (- 60 3 4 2)$   
51
- Efetuar a operação:  $2 \times 3 \times 4 + 30 + 7 \times 8 \times 9$   
 $> (+ (* 2 3 4) 30 (* 7 8 9))$   
558

Digite o programa da listagem A.1 no editor do Racket e salve-o com o nome `anguloj.scm`. Em seguida, aperte o botão **Correr** para testá-lo.

Listing A.1: prefiksaj/anguloj.scm

```
#lang racket
(define pi/2 (* 2 (atan 1)))
(define pi/4 (atan 1))
(define pi/6 (/ pi 6.0))
(define pi/3 (/ pi 3.0))
```

Use os ângulos definidos na listagem A.1 para testar funções trigonométricas pré-definidas. **Correr**

```
> (sin pi/2)
1.0
> (sin pi/3)
0.86602540378444
```

```

> (cos pi/3)
0.5
> (cos pi/4)
0.70710678118655
> (tan pi/4)
1.0

```

- Verifique as duas identidades a seguir para  $\alpha = \pi/3$ .

$$(\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = 1$$

$$(\tan \alpha) = \frac{(\sin \alpha)}{(\cos \alpha)}$$

```

> (+ (expt (sin pi/3) 2) (expt (cos pi/3) 2))
1
> (/ (sin pi/3) (cos pi/3))
1.7320508075689
> (tan pi/3)
1.7320508075689

```

- Use o predicado de igualdade para fazer a comparação abaixo.

$$(\tan \alpha) = \frac{(\sin \alpha)}{(\cos \alpha)}$$

```

> (= (tan pi/3) (/ (sin pi/3) (cos pi/3)))
#t

```

O programa da listagem A.2 define um círculo de raio 20 pontos, um quadrado oco e um quadrado preenchido. Faça-o Correr. Aproveite a oportunidade para avaliar outras figuras.

Listing A.2: slideshow/circles.scm

```

#lang racket/gui
(require slideshow)
(define c1 (circle 20))
(define r1 (rectangle 20 20))
(define q1 (filled-rectangle 20 20))

```

Correr

```
> c1  
> (circle 40)
```

```
> q1
```

```
> (hc-append (rectangle 30 30) (rectangle 30 30))  
> (list (rectangle 30 30) (circle 30))  
'()
```

O comando `list` cria uma lista, que é a mais importante estrutura de dados da Lisp. Informalmente, podemos dizer que uma lista é uma sequência ordenada de elementos em que ordenada significa que a ordem importa.

- Calcule as expressões:  $e, e^2, e^3$

```
> (exp 1.0)  
2.718281828459  
> (exp 2.0)  
7.3890560989307  
> (exp 3.0)  
20.085536923188
```

- Verifique que  $(\log e) = 1.0$ . Esse fato mostra que `(log x)` é o logaritmo Neperiano de `x`.

```
> (log (exp 1))  
1.0
```

- Mostre exemplos de funções que transformam reais em inteiros.

```
> (floor 3.4)  
3.0  
> (ceiling 3.4)  
4.0  
> (round 3.4)  
3.0  
> (round 3.6)  
4.0
```

```
> (floor 3.6)
3.0
```

- Mostre com (integer? x) que Scheme classifica os resultados de `floor`, `truncate`, `ceiling` e `round` como números inteiros.

```
> (integer? 3.4)
#f
> (integer? (floor 3.4))
#t
> (integer? (truncate 3.4))
#t
> (integer? (ceiling 3.4))
#t
> (integer? (round 3.55))
#t
```

- Gere números aleatórios entre 0 e 5.

```
> (random 5)
4
> (random 5)
2
> (random 5)
3
> (random 5)
3
> (random 5)
0
```

- Determinar o maior de dois números.

```
> (max 4 6)
6
```

- Expressar o menor de dois números.

```
> (min 4 5)
4
```

**Objetivo 2. Distinguir entre estruturas e comandos.** Digite, no Racket, comandos e dados em forma de listas, tendo cuidado de prefixar os dados com um apóstrofo e começar os comandos por uma função.

- Digite uma lista de flores.

```
> '(rosa cravo violeta)  
'(rosa cravo violeta)
```

- Defina um comando que ache a área de um círculo de raio r.

```
#lang racket  
(define area (lambda(r) (* pi r r)))
```

Correr

```
> (area 10)  
314.1592653589793
```

**Objetivo 3. Expressões para topo e cauda de lista.** Uma lista é uma sequência ordenada de elementos (*ordenada* significa que a ordem importa). Como toda estrutura de dados, a lista tem partes. As partes da lista são topo (primeiro elemento) e cauda (os elementos que vêm depois do primeiro). O educando aprenderá a escrever expressões que representam o topo e a cauda da lista. Será também capaz de combinar essas expressões para obter os sucessivos elementos de uma lista. Finalmente, construirá novas listas combinando um topo com uma cauda. Exemplos de listas:

Lista	Valor	Comentários
'(3 4 5 6 1)	'(3 4 5 6 1)	; Lista de inteiros
'(3 tips 5 tops)	'(3 tips 5 tops)	; inteiros e símbolos
(+ 4 5 6)	15	; Comando de soma
'((3 tips) (4 tops))	'((3 tips) (4 tops))	; Lista de listas

Nos exemplos anteriores, nota-se que uma lista pode conter elementos de tipos diferentes. Outro ponto importante é que a Lisp considera que toda lista nua é uma expressão que deve ser avaliada; o primeiro elemento da lista nua é visto como uma operação, enquanto o resto da lista nua são os argumentos da operação. Para avisar que a lista representa uma estrutura de dados, é preciso prefixá-la com um apóstrofo, como mostrado acima. O apóstrofo veste a lista, protegendo-a contra o avaliador.

**Valor.** O valor de um objeto prefixado por um apóstrofo é ele mesmo. Se uma lista não está prefixada por um apóstrofo, o valor é o resultado da operação. O valor de `(+ 4 5 6)` é 15; o valor de `'(+ 4 5 6)` é `'(+ 4 5 6)`.

