José Francisco Custódio Filho

Explicando Explicações na Educação Científica:

Domínio Cognitivo, Status Afetivo e Sentimento de Entendimento

Tese de Doutorado

Florianópolis – SC
2007

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas
Centro de Ciências da Educação
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica

Explicando Explicações na Educação Científica: Domínio Cognitivo, Status Afetivo e Sentimento de Entendimento

Tese submetida ao Colegiado do Curso de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica em cumprimento parcial para obtenção do título de Doutor em Educação Científica e Tecnológica.

José Francisco Custódio Filho

Orientador: Prof. Dr. Frederico Firmo S. Cruz
Co-orientador: Prof. Dr. Maurício Pietrocola

Florianópolis – SC
2007

Para Ivana, Roseli, José, Edson, Amanda, Cristiane e Claudiana

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Frederico Firmo de Souza Cruz, pela orientação, pela confiança, por aceitar o desafio e pela amizade.

Ao Prof. Dr. Maurício Pietrocola, pela orientação desde a iniciação científica até este momento, mas também pela "orientação" em outros aspectos da vida que vão além do formal.

Aos Professores Dr. Arden Zylbersztajn e Dr. Demétrio Delizoicov, pelas contribuições na fase ainda embrionária deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José de Pinho Alves Filho, pelas contribuições e incentivo.

Aos demais professores do PPGECT/UFSC.

Ao apoio recebido pelos amigos do Departamento de Física da Universidade do Estado de Santa Catarina, representados nas pessoas dos Professores Dr. Vitor Hugo Garcia e Dr. Jacimar Nahorny.

A todos os colegas da turma de doutorado de 2002.

Agradeço, em especial, ao Dr. Elio Carlos Ricardo e ao Dr. Mikael Frank Rezende Júnior, meus companheiros em vários trabalhos e membros fundadores da *Escola de Florianópolis*.

À Profa. Dra. Terezinha de Fátima Pinheiro, por ceder seus pupilos do Colégio de Aplicação da UFSC para o trabalho empírico.

Ao pessoal do LAPEF-USP, em especial, ao Ivã Gurgel, pelo apoio logístico durante a minha permanência na cidade de São Paulo, e a Talita Raquel Romero, pela ajuda na coleta de dados.

Aos meus alunos.

Ao povo brasileiro, pelo apoio financeiro por intermédio da CAPES.

“A mente fica satisfeita quando adere ao conhecimento”

Michel Paty

Uma história para começar

Quando estava na escola de Ensino Fundamental, a professora de Ciências levou toda a turma da 6ª série a uma fazenda nas imediações do colégio para ver uma manada de búfalos. Poucos de nós haviam visto anteriormente um búfalo de verdade, e essa experiência deixou todos muito encantados. Nós corríamos ao lado da cerca, observávamos o tamanho e a cor dos animais, achamos engraçado o tamanho dos chifres, vimos como eram criados em cativeiro, e até nos preocupamos com a sua classificação científica quando a professora explicava. No momento de ir embora, nós queríamos ficar mais tempo e entender outras coisas sobre aqueles animais, mas voltamos para escola muito satisfeitos. Quando cheguei em casa contei a todos o que havia ocorrido e expliquei o que era um búfalo. Após aquela experiência emocional extremamente intensa, nós entendíamos exatamente o que eram aqueles animais. Esta tese trata daqueles sentimentos e de todos outros que me trouxeram até aqui

RESUMO

Esse trabalho visa compreender a dimensão afetiva das explicações que os estudantes constroem sobre o mundo. Apontamos a premência de estendermos as questões sobre habilidades necessárias aos estudantes à incorporação e operacionalização de conhecimentos científicos a fim de contemplar padrões afetivos envolvidos.Embora explicações sejam o elemento essencial na comunicação dos saberes no cotidiano da sala de aula, não se têm muito claro os mecanismos que levam alguém a aceitar uma explicação. Assim, um objetivo deste trabalho será compreender os critérios de qualidade de uma *explicação* escolar. Visto que explicações intuitivas se superpõem com as explicações obtidas na escola, acreditamos que um dos critérios de legitimação de uma explicação é o poder de gerar *sentimento entendimento. Sentimento de entendimento* é considerado a satisfação intelectual afetiva que provoca a aceitação de uma explicação, ou o sentimento que se conquistou entendimento da explicação.Com uso de questionários, verificamos que os estudantes de graduação indicam majoritariamente razões de ordem afetiva na escolha de seguir a carreira na área científica. Entrevistas com alunos do Ensino Médio mostraram atribuição de valores afetivos às explicações escolares. Tais valores, em geral, foram descritos em termos de sentimentos positivos associados ao entendimento gerado por explicações escolares. A presença dos quais nos chamamos de *status afetivo* que seria a variável observável do *sentimento de entendimento*. Concluímos que o *sentimento de entendimento* deva ser valorizado na educação científica afim de que os estudantes construam relações mais permanentes com o saber científico

ABSTRACT

This work intends to understand the affective dimension of explanations building by students about the world. We indicate the urgency of extend the questions about student´s skills to incorporation and operationalization of the scientific knowledges in order to contemplate affective patterns involved. Though explanations are the essential element in the communication of knowledge in the daily life of the classroom, there have not been very clearly the mechanisms that take anybody accepting an explanation. Therefore, an objective these work will be understands the criteria of quality of scholar's explanations. Since intuitive explanations are superposed by the explanations obtained in the school, we believe that one of the criteria of legitimation of an explanation is the power of producing *feeling of understanding. Feeling of understanding* is considered the intellectual affective satisfaction that provokes the acceptance of an explanation, or the feeling that we conquered understanding of the explanation. With use of questionnaires, we check that the students of graduation indicate mainly reasons of affective order in the choice to follow the run in the scientific area. Interviews with pupils of the Secondary education showed attribution of affective values to the school explanations. Such values, in general, were described in terms of positive feelings associated to the understanding produced by school explanations. We call they of *affective status* that would be the observable variable of the *feeling of understanding*. We concluded that the *feeling of understanding* should be valued in the scientific education in order the students build more constant relations with the scientific knowledge.

SUMÁRIO

Resumo VII
Abstract VIII
Sumário IX

Introdução 1

Cap. 1 - Afeto, emoções e sentimentos: a emergência na educação científica 16

1.1 - Introdução 16
1.2 - Cognição e afetividade: o caminho de aproximação na educação científica 22
1.3 - Descritores básicos do domínio afetivo: crenças, atitudes emoções e sentimentos 32
1.3.1 - Crenças 32
1.3.2 - Atitudes 35
1.3.3 - Emoções 35
1.4 - Uma perspectiva neurobiológica das emoções 43
1.5 - Interação cognição-afeto: uma síntese 49

Cap. 2 - Explicando modelos, explicações, entendimento e sentimento de entendimento 52

2.1 - Introdução 52
2.2 - Como os modelos explicam 53
2.3 - Explicações científicas 60
2.4 - Explicações cotidianas e na educação científica 63
2.5 - Critérios de avaliação de explicações 69
2.6 - Entendimento científico 72
2.7 - Entendimento na educação científica 79
2.7.1 - Conhecimento e crença 82
2.8 - Explicações e afetividade 84
2.8.1 - Sentimento de entendimento 86

Cap. 3 - A dimensão afetiva do pensamento científico 90

3.1 - Introdução 90
3.2 - Racionalidade científica 94
3.3 - Making of do fazer científico 100
3.4 - Revolução científica emocional 110
3.5 - Mentes satisfeitas... 114

Cap. 4 - O desejo de explicar: conflitos, curiosidade e sentimento de entendimento 116

4.1 - Introdução 116
4.2 - Mudança conceitual e a idéia de conflito cognitivo 117
4.3 - Conflitos e a condição de insatisfação 122
4.4 - Curiosidade e exploração 127
4.5 - Análise das seções anteriores 130
4.6 - Na busca do sentimento de entendimento 132

Cap. 5 - Contrastando empiricamente a hipótese do sentimento de entendimento 134

5.1 - Introdução 134
5.2 - Experimento 1 136
5.2.1 - A amostra 137
5.3 - Resultados 137
5.3.1 - Episódios Afetivos 142
5.3.1.1 - Emoções de base epistemológica 143
5.3.1.2 - Emoções de base valorativa 150
5.3.1.3 - A centralidade das explicações 155
5.4 - Discussão 162
5.5 - Experimento 2 165
5.5.1 - A amostra 165
5.6 - Resultados 166
5.7 - Discussão 173
5.8 - Experimento 3 177
5.8.1 - A amostra 179
5.9 - Resultados 179
5.9.1 - Parte quantitativa do estudo 179
5.9.2 - Parte qualitativa do estudo 181
5.9.2.1 - Exemplos extraídos das transcrições 182
5.10 - Discussão 195

Cap. 6 - O sentimento de entendimento provocado pela noção de sentimento de entendimento 198

6.1 - Introdução 198

6.2 - Revisão da noção de sentimento de entendimento 199
6.3 - Reanálise de um exemplo 206
6.4 - Múltiplos saberes e a noção de sentimento de entendimento 210
6.5 - Modelos, realidade e sentimento de entendimento 213
6.6 - Limites e outros potenciais da noção de sentimento de entendimento 221
6.7 - A mente fica satisfeita quando adere ao conhecimento? 223

Referências bibliográficas 224

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, esforços dos mais diversos procuram estender a cultura científica ao maior número de cidadãos. Na educação formal, as reformulações curriculares insistem em enfatizar a necessidade de um ensino de ciências contextualizado, no âmbito da história e das relações sociais humanas, já que este nível de ensino será tomado como o último ciclo da educação básica (BRASIL, 1999). Assim, cresceu a importância desta etapa de formação, ela passa a ser um fim e não um meio do processo, pois se espera que, além do domínio de conteúdos específicos das disciplinas os alunos sejam capazes de atuar criticamente sobre a realidade (BRASIL, 2002). Também os espaços informais (revistas de divulgação, museus, televisão, entre outros), ao promoverem crescentemente a difusão de saberes científicos, colocam a presença da ciência, ao menos quantitativamente, num status jamais alcançado.

Contudo, quando se trata de uma análise qualitativa, os resultados são frustrantes e os objetivos supracitados cada vez mais distantes. Na prática, o ensino de ciências ainda conserva uma perspectiva propedêutica. Em particular, o conhecimento de Física permanece visto com um fim em si mesmo, desarticulado de qualquer compreensão de mundo, com validade circunscrita nos limites da escola. O conhecimento científico da maneira tradicionalmente ensinada recorrentemente confunde a formalização do conhecimento, com o que podemos alcunhar de "formulização". Formalizar concerne a expressar os modelos e conceitos físicos em uma linguagem organizada, permitindo assim a percepção e explicação de regularidades nos fenômenos e derivação de conseqüências

observáveis; enquanto "formulizar" se restringe a conversão dos saberes em estratégias de êxito puramente escolar, pois as equações não denotam conteúdo semântico, apenas maneiras prontas de tratar quantidades sem fazer pensar sobre suas relações com mundo; muito menos, contribui para diminuir o *status* das representações intuitivas trazidas para sala de aula.

Para aqueles interessados em seguir carreiras científicas, a segunda compreensão, embora pobre, justificar-se-ia no fato de haver expectativa de continuidade nos estudos, deste modo, o encontro com os significados ocorreria gradualmente numa etapa de formação posterior. Mas, ela não pode ser a mesma a ditar o destino das representações científicas dos estudantes que não ingressarão na comunidade, principalmente. Esta abordagem permite destacar o questionamento tomado como de fundo neste trabalho:

1- Qual tipo de vínculo com conhecimento científico pode ser construído nas aulas de Física?

Na medida em que para os estudantes que não pretendem seguir carreiras técnico-científicas o conhecimento científico, muitas vezes, é pouco relevante, e sua apreensão torna-se contestável enquanto via de *satisfação* pessoal. O que leva os estudantes a aprenderem ciências e, conseqüentemente, expressar *entendimento* sobre o mundo talvez mereça uma discussão mais ampla do que tentar adicionar a estrutura conceitual do aluno critérios racionais de escolha entre o conhecimento científico e o senso comum (POSNER *et al.*, 1982; DRIVER, 1988, ASTOLFI, 1993, SAMARAPUNGAVAN, 1992; BREWER *et al*., 1998). Tal enfoque é satisfatório no contexto escolar, mas fora, principalmente, parece existir outros critérios. Os alunos não são pequenos cientistas e dificilmente aplicam critérios racionais (*inteligibilidade*, *adequação empírica,* etc) ao aceitarem *explicações*. **Numa perspectiva de ciência para todos, outros aspectos devem ser valorizados, portanto, seria interessante procurarmos compreender uma dimensão não racional das representações que os estudantes constroem do mundo[1].**

No dia-a-dia qualquer indivíduo conduz suas ações na vida, numa dimensão entre *razão* e *afetividade*. Escolher uma roupa de tal cor, ouvir certo tipo de música até mesmo aderir a uma religião, envolve critérios para além do racional. Os indivíduos buscam

[1] *Representação* é uma definição ampla que contempla modelos mentais, esquemas, imagens e outras estruturas mentais postuladas pela psicologia cognitiva. No capítulo 3 trataremos do tema com maior precisão.

satisfazer seus anseios, expectativas e necessidades. Por exemplo, para um amante de rock (algumas músicas deste tipo contém apenas três acordes) a música clássica muito mais refinada e harmônica, não lhe proporciona qualquer satisfação. Neste caso, como em muitos outros, não adiantaria ninguém apresentar uma explicação racional em termos de teoria musical porque dificilmente conseguiria ultrapassar o revestimento afetivo criado em situações agradáveis vivenciadas anteriormente por este indivíduo. Com certeza, as relações estabelecidas pelos indivíduos com o mundo que os cerca são as mais variadas possíveis, e nelas a influência da afetividade é fundamental. *"As emoções são expressão, ou mesmo a própria essência, do conhecimento avaliador"* (STOCKER & HEGEMAN, 2002, p. 29). Assim, podemos desdobrar o primeiro questionamento em:

2- As relações estabelecidas com o conhecimento científico guardam uma dimensão afetiva?

Pretendemos mostrar que sim. Se observarmos, nem o programa da ciência encerra-se na racionalidade. Trabalhos científicos, ao contrário da imagem freqüentemente exacerbada, se constituem não somente na base racional do pensamento. Embora o produto final da ciência tenha componentes lógicos, analíticos e experimentais, o trabalho do cientista envolve aspectos que guiam suas concepções, entre os quais se encontram componentes *estéticos, metafísicos*, *afetivos,* dentre outros. Determinadas visões de mundo contribuem para *insatisfação* persistente do cientista com determinadas *explicações* sobre a realidade. A natureza ilógica do processo de produção científica contrasta com a base lógica dos seus conceitos (HOLTON, 1979). Pode-se perceber nas palavras de eminentes cientistas o profundo prazer obtido ao construírem interpretações sobre o mundo. RICHARD FEYNMAN, por exemplo, apresenta razões de ordem inteiramente afetiva, falando sobre sua motivação em ser físico.

> Porque eu gostava de fazê-la [física]? Eu costumava brincar com ela. Costumava fazer o que me apetecesse fazer. Não tinha nada a ver com o fato de ser importante para o desenvolvimento da física nuclear, mas, ao invés, se para mim era interessante ou divertido... eu inventava coisas com que brincava, para meu próprio divertimento... [uma vez] estive na cantina quando um fulano, numa brincadeira de mau gosto, atira-me um prato pelo ar. Na medida em que o prato ia subindo, eu vi-o oscilar e verifiquei o emblema vermelho de Cornell [universidade] no prato a girar. Para mim, estava bem claro que a medalha girava mais rápido que a oscilação. Eu não tinha nada a fazer e, portanto, comecei a imaginar o movimento do prato em rotação. Descobri que quando o ângulo é muito pequeno, a medalha gira duas vezes mais rápido do que a oscilação: duas a uma. Apresentou-

> me como uma equação complicada! Eu não me lembro de como o fiz, mas, em definitivo, concebi o que o movimento das partículas de massa é, e como todas as acelerações se equilibram para que o resultado final fosse de "duas para uma". Ainda me lembro de ter ouvido Hans Bethe dizer-me, "Hey, Feynman, isso é muito interessante, mas qual é a sua importância? Porque estás a fazê-lo?" Hah, disse eu. Não tem qualquer importância ou que quer que seja. Estou a fazê-lo só por fazer. A reação dele não me desencorajou. Tinha tomado a minha decisão. Eu ía divertir-me com a física e faria o que quisesse... Os diagramas e tudo o que me levou a ganhar o prémio Nobel, vieram do que fiz com o prato oscilante (FEYNMAN, 1985, p. 173 - 174).

O divertimento e o desejo de conhecer de Feynman, aliados às inúmeras experiências emocionais positivas obtidas por ele ao longo da sua carreira de físico não é um caso isolado, como veremos ao longo desse trabalho. Inspirados nestes casos apontamos a premência de estendermos as questões sobre habilidades necessárias aos estudantes à incorporação e operacionalização de conhecimentos científicos a fim de contemplar padrões afetivos envolvidos. **Nós suspeitamos que a construção de *vínculos afetivos* com o conhecimento científico daria uma garantia maior de sobrevivência aos mesmos fora do contexto escolar**.

Uma das faces de nossa problemática está intimamente relacionada com o déficit representacional decorrente da maneira tradicional de se ensinar Física. **Em outras palavras, os alunos não vêem muito sentido nos conhecimentos oferecidos na escola e isso impede a construção de vínculos mais duradouros, tais como os de ordem afetiva.** Convém, portanto, antes de lançarmos nossas questões específicas, objeto deste trabalho, rever as interpretações canônicas da permanência e *status* elevado dos subterfúgios intelectuais responsáveis em suprir esta lacuna. Parece-nos que a explicação mais adequada baseada na racionalidade carrega meios de apontar seus próprios limites.

Representações precárias surgem como corolário lógico de um ensino descolado da realidade. Habitualmente a escola fornece instrumentos intelectuais válidos unicamente em situações preparadas, dotadas de artificialidade. Assim, raramente os alunos adquirem habilidade de mobilizar conhecimentos em algum contexto extra-escolar. Por esta razão se torna legítimo hipotetizar a existência de um mundo físico próprio das atividades escolares, condicionado a satisfazer o requisito de treinamento na solução de exercícios numéricos. Tal como tem sido concebido, ali e somente ali, vivem as representações dos alunos. Infelizmente, as representações construídas a partir do molde apresentado possuem alcance curto quando direcionadas a fazer inferências no mundo real. No estudo conduzido por

SASTRE e MORENO (2002), por exemplo, foi perguntado a 120 estudantes do primeiro semestre universitário "O que você lembra da física que estudou no Ensino Fundamental ou Médio?", o grupo mais numeroso, formado por 56% das pessoas, assegura que não recorda nada ou muito pouca coisa e não nomeia nenhuma das noções estudadas. 39 % responderam enumerando diversos conceitos isolados de física (força, velocidade, aceleração, energia). Só 5% das pessoas asseguram recordar tudo ou quase tudo o que aprenderam na escola sobre esta matéria, embora não nomeiem concretamente nada do que afirmam recordar. Na pergunta seguinte, "Quantas vezes utilizou, em sua vida adulta, os conhecimentos que recorda?", 42 % das pessoas responderam que nunca utilizaram. 19% que os utilizam com muita freqüência, mas dão como exemplo atividades para as quais não é necessário nenhum conhecimento desta disciplina. 16% das pessoas referem-se à utilidade do conhecimento de Física com conceitos muito gerais, como, "para explicar o mundo", ou, "para entender os aspectos da natureza". Finalmente, um grupo de 18% , atribui a este conhecimento uma utilidade que não específica, mas que considera muito importante. Resultados deste tipo parecem anunciar falência completa de um modelo de educação científica. Da mesma forma que o homem arcaico ignorava regras intercambiáveis entre os acontecimentos terrestres e do movimento dos astros, a capacidade representacional ofertada aos alunos obsta transpor as fronteiras do *contrato didático* (BROSSEAU, 1986).

Levando em consideração que a maior parte do tempo os alunos passam fora da escola sem, contudo, deixar de estabelecer razoavelmente bem diálogo com o mundo físico, devemos estimar a presença de certo nível representacional. Notavelmente, seres humanos, mesmo sem instrução formal, percebem regularidades no meio. OGBORN, MARIANI e MARTINS (1994) mostraram de maneira bastante satisfatória que a manifestação das categorias ontológicas de base, a propósito dos objetos e fatos, ocorre em número restrito, indicáveis e estáveis, consistentes entre si. Objetos podem ser classificados segundo quatro dimensões: localizadas (as entidades como espaço e tempo são vistas como lugares onde se pode estar, enquanto outros objetos existem em lugar dado); dinâmicas ou estáticas (algumas entidades permanecem as mesmas e não fazem nada, incluindo o espaço e os objetos passivos, as outras, compreendendo o tempo e as ações, mudam ou provocam mudanças); discretas ou contínuas (do tipo substância ou do tipo discreta); causa e efeito (as entidades dinâmicas podem ser fontes de mudança ou pacientes de mudança). Eventos se classificam também em quatro dimensões: tipo tempo-

espaço ou localizadas (a queda da chuva está por toda parte, mas pode estar em um lugar preciso e movendo-se); tipo ação ou tipo fato (os eventos são ações que provocam coisas, ou simplesmente ocorrem); dinâmico ou estático (conforme há uma mudança ou um estado no mundo) e; tipo e necessário ou tipo contingente, finalmente.

No campo da didática, poderíamos elencar diversas tipos de raciocínio nos quais alguns traços ou a plenitude destas categorias é revelada (VIENNOT, 1979; ZYLBERZTAJN, 1982; PFUNDT & DUIT, 1994). Por exemplo, calor é entendido como aumento de temperatura, algo a que nosso corpo é muito sensível; assim se diz que um tecido relativamente espesso fornece calor em vez de representá-lo adequadamente como um isolante térmico. Diz-se ainda que um corpo se move apenas com uma ação física, quando uma força for exercida sobre ele. Poderíamos citar dezenas de exemplos, entretanto, importante seria perceber que estas representações assumem caráter universal, resistindo as diferentes cargas culturais donde se forjam, como invariavelmente mostram os estudos sobre o raciocínio espontâneo dos estudantes. Toda argumentação precedente conduz a descrever a "ciência intuitiva" como um refúgio seguro do qual se pode extrair representações confiáveis, uma vez que as utilizamos desde bem cedo na infância. Pensando desta maneira, não espanta que quando se focaliza na interação didática noções cujo conteúdo semântico está acentuado, ela seja o elemento em evidência e, inevitavelmente, em episódios extra-escolares cubra o déficit representacional originário da fraca relação didática usual. Nós precisamos agora descrever precisamente as idéias expostas acima, a fim de inserir definitivamente a nossa problemática.