Estruturas possuem partes. No caso das listas, as partes são a cabeça (primeiro elemento) e a cauda (a lista dos elementos que seguem o primeiro). Toda estrutura de dados necessita dos seguintes recursos:

- construtor monta a estrutura. Por exemplo, `(cons 3 '(a b c))` monta uma lista de cabeça 3 e cauda `(a b c)`, ou seja, `(3 a b c)`.
- seletores fornecem as partes da estrutura. Listas possuem dois seletores: `(car s)` produz a cabeça e `(cdr s)` retorna a cauda de `s`. Por exemplo, o valor de `(car '(3 4 5))` é 3 e o valor de `(cdr '(3 4 5))` é `(4 5)`.

Os dois seletores citados `car` e `cdr` são oriundos da primeira implementação do Lisp em um computador IBM 704; essas palavrinhas referem-se a dois campos de memória no 704, chamados decremento e endereço, que são usados em várias estratégias de endereçamento de operandos. Cada um dos campos podia armazenar um endereço de memória de máquina. Os seletores eram incluídos como instruções de máquina, o `car` (*contents of address register* – conteúdo do registro de endereço) e `cdr` (*contents of decrement register* – conteúdo do registro de decremento), que extraíam os campos associados. [SEBESTA,2003]

Além dos seletores e construtores, existem predicados que determinam as propriedades da estrutura. O predicado `(null? s)` produz `#t` quando `s` é vazia e `#f` no caso contrário.

Uma característica interessante dos dialetos da Lisp é que toda estrutura de dados tem uma representação externa. As listas, por exemplo, são lidas ou impressas com os elementos entre parênteses e separados uns dos outros por um espaço em branco. É possível construir listas aninhadas, isto é, os elementos de uma lista podem ser listas.

- Defina uma lista com nomes de heroínas de ópera.

```
#lang racket
(define s
  '(Liu Juju Manon Mimi))
```

```
Correr
```

```
> s
'(Liu Juju Manon Mimi)
```

- Quais são as partes da lista `s`, que foi definida acima? `s= '(Liu Juju Manon Mimi)` Logo, a cabeça de `s` é `Liu`, e a cauda de `s` é `(Juju Manon Mimi)`
- Como exprimir a cabeça de `s`?  
`> (car s)`  
`Liu`
- Como obter a cauda de `s`?  
`> (cdr s)`  
`(Juju Manon Mimi)`
- Escreva a expressão do segundo elemento da lista `s`?  
`> (car (cdr s))`  
`Juju`
- Defina uma lista `xs` com as letras do acrônimo do senado romano. Obtenha o `car` de `xs`.

```
#lang racket
(define xs '(S P Q R))
```

Correr

```
> (car xs)
'S
```

- Expresse o segundo elemento de `xs`.  
`> (car (cdr xs))`  
`'P`
- Escreva o terceiro elemento de `xs`.  
`> (car (cdr (cdr xs)))`  
`'Q`
- Certifique-se de que a aplicação de `(car xs)` ou `(cdr xs)` não modificam `xs`.  
`> xs`  
`'(S P Q R)`  
`> (car xs)`  
`'S`

```

> (cdr xs)
'(P Q R)
> (cdr (cdr xs))
'(Q R)
> xs
'(S P Q R)

```

- Construa uma lista cuja cabeça é 2 e cuja cauda é xs.

```

> (cons 2 xs)
'(2 S P Q R)

```

- Construa uma lista que comece com 1 e 2 e termine com xs.

```

> (cons 1 (cons 2 xs))
'(1 2 S P Q R)

```

- Mostre que aplicações de cons não alteram seus argumentos.

```

> (cons 1 (cons 2 xs))
'(1 2 S P Q R)
> xs
'(S P Q R)

```

- Mostre como usar cadr.

```

> (cadr xs)
'P
> (car (cdr xs))
'P

```

- Mostre como usar caddr.

```

> (caddr xs)
'Q

```

## A forma cond

Lisp usa a forma **cond** para realizar operações apenas quando certas condições são satisfeitas: suponha-se que se deseja encontrar o elemento **n** em uma lista. Primeiramente, analisam-se algumas condições – veja-se a seguir:

- Qual o procedimento para encontrar o elemento **n** de uma lista **xs**? Temos dois casos:

1.  $n=0$  — elemento  $n$  é (`car xs`)
2.  $(> n 0)$  — elemento  $n$  de `xs` é elemento  $(- n 1)$  de (`cdr xs`).

- Mostre, com um exemplo concreto, que o procedimento para encontrar o elemento  $n$  de uma lista `xs` funciona. Seja a lista `xs= (S P Q R)`. O elemento 3 de `(S P Q R)` é igual ao elemento 2 de `(P Q R)`. Então, no exemplo concreto, o elemento  $n$  de `xs` é o elemento  $(- n 1)$  de (`cdr xs`).

Listing A.3: File: listas.scm. Busca o  $n$  elemento da lista

```

1 #lang racket
2
3 (define nth
4   (λ(n xs)
5     (cond
6       [ (= n 0) (car xs) ]
7       [ else (nth (- n 1) (cdr xs)) ] )
8     )
)

```

Execute o programa da listagem A.3.

Correr

```

> (define xs '(S P Q R))
xs
> (nth 2 xs)
Q
> xs
(S P Q R)

```

- Defina `*xs*=(S Q P R)`. Qual o resultado de (`cons 'roma *xs*`)? A aplicação de `cons` altera `*xs*`?

```

> (define *xs* '(S P Q R))
> (cons 'roma *xs*)
'(roma S P Q R)
> *xs* ;cons não altera *xs*
'(S P Q R)

```

**Predicado `null?`** - Na linguagem Scheme existe uma classe de funções matemáticas que retornam como valor verdadeiro ou falso. Esse tipo de função chama-se de predicado; elas testam sua determinada propriedade. Ao se testá-la é retornado o valor verdadeiro que é denotado pelo símbolo `#t` e o valor falso pelo símbolo `#f`. Por exemplo, `x<y` é uma expressão que retorna `#t` ou `#f` dependendo se  $x$  é menor ou não que  $y$ .

Existem diversos predicados que operam sobre átomos e listas nas linguagens. Uma importância especial é voltada ao predicado `null?`, que testa se uma lista é vazia. Por determinação, nomes de predicados costumam terminar com um ponto de interrogação. Outro predicado bastante útil é de igualdade (`equal?`), que usamos para comparar se dois números são iguais. Veja a seguir o uso do predicado `null?` nos exemplos.

- Qual o procedimento que soma os elementos de uma lista `xs`? Que predicado verifica se `xs` é vazia? Temos dois casos:
  1. `xs` é vazia — a soma é 0.
  2. `xs` não é vazia — a soma é: `(car xs)+(soma (cdr xs))`.

O predicado que verifica se `xs` é vazia é `(null? xs)`.

- Mostre, com um exemplo concreto, que o procedimento para somar os elementos de uma lista funciona. Seja a lista `xs= (4 5 8 2)`. A soma de `xs` vale  $4 + 5 + 8 + 2$ , que é igual a `(car xs)+(cdr xs)`. Isso é verdade porque `(car xs)= 4` e, além disso, `(cdr xs)= (5 8 2)`.

Listing A.4: File: soma.scm. Soma elementos de uma lista

```
#lang racket
(define sum
  (λ(xs)
    (cond [ (null? xs) 0 ]
          [ else
            (+ (car xs) (sum (cdr xs)))])))
  )
)
```

Mostrando que o procedimento da listagem A.4 funciona.

Correr

> (`sum '(4 5 8 2)`)

19

**Usando acumulador.** Às vezes, precisamos somar todos os elementos de uma lista e, para fazer isso, podemos usar um acumulador. Veja os exemplos a seguir:

- Qual é o procedimento para somar os elementos de uma lista `xs` em um acumulador? O procedimento (`acum+ s ac`) retira um item da lista `s` para somá-lo ao acumulador até `s` ficar vazia.

```
[se (not (null? s))
(acum+ (cdr s)
(+ (car s) ac)) ]
[senão retorno ac]
```

- Use o procedimento (`acum+ #|s=# '(3 4 5) #|ac=# 0`) para acu-  
mular os elementos de `s`.

1. (`acum+ #|s=# '(3 4 5) #|ac=# 0`)  
`(not (null? s)):`  
`(acum+ (cdr s) (+ (car s) ac))`
2. (`acum+ s=(4 5) ac=3`)  
`(not (null? s)):`  
`(acum+ (cdr s) (+ (car s) ac))`
3. (`acum+ s=(5) ac=3+4`)  
`(not (null? s)):`  
`(acum+ (cdr s) (+ (car s) ac))`
4. (`acum+ s=() ac=3 + 4 + 5`)  
`ac` contém a soma.

- No procedimento (`acum+ #|s=# '(3 4 5) #|ac=# 0`), em vez de usar a condição (`not (null? s)`), use (`null? s`). Seja o procedimento (`acum+ s ac`), onde `s` é lista e `ac` é o acumulador. `[se (null? s) ac; contém a soma (acum+ (cdr s) (+ (car s) ac))]` Função retira um elemento de `s` e soma-o com o acumulador até esvaziar `s`.

Listing A.5: File: acummais.scm. Soma com acumulador

```
#lang racket
(define acum+
  (λ(s a)
    (cond [ (null? s) a]
          [ else (acum+ (cdr s)
                         (+ (car s) a))]))
```

Usando a listagem A.5. Correr

> (`acum+ '(3 4 5 6 7) 0`)

25

- No programa abaixo, o que se usa cada vez que a expressão `(+ (car xs) (sum (cdr xs)))` chama a definição de `sum`?

```
(define sum
  (lambda(xs)
    (cond
      [ (null? xs) 0 ]
      [else
        (+ (car xs)
            (sum (cdr xs))) ]
      )
    )
  )
```

Cada vez que uma função chama a própria definição de dentro de uma expressão mais abrangente, temos uma *recursão*. Definições *recursivas* são aquelas que contêm recursões. No exemplo, a chamada recursiva ocorre dentro da seguinte expressão: `(+ (car xs) (sum (cdr xs)))`

Note que, para uma função ser recursiva, não basta que ela chame sua própria definição. A chamada precisa ser feita de dentro de uma expressão que a envolva. Se a chamada for a expressão mais externa, como na definição de `acum+` (vide listagem A.5, página 128), temos uma iteração.

- Quando ocorre uma iteração? Quando uma função que não está dentro de uma expressão chama a própria definição.

```
(define g (lambda(n a)
  (cond [ (< n 1) a]
        [else (g (- n 1)
                  (+ n a))])))
```

O exemplo mostra como é a execução de uma expressão que realiza a soma de números passo a passo.

Listing A.6: File: acumprint.scm. Imprime argumentos

```

#lang racket

$$\begin{array}{ll} 1 & \text{(define } \text{acum+} \\ 2 & \quad (\lambda(s\ a) \\ 3 & \quad \quad (\text{cond } [\ (\text{null? } s)\ a] \\ 4 & \quad \quad [\text{else} \\ 5 & \quad \quad \quad (\text{display } "s=\_\_") \\ 6 & \quad \quad \quad (\text{display } s) \\ 7 & \quad \quad \quad (\text{display } ",\_\_a=\_\_") \\ 8 & \quad \quad \quad (\text{display } a)\ (\text{newline}) \\ 9 & \quad \quad \quad (\text{acum+ } (\text{cdr } s) \\ 10 & \quad \quad \quad (+\ (\text{car } s)\ a))\ ]\ )) \\ 11 & \end{array}$$


```

Mostre a listagem A.6 em uso. Correr

```

> (acum+ '(2 3 4) 0)
s= (2 3 4), a= 0
s= (3 4), a= 2
s= (4), a= 5
9

```

Este exemplo acumula os elementos como no código A.5, além de realizar o produto dos elementos. Veja a listagem A.7.