Tudo começa porque não nascemos com todo aparato cognitivo já construído, portanto, somos incapazes desde o início da nossa vida de elaborar todo conjunto de representações sobre o mundo que poderemos realizar anos mais tarde. Infelizmente ou não, necessitamos um tempo relativamente longo para atingirmos o estágio completo de maturação destas estruturas. Mas, para sobreviver, precisamos representar, internalizar objetos externos, e assim, interpretar a experiência e organizar a ação. Seguindo o paradigma geral, tal processo é recursivo, em cada etapa se faz uso das representações correntes, que não são estáticas, pois comportam em maior ou menor grau condições de evoluir. A palavra evolução, embora significativa, é bastante dúbia neste quadro. De um lado, indica aprendizado, ou seja, a incorporação de novos conceitos e habilidades, de outro, encobre o nível de profundidade e operacionalidade destes conhecimentos, quando

comparados com os de caráter consensual. Poder-se-ia questionar se o preço da manutenção da sobrevivência é a construção de representações parciais, um sistema de configuração mínima, provisório, limitado a estabelecer relações inicias com o mundo. Há no teor da resposta a este questionamento sérias implicações.

Na opinião de POZO (2002) nossa "ciência intuitiva" reflete um conhecimento local e situado, com grande poder de predição e controle da ação, dependente do contexto, calcado mais em episódios concretos do que em leis gerais. Baseada, sobretudo, em imagens e ações, em grande parte implícita, porém socialmente distribuída. Fundamentalmente de natureza sensório-motora, por não termos relação com os objetos do mundo senão através das informações que o nosso corpo oferece sobre eles. A simples percepção de um objeto, um carro, por exemplo, o "cálculo" da velocidade de seu movimento, que nos permite sincronizar as ações para atravessar uma rua sem sermos atingidos, requer do nosso corpo informações a respeito dos eventos que estão acontecendo para construirmos uma representação eficaz. Mais ainda, por serem representações implícitas na maioria dos casos somos incapazes de informar como foram adquiridas ou as regras que a constituem.

Neste sentido, POZO apresenta uma interpretação cognitivista-evolucionista para o desenvolvimento da aprendizagem implícita, segundo a qual haveria uma supremacia da aprendizagem implícita sobre a aprendizagem explícita (formal). A aprendizagem implícita seria um processo de aprendizagem básico compartilhada por praticamente todos os seres vivos em sua necessidade de detectar regularidades no ambiente, isto é, extrair informação mediante processos de cômputo de contingências. Nela estaria o fulcro de grande parte de nossa "ciência intuitiva". A aprendizagem implícita se caracterizaria por ser: (1) *mais antiga na filogênese* (seria um dispositivo de aprendizagem comum para detecção de variações no ambiente), (2) *mais antiga na ontogênese* (surgiria antes da aprendizagem explícita), (3) *independente da idade e do funcionamento cognitivo* (seu funcionamento não depende da aquisição de outras funções cognitivas posteriores), (4) *mas duradoura em seus efeitos que a aprendizagem explícita*, (5) *mais econômica do ponto de vista cognitivo ou energético*. Com efeito, a "ciência intuitiva" configurar-se-ia como uma potencialidade da espécie humana em desenvolver no decurso da vida, difundida e reforçada através dos laços culturais. Assim, segundo POZO, "*mas que acumular saberes ou substituir uns pelos outros, a instrução científica deveria promover uma reflexão ou redescrição*

representacional de uns saberes em outros, conscientizando (o aluno) que certas formas de conhecimento (científico) têm maior poder representacional" (2002, p. 58).

Esta compreensão, além de recente, parece oferecer o relato mais contundente do quão encarnada pode se configurar a "ciência intuitiva". Nela, adquirir representações de valor científico passa necessariamente pela luta contra as restrições do próprio sistema cognitivo humano de série, porque o sistema cognitivo humano é quase sempre, particularmente em contextos sem obrigações didáticas, um adversário sagaz; guarda meios de muito facilmente nos induzir a deixar de ser rigorosos na elaboração de explicações, a transitarmos espontaneamente e sem rigor por diferentes domínios fenomênicos, a abraçar idéias que se mostraram bastante razoáveis em outras ocasiões, enfim, a resistir a instrução. Tal argumentação nos dá uma justificativa convincente da origem das freqüentes recaídas dos estudantes no pensamento comum, também nos aponta que o déficit representacional do ensino científico tradicional contribui para acentuá-las. Mas acreditamos na existência de algo mais, pois se apenas isto se desse, nós teríamos resultados mais expressivos quando aplicamos estratégias didáticas baseadas meramente em critérios cognitivos. **Nós nos proporemos a defender ao longo deste trabalho que estas representações só podem ser ditas encarnadas por objetivarem explicar e maximizar o entendimento da experiência e estarem ligadas a valorações afetivas.** Segundo PIETROCOLA e PINHEIRO (2000),

> A dificuldade dos alunos em abrir mão de suas representações pessoais sobre o mundo físico e adotar integralmente as concepções científicas pode ser entendida como uma resistência afetiva. Se aceitarmos que o tempo de vivência dos alunos produziu uma quantidade de experiências afetivamente valorizadas, constituindo-se naquilo anteriormente referido como patrimônio afetivo, não há por que não admitir que tal patrimônio venha a desempenhar um papel relevante nos processos futuros de escolha e seleção presentes na aprendizagem (p. 5).

Então, a questão é como dotar o saber escolar de tal valor afetivo. Ademais, uma explicação plausível da aprendizagem deve acompanhar indícios dados pela estruturação ordinária da visão de mundo humana. A complexidade do mundo não permite construirmos representações completas da realidade, então, nós edificamos representações funcionais simplificadas e nos esforçamos para mantê-las integras. Por exemplo, se desejamos uma carreira de sucesso, construiremos uma visão de mundo no qual possamos trabalhar para alcançar este estado final desejado. A perseguição deste objetivo se torna

algo significativo. Atingindo o objetivo, naturalmente direcionaremos nosso sistema motivacional a conservar a visão de mundo com seu conteúdo particular. Nós gastamos tempo, energia e coragem para construí-la. Ela é funcional, atende a nossas necessidades, e regula nossas emoções. Nós *"somos afetivamente ligadas a ela"* (PETERSON, 2000, p.6). Acrescentamos ainda a irredutibilidade destes argumentos a coisas externas, objetos discerníveis como uma carreira. Tal interpretação alia-se a qualquer tipo de representação seja ela de objetos concretos ou abstratos. A estrutura do conhecimento religioso é um caso dramático de identificação afetiva com símbolos abstratos.

Como acabamos de ver, validar certa visão de mundo compreende gerar laços afetivos, requer estabilização emocional. Por contraste, devemos esperar não somente que, desmontar uma visão de mundo passe, sobretudo, por romper elos afetivos, desestabilizações emocionais, acima de discursos racionais; mas também que aprender e avaliar um conhecimento novo englobe tais aspectos, no mínimo localizadamente, pois em última instância nossa visão de mundo se compõe do conjunto daquilo que conhecemos. Assim, nossas questões têm conexões num sentido *lato* com o que chamamos de visão de mundo e num sentido *stricto* com as *explicações,* escolares ou não, e o *entendimento* por elas proporcionado. **Nós pensamos que a afetividade não pode ser considerada como um ruído no relato sobre o que leva um indivíduo aceitar uma explicação, ou deixada entre parênteses por mais tempo, uma vez que é impensável a vida humana sem ela**. Isso nos leva aos objetivos específicos desta dissertação.

Antes de falarmos de explicações precisamos entender a função dos modelos. Diversas pesquisas (PINHEIRO, 1996; PIETROCOLA, 1999; PIETROCOLA & ZYLBERSZTAJN, 1999; BORGES, 1998) indicam que estudantes apresentam dificuldades quando elaboram modelos sobre fenômenos físicos. Na maioria dos casos, quando solicitados a prever, explicar ou até mesmo justificar o comportamento de determinada situação, mesmo aquelas abordadas na escola, os alunos fazem previsões sem nenhuma justificativa, respondendo a partir de uma intuição pouco científica. Resultados deste tipo parecem fazer crer que as atividades de educação científica na escola não ensinam a modelizar fenômenos. Elas são em geral destinadas a resolução de exercícios (GIL-PEREZ, 1987). Os modelos que fazem parte dessas atividades são por demasiado simples ou diretos referindo-se quase sempre a produtos acabados, sem menção ao caráter

gerativo dos modelos, não propiciando aos estudantes a ocasião de praticar a modelização de fenômenos.

Na ciência, os modelos desempenham um papel relevante na construção do conhecimento. Esta certeza tem motivado diversos estudos na área de Ensino das Ciências. Uma análise na literatura indica que muito se tem discutido a respeito da multiplicidade de empregos do termo modelo (KRAPAS *et al*., 1997). GILBERT e BOULTER (1998) definem *modelo* como a representação de uma idéia, um objeto, um evento, um processo ou sistema. Mesmo sendo difícil a proposição de uma definição consensual, é inegável seu papel na tarefa de pensar sobre o mundo. Eles são meios de apreensão de aspectos importantes da realidade, e, enquanto substitutos do real percebido, podem desempenhar diversas funções, por exemplo, permitir que as conseqüências das teorias sejam deduzidas e testadas experimentalmente, pois contrariamente as últimas, abarcam uma dimensão empírica.

Uma vez que as práticas dos cientistas envolvem a elaboração de modelos na construção do conhecimento científico, é necessário que a educação em ciências também trate o tema dos modelos. Na prática científica, a produção do conhecimento inclui a elaboração de modelos como aproximações tentativas de descrição, explicação e interpretação de fenômenos. É fundamental que a aprendizagem de ciências evidencie esta característica, promovendo uma reflexão sobre o papel dos modelos e dos processos de modelagem na ciência (COLINVAUX, 1998).

Teorias, modelos e explicações são intimamente relacionados. Há um relativo consenso entre filósofos (BUNGE, 1974; GIERE, 1988), psicólogos (CAREY, 1985; GOPNIK, 1996; BREWER, 1999) e educadores científicos (GILBERT *et al*., 2000, PIETROCOLA, 2001) do papel central das explicações no conhecimento teórico. Por exemplo, GOPNIK e MELTZOFF consideram explicar não apenas uma condição necessária da estrutura teoria/modelo, mas uma condição suficiente.

> De fato, pode ser que o que nós compreendemos por dizer que explicamos alguma coisa é simplesmente que nós podemos dar um abstrato, coerente, relato causal dela... nesse sentido, poderia parecer que uma das funções de uma teoria [modelo] é explicar, e ainda quando nós definimos explicação, nós parecemos encurtar dizendo simplesmente que explicar alguma coisa é ter uma boa teoria [modelo] dela, ou ter alguns aspectos de uma boa teoria [modelo] dela (GOPNIK e MELTZOFF, 1997, p.38).

Embora explicações sejam o elemento essencial na comunicação dos saberes no cotidiano da sala de aula, não se têm muito claro os mecanismos que levam alguém a aceitar uma explicação. Em trabalho anterior (CUSTÓDIO e PIETROCOLA, 2002), constatamos que estudantes apesar de dominarem conhecimentos científicos utilizam toda sorte de conhecimentos intuitivos, o que por si só não seria nenhuma novidade. Entretanto, curiosamente, as respostas fornecidas, mesmo equivocadas do ponto de vista científico, se configuravam verdadeiras *explicações* e faziam sentido para eles. Embora longe de esboçar atributos considerados fundamentais para os cientistas, como *generalidade, coerência* e *precisão* (BREWER, 1999; TROUT, 2002), tais *explicações* fundadas na intuição pareciam *satisfazer* o *entendimento* dos estudantes. **Assim, um objetivo deste trabalho será compreender os critérios de qualidade de uma *explicação***. Essa preocupação se fundamenta também no fato *"curioso, senão surpreendente, que o tema explicações não venha sendo objeto de estudo ou investigação sistemática na área de Ensino de Ciências"* (MARTINS et al., 1999, p.2).

Visto que estas explicações intuitivas se superpõem com o conhecimento científico aprendido na escola, acreditamos que um dos critérios de legitimação de uma explicação é o poder de gerar *sentimento entendimento*. Essa suposição fundamenta-se na hipótese lançada por BREWER, CHINN e SAMARAPUNGAVAN (1998) na tentativa de explicar o que é uma explicação. Eles concluíram que *"uma explicação é um relato que fornece uma estrutura conceitual para um fenômeno (por exemplo, fato, lei, teoria) que leva a um sentimento de entendimento no leitor/ouvinte. A estrutura conceitual explanatória vai além do fenômeno original, integra diversos aspectos do mundo, e mostra como o fenômeno original decorre da estrutura"* (p. 120). Embora não haja um aprofundamento dos autores sobre o que eles compreendem por *sentimento de entendimento*, as afirmações colocadas indicam um caminho a seguir visto sua forma de crer na existência de uma vertente do tipo afetiva no explicar. Isso nos interpela com:

> ***3- Quais os critérios de validação de explicações produzidas por cientistas, leigos e estudantes?***
> ***4- Eles envolveriam aspectos afetivos como o sentimento de entendimento?***
> ***5- As concepções alternativas teriam a origem de sua estabilidade em fatores afetivos?***
> ***6- Como incorporar atribuições afetivas ao saber nas práticas pedagógicas?***

Nosso ponto de vista transcende aos limitados em abordagens puramente *racionais* na compreensão de critérios de eleição de estruturas de pensamento sobre o mundo. Isso está de acordo com a opinião de MATURANA que *"há tantos tipos diferentes de*

explicação quanto diferentes critérios usados, explícita ou implicitamente, para aceitar os diferentes tipos de reformulação de experiências que aceitamos como explicações para as nossas perguntas" (2001b, p. 134). E essa multiplicidade de critérios comporta espaço para desejos, intuição e afetividade. Assim, buscaremos caracterizar os critérios de validação de explicações em adolescentes em termos de aspectos *cognitivos* e *afetivos*. Escolher e aplicar determinado conhecimento frente à bagagem conceitual, e relações possíveis de serem utilizadas pelos indivíduos, se fundamenta não só na *razão*. Sobretudo, os graus de *satisfação* do indivíduo serão modulados por fatores afetivos. Em resumo, o *entendimento* não é apenas conseqüência de uma estruturação *racional* de idéias. A razão é o meio de dar vazão ao desejo de *entendimento*.

No ensino é importante conhecermos quais os critérios utilizados na incorporação e utilização de saberes. As pesquisas atuais sobre explicações têm focalizado apenas aspectos puramente *racionais* (SAMARAPUNGAVAN, 1992; BREWER, CHINN e SAMARAPUNGAVAN, 1998, GILBERT *et al*., 2000), manifestados por indivíduos de diversas faixas etárias. Nós acreditamos haver vinculação entre o processo de construção e incorporação de *modelos*, a produção de *explicações* e o *sentimento de entendimento*. Para compreendermos esta vinculação, julgamos necessário saber quais os critérios de qualidade que os estudantes utilizam na validação de *explicações*. Assim, nos concentraremos em enfatizar os aspectos *afetivos* presentes na aceitação de uma explicação. **Nós acreditamos que o *sentimento de entendimento* deva ser valorizado na educação científica afim de que os estudantes construam relações mais permanentes com o saber científico**.

Estrutura da Tese

O Capítulo 1 é dedicado a uma inserção mais profunda na problemática. Exploramos a dicotomia entre afeto e cognição e suas limitações, a partir daí revelamos a emergência do domínio afetivo na Educação Científica. Em particular, evidenciamos a ausência na literatura de trabalhos com ênfase na relação afetiva direta aluno-conhecimento. Finalmente, apresentamos os descritores básicos do domínio afetivo (crenças, atitudes, valores, emoções), suas distinções e algumas perspectivas teóricas da construção das emoções.

O segundo eixo da tese, explicações e entendimento, é discutido no Capítulo 2. Nós apresentamos, inicialmente, uma discussão sobre modelos e sua função na construção do conhecimento teórico na Ciência e seu translado para Educação Científica. Nós trazemos elementos da Filosofia da Ciência, Psicologia e Educação Científica para compor o argumento que modelos são estruturas que providenciam explicações na Ciência e no pensamento cotidiano, em particular na escola. Isso nos habilita a abrir a discussão sobre explicações e a capacidade de gerar entendimento. Nós concluímos que a Ciência prescinde de uma noção psicológica/afetiva de entendimento, mas que na escola esse é um elemento fundamental na tentativa de construção de conhecimentos mais permanentes. Enfim, cruzamos o eixo afetividade com o eixo explicações e entendimento, avançando a fronteira dos critérios cognitivos usuais com a hipótese provisória da existência de um estado de *sentimento de entendimento* com as explicações. Entretanto, um relato geral sobre *sentimento de entendimento* não é oferecido até o final da tese.

A visão da Ciência como um empreendimento baseado puramente em critérios racionais vem perdendo força nas últimas décadas, em especial após a obra *"A Estrutura das Revoluções Científicas"* de Thomas Kuhn. A fim de reforçar nossos argumentos sobre a limitação de fatores racionais na construção e avaliação do conhecimento, o Capitulo 3 discorre sobre a influência de crenças e emoções nesses processos em nível da esfera científica. Nós destacamos as concepções atuais de PAUL THAGARD (2002) e BAS VAN FRAASSEN (2002), que postulam e existência de *mudanças conceituais emocionais*. Nós julgamos que o *sentimento de entendimen*to tenha valor nos episódios descritos.

No Capítulo 4 iniciamos a inserção na Educação Científica propriamente dita. Nós exploramos a idéia de *conflito cognitivo* do ponto de vista da fenomenologia das explicações (GOPNIK, 1996, 1998, SCHWITZGEBEL, 1999). Em particular, tratamos da condição de *insatisfação* com as concepções prévias proposta por POSNER et al. (1982). Nós argumentemos que essa condição embora use uma expressão oriunda do campo afetivo é pouco explorada nesses termos. Nós suspeitamos que a condição de *insatisfação* sozinha não permite um engajamento voluntário nas tarefas de aprendizagem. Especificamente, nos apoiamos na hipótese que esse comportamento é fruto de uma curiosidade de busca da informação incógnita, mas também de reações afetivas. Nós chegamos a conclusão que a condição de *insatisfação* envolve apelo a variáveis afetivas

implicadas no explicar, e por simetria deve haver uma reequilibração, ou *satisfação*, a qual associamos com o *sentimento de entendimento*.

Evidências empíricas sobre as hipóteses são apresentadas no Capítulo 5. Nós realizamos três experimentos. No primeiro, com uso de questionários, verificamos que os estudantes de graduação indicam majoritariamente razões de ordem afetiva na escolha de seguir a carreira na área científica. Essa dimensão afetiva pode ser classificada em duas categorias: *emoções de base epistemológica* e *emoções de base valorativa*. Essas duas categorias têm, dentre outras atribuições, ao menos parcialmente, associações com a fenomenologia do explicar. Na primeira entra em jogo a busca de explicações, e na segunda a satisfação com as explicações, portanto com o *sentimento de entendimento*. No segundo experimento, nós optamos por um estudo naturalístico com auxílio de entrevistas semi-estruturadas. As entrevistas com alunos do Ensino Médio versavam basicamente sobre os critérios utilizados para julgar uma explicação adequada. Elas mostraram a consciência da atribuição de valores afetivos às explicações escolares. Tais valores, em geral, foram descritos em termos de sentimentos positivos associados ao entendimento gerado por explicações escolares. A presença dos quais nos chamamos de *status afetivo* que seria a variável observável do *sentimento de entendimento*. Além disso, critérios gerais de aceitação, que não apelam apenas ao corpo de conhecimento já estabelecido pelos estudantes, como satisfação e crença, foram sinalizados pelos estudantes entrevistados.Outra descoberta foi que os estudantes entrevistados consideram o valor emocional atribuído as explicações escolares como fator importante no processo de estabilização conceitual. No terceiro experimento, nós recorremos novamente a entrevistas semi-estruturadas nas quais os estudantes justificariam os critérios utilizados na escolha entre duas explicações, uma baseada na mecânica clássica e outra na mecânica relativística. Nós concluímos que os critérios *satisfação* e *crença* foram utilizados coerentemente pelos estudantes. E, quando colocados em situação de conflito, na qual necessitavam escolher uma das explicações os estudantes relacionados nesse estudo apresentaram boas evidências de *status afetivo* e *sentimento de entendimento*.

Um relato definitivo da noção de *sentimento de entendimento* é oferecido no Capítulo 6. Lá, também sugerimos a possibilidade de analisar outros estudos empíricos à luz da noção de *sentimento de entendimento*. Explicamos, ainda, as implicações da idéia na interpretação de outros construtos teóricos como Concepções Alternativas. Finalmente,

apresentamos os benefícios gerais do trabalho para Educação Científica, principalmente, se associado ao enfoque da modelização.

CAPÍTULO 1

AFETO, EMOÇÕES E SENTIMENTOS: A EMERGÊNCIA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

1.1 - Introdução

Tomando-se em consideração as diversas formas de interação do homem com o meio, e de introspecção na mente (pensamentos, imagens, linguagem, sentimentos, conhecimento e emoções), é possível esboçar uma classificação, a partir das características diversas destes elementos, em duas categorias principais: cognição, de um lado, e afetividade, de outro. Tal separação foi objeto de ilustres codificações dentro da tradição filosófica, o que se estendeu as posteriores correntes de pensamento dissidentes, originárias da psicologia cognitiva. Para os objetivos do nosso trabalho interessa compreender qual a base de legitimação desta separação e se ela permite uma compreensão satisfatória da natureza do pensamento humano, em particular, da relação com o conhecimento científico e sua aquisição.