Listing A.7: acumprod.scm. Acumula produto

```

#lang racket

$$\begin{array}{ll} 1 & \text{(define } \text{acum+} \\ 2 & \quad (\lambda(s\ a) \\ 3 & \quad \quad (\text{cond } [\ (\text{null? } s)\ a] \\ 4 & \quad \quad [\text{else} \\ 5 & \quad \quad \quad (\text{acum+ } (\text{cdr } s) \\ 6 & \quad \quad \quad (+\ (\text{car } s)\ a))]\ )) \\ 7 & \text{(define } \text{acum*} \\ 8 & \quad (\lambda(s\ a) \\ 9 & \quad \quad (\text{cond } [\ (\text{null? } s)\ a] \\ 10 & \quad \quad [\text{else} \\ 11 & \quad \quad \quad (\text{acum* } (\text{cdr } s) \\ 12 & \quad \quad \quad (*\ (\text{car } s)\ a))]\ )) \\ 13 & \text{(define } \text{rep} \\ 14 & \quad (\lambda(f\ s\ a) \\ 15 & \quad \quad (\text{cond } [\ (\text{null? } s)\ a] \\ 16 & \quad \quad [\text{else} \\ 17 & \quad \quad \quad (\text{rep } f\ (\text{cdr } s) \\ 18 & \quad \quad \quad (f\ (\text{car } s)\ a))]\ )) \\ 19 & \end{array}$$


```

- Mostre o funcionamento de `acum*` na listagem A.7.

**Correr**

```
> (acum* '(1 2 3 4 5) 1)
120
```

- As funções `acum+` e `acum*` seriam idênticas não fosse pela função acumuladora. É possível passar uma função acumuladora como argumento?

**Correr**

```
> (rep * '(1 2 3 4 5) 1)
120
```

A listagem A.8 aplica a função em todos os elementos da lista. Por exemplo, a raiz quadrada dos números. Veja o código a seguir:

Listing A.8: mapear.scm

```
#lang racket
(define mp (λ(f s)
  (cond [ (null? s) '()
         [ else (cons (f (car s))
                      (mp f (cdr s)) )] ]))
```

- Teste a listagem A.8, que aplica uma função a cada elemento de uma lista.

**Correr**

```
> (mp sqrt '(4 9 25))
(2.0 3.0 5.0)
```

- Na função `mp`, pode-se usar uma expressão lambda diretamente sem passar pelo `define`? Como se chama uma expressão lambda não definida?

Não é preciso definir uma expressão lambda para utilizá-la. Expressões lambda que não receberam nomes são anônimas. Exemplo de uso:

```
> (mp (λ(x)(* x x)) '(2 3))
(4 9)
```

A listagem A.9 aplica o operador `o` ao número e à lista informada. Veja o exemplo:

Listing A.9: reduzir.scm

```
#lang racket
(define rx (λ(f a s)
  (cond [ (null? s) a ]
        [ else (f (car s)
                  (rx f a (cdr s)) )] )))

  1
  2
  3
  4
  5
```

- Teste o programa que aplica uma função entre os elementos de uma lista.

Correr

```
> (rx * 1 '(1 2 3 4 5))
120
> (rx + 0 '(1 2 3 4))
10
```

- Haveria uma forma abreviada de definir funções de modo que não seja preciso criar variáveis com  $\lambda$ ? Exemplifique com a definição de área do círculo.

```
> (define área
  (lambda(r)
    (* 3.1416 r r)))
> (define (surface r)
  (* 3.1416 r r))
> (surface 10)
314.1592653589793
```

- Defina uma função `peri` que forneça o comprimento de uma circunferência. Utilize `let` para criar uma variável local `2pi`.

```
#lang racket
(define peri (lambda(r)
  (let [(2pi (* 2 pi))]
    (* 2pi r) )))
```

Correr

```
> (peri 10)
62.83185307179586
```

- Redefina `peri`. Dessa vez, use `lambda` apenas implicitamente. Como antes, a forma `let` deve introduzir a variável local `2pi`

```
#lang racket
(define (peri r)
  (let [(2pi (* 2 pi))]
    (* 2pi r)))
```

Correr

```
> (peri 10)
62.83185307179586
```

No `let`, variáveis locais são calculadas em paralelo; assim, uma variável não pode usar as precedentes. Já o `let*` (let-estrela) pode utilizar, para encontrar o valor de uma variável, os cálculos anteriores.

Para treinar o `let*`, vamos escrever um programa que resolva a equação do segundo grau.

```
#lang racket
(define (eq2 a b c)
  (let* [ (4*a*c (* 4 a c))
         (delta (- (* b b) 4*a*c))
         (-b (- b))]; variáveis locais
    (cond [ (< delta 0) "Delta negativo" ]
          [ (= delta 0) (/ -b 2 a) ]
          [ else (list (/ (+ -b (sqrt delta)) 2 a)
                       (/ (- -b (sqrt delta)) 2 a)) ] )))
```

Correr

```
> (eq2 2 8 6)
'(-1.0 -3.0)
> (eq 10 6 10)
"delta negativo"
> (eq 1 8 16)
-4
> (eq 1 -10 24)
'(6 4)
```

## Como errar no cond

Muitos estudantes consideram Lisp muito fácil e não fazem exercícios de treinamento. É incrível observar de quantas maneiras eles erram o `cond`.

Defina, em Scheme, a função `fat`, que calcula o factorial de `n`:

```
> (fat 5)  
120
```

```
#lang racket  
(define (fat n)  
(cond  
  [(< n 2) 1]  
  [else (* n (fat (- n 1)))]  
 );end-cond  
);end-define
```

```
Correr  
> (fat 5)  
120
```

Qual o erro do programa abaixo?

```
#lang racket  
(define (fat n)  
(cond  
  (< n 2) 1  
  else (* n (fat (- n 1)))  
 );end-cond  
);end-define
```

Correr

```
> cond: bad syntax
```

A maneira mais comum de errar é não agrupar cada condição com suas ações. Em resumo, o programador esqueceu-se de usar parênteses para associar condição com comandos.

E agora, onde está o erro?

```
#lang racket  
(define (fat n)  
(cond  
  [(n < 2) 1]  
  [else (* n (fat (- n 1)))]))
```

Outro erro muito comum é esquecer-se de que todo comando Lisp é uma lista cujo primeiro elemento é uma função. Em vez de escrever `(< n 2)`, o programador escreveu `(n < 2)`.

## A forma let

As expressões ficariam mais claras se pudéssemos armazenar cálculos parciais em variáveis. Em Lisp, isso pode ser conseguido com auxílio da forma `let`:

```
#lang racket
(let [ (4/3pi (* 4/3 pi))
      (r 10) ]
  ;;Comandos dentro do let
  (display "Raio da Esfera:")
  (display r)
  (newline)
  (* 4/3pi r r r))
);fim do let
```

};Variáveis locais

Correr

```
> Raio da Esfera:10
4188.790204786391
```

Na forma acima, definem-se as constantes  $4/3\pi = 4\pi/3$  e  $r=10$ . Usamos essas constantes para calcular o volume de uma esfera. No corpo do `let` temos várias expressões. Apenas a última, contudo, fornece o valor final do `let`.

No `let`, as variáveis locais são calculadas em paralelo; assim, uma variável não pode utilizar as precedentes. Já o `let*` (let-estrela) pode utilizar, para encontrar o valor de uma variável, os cálculos realizados anteriormente. Para treinar o `let*`, vamos escrever uma expressão que calcula o valor de delta para uma equação do segundo grau.

```
#lang racket
(let* [ (a 2.0) (b 8.0) (c 6.0)
       (bb (* b b) )
       (4*a*c (* 4 a c))
     ]
  ; variáveis locais
  ;; Corpo do let*
  (- bb 4*a*c)
);fim do let
```

};Variáveis locais

O leitor deve ter notado que os dois exemplos empregam, para as variáveis locais, identificadores com o formato de expressões infixas. Isso facilita a leitura do programa para pessoas que não conhecem LISP.

**Objetivo 4: Avaliar expressões aritméticas contendo let e let\*.**

- Sem consultar o exemplo anterior, calcule o valor de `delta` para: `a=2.0`, `b=8.0` e `c=6.0`.

```
#lang racket
(let* [ (a 2.0) (b 8.0) (c 6.0)
       (bb (* b b))
       (4*a*c (* 4.0 a c))]
  (- bb 4*a*c))
```

Correr

16.0

- A circunferência da terra mede 40.000 km. Qual é o raio do planeta em metros?

```
#lang racket
(let [ (2pi (* 2 pi))
       (km 1000)
       (c 40000)]
  (/ (* c km) 2pi))
```

Correr

6366197.7236758

- Quanto vale um ano-luz?

```
#lang racket
(let* [ (km/s 300000)
       (km/h (* km/s 60 60))]
  (* km/h 24 365))
```

Correr

94608000000000

- Defina ano-luz em quilômetros. Qual é o raio do universo em km, sabendo que tem 40 bilhões de anos-luz?

```
#lang racket
(define anoluz
  (let* [(km/s 3e5)
         (km/h (* km/s 60 60))]
    (* km/h 24 365)))
```

Correr

```
> (* 40e9 anoluz)
3.78432e23
```

É possível utilizar o `let` para implementar repetições. Nesse caso, o `let` tem um identificador, que é tratado como se fosse uma função; as variáveis locais são consideradas argumentos dessa função. No exemplo abaixo, o identificador do `let` é uma função `loop`, que tem dois argumentos, `i` e `acumulador`. O `let` suspende a execução quando o contador torna-se menor que 1. Em caso contrário, repete-se o corpo do `let`, decrementando-se a variável `i` e multiplicando-se o `acumulador` por `i`. Como `i` é decrementada com cada repetição, acabará atingindo um valor menor que 1, interrompendo o ciclo.

```
#lang racket
(let loop
  [ (i 5)
    (acumulador 1)
    ]; valores iniciais
  ( if
    (< i 2);Condição de parada
    acumulador
    ;else
    (loop (- i 1)
          (* acumulador i))
    ); Fim do if
  );fim do let
};;Variáveis locais
```

Veja o que ocorre se se executar esse `let`. Inicialmente, tem `i=5` e `acumulador=1`, conforme mostrado abaixo.

1. `(loop 5 1)` — Cai no `else...`
2. `(loop (- i 1) (* acumulador i))` → `(loop 4 5)` — Cai no `else...`
3. `(loop (- i 1) (* acumulador i))` → `(loop 3 20)` — Cai no `else...`
4. `(loop (- i 1) (* acumulador i))` → `(loop 2 60)` — Cai no `else...`
5. `(loop (- i 1) (* acumulador i))` → `(loop 1 120)` — Termina a repetição, Produzindo-se o valor armazenado no `acumulador`.

No código anterior, expressamos a condição de parada com a forma `if`. Essa forma tem uma única condição e duas ações, uma para quando a condição é verdadeira (`#t`) e outra para quando a condição é falsa (`#f`). A forma `cond` permite expressar um número indeterminado de condições, sendo que cada condição está associada com várias ações. Em cada repetição, a forma `cond` testa as condições em sequência, executando apenas as ações da primeira condição verdadeira.

```
#lang racket
(let loop
  [ (i 1)
    (acumulador 1)
  ]; valores iniciais
  (cond
    [ (> i 10);Condição de parada
      acumulador ]
    [ else
      (display "i= ")
      (display (- i 1))
      (display " acumulador= ")
      (display acumulador)
      (newline)
      (loop (+ i 1) (* acumulador i)) ]
  ); Fim do cond
);fim do let
} };Variáveis locais
```

Com o programa mostrado acima, temos que o botão **Correr** produzirá a seguinte resposta do Racket:

```
i= 0 acumulador= 1
i= 1 acumulador= 1
i= 2 acumulador= 2
i= 3 acumulador= 6
i= 4 acumulador= 24
i= 5 acumulador= 120
i= 6 acumulador= 720
i= 7 acumulador= 5040
i= 8 acumulador= 40320
i= 9 acumulador= 362880
3628800
```

**Objetivo 5: Repetições.** O educando deve realizar repetições com `named-let`.

- Somar os inteiros de 1 a 100.

```
#lang racket
(let loop
  [ (i 100) (acum 0) ]
  (if (< i 1) acum
      (loop (- i 1)
            (+ acum i))))
```

**Correr**  
5050

- Avaliar um `named-let` que imprime uma tabela dos fatoriais de 0 a 4.

```
#lang racket
(let loop [ (i 1) (f 1) ]
  (cond [ ($>$ i 5) (newline)]
        [ else ~ (newline)
          (display (- i 1))
          (display "!=")
          (display f)
          (loop (+ i 1)
                (* i f))]))
```

Correr

```
0!= 1
1!= 1
2!= 2
3!= 6
4!= 24
```

O conjunto  $S$  de todos os possíveis resultados de um experimento é dito *espaço amostral*. Um resultado particular, ou seja, um elemento de  $S$ , é dito *amostra*. Um par de dados é lançado e os dois números são registrados. Escrever no arquivo **AMOSTRAL2dados.scm** um *named-let* que forneça o espaço amostral correspondente a esse experimento.