A primeira categoria, a cognição, associa-se ao caráter bastante nítido da existência da consciência, constituída usualmente pela capacidade de individualizarmos de maneira bastante clara os elementos que a constituem, isto é, de vermos imagens, pensamentos, recordações, associá-los a objetos ou eventos externos, como também processarmos informações e sermos capazes de reagir com base nelas, ou ainda, internalizarmos

informações tirando proveito delas no controle do comportamento. A segunda, a afetividade, é mais indefinida em seus elementos, comumente entendida como uma categoria geral, na qual seus componentes (crenças, atitudes, valores e emoções) servem para compreender e delimitar o domínio. Nela, aquilo vivenciado em nossa consciência tem uma qualidade muito diferente, com menor possibilidade de distanciamento, com uma força que parece nos impelir em direção a algo e, por fim, com uma independência dos dados da realidade exterior, fazendo assim, *"a experiência vivenciada resultar em algo incapaz de ser referida a causas precisas"* (IMBASCIATI, 1998, p.12). Nesta base, foi fundada a diferenciação entre afeto e cognição.

A oposição entre afeto e cognição talvez seja uma das crenças mais fortemente inculcadas pela nossa cultura ocidental. A razão tem sido considerada a via mais eficaz na consecução de objetivos, de buscarmos a verdade, ou capturar a inteligibilidade do mundo, quando se trata da ciência, ou meramente, de sermos melhores ou vivermos bem, na vida cotidiana; enquanto, as emoções, apregoa-se geralmente, nos conduzem a ações equivocadas, a nos desviar dos objetivos e nos distanciarmos dos ideais de verdade. Filósofos de várias épocas incansavelmente nos advertiram dos perigos das emoções. DESCARTES considerava que os sentimentos, a intuição e as experiências pessoais não poderiam gerar conhecimento, porque este existiria fora do homem. KANT as julgava as emoções como uma enfermidade da mente. SPINOZA as via como o que leva a razão a parcialidade. Felizmente, nenhum destes trabalhos provou empiricamente ou, ao menos, argumentou de maneira incontestável, nenhuma das afirmações aduzidas. Entretanto, tal maneira de tratar a afetividade pelos filósofos clássicos, e até contemporâneos, espraiou-se ligeiramente para áreas da psicologia cognitiva. Como a Educação Científica sempre esteve muito ligada aos avanços da psicologia cognitiva, não ficou imune aos efeitos dessa incorporação. Como escreve ZAJONC: *"a psicologia cognitiva atual simplesmente ignora os afetos. As palavras afeto, atitude, emoção e sentimentos não aparecem nos índices de quaisquer dos principais trabalhos sobre cognição"* (1980, p. 152).

Uma das razões para a existência de uma separação tão rígida entre afeto e cognição decorre simplesmente da pretensão das ciências cognitivas em assumir a agenda da filosofia. Já que a tradição filosófica limita seu campo de interesse em elementos da razão, da constituição do ser racional e como ele faz suas inferências sobre o mundo, os herdeiros deste conjunto de problemas naturalmente tendem a propagar o mesmo recorte

em suas investigações. Vejamos por exemplo, a definição do objeto da ciência cognitiva oferecida por HOWARD GARDNER (1995) em seu livro *A nova ciência da mente*:

> Defino ciência cognitiva como um esforço contemporâneo, com fundamentação empírica, para responder questões epistemológicas de longa data _ principalmente aquelas relativas à natureza do conhecimento, seus componentes, suas origens, seu desenvolvimento e seu emprego (p. 19).

É incontestável que a tomada emprestado da agenda filosófica, pela ciência cognitiva, contribuiu significativamente e deu novo fôlego para a compreensão do processo de aquisição de conhecimento por um ser humano. Marcadamente, a asserção que seja possível testar empiricamente hipóteses sobre tal processo, por si só denota grande avanço no pensamento científico, em contraste com a postura mais reflexiva da tradição da filosofia analítica[2]. Contudo, a negação da cultura e de fatores afetivos, é uma parte do espólio cujos cientistas cognitivos, infelizmente, mantiveram intacta, embora mais por conveniência teórica, do que por vontade própria. Inicialmente, deliberadamente, os cientistas cognitivos decidiram por não enfatizar fatores que poderiam ser importantes para o funcionamento cognitivo, mas cuja inclusão, naquele momento, viria a complicar desnecessariamente o empreendimento acima citado. De uma lista de cinco aspectos fundamentais da ciência cognitiva oferecida por GARDNER (1995) o terceiro trata exatamente da desenfatização do campo afetivo:

> Embora os cientistas cognitivos da linha dominante não tenham aversão ao campo afetivo, ao contexto que cerca qualquer ação ou pensamento, ou análise histórica ou cultural, na prática eles tentam excluir ao máximo estes elementos [...] a maioria dos cientistas cognitivistas tenta definir e investigar problemas de forma tal que uma explicação adequada possa ser dada sem que se recorra a estes conceitos obscuros (p. 56-57).

Pode-se aceitar, sem demérito algum, essa atitude num momento incipiente da construção de uma ciência. Como se sabe, não é possível abarcar toda a complexidade da realidade, também não se espera isto de um campo da ciência. Porém, é demasiado forte e pouco inspirador considerar fatores afetivos e sociais como ligados a um conjunto de conceitos obscuros; tampouco esperar uma descrição precisa dos processos cognitivos para a partir daí se considerar os afetivos. Todo recorte cria representações parciais da realidade, muitas vezes rompe conexões inextricáveis e acaba produzindo caricaturas da

[2] Recentemente a epistemologia naturalizada tem buscado respaldo em resultados empíricos (ver QUINE (1980), GIERE(1988)).

representação real dos processos em jogo. Se considerássemos os efeitos afetivos como desprezíveis, como o atrito que resiste ao movimento dos corpos, seria esperado um estágio desenvolvimento muito maior das ciências cognitivas, uma vez que a pressuposta essência verdadeira dos fenômenos estaria à disposição. Não parece ser possível idealizar tal situação. Na teoria de PIAGET, por exemplo, a construção mais eficiente e melhor adaptada ocorre quando o mecanismo de controle é autônomo, ou possa ter seu próprio caminho; isto é, responder a fonte de desequilíbrio. O mecanismo de controle é afetivo, portanto interno, com sentimentos tendências e inclinações inconscientes funcionam como guarda-portão para que as experiências afetem o desenvolvimento intelectual (WADSWORTH, 1998). Isto nos leva a rejeitar a suposição dos cognitivistas, defendendo o argumento que afeto e cognição estão conectados e formam o conjunto de meios pelos quais um indivíduo representa o mundo. Assim como é impossível separar tela e pintura sem perder a pintura, qualquer tentativa de explanação sobre aquisição de conhecimento que despreze um dos dois aspectos será incompleta, no mínimo.

Uma análise mais atenta das formas de representação mental da realidade externa leva a conclusões distintas das formuladas acima. De acordo com IMBASCIATI (1998), *"afeto é a forma primitiva da cognição"* (p. 26). O estudo de crianças, diz IMBASCIATI, colocou e relevo a limitação e a necessidade da diferenciação entre afeto e cognição. As crianças tornam plenamente evidentes os afetos; mostram que os afetos são a forma de cognição deles, na interpretação do mundo e de si mesmos. E mais ainda quanto menor for a criança. Por exemplo, a representação mental de uma mamadeira para uma criança de dois meses, tem na fome, um constituinte central. A criança de dois meses não vê a mamadeira quando não tem fome. Ela não consegue individualizar o objeto mamadeira, sem o componente fisiológico da fome, nem das reações afetivas subjacentes. Enfim, é com se o objeto mamadeira não existisse, a criança percebe outra coisa. Nas crianças muito pequenas, tanto pensamentos quanto sentimentos, fazem parte constitutiva das representações oriundas da leitura das informações sensoriais. Assim, *"antes da diferenciação, classificável em nível de consciência, entre pensamentos, percepções, sentimentos etc., temos um conjunto de funções que o cognitivo e o afetivo não são diferenciáveis"* (IMBASCIATI, 1998, p.54).

Embora o façam de forma mais visceral, não são somente as crianças desta idade que vivenciam a afetividade como esquema funcional e operativo da mente. Segundo

MATURANA (2001), não é a razão que nos leva à ação, mas a emoção. Essa asserção é profundamente coerente com fatos da vida cotidiana. Por exemplo, ninguém costuma pedir um aumento num dia em que o chefe está com raiva, precisamente, porque, mesmo intuitivamente, se sabe que uma pessoa sobre certo domínio emocional é capaz de certas ações e não outras. Neste cas33333333333333333333o, não significa que algo dito com raiva seria menos racional, pois as alegações para negar o aumento podem perfeitamente excluir o fator afetivo. O que está em jogo, diz MATURANA, é o fato que a racionalidade se baseia em premissas básicas, fundadas numa perspectiva de preferências que a raiva define. Qualquer sistema racional operaria sobre pressupostos prévios fundados em certa emoção. Discussões ideológicas e religiosas, por exemplo, denotam a dificuldade de se levar adiante um diálogo sem conflito, quando os participantes possuem premissas fundamentais diferentes. A guerra na Irlanda do Norte, a fragmentação da Iugoslávia e a crise na palestina, não podem ser resolvidas no plano em que foram propostas, já que os grupos geradores destes conflitos aceitam as premissas fundamentais que defendem *a priori*, como verdades em si mesmas, portanto, sem fundamento racional, mas com grande carga afetiva. Na verdade, o que as faz parecer racional para quem as aceita é fato de se conseguir, sem nenhuma dificuldade, derivar delas argumentos com coerência lógica interna, e assim dizer que é a melhor dentre outras, e até tentar convencer alguém disso. Em outras palavras, *"o racional se constitui nas coerências operacionais dos sistemas argumentativos que construímos na linguagem, para defender ou justificar nossas ações"* (MATURANA, 2001a, p. 18).

Talvez o entrelaçamento entre o racional e afetivo seja o que constitui o ser humano e o coloque em ponto de destaque em relação às outras espécies. Isto porque, somos capazes inserir ou retirar o conteúdo afetivo quando estruturamos ou interpretamos mensagens, enquanto outros animais não, pois para eles as mensagens têm um caráter unitário (BRONOWSKI, 1997). Podemos voltar ao exemplo do chefe com raiva. Ele poderia em vez de proferir a sentença definitiva negando o aumento, praticar o exercício de contar até 10 para evitar uma resposta precipitada. Neste caso, estaria exercendo a capacidade de separar o conteúdo emocional, o fato de estar com raiva, da informação a ser proferida. Com os outros animais não ocorre coisa semelhante. Mesmo quando estão emocionalmente excitados mantém o padrão de interpretação da informação. As abelhas, por exemplo, quando descobrem uma nova fonte de néctar voam num movimento em forma de oito, no qual a direção da linha principal aponta para onde está o alimento.

Porém, mesmo quando estão excitadas são absolutamente precisas em descrever a figura indicando a fonte de néctar. Elas não precisam contar até 10 para "pensar melhor" sobre o que fazer, mas também não podem ir além da emissão de instruções fixas pré-definidas[3].

Seres humanos, por outro lado, ao mesmo tempo em que conseguem separar os conteúdos afetivo e cognitivo de uma mensagem, podem imprimir estilo em mensagens através dos tons afetivos das suas declarações. Se alguém diz "João ali tem uma fonte de néctar", ao contrário das abelhas, ele pode não responder imediatamente, há mais de uma maneira de entender a informação, além do modo unitário "vá em direção a fonte de alimento" das abelhas. De fato, as mensagens transmitidas por humanos permitem interpretação em outros níveis. Por exemplo, dependendo da pessoa que indicou o local João se inclinaria a pensar "é só uma brincadeira, eu não confio nela". Confiar ou não implica em um juízo de valor, já que em geral, para confiarmos em uma pessoa, é insuficiente um julgamento afetiva e emocionalmente neutro. Imaginemos que João acredite que as pessoas são boas e, portanto, não perderiam seu tempo o enganando. Mesmo assim não existe razão para que ele precise confiar numa pessoa baseado nesta crença. Para garantir que ele confie em alguém, e por isso se desloque até o local indicado, é preciso acrescentar algo mais. Um dos acréscimos mais prováveis é que ele tenha um envolvimento pessoal e emocional com este indivíduo, alicerçando está relação de confiança[4]. Note-se que isto não reduz a probabilidade do indivíduo ser bom, apenas mostra a exigência que os significados afetivos devem estar em cada indivíduo e não no mundo, e, ao mesmo tempo, corrobora a sugestão de que os afetos são formas interpretativas de ver o mundo. Para se saber se uma pessoa é íntegra, e quais são as formas e o fundamento dessa integridade, temos de conhecer os valores dessa pessoa, como eles são mantidos e encarados, e assim por diante. E são as emoções dessa pessoa que fornecem soma considerável de informações. *"As emoções, portanto, são signos ou fontes de informação valorativa de importância fundamental"* (STOCKER & HEGEMAN, 2002, p. 116).

Poderia ser objetado que a virtude de separar os conteúdos cognitivos e afetivos da informação conspira contra, exatamente, a hipótese das relações inseparáveis entre afeto e cognição sobre a qual a idéia foi lançada para ajudar a explicar e defender. Na verdade,

[3] Um outro exemplo seria o dos gafanhotos, que sempre emitem um sinal anunciando qualquer tipo de movimento. Quando um gafanhoto se movimenta sem primeiro anunciar que vai fazê-lo, os outros gafanhotos percebem imediatamente que algo está errado. O silêncio significa a instrução "perigo".
[4] Obviamente nem sempre ações se baseiam em confiança e muito menos em descritores afetivos.

nossa ênfase incide mais na segunda parte do argumento, quando demonstramos ser a separação sempre, somente virtual, porque a construção de valores, crenças, interesses se dá através das emoções. As emoções são constituintes essenciais da vida humana. Não podemos nem imaginar se a vida humana seria possível sem as emoções. Basta lembrar que existe algum fundamento, uma força de interação, que permita a convivência social harmoniosa entre os indivíduos em espaços de aceitação mútua. Claramente, não se trata apenas de interações de conteúdo puramente cognitivo[5]. A rigor, uma análise sobre esta ótica acaba sempre levando a conclusões implausíveis. Cumpre, então, reescrever o argumento acima destacando a propriedade característica dos humanos de carregar afetivamente as mensagens que comunicam, sem, contudo, perder o poder de convenientemente separá-los.

A conveniência desta separação nos coloca novamente em uma situação problemática. Um adepto fervoroso da corrente contra o papel ativo da afetividade na modulação da vida humana poderia ser favorecido, pois facilmente converteria para sua causa este argumento, mostrando que sempre que queremos conseguimos dissociar afeto e cognição. Proporemos-nos, ao longo deste trabalho, refutar gradativamente essa proposição. Por enquanto, sugerimos o seguinte ponto de reflexão: a pretensão teórica de separar afeto e cognição, aliada às evidências empíricas virtuais da dita separação tem sido a justificativa teórica para minimizar os afetos, sua funcionalidade, capacidade de gerar condutas, constituir valores e interpretar a realidade[6]. Uma maneira prosaica de entender esta relação é considerá-los como complementares, analogamente a dualidade onda-partícula da matéria. Embora um ou outro aspecto seja revelado por um experimento particular, ambos são necessários para uma descrição completa do fenômeno. Infelizmente ou não, a maioria das iniciativas teóricas tem privilegiado a matriz cognitiva.

1.2 - Cognição e afetividade: o caminho de aproximação na educação científica

[5] A este respeito ver MATURANA (2001a, 2001b).

[6] Algumas correntes de pensamento negam a presença de qualquer caráter afetivo as emoções, elas seriam constituídas meramente por conteúdo cognitivo (STOCKER & HEGEMAN, 2001).

A despeito da difusão da crença que a dimensão afetiva (emoções, sentimentos, crenças, atitudes) é parte central da aprendizagem e ensino, trabalhos contemporâneos em Educação Científica que exploram afeto são escassos. Existem provavelmente algumas razões para essa inclusão, no mínimo, o arquétipo da ciência em si. A maior parte do currículo focaliza *atitudes científicas* (a racionalidade da pesquisa, hipotetização, experimentação e conclusão) e não *atitudes sobre ciências* (as emoções e sentimentos associados com estudar ciência escolar e aquelas associadas com a ciência em si) (ALSOP & WATTS, 2003). Mesmo as iniciativas direcionadas a inserção mais adequada da vertente afetiva na Educação Científica, acabam por reterem-se no âmbito da motivação e tendem a uma simplificação (PINHEIRO, 2003). De acordo com SANTOS (1996),

> A dimensão afetiva como um mecanismo de construção (ou desconstrução) de conhecimentos entre sujeitos sociais não é abordada. Assim, os afetos e desafetos se manifestam na aproximação com o conhecimento científico, mas não é discutido como a aproximação do conhecimento científico causa afetos e desafetos, ou como eles surgem no processo de escolarização (p. 136).

Entretanto, há recentemente na Educação Científica um crescimento da consciência coletiva que aspectos *afetivos* influem significativamente na atividade intelectual dos indivíduos, em particular, na aprendizagem (PINTRICH et al., 1993; TYSON et al., 1997; ALSOP & WATTS, 1997, 2000; VILLANI & CABRAL 1997; PIETROCOLA, 2001). Essa reorientação se deve em parte as críticas decorrentes dos resultados pouco satisfatórios alcançados por abordagens extremamente *cognitivistas* (VILLANI, 1992; CHINN & BREWER, 1993; MORTIMER, 1995). Os proponentes deste novo empreendimento defendem que na Educação Científica haja uma apreciação adequada das conexões entre componentes afetivos e cognitivos da construção intelectual dos estudantes. Mas, a idéia não é tão recente. PIAGET (1981) considerou o desenvolvimento intelectual como um processo que ocorre durante a vida toda e sedimentou a idéia da simbiose entre afeto e cognição na aprendizagem. Para Piaget, sem afeto não haveria interesse, tampouco motivação; e conseqüentemente, perguntas ou problemas nunca seriam colocados e não haveria inteligência. De acordo com VYGOTSKY (1995), uma compreensão completa do pensamento humano só é possível quando se compreende sua base afetiva, por que *"a separação entre intelecto e afeto enquanto objetos de estudo é uma das principais deficiências da psicologia tradicional, uma vez que esta apresenta o processo de pensamento como o fluxo autônomo de pensamentos que pensam a si próprios, dissociado da plenitude da vida, das necessidades e dos interresse pessoais, das inclinações e dos*

impulsos daquele que pensa" (p. 6). Para NOVAK, uma teoria de educação deve considerar que seres humanos pensam, sentem e agem e deve ajudar a explicar com se pode melhorar as maneiras através das quais as pessoas fazem isso. Qualquer evento educativo é, de acordo com NOVAK, uma ação para trocar significados (pensar) e sentimentos entre aprendiz e professor Um evento educativo, segundo ele, é também acompanhado de uma experiência afetiva. A predisposição para aprender, está, para NOVAK, intimamente relacionada com a experiência afetiva que o aprendiz tem no evento educativo. Sua hipótese é que a experiência afetiva é positiva e intelectualmente construtiva quando o aprendiz tem ganhos em compreensão; a sensação afetiva é negativa e gera sentimentos de inadequação quando o aprendiz não sente que está aprendendo o novo conhecimento (MOREIRA, 1997). A pergunta é então: por que componentes afetivos são freqüentemente desconsiderados?

Grande parcela da responsabilidade por esta condição deve-se a visão reducionista proeminente nos anos sessenta e setenta que considerava os aspectos afetivos como idiossincráticos e, portanto, fora do escopo das pesquisas educacionais. Como era um campo pouco objetivo, comprometia a neutralidade a ser alcançada por meio de objetivos de ensino operacionalizáveis (PINHEIRO, 2003). Outro argumento amplamente defendido era a dificuldade de mensurar variáveis afetivas. Estados afetivos são inferidos a partir de medidas fenomenológicas (relatos próprios dos indivíduos sobre suas emoções), expressivas e fisiológicas. Já que um estado afetivo (emocional) deve ser considerado como uma função de um estado fisiológico acompanhado de uma interpretação cognitiva (incluem-se aí crenças e valores) apropriada a este estímulo (SCHACTER & SINGER, 1962; MANDLER, 1985), é preciso um inventário do histórico das avaliações cognitivas bem como dos fatores sociais do ambiente para predizer a manifestação destes ditos estados no indivíduo. Claramente, isto difere entre as faixas etárias bem como de um indivíduo para outro (DUSCHL et al., 1999).

Atualmente estas dicotomias vêm sendo suplantadas. GOMEZ-CHACÓN (2003) ao tratar a relação afeto-cognição na educação matemática sugere que os afetos formam um sistema regulador da estrutura de conhecimento do estudante. Portanto, *"não basta conhecer de maneira apropriada os fatos, os algoritmos e os procedimentos para garantir o sucesso nesse sujeito"* (p. 24). As dificuldades de aprendizagem da disciplina não residiriam somente no registro cognitivo, mas também nas crenças do indivíduo sobre a

matemática e sobre si mesmo. Similarmente, ALSOP & WATTS (2000) assumem a premissa que a aprendizagem é influenciada por sentimentos e emoções e, reciprocamente, a aprendizagem pode influenciar sentimentos e emoções. Eles desenvolvem a idéia que dependendo do status da *relevância* de um tópico, um estudante pode ter a aprendizagem estimulada ou inibida. PIETROCOLA (2001) avança a idéia da possibilidade dos alunos manterem vínculos afetivos com o conhecimento de física. Isto se daria quando os estudantes percebessem a possibilidade de extrapolar este conhecimento, muitas vezes limitado a situações artificiais, para interpretação da realidade; uma relação muito além daquelas perecíveis do contexto escolar. VILLANI et al. (2003), explorando o referencial psicanalítico *lacaniano*, desenvolveram o esquema denominado *perfil subjetivo*, a fim de analisar em sala de aula a aprendizagem de Ciências. Os elementos principais desse instrumento são um conjunto de categorias referentes à posição do aprendiz em relação ao conhecimento científico, denominado *patamares de aprendizagem*, e um correspondente conjunto de categorias referentes às diretrizes sobre ensino implicitamente adotados e denominados de *discursos institucionais*. *"O perfil subjetivo do aluno é dado pela adesão relativa a cada patamar e o do professor por sua captura relativa por cada discurso"* (p. 337-338). O mapeamento das mudanças ocorridas na evolução dos alunos é feito a partir da comparação entre os perfis do aprendiz em vários momentos do processo, sendo o caso mais simples a comparação entre os perfis inicial e final.A conclusão geral é que a afetividade joga um importante papel no funcionamento e resultados de nossa vida mental e que no mínimo deve ser reconhecida como parte integrante da aprendizagem e incorporada dentro de teorias mais amplas sobre o assunto.

Esta parece ser a preocupação de PINTRICH et al. (1993) ao advogarem a necessidade de "modelos quentes" de cognição que incorporem processos subjetivos, motivacionais, sociais e históricos. PINTRICH e seus colegas objetivavam iluminar as maneiras pelas quais as crenças motivadoras dos estudantes sobre si mesmos como aprendizes e o papel dos indivíduos na sala de aula pode facilitar ou impedir a mudança conceitual. Assim se abriu a perspectiva de discutir o potencial mediador dos objetivos, valores e crenças dos estudantes no processo de mudança conceitual. Eles apontam

> as dificuldades teóricas de um frio ou, excessivamente racional, modelo de mudança conceitual focalizado apenas sobre a cognição dos estudantes sem considerar as maneiras pelas quais as crenças motivacionais dos estudantes sobre eles mesmos como aprendizes e os papéis dos indivíduos nas classes de aprendizagem podem facilitar ou obstruir a mudança conceitual (p. 167).

Mais recentemente, PINTRICH et al. (2003) exploraram o nível de motivação e estratégias de auto-regulação de alunos de Química. Seu foco era como mudam no tempo esses componentes motivacionais e como servem para indicar o desempenho dos estudantes no tempo. Os 458 participantes da pesquisa eram todos estudantes universitários envolvidos em um curso introdutório de Química. Usando um modelo generalizado de aprendizagem, contendo características pessoais e fatores contextuais de classe, o estudo procurou associar processos motivacionais, processos cognitivos e resultados, usando questionários. O mais significativo foi como os construtos "auto-eficácia" e "valor-da-tarefa" (interesse, importância e utilidade) agiram na predição do desempenho final do curso. Esses resultados servem para iluminar o potencial destes construtos no ensino e aprendizagem como um todo.

HIDI (1990) mostrou que *interesse* é a central para determinar como as pessoas selecionam e persistem em processar preferencialmente certas informações recebidas do ambiente. Essas considerações têm sérias implicações na aprendizagem, principalmente porque nas tarefas em que há interesse explícito por parte do estudante a um salto qualitativo no processamento das informações. Em particular, ela sugere que o interesse pessoal influencia a atenção seletiva dos estudantes, o esforço em persistir na tarefa e aquisição de conhecimento. Por exemplo, ALSOP e WATTS (1997) apresentaram evidências empíricas, na qual alguns sujeitos de pesquisa se mostraram extremamente reticentes em relação ao tema radiotividade, atestando que as pessoas perdem interesse e atenção em assuntos em nos quais há ausência de relevância pessoal. Segundo os autores, os aprendizes *"irão rejeitar e se desengajar completamente de certo tema, quando este tema parecer repugnante ou desagradável"* (p. 639).

LEE e ANDERSON (1993) procuraram determinar a profundidade do envolvimento individual do estudante na realização de tarefas acadêmicas e como os fatores cognitivos, motivacional e afetivo influenciam na qualidade do envolvimento do estudante na realização da tarefa. Os autores consideram que um estudante está motivado para aprendizagem de ciências quando *"compromete-se nas tarefas das aulas de ciências com o objetivo de realizar compreensões científicas, e se esforça para integrar seu conhecimento pessoal com o conhecimento científico e aplicar o conhecimento para descrever, explanar, predizer e controlar o mundo ao seu redor"* (p. 590). Eles procuram uma integração entre aprendizagem, cognição, motivação e sentimentos, considerando a

aprendizagem por mudança conceitual sob uma perspectiva motivacional afetiva. Os resultados mostram diferentes objetivos e níveis de engajamento dos estudantes. Os autores concluem que fatores afetivos incluem agendas pessoais e as orientações trazidas para as aulas de ciências, que certamente são influenciadas por questões culturais.

As motivações para seguir carreiras científicas ou cursar disciplinas científicas também são exploradas na literatura. Por exemplo, UENO et al. (2003) fazem uma reflexão sobre as razões subjetivas que fundamentam a opção de alguns estudantes pelo curso de Física da Universidade Estadual de Londrina, bem como sobre os fatores que, ou dão sustentação para a sua permanência (influências positivas) ou afastamento do mesmo (impactos negativos). Eles procuram dar uma interpretação psicanalítica para o "gostar de Física". O referencial teórico escolhido foi a psicanálise lacaniana, e tem revelado que o "gostar de Física" pode ser decomposto em três pólos: (1) o desejo do saber, (2) o gozo com o conteúdo e (3) o reconhecimento do outro. O desejo do saber, que resulta da libido sublimada, explica a "curiosidade" em entender as "coisas" e seu funcionamento; uma das primeiras razões apontadas por vários alunos para a sua opção pelo curso de Física. O "gostar de resolver problemas", está aparentemente vinculado ao fato de que, usualmente, nestas áreas o aluno pode assumir uma posição ativa em relação à aprendizagem do conteúdo. E o "outro" se refere às influências que as demandas dos outros significativos, como pais, amigos e professores exerceram ou ainda exercem sobre a permanência do aluno no curso e aponta para uma interpretação do que se pode chamar de *desejo de ser professor*. Por sua vez, CARDOSO e COLINVAUX (2000) entrevistaram 157 estudantes do Ensino Médio sobre suas motivações sobre estudar Química e descobriram que a maioria não gostava de Química ou não estava motivada para aprendê-la na escola. Os estudantes relacionaram essa falta de motivação a ausência de ralações entre os conceitos de Química apresentados na escola e os eventos da vida diária. Isso evidência que as dificuldades dos alunos não se deve apenas aos aspectos cognitivos.

Tratando diretamente da relação professor-aluno-saber, SANTOS e MORTIMER (2003) procuraram compreender a evolução dos sentimentos de fundo e humor em duas classes de Química. Eles usaram a distinção entre dois tipos de emoções, primárias e secundárias, propostas por DAMÁSIO (2005), na identificação e codificação de episódios particulares em sala de aula, usando dados de expressões faciais, respostas musculares e mudanças nas expressões vocais. Para eles, as emoções e os sentimentos desempenham um

papel importante na construção de significados, porque estão relacionados aos impulsos, interesse e motivações dos alunos e do professor no trabalho com o conhecimento. Eles sugerem que professores de ciências podem beneficiar-se de trabalhos empíricos realizados na escola explorando esses aspectos da psicologia das emoções. WYKROTA e BORGES (2003) analisaram um episódio do planejamento de aula de uma professora de uma escola da rede pública, com dados coletados por meio de entrevistas. Na descrição do contexto em que aconteceu o episódio de planejamento de ensino, a professora declarou sua insatisfação com o ambiente escolar onde trabalhava, a intenção e a expectativa de amenizá-la, por meio da realização de um trabalho em equipe com colegas com os quais tem afinidades: o gosto de ler e estudar. Diante da tarefa de estudar um texto proposto para trabalhar o conteúdo que planejaram, a professora vivenciou insatisfação, desgosto, rejeição e medo, relacionados ao conteúdo, e estranhou seu próprio comportamento. A estratégia usada na superação da perturbação emocional vivenciada passou pela percepção, o monitoramento e o processo de tomada de consciência dos estados emocionais vivenciados pela própria professora; alguns modos como lidou com as perturbações emocionais pessoais e resolveu o dilema profissional da decisão entre o custo do desgaste emocional causado pela rejeição do tema, pela dificuldade em lidar com o assunto, e a intenção de cumprir o combinado com os colegas, além da necessidade de engajar-se pessoalmente no ensino. Segundo os autores, esses resultados levam a inferir a riqueza de possibilidades de pesquisas sobre a influência da afetividade em geral no cotidiano profissional de professores considerando-se, além do conhecimento do conteúdo e do contexto sócio-cultural, suas motivações intrínsecas e extrínsecas, suas experiências subjetivas, a expressão e comunicação de seus estados emocionais nas decisões e escolhas de o quê e como ensinar.

O tema afetividade, igualmente, reorientou e ofereceu uma nova agenda as pesquisas sobre mudança conceitual[7]. TYSON et al. (1997) expandiram o modelo de aprendizagem de POSNER et al. (1982) acrescentando a sua categoria *epistemológica* (a maneira como o estudante vê um conceito em termos de seu *status*) de base, as dimensões *ontológica* (crenças sobre categorias e propriedades fundamentais do mundo) e *social/afetiva* (fatores contextuais e de motivação), sendo a mudança conceitual vista a partir de uma dinâmica entre as três dimensões, uma vez que considera-se não somente as mudanças conceituais de conhecimento que um estudante constrói ao passar de uma concepção "falsa" a uma científica mais exata, como fazia a teoria original. Eles

[7] Nós iremos discutir em maiores detalhes o Modelo de Mudança Conceitual no decorrer dos capítulos.

imaginaram uma estrutura multidimensional para mudança conceitual como composta por três aspectos, ou lentes através das quais a mudança conceitual pode ser vista e interpretada. Como se vê na figura 1.1, estes três aspectos estão representados pelos lados do triângulo. A mudança conceitual leva em consideração as concepções pré-instrução que o aluno tem, o conteúdo científico e o caminho entre eles, à medida que o estudante constrói seu aprendizado. A mudança conceitual desse modo não é estática, mas é um processo dinâmico que ocorre durante um período de tempo. Como se pode ver na figura 1.1, o conhecimento conceitual 1 representa as concepções anteriores do estudante e o conhecimento conceitual 2 representa um desenvolvimento posterior de concepções que também pode ser concepções científicas estáveis. A seta entre os dois triângulos representa o processo de mudança conceitual. Do ponto de vista do ensino/aprendizado, estes aspectos também podem influenciar, impedindo ou melhorando a mudança conceitual. A lente ontológica da estrutura multidimensional da mudança conceitual examina a forma como o estudante percebe a natureza das coisas estudadas; isto é, o estudante olha para fora do mundo. A lente espistemológica examina como ele percebe seu conhecimento sobre as coisas estudadas, isto é, ele olha para dentro, para seu próprio conhecimento. A lente social/afetiva examina as condições sociais e afetivas necessárias para ocorrência da mudança conceitual.

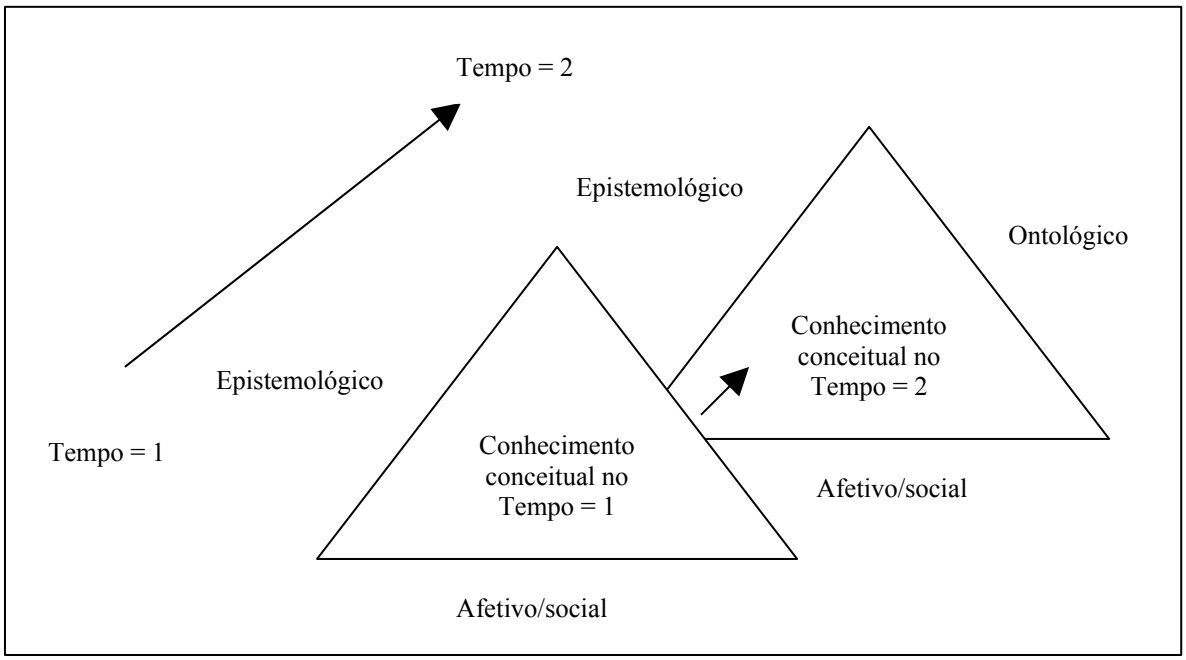


Figura 1.1 – Uma estrutura multidimensional para mudança conceitual para representar a natureza dinâmica da mudança conceitual ocorrida em um período de tempo (TYSON et al. , 1997).

Similarmente, ALSOP e WATTS (1997) propuseram um quadro mais holístico de análise para as mudanças conceituais. O modelo proposto favorece muitas das características do modelo tradicional de mudança conceitual. Mas, eles expandiram o modelo para incluir quatro "lentes": a *cognitiva*, a *conativa*, a *afetiva* e "*bem-estar"*. Essa expansão do modelo permite explorar como os aprendizes se sentem sobre o seu envolvimento com a ciência, como eles vêem o conhecimento como utilitário e podem agir sobre ele, e como eles vêem a si mesmos em relação a aprender ciências. De acordo com ALSOP e WATTS, *"qualquer modelo de mudança conceitual que negligencie uma dimensão afetiva é na melhor hipótese muito parcial"* (p. 647). As principais características do modelo são delineadas abaixo:

<u>*A cognitiva*</u>: Essa lente mantém os principais elementos do modelo de POSNER, STRIKE, HEWSON e GERTZOG (1982): *"inteligibilidade", "plausibilidade", "frutificação"* e *"insatisfação"*.

<u>*A afetiva*</u>: compreende três ingredientes. O engajamento dos estudantes com um tópico pode ser descrito por quão *"adequado"* ou pessoalmente relevante ele é; quão "*saliente*", proeminente, ou cativante ele é dentro de um domínio; e também quão *"palatável"*, quão agradável a matéria é.

<u>*A conativa*</u>: Essa dimensão é referente a questões como: "como eu posso utilizar este conhecimento? Ele me habilita a agir? Ele me ajuda a resolver problemas práticos?". Ela pode ser delineada em três elementos: o nível no qual os estudantes são hábeis em ter *confiança* em seus conhecimentos; a capacidade de *controle* que eles tem sobre o uso dos seus conhecimentos e o grau de sua aplicabilidade – quão *acionável* o conhecimento é.

<u>*Auto-estima*</u>: Essa dimensão é separada em três ingredientes, *imagem*, *segurança* e *autonomia*. Imagem significa a percepção dos estudantes deles mesmos em relação a ciência. Segurança significa o sentido de auto-crença que permite aos indivíduos persistir em ciências mesmo face a incompreensão. Autonomia refere-se a capacidade individual e motivação para perseguir assuntos científicos, achar resposta as questões

ALSOP e WATTS consideram ainda que o engajamento de uma pessoa com o conhecimento científico deve ajustar-se com sua auto-imagem e estilo de vida, para habilitá-lo a agir como segurança e direcionamento correto, pois *"onde essas*

características da aprendizagem são fracas o engajamento com idéias e conceitos é provavelmente inseguro, e a mudança conceitual é então muito precária" (p. 648).

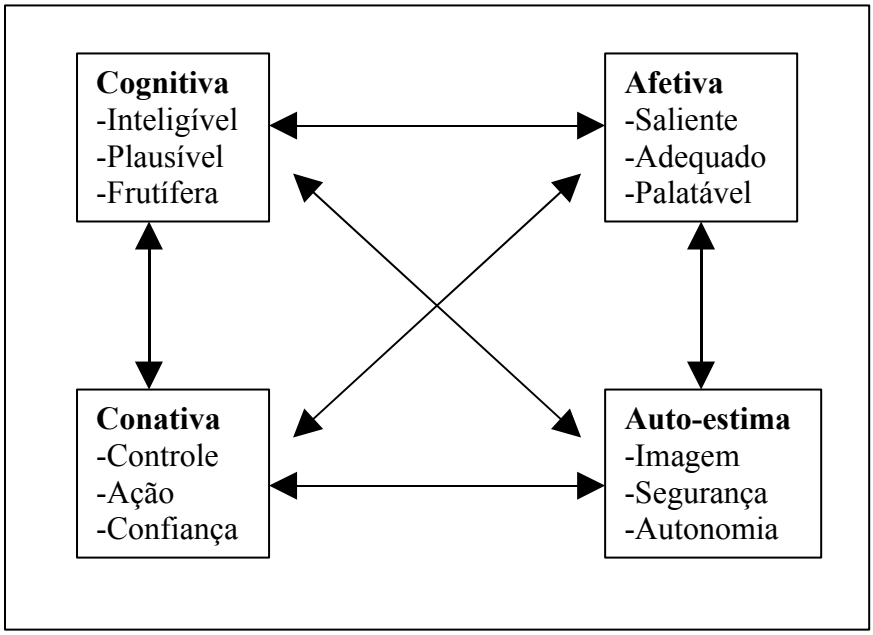


Figura 1.2 – Estrutura de análise para mudanças conceituais (ALSOP & WATTS, 1997)

Embora haja uma ascensão progressiva do domínio afetivo na Educação Científica, nenhum trabalho faz uma análise específica da relação afetiva entre os alunos e as explicações escolares. Grande parcela da literatura é dedicada à categoria afetiva *motivação* (paixão por aprender, ansiedade e medo diante de uma disciplina, interesse, objetivos). A literatura também mostra trabalhos relacionados aos processos de comunicação necessários à aprendizagem e a dependência do comportamento do professor. Outros estão mais vinculados com a aprendizagem, ou seja, com apropriação de conhecimentos e desenvolvimento de habilidades ou atitudes, dependendo então da predisposição do aluno e de suas concepções (LAFORTUNE, 1997). Mesmo os trabalhos que tentam incrementar diretamente o modelo de mudança conceitual acrescentando a dimensão afetiva (TYSON et al., 1997; ALSOP & WATTS, 1997), referem-se a motivação e interesse, ou ao apelo afetivo do tema, sendo indiferentes as reações afetivas do explicar e do entendimento gerado. Em geral, quando a dimensão afetiva é incorporada, funciona mais como catalisador ou inibidor da aprendizagem, e como tal, participa do processo, porém não pertence inextricavelmente a ele. Nós pensamos que a dimensão afetiva está entrelaçada no processo de aceitação de explicações, portanto inseparável do que é

aprendizagem. Em seguida, vamos rever algumas definições dos principais elementos do domínio afetivo com o intuito de convergirmos para nossa proposta.

1.3 - Descritores básicos do domínio afetivo: crenças, atitudes, emoções e sentimentos

As fronteiras entre os conceitos parecem ser difíceis de definir, tanto na literatura de filosofia, psicologia ou educação científica. De maneira geral, afeto é definido como tudo que está relacionado aos sentimentos, motivação e emoções. Afeto se configura em uma categoria mais abrangente, embora possa ser utilizada como sinônimo de sentimentos, motivação, emoções, humor, atitudes, interesses e valores. Neste trabalho, estes termos são utilizados tanto no sentido amplo, quanto no sentido restrito, por isso a necessidade de esclarecermos em detalhes seus significados. De acordo com NEVES e CARVALHO (2003) o marco teórico do "domínio afetivo" baseia-se na definição de três componentes essenciais: crenças, atitudes e emoções.

1.3.1 - Crenças

As *crenças* são um dos componentes do conhecimento subjetivo implícito do indivíduo sobre fatos, uma disciplina, ou ainda, seu ensino e sua aprendizagem. Tal conhecimento está baseado na experiência. As concepções entendidas como crenças conscientes são diferentes das crenças básicas, que muitas vezes são inconscientes e têm o componente afetivo enfatizado. É definido, portanto, em termos de experiência e conhecimentos subjetivos do aluno. Uma boa interpretação do pensamento comum seria enquadrá-lo na categoria de crença (POZO, 2002). As crenças constituem a base da nossa vida, o terreno sobre o qual ela acontece. Elas nos colocam diante do que para nós é a realidade mesma. Segundo ORTEGA y GASSET:

> Toda nossa conduta, inclusive intelectual, depende de qual é o nosso sistema de crenças autênticas. Nelas nós vivemos nos movemos e somos. Por isto mesmo, não podemos ter consciência expressa delas, não as pensamos, uma vez que atuam latentes, como implicações de quanto expressadamente

> fazemos ou pensamos. Quando cremos de verdade em uma coisa não temos idéia desta coisa, simplesmente contamos com ela (citado em POZO, 2002).

PAJARES (1992) defende que um conjunto de crenças a respeito de uma situação particular forma atitudes. As atitudes tornam-se agentes causativos; as pessoas agem com base no que elas acreditam. Valores pessoais que direcionam a vida dos indivíduos são formados a partir das conexões com este grupo de crenças. A noção de crença tem um papel crítico na definição do comportamento, em particular ações, e organização do conhecimento e informação. Na síntese de PAJARES (1992): (a) Crenças são formadas precocemente e tendem a ser auto-perpetuadas. Elas tendem a ser preservadas através do tempo, experiência, razão e escolaridade.(b) Pessoas desenvolvem um sistema de crenças que abriga todas as crenças adquiridas através do processo de transmissão cultural.(c) Crenças são priorizadas de acordo com suas conexões com outras crenças.(d) Quanto antes uma crença é incorporada ao sistema de crenças, mais difícil mudá-la.(e) Mudanças de crenças são relativamente raras durante a vida adulta.(f) Crenças influenciam fortemente a percepção e comportamento.(g) Crenças jogam um papel chave na definição de tarefas e seleção de ferramentas cognitivas com as quais são interpretadas, planejada e tomadas decisões com relação a estas tarefas.