Listing A.10: AMOSTRAL2dados.scm

```
#lang racket
(let dois-dados
  [ (i 1) (j 1) ]
  (cond [ (> i 6) ]
        [ (> j 6)
          (newline)
          (dois-dados (+ i 1) 1) ]
        [ else
          (display i)
          (display ",")
          (display j)
          (display "=")
          (display (+ i j))
          (display "\u00a9")
          (dois-dados i (+ j 1)) ] )))
  1
  2
  3
  4
  5
  6
  7
  8
  9
  10
  11
  12
  13
  14
  15
```

Faça correr no Racket o *named-let* da listagem A.10, de modo a obter a impressão do espaço amostral correspondente ao lançamento de dois dados.

```
1,1=2 1,2=3 1,3=4 1,4=5 1,5=6 1,6=7
2,1=3 2,2=4 2,3=5 2,4=6 2,5=7 2,6=8
3,1=4 3,2=5 3,3=6 3,4=7 3,5=8 3,6=9
4,1=5 4,2=6 4,3=7 4,4=8 4,5=9 4,6=10
5,1=6 5,2=7 5,3=8 5,4=9 5,5=10 5,6=11
6,1=7 6,2=8 6,3=9 6,4=10 6,5=11 6,6=12
#t
```

**Objetivo 6: Definir funções em um arquivo.** O educando vai aprender definir novas funções em um arquivo e fazê-las correr no Racket para testá-las. Para começar, digite a listagem A.11 no arquivo C:/arit/esfera.scm.

Listing A.11: C:/arit/esfera.scm

```

#lang racket
(define volume
  (let [ (4/3 pi (* 4/3 pi)) ]
    (λ(r) (* 4/3 pi r r r)) )
  )
(define area (λ(r) (* 4 pi r r)) )

```

Na listagem A.11, a abstração  $(\lambda(r)(* 4 \pi r r))$  introduz um parâmetro  $r$  na expressão  $(* 4 \pi r r)$  que representa o valor produzido pela função. Quando avaliamos a aplicação `(area 1.0e12)`, o parâmetro  $r$  é substituído por  $1.0e12$ , de modo que a expressão se torna  $(* 4 \pi 1.0e12 1.0e12)$ .

- Arquimedes estimou o raio do universo em 1 trilhão de milhas. Qual o volume do universo em milhas cúbicas? > `(volume 1.0e12)`  
 $4.1887902047864e36$

Uma coisa interessante ocorre com a função  $(\lambda(r)(* 4/3\pi r r r))$ . No momento de sua definição, ela estava envolvida por um `let`. Isso significa que ela vai conhecer para todo e sempre o valor de  $4/3\pi$ , que é a variável local do `let`. A definição de `volume` identifica uma estrutura chamada *closure*, que é constituída por duas partes, a expressão  $(\lambda(r)(* 4/3\pi r r r))$  e um ambiente contendo a variável  $4/3\pi$ , introduzida pelo `let`.

O programa da listagem A.11 foi interpretado pelo ambiente Racket. Programas interpretados são sempre mais lentos do que programas compilados, visto que o compilador traduz código em Scheme para linguagem de máquina, que o computador executa diretamente.

Observa-se, então, como compilar o programa da listagem A.11, usando o código da listagem A.12.

Listing A.12: Um programa compilado

```

#lang racket
(define volume
  (let [((4/3 pi) (* 4/3 pi))]
    (λ(r) (* 4/3 pi r r r)) ))
1
2
3
4

(let* [ (c (current-command-line-arguments))
        (s (vector-ref c 0))
        (n (string→number s)) ]
  (display (volume n)))
6
7
8
9

#|
C:\arit> esfera 1.0e12
10
11
4.1887902047864e36
12
|#  

13

```

A linha 6 da listagem A.12 armazena os argumentos da linha de comando em um vetor *c*. No nosso caso, esse vetor tem um único elemento:

```
#("1.0e12")
```

Evidentemente, o elemento de índice 0 desse vetor é o raio da esfera. Para obtê-lo, usamos o comando (*vector-ref c 0*), conforme podemos ver na linha 7 da listagem A.12. Aqui, porém, temos um probleminha. No vetor *c*, o elemento de índice 0 é uma *string* e precisamos de um número. Para transformar a representação numérica de *string* para binário, usamos a aplicação (*string->number s*), conforme podemos ver na linha 8. A compilação em si é bastante simples: basta escolher a opção **Racket/Criar Executável** no ambiente Racket.

**Objetivo 7. Let rotulado no corpo de funções.** A forma mais comum de efetuar repetições em Scheme é o *let* rotulado, também chamado *named-let*. O educando deve ser capaz de traduzir para o *let* rotulado qualquer um dos programas iterativos ou recursivos que codificou utilizando outras formas de expressar repetição. Deve também programar, sem consultas, qualquer um dos problemas retirados da lista *Ninety Nine Prolog Programs* e reapresentados neste tutorial. Finalmente, o educando deve utilizar o *let* rotulado para escrever analisadores léxicos para português e linguagens de programação. Em particular, deve ser capaz de reescrever, sem consultas, um analisador léxico que transforma uma *string* em lista de palavras e separadores, onde cada palavra e cada separador é uma *string*:

```
1:=> (words "um, dois, três.")
("um" "," "dois" "três" ".")
```

A listagem A.13, que calcula uma tabela de senos, oferece mais um exemplo de repetição usando o `let` rotulado.