Outros autores propõem ligações mais fundamentais entre crenças e emoções. FRIDJA e MESQUITA (2000) afirmam que emoções podem levar a novas crenças ou fortalecer crenças já estabelecidas. A idéia que emoções podem criar novas crenças se origina na noção que uma emoção carece de uma avaliação baseada nos interesses salientes do indivíduo. Essa avaliação "temporária" vinculada a uma emoção pode tornar-se a longo prazo em uma crença quando a emoção torna-se o que os autores chamam "sentimento". Por exemplo, se alguém faz alguma coisa que fere nosso interesses e nós estivermos inclinados a pensar que foi algo intencional, nós podemos formar um sentimento negativo em relação a pessoa em questão, o qual irá afetar a maneira pela qual nós interpretamos o comportamento futuro dessa pessoa. Sobre a propriedade das emoções de fortalecer crenças, os autores argumentam que crenças resistentes para uma pessoa são aquelas centrais para os interesses delas; e interesses, é claro, estão profundamente implicados no processo emocional. Então a experiência da emoção é um sinal para o indivíduo que seus interesses estão em questão, e quanto mais forte for a emoção mais importantes estes interesses serão. Dessa maneira todas as crenças que são fundamento para os interesses em

questão irão possivelmente ser fortalecidas pela experiência da emoção. Os autores traçam esses efeitos das emoções para caracterizar a formação das crenças em geral.

Analogamente, a hipótese que emoções fornecem informações e guiam a atenção, por isso influenciam na formação de crenças, é defendida por CLORE e GASPER (2000). A essência do argumento deles é que quando um estado afetivo não tem um "objeto" óbvio, a informação fornecida por um estado afetivo pode ser falsamente atribuída a outro objeto substituto. Essas falsas atribuições ocorrem mais provavelmente em conjunção com estados de humor, isto porque para estados de humor tipicamente falta um "objeto" óbvio. Entretanto, os efeitos informacionais e atencionais discutidos por CLORE e GASPER são aqueles que ocorrem conjuntamente com emoções propriamente ditas. Circunstâncias que são acompanhadas por emoções similares, tem maior probabilidade de serem classificadas da mesma maneira, abrindo a possibilidade de fusão dessas circunstâncias. Além disso, a intensidade emocional dirige a amplitude do foco atencional, enquanto a qualidade emocional orienta a direção do foco atencional. A conclusão geral é que crenças suportadas por emoções orientam a atenção sobre informações relevantes para crença.

Com relação ao âmbito particular da Educação Científica, as crenças do estudante podem ser classificadas em termos do objeto de crença: crenças sobre uma disciplina (o objeto); sobre si mesmo; sobre o ensino da disciplina e crenças do contexto no qual a educação científica acontece (contexto social). McLEOD (1992) assinala duas categorias de crença que parecem ter influência principalmente nos aprendizes de matemática. De um lado, *crenças sobre a matemática* como disciplina que os estudantes desenvolvem e, crenças dos alunos (e do professor) sobre si mesmos e sua relação com a matemática, de outro. As primeiras, geralmente envolvem pouco componente afetivo, mas constituem uma parte importante do contexto no qual o afeto se desenvolve. Já a segunda categoria possui um forte componente afetivo, incluindo crenças relativas á confiança, o autoconceito e á atribuição causal do sucesso e do fracasso escolar. São crenças intimamente relacionadas com a percepção da utilidade da matemática e da confiança em relação á matemática, a partir delas revelam-se forte atributos emocionais tais como medo e ansiedade. Infelizmente, as pesquisas na área e ensino de física não oferecem um relato sistemático das crenças na disciplina. Contudo, nos parece que as crenças gerais sobre a disciplina de Física não devem ser em essência muito distintas das de matemática, exceto no tocante a física intuitiva.

1.3.2 - Atitudes

Atitude é uma disposição interior da pessoa que se traduz em reações emotivas moderadas que são assimiladas e, depois, experimentadas sempre que a pessoa é posta perante um objeto (idéia ou atividade). Estas reações emotivas levam-na a aproximar-se desse objeto, a ser favorável, ou a afastar-se dele, a ser desfavorável (NEVES & CARVALHO, 2003). Na definição proposta por HART (1989), atitudes são predisposições avaliativas (isto é, positiva ou negativa) que determina as intenções pessoais e influi no comportamento. Inclui, portanto, de três componentes: um cognitivo, que se manifesta nas crenças implícitas em tal atitude; um componente afetivo, que se manifesta nos sentimentos de aceitação ou de repúdio da tarefa ou da matéria; e um componente intencional ou de tendência a certo tipo de comportamento. Ela é do tipo geral, e válida para qualquer tipo de atividade, seja qual for seu objeto.

No contexto escolar, as atitudes em relação uma disciplina referem-se á valorização e ao apreço por esta matéria, bem como ao interesse por ela e por sua aprendizagem, sobressaindo mais o componente afetivo do que o cognitivo. O componente afetivo manifestar-se-ia em termos de interesse, satisfação, curiosidade, valorização, etc. Segundo GOMEZ-CHÁCON (2003) as atitudes compreendidas por esse grupo podem referir-se a qualquer um dos seguintes aspectos: Atitude em relação á disciplina e aos cientistas (aspectos sociais da matéria); interesse pelo trabalho científico; atitude em relação a determinadas partes da disciplina; atitude em relação aos métodos e ensino.

Pelo caráter marcadamente cognitivo das atitudes citadas e para que tais comportamentos possam ser considerados como atitudes, é necessário considerar a dimensão afetiva que deve caracterizá-las, isto é, distinguir entre o que o sujeito é capaz de fazer (capacidade) e o que ele prefere fazer (atitude). Aqui entra em jogo a curiosidade e o interesse por pesquisar e resolver problemas, a criatividade ao conjeturar a flexibilidade para mudar o próprio ponto de vista, a autonomia intelectual para enfrentar situações desconhecidas e a confiança na própria capacidade de resolver problemas.

1.3.3 - Emoções

O termo *emoção* deriva do Latin, *e* + *movere*. Ele originalmente significava migrar ou transferir-se de um lugar para outro, mas também foi usado para referência a estados de agitação ou perturbação físicas (por exemplo, clima) ou psicológicas. Foi algo como esse uso metafórico, que deu ao termo emoção seu significado moderno. É importante notar, entretanto, que a difusão da aplicação do termo emoção para estados psicológicos é relativamente recente. Por aproximadamente dois mil anos, da Grécia antiga até a metade do século IXX, foi comum falar de emoções como *'paixões'*. O termo *paixão* deriva do Latin, *pati* (sofrer), o qual é relacionado com o Grego *pathos*. Também derivam de *pati* expressões como *passivo* e *paciente*. Na raiz desses conceitos está a idéia que um indivíduo está submetido ou sofrendo alguma mudança, em oposição a fazer ou iniciar a mudança (AVERILL, 1980).

As emoções são alvo de estudo e interesse humano e científico desde longa data, em diferentes áreas do saber. A Filosofia, por exemplo, há muito que demonstra interesse no seu estudo e na definição das suas contribuições para o desenrolar da vida humana e mecanismos de construção do conhecimento (SOLOMON, 1980). A Antropologia, por seu lado, tem estudado a ligação entre as emoções e a dimensão cultural das sociedades. A História tem desenvolvido esforços no sentido de descrever o curso do interesse pelas emoções, enquanto que a sociologia se tem preocupado em perceber a relação entre o funcionamento emocional e a pertença a grupos sociais (KEMPER, 2004). Também as neurociências têm demonstrado um interesse crescente pelas emoções e pelos contributos únicos dos sistemas emocionais na caracterização do funcionamento humano (DAMÁSIO, 2005). Deste modo, ao mesmo tempo que o cérebro é hoje reconhecido como o centro de comandos fundamental das emoções, explicando a sua base fisiológica, começa a ser também consensual que é afetado e alterado ao longo do desenvolvimento pelas diferentes experiências e acontecimentos de vida, bem como pelo desenvolvimento emocional do indivíduo (MELO, 2005).

As concepções clássicas sobre o tema emoções têm origem nos pensamentos de CHARLES DARWIN e WILLIAM JAMES. DARWIN, partindo de sua teoria da evolução, afirmou que muitas expressões emocionais são natas, portanto não dependem de fatores culturais para o seu aparecimento. Sua conclusão essencial, de acordo com as suas idéias gerais sobre a evolução, é que as expressões emocionais têm duas características fundamentais. Primeiro, elas têm valor para a sobrevivência, tendo se desenvolvido como

adaptação a certas condições ambientais. Segundo, elas têm valor em termos de comunicação, de sinais, tanto para os seres humanos quanto para os animais. Por sua vez, WILLIAM JAMES sustentava que as emoções são sensações corporais, ou a percepção delas. JAMES contestou a idéia de que o processo emotivo obedecia à seqüência percepção – sentimento – ação, defendendo que a seqüência correta seria percepção – ação – sentimento. Por exemplo, quando percebemos uma situação de perigo, suamos, trememos e tentamos fugir, só então sentimos medo. JAMES, com base na teoria periférica, sugeriu que as experiências emocionais têm uma origem fisiológica e que são sensações provenientes dos músculos esqueléticos e da periferia do corpo (PLUTCHICK, 1980). Essa teoria é bastante criticada por DAMÁSIO (2005), para quem WILLIAM JAMES conseguiu captar o mecanismo essencial para a compreensão das emoções e dos sentimentos, mas ficou muito aquém da variedade e da complexidade dos fenômenos que abordou, o que tem dado origem a polêmicas infindáveis e às vezes inúteis.

Ainda hoje, nem sempre o termo emoção tem definição, clara ou consensual, variando a ênfase dada pelas diferentes teorias às suas funções específicas, componentes, a influência de fatores genéticos, constitucionais, ambientais e culturais, ou mesmo à sua relação com outros sistemas como o cognitivo, lingüístico ou motor (MELO, 2005). Por tudo isto não é raro verificar-se alguma confusão terminológica entre afeto, sentimentos e emoções, termos que podem significar processos relacionados, mas distintos, e que são frequentemente usados de forma equivalente levando-nos a não saber exatamente o foco do estudo em questão. A fim de clarificar o termo emoção vamos rever algumas das definições oferecidas no campo de estudo das emoções, apresentando as linhas principais das propostas dos autores.

Na interpretação e definição das emoções, alguns autores aderem a linha *cognitiva*. Nessa linha se assume de forma explícita que as emoções têm uma componente cognitiva, não sendo simplesmente sensações ou processos fisiológicos. Isto é, as cognições provocam alterações fisiológicas e comportamentais, e são sempre sobre alguma coisa ou alguém. LAZARUS (1984), um teórico dessa tradição, propõe que as emoções são conseqüências de avaliações cognitivas, e essas avaliações são necessárias e suficientes na formação das emoções. A avaliação do indivíduo de uma situação depende de características internas (personalidade, objetivos e crenças) e externas (contexto). Nessa formulação, não são as características do evento que determinam a resposta emocional,

mas a avaliação subjetiva do estímulo no contexto. Assim, a avaliação cognitiva da situação leva ao afeto, tendências de ação e respostas psicológicas (como aumento dos batimentos cardíacos, respostas musculares e expressões faciais). A combinação dessas três respostas é que determinaria quais emoções evocadas. Ainda que estas avaliações sejam denominadas cognitivas, elas não envolvem necessariamente processamento consciente. LAZARUS acredita que as avaliações cognitivas de uma pessoa acerca de um evento buscam revelar a significância do evento para o bem-estar pessoal, e cada emoção é evocada por um modelo específico de avaliações.

GROSS (1998), por seu lado, fala-nos de, pelo menos, três componentes-chave da emoção, designadamente a expressão comportamental, a experiência subjetiva e as respostas fisiológicas periféricas, componentes estas estudadas em diversos modelos. Para ele, a componente expressiva das emoções, tidas como universais e assumidas por alguns autores como marcadores importantes da presença e ativação de uma emoção, em que DARWIN reconheceu funções de comunicação social e regulação das experiências emocionais, tem funcionamento em regiões cerebrais distintas responsáveis por diferentes expressões faciais. Já BAGOZZI et al. (1999) definem emoção como um estado mental de prontidão que surge de apreciações cognitivas de eventos ou pensamentos. Assim, uma emoção tem um tom fenomenológico, é acompanhada por processos fisiológicos, é geralmente expressa fisicamente (com gestos, postura, expressões faciais) e pode resultar em ações específicas, que irão depender de sua natureza e significado para a pessoa que sente a emoção. Essas expressões faciais características dos estados emocionais representam padrões morfológicos, segundo EKMAN (1980). Seu trabalho inclui experimentos com diferentes culturas e outros aspectos das reações emocionais, de acordo com as emoções básicas, medo, surpresa, raiva, desgosto, tristeza e felicidade. Para EKMAN, as respostas emocionais são complexas, incluem mudanças nas expressões faciais, respostas musculares, mudanças no sistema endócrino e conseqüente mudança no nível de hormônios e mudanças no sistema nervoso autônomo. Respostas emocionais também são coordenadas, pois vários elementos ocorrem juntos em padrões reconhecíveis ou em seqüência.

Ainda na tradição *cognitiva*, o paradigma de MANDLER (1985), destaca o aspecto psicológico da emoção. Em sua abordagem, procura integrar a atividade fisiológica e o processo de avaliação cognitiva. Em sua concepção, a emoção é uma interação complexa

entre sistema cognitivo e sistema biológico. Para ele, a experiência emocional deriva de dois conjuntos de fatores: a ativação (*arousal*), especificamente a ativação do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), e a avaliação cognitiva, que será determinada a qualidade da emoção. Neste caso, o SNA é estimulado por certos eventos que requerem interrupção cognitiva. A ativação autônoma se produz pela interrupção e pelas discrepâncias entre pensamentos e ações. Então será a não-confirmação ou a frustração ou a não-finalização de algo iniciado que ativará o SNA.

> A construção da emoção em geral consiste na concatenação consciente de alguns esquemas avaliativos, juntamente com a percepção de ativação (arousal). Essa construção consciente é, como todas outras, um experimento unitário holístico, apesar de poder derivar de separadas e igualmente independentes representações esquemáticas (MANDLER, 1985, p. 115).

O processo de avaliação cognitiva será o que define a qualidade da emoção. Algumas emoções manifestar-se-ão através das diversas culturas (medo, orgulho, etc.); outras, no entanto, apresentarão importantes diferenças individuais e culturais. Existem três fontes de avaliação cognitiva: (1) Avaliações inatas (por exemplo, preferência pelo doce ante o amargo, etc.); (2) Avaliações aprendidas culturalmente (por exemplo, a música); (3) Avaliações de base estrutural (por exemplo, preferência pelo conhecido ante ao desconhecido). As conseqüências secundárias dessas avaliações, estreitamente ligadas aos valores e aos desejos das pessoas, serão produzir julgamentos de valor positivos ou negativos.

No sistema cognitivo, MANDLER (1984) retoma o conceito esquema como unidade básica do sistema cognitivo interpretativo. Esquemas seriam representações da experiência que guiam a ação, a percepção e o pensamento, entre outros, que se desenvolvem em função da freqüência de encontros iniciais relevantes, por informações sensoriais ou por outros esquemas. O modelo de MANDLER pode ser esquematizado da como: Interrupção → Ativação → Interpretação → Emoção. Neste caso, interrupção significa a não-confirmação de uma expectativa ou a não-finalização de uma ação iniciada. A emoção emerge quando existem conflitos entre os planos e a realidade, ou entre os próprios planos. Assim, as emoções estariam associadas a reorganizações do sistema cognitivo a partir desses conflitos. As novas situações são avaliadas a partir dos esquemas preexistentes. A incongruência ou a necessidade de acomodação de um novo estímulo ao esquema preexistente levará a uma nova ativação fisiológica e a estados avaliativos

positivos ou negativos. Portanto, a construção da emoção consiste na concatenação, na consciência de algum esquema cognitivo avaliativo juntamente com a percepção de um despertar visceral. MANDLER assinala ainda, a importância da capacidade consistente na construção das emoções e indica sua função adaptativa na relação entre emoções, discrepância e SNA. Considera que as emoções ocorrem em tempos importantes na vida do organismo e, quando estas são focadas, podem servir para preparar o organismo para uma resposta mais afetiva, tanto no pensamento quanto da ação.

Outra linha proeminente no estudo das emoções é da *atribuição*. A perspectiva da atribuição aborda os diferentes modos de explicar o comportamento social, suas atribuições causais e aquelas explicações que se baseiam no senso comum. Nessa tradição, o modelo de WEINER (1986) propõe que a conduta social das pessoas se vê afetada pelas atribuições de causalidade que estas realizam. As pessoas procuram explicar o "porque" dos acontecimentos, a motivação das condutas próprias e alheias: buscam a causa. As atribuições de causalidade são percepções frias ou cognições sobre a forma como as coisas funcionam. Embora a memória disponha de um número virtualmente infinito de inclusões ou atribuições causais, nas situações relacionadas com a conquista – que foram amplamente estudadas – as causas se reduzem de forma significativa, aparecendo como as mais dominantes a capacidade e o esforço, o que parece refletir a tendência á economia ou a simplicidade no pensamento causal, o que faz pensar em uma possível estrutura da causalidade percebida. Na teoria de WEINER, a motivação está determinada pelo que uma pessoa pode obter (incentivo) e pela probabilidade de consegui-lo (expectativa). Estudos empíricos mostram que as atribuições causais influem nas expectativas de sucesso (expectativas de meta). Por sua vez, embora as atribuições causais não influam nas propriedades objetivas dos objetos-meta, elas determinam ou guiam as relações emocionais e as e as conseqüências subjetivas de alcançar o objetivo. O valor do objeto é entendido em termos de valor subjetivo, não objetivo. Assim, as atribuições de causalidade que fizermos poderiam determinar nossas reações emocionais (produz diferente grau de satisfação, o fato de conseguir um mesmo objeto, dependendo de quais forem às causas que atribuirmos a essa conquista).

Incorporando diversas correntes, a Teoria das Emoções Diferenciais (TED) de CARROLL IZARD é dos modelos de emoções mais proeminentes no campo de investigação psicológica das emoções, destacando-se por sublinhar o caráter inato das

emoções, as suas funções motivacionais básicas e a relação próxima entre emoções e personalidade (IZARD, 1977; MELO, 2005) Pressupõe, à semelhança de outros modelos, três níveis básicos ou componentes das emoções nomeadamente, uma dimensão neuronal, expressiva e experiencial. De acordo com esta teoria, as emoções são pré-programadas, ainda que sejam admitidas algumas influências ambientais, e formam um sistema independente de outros sistemas, como o cognitivo. É, no entanto, postulado que ao longo do desenvolvimento os diferentes sistemas, ainda que independentes, vão estabelecendo diferentes ligações entre si. A Teoria das Emoções Diferenciais assume a existência de várias emoções básicas, com características distintas, defendendo que os sistemas emocionais podem operar de modo independente do processamento cerebral cortical e contribuir para a organização da percepção, cognição e comportamento (IZARD, 1977). A vertente comunicativa das emoções, ou seja, as expressões faciais (EKMAN, 1980), é também estudada de forma aprofundada nesta teoria. As emoções básicas postuladas por IZARD são:

Interesse: é a emoção positiva mais freqüentemente experimentada, fornecendo grande parte da motivação para o aprendizado, o desenvolvimento de habilidades e competências e realizações criativas. A tendência de ação que se destaca é a exploração do ambiente. Ele resulta de um aumento na estimulação neural, geralmente trazido por alguma mudança ou novidade. Em um estado de interesse a pessoa mostra sinais de atenção, curiosidade e fascinação.

Alegria: é uma emoção desejável, apesar de não necessariamente ser continuamente desejável. Ela parece ser um subproduto de eventos e condições que resultam de um esforço direto para obtê-la. Um estado ativo de alegria é caracterizado por um senso de confiança, significado e um sentimento de ser amado.

Surpresa: diferentemente das outras emoções, a surpresa é sempre um estado transiente. Ela resulta de um aumento agudo na estimulação neural, geralmente trazido por um evento inesperado repentino. A surpresa tem a função muito útil de clarear o sistema nervoso para uma emoção e uma cognição vindoura, de modo que o indivíduo possa responder adequadamente à situação de estímulo e à mudança repentina experimentada.

Angústia: na angústia, a pessoa sente-se triste, sem coragem, solitária, infeliz. Ele tem a função de comunicar ao próprio indivíduo e aos outros que tudo está mal e motivar a pessoa a fazer o que é necessário para reduzir essa angústia. Ela torna o indivíduo responsivo aos seus problemas e aos problemas do mundo em geral.

Raiva: resulta freqüentemente de restrições físicas e psicológicas, ou da interferência em uma atividade orientada a um objetivo. O objetivo parece ser a perseguição de um objetivo através da mobilização de grande mobilização de energia e esforços para o alcance do objetivo. Neste estado, o sangue "ferve" e face fica vermelha. Rapidamente a energia mobilizada tenciona os músculos e proporciona um sentimento de poder, coragem ou confiança.

Desgosto: ocorre freqüentemente junto com a raiva, mas tem algumas características motivacionais/experienciais próprias. Deterioração física ou psicológica tende a elicitar o desgosto. O indivíduo sente como se tivesse um gosto ruim na boca, e um desgosto intenso pode causar a sensação de dor no estômago. Combinado com a raiva, ele pode motivar o comportamento destrutivo, pois a raiva motiva o ataque e o desgosto motiva o desejo de "se livrar" do objeto que o está causando.

Desprezo: geralmente ocorre com a raiva ou o desgosto ou ambos. Numa perspectiva evolucionária, ele pode ter surgido como um veículo para preparar o indivíduo ou grupo para enfrentar um adversário perigoso. Situações nas quais o indivíduo tem necessidade de se sentir superior pode levar a algum grau de desprezo.

Medo: ele tende a trancar na memória experiências inesquecíveis que podem ser vividas novamente por sonhos ou lembranças. O seu objetivo ou função principal parece ser o de proteger a integridade física e psicológica do indivíduo forçado-o a fugir de situações potencialmente ameaçadoras. O medo é ativado por um rápido aumento na densidade de estimulação neural, trazido por um perigo real ou imaginário. Apreensão, incerteza, o sentimento de falta de segurança acompanham o medo, que pode mobilizar energia e proporcionar a motivação para escapar do perigo.

Vergonha: pode ter surgido durante o curso da evolução como resultado da natureza social do indivíduo e da necessidade humana de socializar-se. A vergonha motiva a vontade de se

esconder, desaparecer, produzindo um sentimento de inépcia, incapacidade e de não pertinência ao grupo. Evitar a vergonha pode estimular o comportamento auto-corretivo imediato, como em programas de auto -melhoria.

Culpa: está freqüentemente ligada à vergonha, resultando de atos errados que tenham natureza moral, ética ou religiosa. Ela ocorre em situações em que o indivíduo sente-se pessoalmente responsável, com um sentimento forte de "não estar certo" com a pessoa ou as pessoas com as quais agiram de forma errada.

Nessa seção apresentamos algumas perspectivas da construção das emoções. Não pretendíamos uma análise exaustiva do tema, apenas apresentar os atores principais em cena na discussão desenvolvida nesse trabalho. Propositadamente, deixamos para próxima seção uma abordagem bastante difundida e promissora das emoções: a neurobiológica.

1.4 - Uma perspectiva neurobiológica das emoções

MATURANA (2001a) diz que *"emoções não são o que correntemente chamamos de sentimento*" (p.15). Do ponto de vista biológico, segue MATURANA, o que conotamos quando falamos de emoções são *"disposições corporais dinâmicas que definem os diferentes domínios de ação em que nos movemos"* (p. 15). Quando mudamos de emoção, mudamos de domínio de ação. Isso implica que sob determinadas emoções podemos ter apenas determinadas ações e não outras, ou ainda, ações incompatíveis sob outras emoções. Por exemplo, é lugar comum a idéia que não se deve pedir nada a alguém quando esta pessoa estiver com raiva. MATURANA explica que essa pessoa, não está restringida de uma maneira absoluta, mas está num domínio emocional no qual são possíveis somente certos tipos de ações, fundadas em uma perspectiva de preferências que a raiva define, e não outras. Assim, podemos distinguir diferentes emoções apreciando o domínio de ações que a pessoa se encontra, ou fazendo observações do domínio de ações que a sua corporalidade denota. Por exemplo, em situações de pânico, como incêndios, as pessoas geralmente agem de maneira desordenada, correndo de um lado para o outro e gritando, possivelmente não ouviriam se alguém dissesse: "fique calmo é uma simulação". O que poderiam fazer fora do domínio do pânico é muito diferente.

Similarmente, ANTÓNIO DAMÁSIO (2005), em *O Erro de Descartes*, faz uma abordagem neurológica sobre o funcionamento de mente e cérebro e introduz hipóteses interessantes para se entender os processos cognitivos dentro de uma perspectiva que englobe emoções e sentimentos. DAMÁSIO rebate críticas que em geral são feitas a subjetividade que envolve os sentimentos, dizendo que tais elementos não são qualidades mentais meramente ilusórias associadas a um objeto, mas resultado de atividades mentais localizadas em certos setores cerebrais. Essa certeza se origina no extenso trabalho realizado por ele com doentes neurológicos, cuja capacidade de raciocínio e tomada de decisão viu-se drasticamente reduzida, em virtude da perda total ou parcial da experiência dos sentimentos em conseqüência das lesões cerebrais. Na opinião de DAMÁSIO, sentimentos e emoções seriam reações localizadas no organismo biológico do seres humanos, qualificáveis e observáveis através dele. Portanto, *"pode-se circunscrevê-los em termos mentais, e talvez encontrar também seu substrato neurológico"* (p. 14). Longe de contribuir para um pensamento menos racional, sustenta que os sentimentos e emoções tiveram papel fundamental na filogênese da espécie humana e num indivíduo contribuem igualmente para sua ontogênese.

Uma das argumentações fundamentais na obra de DAMÁSIO refere-se a impossibilidade de se prescindir certos aspectos do processo da emoção e do sentimentos na racionalidade. Em circunstâncias de incerteza quando temos que fazer juízos morais, projetar como será nossa vida no futuro, ou decidir o rumo de relação pessoal, diz DAMÁSIO, as emoções e sentimentos, juntamente com o aparato fisiológico oculto que lhes é subjacente, auxiliam-nos a fazer previsões nesse cenário de incertezas e a planejar ações conforme essas previsões. No que têm de melhor, *"os sentimentos nos encaminham na direção correta, levam-nos para o lugar apropriado do espaço da tomada de decisão onde podemos tomar partido dos instrumentos da lógica"* (2005, p.13). Nessa perspectiva, emoções e sentimentos são os sensores para encontro, ou a falta dele, entre a natureza e as circunstâncias, ou seja, entre sujeito e objeto. Aqui, DAMÁSIO compreende a formação do sujeito pela aglutinação de informação de duas fontes. A primeira, herdada, composta pelo conjunto de adaptações geneticamente estabelecidas. A segunda, experiencial, adquirida por via do desenvolvimento individual através de interações com ambiente social, quer de forma voluntária e consciente, quer de forma inconsciente e involuntária. Assim, *"os sentimentos, juntamente com as emoções que os originam, não são um luxo. Servem de guias internos e ajudam-nos a comunicar aos outros sinais que também os podem guiar"*

(p. 15). No todo, corpo e mente encontram-se indissociavelmente integrados por circuitos bioquímicos e neurais recíprocos dirigidos uma para o outro, e emoções e sentimentos retratam essas interações.

DAMÁSIO (2005) caracteriza dois tipos de emoções:

Emoções primárias: são emoções básicas inatas. Elas são cinco: medo, raiva, alegria, tristeza e nojo. Elas são complexas, coordenadas e automatizadas. Em outras palavras, as emoções primárias não podem ser modificadas ou adquiridas culturalmente, a partir da interação experiencial do indivíduo com o meio, pois fariam parte do pacote genético da espécie em questão. A ativação dessas emoções teria um valor de perpetuação da sobrevivência da espécie através da organização delas como reações a estímulos do ambiente. DAMÁSIO sugere que estamos programados para reagir com certas emoções, medo, por exemplo, de modo pré-organizado quando certas características dos estímulos, no mundo ou nos nossos corpos, são detectadas individualmente ou em conjunto. Exemplos dessas características são o tamanho (animais de grande porte); uma grande envergadura (falcão em vôo); o tipo de movimento (como o dos répteis); determinados sons (como os rugidos); certas configurações do estado do corpo. Essas características, individualmente ou em conjunto, seriam processadas e depois detectadas por um componente do sistema límbico do cérebro, por exemplo, a amígdala; seus núcleos neuronais possuem uma representação dispositiva[8] que desencadeia a ativação de um estado do corpo, característico da emoção medo, e que altera o processamento cognitivo de modo a corresponder a esse estado de medo. Para se provocar o estado de medo, não é sequer necessário reconhecer o urso, a cobra ou o falcão. Por exemplo, um gambá quando percebe uma silhueta no céu imediatamente se imobiliza julgando ser um falcão. O processo continua com a percepção da emoção, ou seja, do sentimento em relação ao objeto ou sensação que a gerou. Isso de certa maneira garante a sobrevivência dessa espécie, mas não lhe oferece discernimento que a sombra pode ser de qualquer outro objeto. A tomada de consciência é a *posteriori*, mas a reação corporal e emocional é imediata. Com seres humanos não é diferente. Entretanto, a consciências dessas emoções pode educar nossa tomada de decisões futuras, nos afastando de situações desagradáveis,

[8] Segundo DAMÁSIO, representações dispositivas *"constituem o nosso depósito integral de saber e incluem tanto o conhecimento inato como o adquirido por meio da experiência"* (2005, p. 132). As representações dispositivas existem como padrões potenciais de atividade neuronal em pequenos grupos de neurônios nas chamadas "zonas de convergência". Algumas disposições são adquiridas por aprendizagem e, por isso, pode-se dizer que constituem uma memória.

de perigos potenciais e nos fazer evitar situações que levem a determinadas emoções. Nesse caso, DAMÁSIO nos convida a raciocinar da seguinte maneira: quando se descobre que o animal ou situação X causa medo, tem-se duas formas de se comportar em relação a X. A primeira é inata, não controlável; além disso, não é específica de X, pode ser causada por um grande número de seres, objetos e circunstâncias. A segunda forma baseia-se na na experiência e é específica de X. O conhecimento de X nos permite pensar antecipadamente e prever a probabilidade de sua presença em um dado meio ambiente de modo a evitá-lo, em vez de ter de reagir a sua presença numa emergência. Assim, a consciência da emoção *"proporciona uma estratégia de proteção ampliada"* (p. 161).

Emoções secundárias: são emoções essencialmente culturais, vivenciadas somente após uma avaliação mental, voluntária e não-automatizada, de estímulos que o organismo se torna sensível a partir da experiência. Enfim, elas só se dão após uma avaliação cognitiva de experiências passadas. Por exemplo, alguém pode encontra uma ex-namorada que não via há muito tempo e sentir-se alegre com isso. Mas, em ocasião diferente, encontrar outra ex-namorada e sentir-se infeliz. Qual a diferença? A diferença está no fato que o que importa na interpretação da emoção não é "ex-namorada", o objeto da experiência, mas as atribuições emocionais do objeto no passado. No primeiro caso, a história entre as pessoas envolvidas pode ter gerado vivencias emocionais positivas, enquanto no segundo não. Nesse sentido, o objeto "ex-namorada" poderia ter atribuição emocional neutra, porque as emoções secundárias não são automatizadas como as primárias. Enfim, aprendemos a tomar consciência das reações emocionais de nosso corpo em resposta a situações vividas. Isto se incorpora ao nosso patrimônio de saber afetivo. Essas reações podem ser atribuídas a diversos objetos concretos (pessoas, animais, sons) ou abstratos (falta de dinheiro, estética). DAMÁSIO oferece um exemplo analisando minuciosamente o processo de experienciar uma emoção relativa a perda de um amigo querido. Em nível fisiológico, registram-se mudanças numa série de parâmetros relativos ao funcionamento das vísceras (coração, pulmão, estômago), musculatura esquelética (a que está ligada aos ossos) e glândulas endócrinas (como a pituitária e as supra-renais). O sistema imunológico também se altera rapidamente. O ritmo de atividade dos músculos lisos nas paredes das artérias pode aumentar e originar a contração e o estreitamento dos vasos sanguíneos. Mas é necessária uma componente avaliativa quando se trata de provocar emoções secundárias. O processo inicia-se com as considerações deliberadas e conscientes que ocorrem em relação à pessoa Essas considerações são fruto de um processo complexo de formação e

organização de imagens mentais, que inclui a recordação das situações vivenciadas com o amigo, ou reflexões gerais sobre o que a situação representa. Algumas das imagens invocadas não são verbais (a aparência da pessoa em um determinado lugar), enquanto outras são (palavras relativas a atributos, nomes). De acordo com DAMÁSIO, o resultado inconsciente do processamento citado acima são reações automáticas e involuntárias do córtex pré-frontal. Essa resposta provém de representações dispositivas que incorporam conhecimentos relativos à forma como determinamos tipos de situações têm sido habitualmente combinados com certas respostas emocionais na sua experiência individual. Esses registros são individuais e *adquiridos*. Incorporam a experiência individual ao longo da vida, embora sejam obtidas sob a influência dos registros inatos. Em suma, *"disposições pré-frontais adquiridas, necessárias para as emoções secundárias, são distintas das disposições inatas, aquelas necessárias para emoções primárias"* (p. 166). Todavia, as emoções secundárias se exprimem *"pelo veículo já preparado para as emoções primárias"* (p. 168).DAMÁSIO considera:

> A essência da emoção como a coleção de mudanças no estado do corpo que são induzidas em uma infinidade de órgãos por meio das terminações das células nervosas sob o controle de um sistema cerebral dedicado, o qual responde ao conteúdo dos pensamentos relativos a uma determinada entidade ou acontecimento. Muitas das alterações do estado do corpo (na cor da pele, postura corporal e expressão facial, por exemplo) são efetivamente perceptíveis para um observador externo. (com efeito, a etimologia da palavra sugere corretamente uma direção externa a partir do corpo: *emoção* significa literalmente "movimento para fora")[...]. Em conclusão, a emoção é a combinação de um *processo avaliatório mental*, simples ou complexo, com respostas dispositivas a esse processo, em sua maioria dirigida aos corpo propriamente dito, resultando num estado emocional do corpo, mas também dirigidas ao próprio cérebro (núcleos neurotransmissores no tronco cerebral), resultando em alterações mentais adicionais (2005, 168-169).

Então, o que são sentimentos no pensamento de DAMÁSIO? DAMÁSIO reconhece a impossibilidade de utilizarmos os temos *emoção* e *sentimentos* como intercambiáveis, pois, *"apesar de alguns sentimentos estarem relacionados com as emoções, existem muitos que não estão: todas as emoções originam sentimentos, se se estiver desperto e atento, mas nem todos sentimentos provêm de emoções"* (2005, p. 172). DAMÁSIO usa o termo emoção para *"denotar um conjunto de mudanças que ocorrem quer no corpo quer no cérebro e que normalmente é originado por um conteúdo mental. O termo sentimento denota a percepção dessas mudanças"* (2005, p. 301). Assim, sentimento é utilizado para caracterizar experiência mental de uma emoção. No contexto

do trabalho de DAMÁSIO, a distinção entre sentimento e emoção objetiva estabelecer a base biológica para fazer a ligação entre sentimentos e consciência. Na prática, esta distinção significa que nós não podemos observar sentimentos em outras pessoas, embora nós possamos observar alguns aspectos da emoção que induz aqueles sentimentos (SANTOS & MORTIMER, 2003).

Mas, como se dá a percepção da emoção? DAMÁSIO (2005) explica que durante a ocorrência de alterações no corpo, podemos ficar sabendo da sua existência e acompanhar a sua evolução. Esse processo de acompanhamento contínuo, essa experiência do que o corpo está fazendo enquanto pensamentos sobre conteúdos específicos continuam a desenrolar-se, é a essência do que o autor chama *sentimento*. Contudo, a experiência das alterações corporais é condição necessária, mas insuficiente para se *sentir* uma emoção. É preciso articulá-la com as imagens mentais que iniciaram o ciclo. Nesse sentido, um sentimento depende do monitoramento interno das reações corporais (imagem da paisagem do corpo) em justaposição com pensamentos (imagens) de alguma outra coisa, tal como um rosto ou uma melodia. Voltando ao exemplo da ex-namorada ou do amigo falecido, podemos perceber que o que qualifica os sentimentos de felicidade ou angústia, é exatamente a sobreposição desses elementos.DAMÁSIO discute ainda a idéia que o "qualificado" (o rosto, a ex-namorada) e o "qualificador" (o estado corporal justaposto) se mantém separados em termos neurais. Tal idéia, ajuda a explicar porque é possível nos sentirmos deprimidos quando pensamos em pessoas ou situações que de modo algum significam tristeza ou perda, ou nos sentimos animados sem razão alguma que explique. Os "estados qualificadores" podem ser súbitos e, por vezes, mesmo indesejáveis, portanto, *"a motivação psicológica pode não ser aparente e até não existir, surgindo o processo de uma alteração fisiológica neutra em termos psicológicos"* (p. 177).

Na teoria de DAMÁSIO (2005) existem, portanto, *sentimentos de emoções universais básicas*, fundamentados nas emoções_ sendo as mais universais, felicidade, tristeza, raiva, medo e nojo_ e correspondentes a perfis de resposta do corpo que são, em grande medida, pré-organizados; *sentimentos de emoções universais sutis*, que se baseiam em emoções que são variantes das cinco antes mencionadas: a euforia e o êxtase, por exemplo, são variantes da felicidade. DAMÁSIO propõe ainda uma terceira variedade denominada *sentimentos de fundo*. Ele considera que tais sentimentos *"tem origem em estados corporais de 'fundo' e não em estados emocionais"* (p. 180-181). DAMÁSIO

acredita que esses sentimentos não têm origem em emoções primárias ou secundárias. Isso porque os indivíduos continuamente experimentam sentimentos sem estar vivenciando nenhuma dessas emoções. *"O sentimento de fundo é a imagem da paisagem do corpo quando essa não se encontra agitada pela emoção"* (p. 181). DAMÁSIO considera que esses são os sentimentos mais freqüentemente experimentados ao longo da vida. Um conjunto de sentimentos de fundo atuando insistentemente pode conduzir, por exemplo, o estado de humor para bom, mau ou neutro. Nesse caso, humor designa uma série de sentimentos de fundo que constituem o estado afetivo do indivíduo nesse período de tempo. Um sentimento de fundo não é o que sentimos quando extravasamos nossa felicidade ou raiva, mas corresponde aos estados corporais no interstício entre emoções.Quando somos dominados por essas emoções o sentimento de fundo é suplantado.

1.5 - Interação cognição-afeto: uma síntese

Nós começamos esse capítulo evidenciado a separação artificial entre cognição e afeto, feita por diversos campos de estudo. Nossa tarefa ao longo das últimas páginas foi, precisamente, dirimir essa concepção e mostrar as conexões existentes entre esses domínios, tanto em nível de adaptação quanto de raciocínio e tomada de decisões. Isso nos levou a revisão de diversas propostas feitas por didáticos das ciências que buscaram inserir a vertente afetiva. Essas propostas, embora valiosas, parecem entender afetividade numa perspectiva apenas motivacional, como algo apartado do "eu cognitivo", que aparece ocasionalmente para facilitar ou inibir a aprendizagem. Mesmo versões mais de vanguarda acabam por espelhar-se no modelo de dimensões, ao contrário de sobreposições entre os domínios afetivo e cognitivo. Outra constatação consiste na ausência de modelos que relacionem explicações e afetividade. Quando falamos isso nos referimos às respostas afetivas implicadas no explicar, diferentemente das respostas aos conteúdos particulares das explicações, ou motivações suscitadas por tais conteúdos.Na parte final, apresentamos as peças que irão compor ao primeiro eixo da nossa proposta: crenças, atitudes, emoções e sentimentos. Podemos dizer que esse capítulo não teve a finalidade de nos trazer nenhuma conclusão definitiva, sua função é mais instrumental. O leitor irá perceber que muito sobre o domínio afetivo ainda será dito ao longo dessa tese.

A primeira e mais simplória relação que se estabelece entre afetos (emoções, atitudes e crenças) e aprendizagem é cíclica. De um lado, a experiência de aprendizagem provoca diferentes reações e influi na formação de crenças. Por outro, as crenças defendidas pelo sujeito têm uma conseqüência direta em seu comportamento em situações de aprendizagem e em sua capacidade de aprender. Ao aprender, o aluno recebe estímulos contínuos associados a problemas, atuações do professor, mensagens sociais, que geram certas reações emocionais e sentimentos, positivos ou negativos. Essa reação está condicionada por suas crenças. Se o indivíduo depara-se com situações similares repetidamente, produzindo o mesmo tipo de reações afetivas, então a ativação da reação emocional (satisfação, frustração, etc.) pode ser automatizada e se "cristalizar" em atitudes. Essas atitudes e emoções influem nas crenças e colaboram para sua formação (GÓMEZ-CHACÓN, 2003).

Essas interações, embora esclarecedoras, são insuficientes aos nossos propósitos. Nós precisamos estabelecer elementos que, além de definir os componentes do domínio afetivo, ajudem na construção dos argumentos que se seguirão. Assim, podemos destacar que:

(a) Emoções são respostas organizadas além da fronteira dos sistemas psicológicos, incluindo o fisiológico, o cognitivo, o motivacional, e o sistema experiencial. Surgem como resposta a um acontecimento, interno ou externo, e possuem uma carga de significado positiva ou negativa para o indivíduo.

(b) Emoções e sentimentos são participam do mecanismo que permite aos indivíduos antecipar ações fazer previsões e tomar decisões.

(c) Emoções e sentimentos são processos biológicos que alteram o estão corporal e cognitivo, contribuindo para o registro das experiências vividas e o modo como elas são lembradas e utilizadas (representações dispositivas).

(d) Um indivíduo está continuamente experimentando sentimentos (sentimentos de fundo).

(e) Crenças possuem conteúdo afetivo.

(f) Emoções podem influenciar a formação e o fortalecimento de crenças.

(g) Os tipos de valorizações relacionadas com o ato emocional sucedem o acontecimento de alguma percepção ou discrepância cognitiva na qual expectativas do sujeito são desrespeitadas. Tais expectativas são expressões das crenças do indivíduo.

O melhor achado desse capítulo, em nossa opinião, é a capacidade humana de acumular conhecimento afetivo e decidir a partir dessa bagagem, algo a ser explorado em profundidade em momento oportuno.No próximo capítulo, vamos explicar o conceito de explicação e, principalmente, o de entendimento, o resultado cognitivo esperado da explicação. Nosso desafio é ligar o universo da afetividade exposto nesse capítulo com o do explicar, construindo a noção de *sentimento de entendimento*.

CAPÍTULO 2

EXPLICANDO MODELOS, EXPLICAÇÕES, ENTENDIMENTO E SENTIMENTO DE ENTENDIMENTO

2.1 - Introdução

Explicar fenômenos do mundo físico é um dos principais objetivos das Ciências Naturais. O homem sempre se preocupou em entender a enorme diversidade das ocorrências do mundo que o envolvia, as quais o deixavam muitas vezes perplexo e não raro amedrontado; prova disso é a multiplicidade de mitos e metáforas que imaginou para justificar a existência do mundo, de si próprio, a vida e a morte, o movimento dos astros, a sucessão regular do dia e da noite, as mudanças de estações, o relâmpago e o trovão (HEMPEL, 1970). O que eram os mitos senão fenômenos humanos, fenômenos de cultura, criações do espírito que ofereciam ao homem arcaico *"uma explicação do mundo e do seu próprio modo de existir no mundo"* (ELIADE, 2000, p. 17). O mito explicava como, graças aos entes sobrenaturais, uma *realidade* passou a existir, seja a origem da vida, uma planta, o movimento dos astros ou um comportamento humano. No pensamento primitivo, o mito sempre se referia a *realidades*. O mito cosmogônico era "verdadeiro" porque a existência do mundo o provava; o mito da origem da morte era igualmente "verdadeiro" porque era provado pela mortalidade do homem. Independentemente do apelo para entes ou agentes sobrenaturais, é inegável que essas explicações eram satisfatórias

psicologicamente e *"**davam a quem as aceitava o sentimento de uma compreensão**, porque lhe aplacava a perplexidade; neste sentido eram 'respostas' às perguntas formuladas"* (HEMPEL, 1970, p.65).