Listing A.13: Tabela de senos

```
#lang racket
(define (tabela dg dr)
  (let loop ((i 0) (r 0))
    (display "sin_")
    (display i)
    (display "=")
    (display (sin r)) (newline)
    (when (< i 360)
      (loop (+ i dg) (+ r dr)))))
```

Correr

```
> (tabela 30 (/ pi 6))
sin 0= 0
sin 30= 0.5
sin 60= 0.8660254037844386
sin 90= 1.0
sin 120= 0.8660254037844387
sin 150= 0.5
sin 180= 0.0
sin 210= -0.5
sin 240= -0.8660254037844384
sin 270= -1.0
sin 300= -0.8660254037844386
sin 330= -0.5
sin 360= 0.0
```

Note que o nome do `let` não precisa ser `loop`. Poderia ser `denovo`, `again`, `outra-vez`, `repita`, etc.

```
#lang racket
(define (tabela dg dr)
  (let again ( (i 0) (r 0) )
    (display "sin ") (display i)
    (display "= ") (display (sin r)) (newline)
    (when (< i 360)
      (again (+ i dg) (+ r dr) ) ) ))
```

Agora, vamos usar o `let` rotulado para definir a função de Fibonacci (listagem A.14). Matematicamente, a série de Fibonacci é obtida pela seguinte relação de recursão:

$$fib(n) = \begin{cases} 1 & \text{quando } n = 0 \\ 1 & \text{quando } n = 1 \\ fib(n - 1) + fib(n - 2) & \text{quando } n > 1 \end{cases}$$

Considerando que `f0=1` e `f1=1`, o `let` é inicializado como mostra a linha 4. Na linha 6, temos que `fi+1= (+ fi-1 fi)`. Quando `i=n`, a repetição termina e a resposta está em `fi` (ver linha 5).

Listing A.14: Fibonacci iterativo: fibo.scm

```
#lang racket
(define (fib n)
  (let next ( (i 1) (fi-1 1) (fi 1))
    (if (>= i n) fi
        (next (+ i 1) fi (+ fi-1 fi ) ) )))
```

Correr

```
> (fib 5)
8
> (fib 40)
165580141
> (fib 100)
573147844013817084101
> (fib 200)
453973694165307953197296969697410619233826
> (fib 300)
359579325206583560961765665172189099052367214309267232255589801
```

# Referências Bibliográficas

[ABTD] ABTD. Associação Brasileira de Treinamento e Desenvolvimento. Disponível em: [www.abtd.com.br](http://www.abtd.com.br). Acessado em: 11/08/2011.

[ALENCAR,1998] ALENCAR, Edgard.; GOMES, Marcos Affonso Ortiz. Metodologia de pesquisa social e diagnóstica participativo. Lavras. UFLA/FAEPE, 1998.

[ANDERSEN,2001] ANDERSEN. E. Rasch Symposium in honor of Georg Rasch. Rasch Measurement Transactions, 2001.

[ANDERSON,2001] ANDERSON, L. W. e KRATHWOHL, D. R. A taxonomy for learning, teaching, and assessing. New York: Longman. 2001.

[ANDRADE,2000] ANDRADE, Dalton Francisco de.; TAVARES, Heliton Ribeiro; VALLE, Raquel da Cunha. Teoria da Resposta ao Item: conceitos e aplicações. SINAPE, 2000.

[ANTUNES,1996] ANTUNES, Celso. A grande jogada: Manual Construtivista de como estudar. Petrópolis, Editora Vozes, 1996.

[BAUM,2006] BAUM, Willian M. Compreender Behaviorismo: comportamento, cultura e evolução. 2 ed. Porto Alegre, Editora Artmed, 2006.

[BIGGE,1977] BIGGE, Morris L. Teorias da aprendizagem para professores. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1977.

[BORTONI-RICARDO,2008] BORTONI-RICARDO, Stella Maris. O professor pesquisador: introdução à pesquisa qualitativa. São Paulo. Parábola Editorial, 2008.

[CAMPOS,1997] CAMPOS, Geraldo Maia. Estatística Prática para Docentes e Pós-Graduandos, 1997. Disponível em: <http://www.forp.usp.br> Acessado em: 29/07/2011.

[CARVALHO,2001] CARVALHO, A.V. Treinamento: princípios, métodos e técnicas. São Paulo. Editora Pioneira, 2001.

[CASTRO,2011] CASTRO, Amélia Hamze. O que é aprendizagem? Disponível em: <http://educador.brasilescola.com/trabalho-docente/o-que-e-aprendizagem.htm>. Acessado em 04/11/2011.

[CHACHAMOVICH,2007] CHACHAMOVICH, Eduardo. Teoria de resposta ao item: aplicação do modelo Rasch em desenvolvimento e validação de instrumentos em saúde mental. Tese (Doutorado em Medicina) Programa de Pós-graduação em Ciências Médicas: Psiquiatria. Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

[CHIAVENATO,1999] CHIAVENATO, Idalberto. Treinamento e Desenvolvimento de Recursos Humanos: como incrementar talentos na empresa. São Paulo. Editora Atlas, 1999. Disponível em: <http://www.revistasermais.com.br> Acessado em 10/08/2011.

[COUTINHO,1991] COUTINHO, M. T. C., MOREIRA, M. C. Psicologia da educação. São Paulo: Lê, 1991.

[DrRACKET] DrRACKET. Programming Environment Disponível em <http://racket-lang.org/> Acessado em janeiro de 2011.

[FONSECA,1996] FONSECA, Jairo Simon da.; MARTINS, Gilberto de Andrade. Curso de Estatística. 6a Ed. São Paulo. Ed. Atlas, 1996.

[FOUCAULT,1987] FOUCAULT, M. Vigiar e punir: nascimento da prisão. Petrópolis. Editora Vozes, 1987.

[FRANCO] FRANCO, Paula. Andragogia: uma estratégia em TD. Disponível em: <http://www.revistasermais.com.br> Acessado em 10/08/2011.

[FREIRE,1987] FREIRE, Paulo. Pedagogia do Oprimido. Rio de Janeiro, Editora Paz e Terra, 1987. Disponível em:[http://www.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/ater/livros/Pedagogia\\_do\\_Oprimido.pdf](http://www.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/ater/livros/Pedagogia_do_Oprimido.pdf) Acessado em: 02/08/2011.