Gradativamente, os elementos ocultos ou sobrenaturais foram substituídos por correlações racionais de experiências, um meio para explicar os fenômenos naturais em uma concepção de universo apoiada clara e logicamente em nossa experiência, porém apta a uma verificação objetiva. Acontecimentos naturais passaram a ser creditados a causas naturais. Padrões gerais passaram a ser procurados fora da esfera do mágico ou sobrenatural, e adequados ao modo como o mundo é construído. Assim, a ciência ofereceu um meio muito mais poderoso de explicar, entender e controlar a natureza. A Ciência, hoje, se constitui em uma *"severa disciplina prática e mental, na qual as hipóteses que não se possam provar somente sobrevivem quando se mostram extremamente férteis"* (RONAN, 1987, p.16). Mas, estes dois pontos de vista guardam semelhanças. Ao que parece o núcleo comum é à busca de entendimento. Se, de um lado, a Ciência nasceu para auxiliar o homem no controle do seu ambiente, de outro, atende a necessidade básica de oferecer entendimento sobre o mundo, função similar a do mito na antiguidade. Isso porque construir explicações é parte constitutiva do viver humano, a ciência apenas capitaliza essa potencialidade (GOPNIK, 1996). Caso contrário, o saber científico deteria monopólio, não haveria religião, por exemplo. Todavia, a busca do *sentimento de compreensão*, que fala HEMPEL, força motriz originalmente encontrada nas explicações primordiais sobre o mundo, perdeu vigor em favor da lógica universal e de controle da natureza. A ciência progrediu na exacerbação da racionalidade, e em particular, da retirada de variáveis psicológicas e afetivas. Nesse capítulo, iremos reclamar esse valor inicial das explicações científicas, de um lado, e demonstrar a necessidade de considerar-se critérios afetivos na avaliação das explicações escolares, de outro. Nós iremos, inicialmente, discutir a noção de modelos e como eles são utilizados na produção de explicações na Ciência e também como entidades mentais. Em seguida, analisamos o conceito de explicação na Ciência, no cotidiano e na Educação Científica. Isto nos ajudará a distinguir entendimento científico de entendimento na Educação Científica. Finalmente, propomos uma definição de *sentimento de entendimento*, associando características cognitivas e afetivas do explicar.

2.2 - Como os modelos explicam

Para introduzirmos a noção explicação, é mister a discussão dos sistemas de idéias capazes de responder as perguntas que fazemos sobre o mundo, a saber; as *teorias*, no nível de propriedades mais gerais do real (sua constituição, suas relações causais), e os *modelos*, na interlocução com real e aplicações teóricas destinadas a garantir o entendimento sobre fatos e situações específicas no mundo (PIETROCOLA, 1999). Em particular, o tema dos modelos é amplamente discutido no debate filosófico e, recentemente, vem-se reconhecendo possibilidades na educação científica. Passou-se a flertar mais incisivamente a hipótese que pessoas constroem modelos para pensar sobre situações, explicar e executar tarefa. Nós falaremos em seguida sobre o ponto de vista filosófico e o enfoque mais atual da educação científica.

Na esfera do conhecimento científico a representação do mundo físico envolve a construção de sistemas conceituais que permitam compreendê-lo. Isto é feito através de teorias científicas. Mas cada tentativa de passagem das teorias para a realidade ou da realidade para as teorias não acontece diretamente. A abstração das teorias e a materialidade do fato não se compatibilizam sozinhas. NAGEL (1987) estabelece que uma teoria seja composta por: a) um cálculo abstrato que é a base lógica do sistema explicativo e que define as noções básicas do sistema, b) associado a um conjunto de regras que atribuem um conteúdo empírico ao cálculo abstrato, e c) um modelo interpretativo para o cálculo abstrato, que fornece em termos de materiais visualizáveis, alguma substância à base lógica. Nesta concepção, modelos auxiliam a fazer predições, resumir dados, explicar resultados. Eles são autênticos intermediários entre as abstrações da teoria e os dados empíricos.

Utilizar modelos pondera HARRÉ (1984), se constituiu na verdadeira base do pensamento científico. Em alguns casos teorias são forjadas a partir da descrição e exploração de um modelo. Um exemplo claro deste processo é observado na teoria cinética dos gases, na qual um gás modelado em moléculas é inserido nas relações da mecânica de partículas materiais. Neste caso, a falta de conhecimento sobre os mecanismos que realmente atuam na natureza é contornada por analogia com estruturas conhecidas.

BUNGE (1974) analisando a função dos modelos na constituição do conhecimento teórico das ciências, conclui que a capacidade de produzir conhecimento teórico é uma característica da ciência desenvolvida pelas sociedades modernas, pois nas sociedades pré-industriais crença, opinião e conhecimento pré-teórico eram suficientes. A ciência contemporânea não é somente experiência, é sim, teoria mais experiência planificada, executada e entendida a luz de teorias. O conhecimento se edifica sobre o próprio conhecimento, ou seja, apelando às teorias existentes (em vários casos a matemática) se constrói novas teorias. Não basta a mera acumulação de fatos. O essencial no trabalho cientifico é a formulação de hipóteses precisas que permitam a compreensão dos fatos, amparadas na construção de modelos teóricos que os incorporem.

Parece haver um consenso que modelos são uma dimensão entre o empírico e o teórico. Estritamente falando, modelos desenvolvem a potencialidade da teoria, são construídos a partir de imagens e analogias que apreendem os fenômenos. Como representações do mundo as teorias determinam as explicações que podem ser elaboradas, já os modelos determinam a maneira pela qual são determinadas as classes de fenômenos vinculadas a teoria, e emprestam a generalidade da teoria às explicações peculiares. Modelos estabelecem os vínculos as restrições necessárias ou as estruturas internas, mesmo quando não sejam diretamente observadas. Em muitos campos da Ciência modelos são teorias, por exemplo, a dupla hélice, placas tectônicas e a teoria dos meteoros da extinção dos dinossauros (BREWER, 1999). O processo de construção de modelos é uma atividade fundamental no contexto coletivo da Ciência.

A conexão entre modelos e explicações é um aspecto central na atividade científica. Levemos em conta a opinião de GIERE (1988):

> Explicar é uma atividade humana praticada muito antes do surgimento da ciência moderna [...] pessoas empregam vários tipos de esquemas [modelos mentais] dando explicações e as compreendendo [...] tudo que é distintivo sobre a explicação 'científica' [...] é que ela emprega modelos desenvolvidos pela ciência [...] O que a ciência fornece para as 'explicações científicas' é um conjunto bem autenticado de modelos. Como as pessoas empregam esses modelos no processo de construção ou compreensão de explicações depende de um contexto extra-científico (p. 105).

Um ensinamento notável, e crucial as nossas intenções, da asserção de GIERE, é o seguinte: tanto indivíduos comuns quanto cientistas usam modelos na geração de explicações. No caso dos indivíduos, modelos são representações de caráter mental,

internas a estrutura cognitivo de cada sujeito, que dão a ele acesso a apreensão e inferência do mundo externo. Já para cientistas, modelos são representações externas submetidas à contrastação empírica e aval de uma comunidade. Grande parte do trabalho sobre modelos, na ciência cognitiva e na educação científica toma com pressuposto a analogia entre estas duas instâncias. Isto não significa dizer, que os modelos na cabeça das pessoas são estruturalmente iguais àqueles formalizados pela comunidade científica. Daí, a necessidade de algumas distinções quando se converge para educação científica.

GILBERT e BOULTER (1998) distinguem quatro tipos de modelos envolvidos no processo de ensino de ciências: *modelo mental* (representação pessoal e privada de um sistema); *modelo expresso* (uma versão do modelo mental que é expressa pelo indivíduo através da ação, da fala ou da escrita); *modelo consensual* (um modelo expresso que foi submetido a testes, por exemplo, pela comunidade científica); *modelo pedagógico* (um modelo construído para facilitar a compreensão de um modelo consensual). Há uma relação dinâmica entre estes tipos de modelos. A construção de modelos científicos visa elaborar representações eficazes do mundo físico. Uma vez sedimentadas na comunidade científica, uma parte destas representações, ao passar por um processo de *transposição didática* (CHEVALARD, 1985), pode tornar-se objeto de ensino. No contexto escolar professores irão construir *narrativas* em torno de modelos científicos com intuito de explicar aos estudantes diversos fenômenos do mundo físico e, conseqüentemente, através do ensino tornar mais acuradas suas representações pessoais e privadas do mundo físico, isto é, seus modelos mentais. Ao que parece, da mesma maneira observada pelos filósofos, pesquisadores da área de ensino ciências, também vêem modelos como meios de representação de aspectos dos fenômenos. Eles freqüentemente localizam modelos na fronteira entre aspectos abstratos da razão e a realidade em si. Para BUCKLEY e BOULTER (2000), por exemplo, os modelos mentais são usados para compreender e criar modelos expressos. Eles influenciam nossa percepção dos fenômenos, os quais influenciam nossos modelos mentais. Enquanto os modelos expressos representam aspectos selecionados dos fenômenos e de nossos modelos mentais.

Nós estamos interessados em investigar, também, aspectos do funcionamento cognitivo dos alunos do Ensino Médio, portanto, iremos analisar em maior profundidade a noção de modelo *mental*. Segundo KRAPAS et al. (1997), apesar do uso corrente, o conceito de modelo mental não é empregado de forma consensual. Isto se deve em parte,

ao fato do lançamento no mesmo ano de dois livros denominados *modelos mentais*. Um deles, editado por GENTNER e STEVENS (1983), no qual encontramos uma série de artigos resultantes de um Workshop sobre o assunto. O outro escrito por JONHSON-LAIRD (1983) define o termo modelo mental ao explicar o raciocínio dedutivo e a compreensão de texto.

Alguns trabalhos da tradição de GENTNER e STEVENS (1983), assim como toda tradição das concepções alternativas, pressupõem que o comportamento de uma pessoa pode ser explicado a partir do conteúdo de sua mente, em termos de conhecimentos e crenças explicitados, mas sem postular nenhuma espécie de mecanismos mentais. Nesta vertente da tradição, as analogias têm um papel preponderante, porque os modelos mentais são construídos por analogias com sistemas familiares. Num expediente mais arrojado da tradição, acrescenta-se a premissa que os modelos mentais podem ser simulados mentalmente, possibilitando inferências como explicações e predições sobre sistemas físicos. Por exemplo, o *modelo mental mecanístico* de De KLEER e BROW (1983) e o *modelo mental* de WILLIAMS et al. (1983) adotam este pressuposto, visto que, são 'rodáveis' permitindo a partir de proposições iniciais explicar as sucessivas transformações até um estado final. A partir da observação da estrutura e composição do sistema é possível explicar seu funcionamento. Portanto, um modelo mental nesta visão, pode ser rodado na mente de uma pessoa e o conhecimento dos componentes do sistema e a forma de conexão entre eles contribuem para o resultado.

Alternativamente, JONHSON-LAIRD (1983) diz que os modelos mentais são estruturalmente análogos aos sistemas que eles representam e que os mesmos tipos de modelos podem ser construídos através da percepção, da imaginação ou da leitura. JONHSON-LAIRD sugere que as pessoas raciocinam com modelos mentais que são como blocos cognitivos podendo ser combinados e recombinados conforme a necessidade. Como resultado eles capacitam as pessoas a fazer predições e inferências, a compreender fenômenos e eventos, a atribuir causalidade aos eventos observados, a tomar decisões e controlar a execução das mesmas (BORGES, 1998). JONHSON-LAIRD distingue três tipos de representações mentais: *proposições*, que são cadeias de símbolos verbalmente expressáveis; *imagens,* que são representações específicas de um evento ou objeto em particular; *modelo mental,* que é uma representação interna de informações que corresponde analogamente com aquilo que está sendo representado. Modelos mentais

podem conter proposições, sendo interpretadas como falsas ou verdadeiras em relação a um dado modelo mental. As imagens são vistas particulares de um modelo. Modelos mentais são compostos por *elementos* ('tokens') e *relações* que representam um estado específicos de eventos ou coisas. Esses elementos formam uma espécie de receptores de informação, inseridos em estruturas que designam como deverão operar. Para JONHSON-LAIRD, construímos modelos mentais acerca de eventos e raciocinamos com eles.

Na tentativa de lançar luz ao debate, BREWER (1987, 1999) mostrou uma distinção importante entre os modelos mentais contidos nos livros de GENTNER e STEVENS e JONHSON-LAIRD. Segundo ele, os modelos mentais, na concepção de JONHSON-LAIRD, são estruturas específicas construídas quando uma pessoa necessita delas, sendo ulteriormente necessários novos modelos para produzir novas representações. A natureza específica deste modelo mental é consistente com representações de arranjos espaciais desconhecidos, como uma casa ou lugar. Já os modelos mentais de GENTNER e STEVENS, procuram enfatizar a generalidade das representações cognitivas e sua durabilidade, o que se adequa a qualquer perspectiva global de fornecer, via instrução, a aquisição de modelos conceituais balizadores na construção de modelos mentais.

O grande interesse em tratar os modelos mentais numa problemática educacional reside no fato que tal abordagem teórica se mostra mais poderosa para o entendimento da persistência de certas concepções intuitivas. É certo que as pessoas vêem o mundo e procuram representá-lo se utilizando seus conhecimentos prévios e de suas intuições. Os trabalhos sobre concepções alternativas mostraram que o senso comum luta contra os conceitos científicos que desejamos sejam adquiridos pelos nossos estudantes. Infelizmente, nesta batalha, o conhecimento científico na maioria das vezes é preterido em relação ao conhecimento do senso comum. Não obstante, alguns indivíduos incorporam em um alto grau os conhecimentos científicos, são os ditos *experts* (não necessariamente precisam ser cientistas). Tal constatação instigou algumas preocupações a respeito de como estudantes lidam com os conceitos científicos, em especial, diríamos, com a área mental destinada à estruturação e maturação de conceitos científicos, em vez de estruturas mais gerais.

Neste sentido, LARKIN (1983) comparou como *experts* e *novatos* praticam representações de um domínio ao qual estão tentando resolver problemas. Demonstrou que os dois grupos diferem na precisão e velocidade das respostas das soluções. Ela traçou as

diferenças no caminho no qual os sujeitos abordam cognitivamente estes problemas. Os novatos têm uma *representação mental ingênua* dos problemas. Esta representação é um modelo mental rodável da situação problema real, composta de objetos que existem no mundo real (blocos, molas, corda) e desenvolvida com operadores que correspondem ao desenvolvimento em tempo real. Os *experts* adicionam a estas representações a habilidade de construir *representações físicas* que contêm entidades imaginárias como força e momento. Um *expert* tem um segundo modelo mental da situação problema, com atributos altamente poderosos, envolvendo operadores que correspondem a leis físicas, capaz de gerar explicações mais coerentes. A maneira pela qual *experts* abordam problemas novos, diz NERSESSIAN (1995), articula-se à capacidade deles em trabalhar com modelos mentais genéricos. Para ela, uma aproximação entre as práticas do pensamento dos cientistas e a forma como os estudantes novatos de física resolvem problemas resultaria em estratégias pedagógicas mais eficientes. Neste sentido, situações pedagógicas seriam mais efetivas se permitissem aos estudantes pensarem e praticarem a modelagem de forma semelhante aos cientistas, através da *modelagem construtiva;* que pode ser entendida como um processo de raciocínio integrador que emprega modelagem visual e analógica e experiências de pensamento, criando e transformando representações informais dos problemas.

Parece razoável dizer que a característica mais importante dos modelos científicos é a produção de explicações. Mas ao lembrarmos da argumentação de GIERE (1988) acima, esperaríamos encontrá-la também na atividade mental ordinária de qualquer indivíduo. Devemos, então, mostrar a adequação das concepções de modelos mentais aqui discutidos à descrição satisfatória dos procedimentos empregados por uma pessoa na tentativa de explicar um sistema físico. Queremos afirmar que no contexto pedagógico modelos devem englobar aspectos que os fazem essenciais na ciência, ou seja, sua capacidade de fornecer explicações. Caso contrário corremos o risco de recair em um referencial teórico frágil como aquele das concepções alternativas (DUSCHL, 1994). Na tradição de GENTNER e STEVENS, NORMAN (1983) menciona que *"na interação com ambiente, com outros e com artefatos da tecnologia, pessoas formam internamente, modelos mentais deles mesmos e das coisas com as quais estão interagindo"* (p.7). COLLINS (1985) enfatiza que *"modelos mentais são significativos para implicar uma representação conceitual que é qualitativa, e que você pode rodar com os olhos da mente para ver o que está acontecendo"* (p. 80). BREWER (1999) deixa claro que a existência de uma primeira

aproximação entre os modelos mentais desta tradição e os modelos da filosofia da ciência repousa no fato que o foco desta tradição é similar ao dos cientistas que filósofos 'amigos dos modelos' usam como exemplo. Segundo BREWER, os 'amigos dos modelos' argumentam que os modelos são o que dá as teorias a habilidade de: *"(a) explicar fenômenos; (b) estender a teoria para outros fenômenos; e (c) fornecer um relato intelectual satisfatório do fenômeno observado"* (p. 490). Uma aproximação argumentada por BREWER, e de interesse particular nosso, diz respeito ao fato de que modelos mentais são utilizados para explicar sistemas físicos. De KLEER e BROWN (1981) sugerem que modelos mentais de sistemas mecanísticos são *"extremamente usados para construir modelos causais de como e por que o sistema funciona"*. WILLIAMS, HOLLAN e STEVENS (1983) salientam que os modelos mentais *"são usados para produzir explicações ou justificações"* (p. 135). Tendo em vista a similaridade entre os modelos causais desta tradição e os modelos discutidos na filosofia da ciência, BREWER considera os modelos mentais como uma subclasse de teorias.

Teorias como forma de representação mental, apresentam como ponto central à construção de explicações. São estruturas mentais que incluem entidades teóricas não observáveis, relações entre estas entidades e relações entre estas entidades teóricas e fenômenos de algum domínio. O papel fundamental das teorias é explicar alguns ou todos os fenômenos em seu domínio. CAREY argumenta que *"explicações estão no coração da teoria. É o mecanismo explanatório que distingue teorias de outros tipos de estruturas conceituais"* (1985, p. 201). SCHWITZGEBEL (1999) declara que *"muitas características que nós associamos as teorias, senão todas elas, podem ser derivadas do requerimento que boas teorias fornecem boas explicações"* (p. 472). Embora existam outras características atribuídas às teorias, como, por exemplo, as previsões, BREWER ressalta que elas não são suficientes para entender as teorias como forma de representação mental. Isto porque esquemas e modelos episódicos (modelos mentais no sentido de JONHSON-LAIRD) também providenciam previsões. Neste sentido, os modelos mentais entendidos como subclasses de teorias contêm estrutura explanatória causal/mecânica e permitem compreender porque na filosofia da ciência, os 'amigos dos modelos' afirmam que modelos são teorias. Também se pode daí entender a restrição alegada por GENTNER e STEVENS de que os trabalhos em modelos mentais estudam sistemas físicos ou dispositivos, e principalmente, a reivindicação de diversos pesquisadores desta tradição que estes modelos providenciam explicações fica também justificada.

Por que insistimos em enfatizar o caráter explicativo dos modelos mentais? Certamente porque esta função está relacionada com a elaboração do pensamento. Obviamente, uma estruturação coerente entre relações do fenômeno a ser explicado e a bagagem conceitual adquirida no ensino formal. Explicações fazem uso extensivo de modelos. GILBERT et al. (2000) afirmam que *"a seleção de um modelo relevante e o oferecimento de uma explicação apropriada são centrais para manutenção de um envolvimento ativo na aprendizagem de ciência"* (p. 208). O intento da ciência física de providenciar explicações sobre o mundo físico através dos modelos científicos deve ser respaldada no Ensino Médio, contrariamente a forma estática como vem sendo apresentados. A nosso ver, os conhecimentos científicos ensinados aos estudantes devem ser, sobretudo, fontes de explicações sobre o mundo físico. Insistimos que os modelos conceituais são as jazidas nas quais os estudantes devem realimentar suas fontes de explicações, ou melhor, seus modelos mentais. Conhecimento e entendimento, na didática, são os produtos do ensino, operacionalmente materializados nas explicações que os estudantes promovem a respeito do mundo. Em suma, um modelo mental eficiente dá a satisfação de dominar (no sentido positivo) os aspectos importantes do mundo físico, na medida em que permite explicar, por exemplo, desde a dispersão da luz branca em um livro didático até um belo arco-íris. Esta abrangência das explicações promovidas pelo conhecimento escolar permite passar do mundo dos livros didático e programas para o mundo em geral (PIETROCOLA, 2001). Agora, devemos esclarecer melhor o que é uma explicação.

2.3 - Explicações científicas

Na investigação científica uma das motivações fundamentais do homem, reside simplesmente em sua curiosidade intelectual, em seu desejo profundo e persistente de chegar a conhecer e compreender o mundo que habita (HEMPEL, 1970). Desde o tempo dos gregos antigos, a possibilidade de conhecer era vista com um potencial em separado das necessidades básicas de sobrevivência, havia a esperança de um conhecimento puro, o conhecimento teria um valor em si mesmo. Em *Metafísica,* Aristóteles afirma:

> Todos os homens têm, por natureza, desejo de conhecer: uma prova disto é o prazer das sensações, pois, fora até de sua utilidade, elas nos agradam por si mesmas [...] não só para agir, mas até quando nos propomos a operar coisa alguma (ARISTÓTELES, 1973, p. 211).

Antes de ser uma necessidade, o conhecimento, a virtude de explicar as coisas, atenderia a demandas pessoais de configurar o mundo como algo "familiar". Hoje, abandonado o sonho contemplativo aristotélico, mesmo assim, torna-se razoável a crença que a ciência responde a anseios desinteressados do homem de ganhar um conhecimento cada vez mais amplo do mundo em que ele se encontra. É claro, o prestígio da atividade científica salta aos olhos quando se observa o alcance de suas aplicações no controle da natureza. Mas, a mola propulsora da ciência se estende além disto. Certa feita, quando do recebimento do Prêmio em Memória de Robert Oppenheimer, STEVE WEINBERG declarou:

> Diferentes físicos têm diferentes motivações e só posso falar com segurança sobre minhas próprias motivações. Para mim, a razão de se gastar tanto esforço e dinheiro na pesquisa de partículas elementares não está no fato de serem elas interessantes em si mesmas _ se eu quisesse uma imagem perfeita do tédio, um milhão de fotografias de câmara de bolhas serviriam muito bem _ mas porque, na medida em que podemos dizer, é na área das partículas e campos elementares (e talvez também na cosmologia) que encontraremos as leis finais da natureza, os poucos princípios gerais e simples que determinam porque toda a natureza é como é (citado em HOLTON, 1979, p. 11-12).