[FREIRE,1977] FREIRE, Paulo. Pedagogia do oprimido. 4.ed. São Paulo, Editora Paz e Terra, 1977.

[GADOTTI,2003] GADOTTI, Moacir. Teoria, método e experiências Freireanas. 2003 Disponível em: <http://forumeja.org.br/node/590>. Acessado em 10/08/2011.

[GALLOWAY,1976] GALLOWAY, Charles. Psicologia da aprendizagem e do ensino. Ed. Cultrix, 1976.

[JUSTINO,2011] JUSTINO, Maria Inês de Souza Vitorino. Ponto de enunciado ENEM – Modelo Logístico: TRI. Escrito em: 22/12/2011. Disponível em: <http://litereecrie12.blogspot.com/2011/12/pontuacao-enem-modelo-logistico-tri.html>. Acessado em: 08/01/2012.

[LIMA,2003] LIMA, Adriana Oliveira. Fazer escola: a gestão de uma escola piagetiana. Petrópolis, Editora Vozes, 2003.

[MAGER,1974] MAGER, Robert Frank. Objetivos para o ensino efetivo. 4 ed. Rio de Janeiro, Editora Senai Publicações Técnicas. 1974.

[MAGER,1976a] MAGER, Robert Frank. Atitudes favoráveis ao ensino. Rio de Janeiro, Editora Globo, 1976.

[MAGER,1976b] MAGER, Robert Frank. A formulação de objetivos de ensino. Porto Alegre, Editora Globo, 1976.

[MAGER,1981] MAGER, Robert Frank. Medindo os objetivos de ensino. Porto Alegre, Editora Globo, 1981.

[MAGER,2001] MAGER, Robert Frank. O que todo chefe deve saber sobre treinamento: um guia para valorizar seu dinheiro aplicado em treinamento. Ed. Market Books, 2001.

[MAGER,1976] MAGER, Robert Frank; BEACH, Kenneth M. O planejamento do ensino profissional. Porto Alegre, Editora Globo, 1976.

[MANZANO,2000] MANZANO, Robert. Criando projetos: estrutura de raciocínio Taxonomia de Bloom: um novo olhar sobre uma velha corrente. Disponível em: <http://download.intel.com/education/Common/br/Resources/-DEP/skills/Bloom.pdf>. Acessado em: 12/08/2011. 2000.

[MERCCHÁN,2000] MERCCHÁN, P. A. Teorías del aprendizaje. Madrid: Taymar, 2000.

[MOREIRA,2010] MOREIRA, Meyre Anne Sampaio; CIRQUEIRA, Maria Floraci; SILVA, Marimi Carneiro da. Teorias Behavioristas. Universidade Aberta do Brasil – UAB, Universidade do Estado da Bahia – UNEB Núcleo de Educação à Distância – NEAD. 2010

[MIZUKAMI,1986] MIZUKAMI, Maria das Graças Nicoletti. Ensino: as abordagens do processo. Editora EPU. São Paulo, 1986.

[PARREIRAS,2000] PARREIRAS, Maria Celita de Oliveira. Teoria behaviorista ou comportamentista. Disponível em: <http://www.robertexto.com/archivo5/behaviorista.htm>. Acessado em 14/08/2011.

[PINHEIRO,2009] PINHEIRO, João Ismael D. [et al.]. Estatística básica: a arte de trabalhar com dados. Rio de Janeiro/RJ – Ed. Elsevier, 2009.

[PORTO,2008] PORTO, Renata Sobrinho. Repensando a Educação Tradicional. 2008 Disponível em: <http://www.partes.com.br/educacao/re-pensando-educacao.asp>. Acessado em 10/08/2011.

[PORTUGAL,1995] PORTUGAL, Marcelo Savino. Notas Introdutórias sobre o Princípio de Máxima Verossimilhança: Estimação e Teste de Hipóteses. DECON / UFRGS, Porto Alegre, Abril 1995. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/decon/publionlineportugal.htm>. Acessado em fevereiro de 2011.

[PRIMI,2004] PRIMI, Ricardo. Avanços na interpretação de escalas com a aplicação da Teoria de Resposta ao Item. Avaliação Psicológica, volume 3, numero 1. Porto Alegre, junho 2004.

[RODRIGUES,2005] RODRIGUES, Maria Isabel.; IEMMA, Antonio Francisco. Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos: uma estratégia sequencial de planejamentos. Campinas/SP – Ed. Casa do Pão, 2005.

[SAVIANI,1980] SAVIANI, Demerval. Escola e Democracia: A teoria da curvatura da vara. ANDE Revista da Associação Nacional de Educação. São Paulo, volume 01, páginas 23-33. 1980. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/6175564/Escola-e-Democracia-Dermeval-Saviani>. Acessado em: 02/08/2011.

[SEBESTA,2003] Robert W. Sebesta. Conceitos de linguagens de programação. 5 edição. Porto Alegre: Bookman, 2003.

[SOUZA,2002] SOUZA, Adriano Mendonça [et al.]. Introdução a projetos de experimentos: caderno didático. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Departamento de Estatística, 2002.

[TEIXEIRA,2009] TEIXEIRA, Gilberto. Elaboração de objetivos educacionais no ensino superior. Disponível em: <http://serprofessoruniversitario.pro.br>. Acessado em: 11/08/2011. 2009.

[TEIXEIRA] TEIXEIRA, Raimundo Nonato. A alfabetização de jovens e adultos - a abordagem de Paulo Freire. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/12464217/alfabetizacao-de-adultos-abordagem-de-Paulo-Freire>. Acessado em: 05/08/2011.

[TELLES] TELLES, Marcos. A taxonomia de Bloom. Disponível em: <http://www.dynamiclab.com/moodle/mod/forum/discuss.php?d=436>. Acessado em 05/08/2011.

[WAZLAWICK,2008] WAZLAWICK, Raul Sidnei. Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação. Rio de Janeiro/RJ. Ed. Campus, 2008.

[ZANOTTO,2000] ZANOTTO, Maria de Lourdes Bara. Formação de Professores a contribuição da análise do comportamento. São Paulo. Editora EDUC, 2000.