Numa tal postura, o valor da ciência residiria em que ela constitui a melhor estratégia sistemática e organizada até hoje inventada para responder perguntas sobre o *porquê* de a natureza ser com ela é. A explicação científica é nada mais do que resposta a este por que, e caso particular das explicações racionais.Todavia, argumentos contra o poder explanatório da ciência foram insistentemente lançados pelos positivistas do início do século passado. Segundo esta visão, a ciência não propiciaria explicações, somente descrições da realidade. Assim, a tarefa da pesquisa científica seria descrever como as coisas parecem acontecer para nós de um jeito, e não por que elas acontecem de um jeito e vez de outro. A tentativa dos membros do "círculo de Viena" de reduzir todas as sentenças científicas a proposições observáveis, descritíveis em termos do que é imediatamente dado aos sentidos, denota uma tentativa dramática de por em cheque o potencial explanatório da ciência. BUNGE (1969) contra-ataca a posição dos empiristas, minando seu apego ao caráter puramente lógico da explicação científica. A explicação científica observada apenas do ponto de vista da lógica leva a considerar que explicar se resume a demonstrar,

pois nada de novo aparece além daquilo contido no sistema prévio de idéias. Quer dizer, explicar um evento seria mostrar a existência de implicações entre o evento particular e um caso geral, simplesmente incluindo-o em um admitido conjunto de suposições. A transição da ignorância para o conhecimento a partir da explicação científica, diz BUNGE, requer a sistematização de um dado objeto (fatos ou idéias), comparação com outros objetos, e isto é uma operação, construtiva, sintética; que corresponde mais a *incluir* um objeto em uma classe do que identificá-lo como membro de uma classe cujas características são apresentadas antes da nossa intervenção. No limite, explicar converge para diferenciação das classes nas quais os objetos permitem ser classificados. Isto sugere que o sinal do avanço científico é a progressiva *diferenciação* (aumento do número de leis, do número de campos de pesquisa, como também dos conceitos conectivos) fruto do poder explanatório da ciência.

O ponto de vista lógico das explicações remonta aos pensamentos de filósofos como POPPER (1985) e HEMPEL (1970, 1979), cuja interpretação mais difundida da função das explicações científicas é o modelo *nomológico-dedutivo*[9]. Tal modelo baseia-se na idéia que uma explicação é um argumento no qual a conclusão é uma descrição do fenômeno a ser explicado, o *explanandum*, e cujas premissas, que formam o chamado *explanans*, são de dois tipos: (a) aquelas que descrevem determinados fatos particulares relacionados com o fenômeno a ser explicado, e (b) aquelas que descrevem regularidades na natureza, expressas por meio de leis gerais. HEMPEL (1970) utiliza o seguinte esquema para apresentar o modelo *nomológico-dedutivo* (N-D):

$$\left.\begin{array}{l} C_1, C_2, ..., C_K \\ L_1, L_2, ..., L_K \end{array}\right\} \textit{explanans}$$

$$\underline{\qquad\qquad\qquad}$$

$$E \qquad \textit{explanandum}$$

Neste esquema, $\mathbf{C_1, C_2, ..., C_K}$ descrevem as circunstâncias particulares e $\mathbf{L_1, L_2, ..., L_K}$ são leis gerais que suportam a explicação. Tal argumento, que é a explicação, é uma resposta a uma questão por quê? Da forma: por que é o caso que *p*? na qual *p* é o fenômeno a ser explicado, aquele que é descrito no *explanandum* (**E**) do argumento, que é

[9] Outros modelos são discutidos em DUTRA (1998).

a explicação dada a este fenômeno (DUTRA, 1998). Suponhamos um exemplo. Se observarmos um feixe de luz mudando de direção quando passa do ar para o vidro, perguntamos: Por que é o caso que *esse feixe de luz mudou de direção*? Uma explicação do tipo N-D para esta questão seria:

O feixe de luz mudou de um meio de propagação para outro (**C**)
Sempre que a luz muda de um meio de propagação para outro muda à direção de propagação (**L**)

Portanto, esse feixe de luz mudou a direção de propagação (**E**)

Neste exemplo, o fato relacionado (C) é que o feixe de luz mudou de um meio de propagação para outro, a lei geral (L) é que sempre que a luz muda o meio de propagação muda a direção de propagação (lei da refração), as quais compõem as premissas do argumento (o *explanans*); e o fato a ser explicado, a mudança de direção de propagação do feixe de luz (E), é a conclusão do argumento (o *explanandum*). Todavia, a explicação científica não se limita a vincular a existência de um acontecimento com leis, senão que, mediante estas últimas, insere a descrição do fato em uma teoria. *"É esse respaldo teórico que reponde, em última instância, pela explicação científica stricto sensu"* (CUPANI & PIETROCOLA, 2002, p. 114). A fundamentação teórica retira a explicação científica da condição de simples inclusão de enunciados particulares em enunciados gerais, pois se apenas isso se desse, não teríamos explicação de *por que* esses enunciados gerais têm certa formulação e não outra. Em outras palavras, são as teorias que dão suporte as explicações e a função da ciência é procurar por teorias que explicitem com maior precisão os mecanismos internos do real.

2.4 - Explicações cotidianas e na educação científica

Longe do círculo científico, até certo ponto, pareceria simples uma definição do que é uma explicação, se levarmos em conta certas intuições a respeito do assunto, porém este não é bem o caso.A consciência comum que uma explicação é apenas uma resposta a uma pergunta, passa por alto pela complexidade desta relação. Nós podemos averiguar tal

relação de vários ângulos. Emprestemos a argumentação de BROMBERGER (1962) sobre as seguintes questões: (i) Qual é a altura do Monte Kilimanjaro? (ii) Por que a água começa a emitir bolhas quando é aquecida em um recipiente? Na primeira questão, procura-se um número em metros, e é até questionável se isto se trata de uma verdadeira explicação, contudo, um indivíduo apesar de não saber a resposta correta para pergunta é capaz de estimar razoavelmente a altura desejada. Enquanto na segunda questão, de fato, um indivíduo está preparado para reconhecer que não sabe a resposta correta, quer dizer, ele admite sua ignorância completa sobre o assunto. Como se deve ter percebido, BROMBERGER compreende o que seja uma explicação como dependente do nível de ignorância sobre o assunto que se é questionado, revisando nossa idéia intuitiva inicial.

Mediante vários enfoques permitidos pelo tema, ao que parece, o itinerário consensual rumo ao esclarecimento do que seja uma explicação é mostrar a consistência entre questão e explicação. Uma resposta será enquadrada na categoria de explicação se atender, ao menos parcialmente, a expectativa, por parte de quem pergunta (Professor em situação de sala, pesquisador), de uma resposta específica, isto é, aceitável para o tema. Essa definição, que será explicitada melhor adiante, já permite entender algumas dificuldades de ensino, pois as perguntas feitas nas escolas são internas ao professor e ao pesquisador, mas quase sempre externas aos alunos, dificultando a sua interiorização. Embora admitindo a dificuldade de se conceitualizar uma explicação, essa restrição mereceu o enfoque psicológico de BREWER et al. (1998). Tais autores introduziram a noção que uma explicação é um relato que providência *"uma estrutura conceitual para um fenômeno (fatos, leis ou teorias e modelos) que leva a um sentimento de entendimento no leitor/ouvinte"* (p. 120). Estas estruturas conceituais vão além do fenômeno original, integrando diversos aspectos do mundo, e apresentam como o fenômeno original pode ser explicado pela estrutura. Explicações normalmente produzidas pelas pessoas colocam os fenômenos em alguma grande estrutura conceitual. Por exemplo, se alguém pergunta "por que um balão se expande quando colocado no sol?", respostas do tipo "vejo ele crescer" ou "eu gosto de balões", não colocam o fenômeno em grandes estruturas conceituais, portanto, não constituem explicações. Uma explicação típica seria, "ele contém gás e os gases se expandem quando aquecidos". Colocando o fenômeno em uma grande estrutura conceitual a pessoa poderia questionar se outro balão colocado no mesmo local poderia vir a ter o mesmo comportamento, expandindo-se ou contraindo-se ou até mesmo ficando do mesmo tamanho. Explicações deste tipo seguem em geral uma seqüência causal de

eventos. A explicação pode evoluir integrando diversos fenômenos: é possível conceber a idéia que existem uma grande quantidade de partículas pequenas que se chocam contra as paredes elásticas do balão e que são produzidos choques mais violentos à medida que o balão se aquece, causando sua expansão. Com esta explicação é possível entender o comportamento de outros eventos deste domínio.

BREWER et al. lançam a seguinte hipótese sobre a natureza das explicações na ciência: "*(a) promovem um referencial teórico/conceitual para um fenômeno, b) vão para além do fenômeno original, c) integram uma gama de fenômenos, d) mostram como o fenômeno original segue do referencial produzido, e) promovem um sentimento de entendimento*" (1998, p. 121). Vale observar a postulação explícita dos autores que as explicações usadas no cotidiano são muito semelhantes àquelas usadas pelos cientistas. Elas difeririam somente no conteúdo de abstração e formalismo, sem, contudo, eliminar a base comum no processo de geração e avaliação. A diferença fundamental residiria no fato que nas ciências as explicações devem também ser, em princípio, testáveis.

Segundo BREWER et al. (1998), os tipos de estruturas conceituais usualmente utilizadas para dar explicações são: *causal/ mecânica, funcional e intencional*.Embora os autores coloquem tais estruturas no coração do seu relato, limitam-se a dar exemplos de situações nas quais essas estruturas participam de explicações, sem maiores esclarecimentos em relação a índole das mesmas. Todavia, nós podemos inferir a partir do que eles dizem os aspectos similares a discussão acima sobre modelos e como eles explicam. Por exemplo, eles argumentam que *"essas estruturas conceituais envolvem alguns dos mais gerais sistemas de organização do intelecto humano como causalidade e intencionalidade"* (p. 125). Essa concepção se assemelha muito aquela adota pelos prosélitos da tradição dos *modelos mentais*.

No contexto da Educação Científica, MARTINS et al. (1999) notaram que a atividade de explicar *"não vem sendo tratada como algo que possa ser entendido, aprendido ou ensinado"* (p. 2). Eles apresentam um modelo com a finalidade de descrever, analisar e iluminar o que está envolvido na tarefa do explicar, baseado em dois eixos: (a) a discussão de como as explicações científicas podem ser entendidas como análogas a estórias, (b) a discussão de que explicar envolve, criar "diferenças", construir "entidades", transformar conhecimento e atribuir significação ao que é material. O primeiro, pressupõe imaginar um elenco de protagonistas, caracterizados por suas habilidades e especificidades

os quais, juntos, tomam parte em uma série de eventos, cujo desenrolar e cujas conseqüências derivam da natureza desses protagonistas. Existe, portanto, um mundo de protagonistas (elétrons, genes, etc.) que têm poderes próprios de ação e que interagem em seqüências de eventos (uma corrente elétrica flui, proteínas são formadas, etc.). O resultado é o fenômeno a ser explicado (uma lâmpada acende, uma célula se desenvolve, etc). Assim, *"o grau de familiaridade com essas entidades, com o que elas fazem e com o que podemos fazer com elas varia, caracterizando e motivando diferentes possibilidades de entendimento"* (p.7). O segundo, refere-se a condições de possibilidade do explicar em sala de aula. Para motivar explicações em sala de aula o professor precisa criar "diferenças", isto é, tensões entre o saber que o aluno detém e o que ele obterá na escola. Isso envolve a promessa de futura utilidade do conhecimento em questão e exploração de fenômenos não intuitivos. Mas, para construir estórias sobre fenômenos é preciso apresentar os protagonistas e seus poderes de ação. Portanto, explicar envolve a construção de entidades, que podem ser objetos, como átomos, processos, como fusão, leis ou classificações. Ainda para serem entendidas em suas narrativas estórias precisam ser transformadas do vocabulário científico para o escolar. Explicar também exige atribuir significação ao que é material, ou seja, demonstrar aos alunos que o mundo é na verdade como as teorias dizem. Portanto, demonstrações *"ajudam a revelar como o comportamento do que é material impõe restrições acerca do que podemos ou não imaginar"* (p. 9). Esses autores não se pronunciam sobre a natureza das explicações, mas procuram defini-la em termos dos recursos didáticos utilizados por professores em classe, isso difere de interpretações do ponto de vista epistemológico e cognitivo, principalmente quando se comparam explicações com estórias.

Já DAGHER e COSSMAN (1992) exploraram a natureza das explicações utilizadas por professores de 7/8 séries de salas de aula nos Estados Unidos. Eles encontraram 10 tipos de explicações verbais oferecidas pelos professores: (1) *analógica* (uma situação familiar semelhante a uma não familiar é utilizada (2) *antropomórfica* (o fenômeno é tornado mais familiar pela atribuição de características humanas aos agentes não humanos envolvidos), (2) *funcional* (o fenômeno é explicado em termos das suas conseqüências imediatas), (4) *genética* (uma explicação é relatando-se uma seqüência de eventos antecedentes), (5) *mecânica* (explicações causais), (6) *metafísica* (agentes sobrenaturais são identificados como a causa dos fenômenos), (7) *prática* (envolve instrução de como realizar performance física ou operações metais), (8) *racional*

(evidências são apresentadas no esforço de compelir crença), (9) *tautológica* (as questões como/porque são reformuladas sem acrescentar nenhuma informação nova ao seu conteúdo), (10) *teleológica* (o fenômeno é explicado em termos de como suas conseqüências imediatas contribuem para efetivação de conseqüências ultimas). Eles categorizaram esses tipos de explicações em *teóricas* e *não –teóricas*. De acordo com os autores, explicações teóricas são aquelas que *"racionalizam fatos e rendem então inteligibilidade a uma mente procurando entender"* (p. 368). O grupo contendo as explicações teóricas foi dividido em dois grupos: *espúrias* e *genuínas*. O grupo *espúrias* consiste das explicações *metafísica* e *antropomórfica*. O grupo *genuínas* consiste das explicações *analógica, mecânica, funcional, genética, racional* e *teleológica*. As explicações não-teóricas são a *tautológica* e *prática*.

No esforço de precisar o conceito, GILBERT et al. (1998a) sugerem que *"uma explicação é uma resposta promovida a uma questão específica"* (p. 83), pois nenhum tipo de explicação parece apropriada em todas as circunstâncias e para todos os questionadores. Neste caso, necessita-se um conjunto padrão de questões a fim de decidir qual explicação verdadeiramente é a *adequada*. Quer dizer, só podemos falar em explicação quando tratamos de respostas a uma classe pré-definida de questões e os respectivos tipos de respostas que elas requerem.O problema da definição de explicação passa a focalizar, então, não a resposta, mas a relação entre a resposta produzida e a questão colocada. Assim, eles mostraram como uma tipologia de explicações na ciência e na educação científica pode ser construída com base na essência da questão que a desencadeou. No Quadro 2.1 apresentamos a tipologia desenvolvida.

Classe de questões	**Significados do termo 'explicação'**	Tipos de explicações
Por que este fenômeno está sendo explicado?	Uma justificação para alguma crença ou ação. É a provisão de razões de por que uma crença ou ação é razoável.	(a) Intencional Exemplo: identificar a natureza e os modos de operação do vírus da AIDS, que agora esta causando a morte prematura de um número grande pessoas em muitos países, com a intenção de de capacitar indivíduos e a sociedade para tomar ações preventivas ou curativas efetivas.
Quais são as propriedades deste fenômeno?	Uma clarificação do que uma frase significa em um contexto científico. É uma descrição de como a frase diz respeito ao fenômeno.	(b) Descritiva Exemplo: atrito é a força entre duas superfícies sólidas em movimento relativo quando estão em contato.
De que o fenômeno é composto?	Uma citação de uma teoria a partir da qual uma lei pode ser deduzida. Constitue uma interpretação da estrutura física do fenômeno.	(c) Interpretativa Exemplo:um alotrópico de estanho consiste de átomos de estanho os quais

		existem num particular arranjo geométrico, e que tal arranjo tem uma mudança específica sob uma específica temperatura (um 'ponto de transição').
Por que o fenômeno se comporta da maneira que ele faz?	Um relato causal de algum estado, evento, ou processo, de interesse para ciência.	(d)Causal Exemplo: O aquecimento persistente de um fio de cobre irá causar sua sua dilatação.
Como o fenômeno irá se comportar sobre outras, especificadas, condições?	Um relato causal de algum estado, evento, ou processo, de interesse para ciência. Porém, dedução de um evento futuro.	(e)Preditiva Exemplo: se (em qualquer tempo) gotículas de água de uma nuvem forem atravessadas por um raio de luz branca proveniente de uma fonte situada atrás do observador, um arco-íris será visto.

Quadro 2.1 - Tipologia de explicações (GILBERT et al. ,1998a,2000)

O grau de recorrência a cada tipo de explicação irá variar conforme a atividade em que o questionador ou indivíduo que responde está envolvido. Para muitos filósofos da ciência (HEMPEL, 1979; POPPER, 1993), as explicações do tipo (d) e (e) são o ar que respiram os cientistas, embora as explicações do tipo (a) e (b) levem em considerações as justificativas da pesquisa ser levada a termo e as constatações no estágio inicial da pesquisa. Enquanto, filósofos mais comprometidos com uma postura realista (BUNGE, 1969, 1974) dão ênfase também as explicações do tipo (c), isto porque atribuem à ciência a capacidade de oferecer uma *"visão do funcionamento interno das coisas"*.

Em suas tarefas, professores de ciências, não raro, são obrigados a inferir quais as questões que deram origem as explicações descritivas, interpretativas e causais que, em geral, eles devem ensinar. Todavia, apresentam severas dificuldades em formular questões e identificar a apropriada explicação (RUTHERFORD, 1995). Uma vez que professores convivem com sérias restrições a respeito da natureza das explicações, o que se deve esperar dos estudantes de ciências cujo despreparo cognitivo é mais sensível? Como estudantes de ciências mantêm uma relação com os saberes consensuais, dependente da interface dos professores ou dos livros didáticos, são conduzidos a refletir intelectualmente as mesmas precariedades provenientes da fonte do saber. Em outras palavras, as *situações didáticas* (BROUSSEAU, 1986) a que são submetidos privilegiam certos tipos de explicações (descritiva e interpretativa), freqüentemente, sem discutir as questões que as antecedem; portanto, há poucas oportunidades para os estudantes exporem suas próprias explicações intencionais, bem como ampliar o entendimento que para inferir e controlar o mundo natural se necessita responder um outro conjunto de questões, ás vezes ignoradas,

as quais demandam distintos tipos de explicação (causal, preditiva, intencional) (GILBERT et al., 1998a).

Esta última informação nos faz pensar sobre a realidade da sala de aula. Professores direcionam as explicações criadas no espaço cognitivo em sala de maneira a serem compatíveis com as exigências previstas no currículo. Não obstante, tais exigências requerem a verificação da aprendizagem tanto dentro do mesmo nível de escolaridade, quanto como condição de progressão de nível. Decorre daí, a polarização em uma restrita gama de explicações, com a finalidade de tomar em consideração os processos avaliativos. Por exemplo, os exames vestibulares possuem um conjunto muito restrito de tipos de questões, dando lugar apenas certas rotinas de explicações. Seguindo esta orientação, a tarefa do professor se resumiria a treinar os alunos a lembrarem uma certa classe de explicações e aplicá-las em situações padrões. Neste caso, os alunos não reconheceriam na ciência o poder de responder a questões bem formuladas sobre os fenômenos naturais, rebaixando-a aos aspectos burocráticos característicos da escola, o que tem sido a regra.

Além da preocupação em definir o que seja uma explicação, é desejável também conhecer quais critérios tornam razoável a um indivíduo crer e utilizá-las. Aliada a natureza das explicações devemos, então, compreender os mecanismos que tornam uma explicação *apropriada* para uma dada circunstância.

2.5 - Critérios de avaliação de explicações

A necessidade de critérios de validação de explicações é um requisito indispensável na educação científica, a partir um ponto de vista epistemológico de avaliação de proposições concorrentes que possam ser 'testadas'. Porém, isto deve ocorrer de forma dinâmica, uma proposição pode evoluir, quer dizer, o potencial de aprendizagem deve estar previsto numa explicação convincente da avaliação de explicações. Como GILBERT et al. (2000) argumentam, o julgamento de *apropriação* de uma explicação

> [...] é inicialmente feito quando a questão é perguntada e a explicação é providenciada, mas pode ser mudado depois a luz de considerações adicionais de seu valor e significado. Tal julgamento é feito

> por ambos o questionador e aquele que explica, embora seja a visão do formador que deva prevalecer, dado que a proposta da educação científica é a aprendizagem de ciências (p.195).

Para GILBERT et al. (2000), uma explicação pode ser avaliada como *apropriada* considerando-se três componentes. A *adequação* de uma explicação é uma declaração sobre a relação entre o tipo de questão feita e o tipo de explicação confeccionada, ou seja, é a exigência que a pergunta tenha o mesmo significado para quem pergunta e quem responde. Nós já discutimos com maiores detalhes este critério no item anterior. A *relevância* de uma explicação é a medida do grau no qual ela reúne as necessidades do questionador. A relevância de uma explicação pode ser atestada em dois níveis. No primeiro nível, o *extrínseco*, o questionador percebe que quem explica valoriza demasiadamente certas explicações e, portanto, elas devem ser aprendidas. Por exemplo, no ensino tradicionalmente diretivo, na maioria das vezes, os estudantes valorizam as explicações dadas pelos professores e as convertem em estratégias de êxito puramente escolar, porque elas serão cobradas nos exames. Ainda neste nível, entra em jogo o contexto social no qual a explicação é recebida. Uma questão sobre cores em um contexto da aula de 'física' desencadearia uma explicação causal em termos de comprimento de onda da luz, enquanto no contexto da aula de 'química' ela envolveria excitação de elétrons em átomos e moléculas. Assim, é lícito afirmar que uma explicação baseada em uma formulação típica da disciplina de química é pouco relevante para as necessidades do questionador (estudantes) em física. No segundo nível, o *intrínseco*, o questionador *deseja saber* ou *compreender* alguma coisa por seus próprios motivos. Seguindo o *desiderato* comum a todos educadores, os autores concebem a aprendizagem vinculada ao interesse do questionador. Com efeito, o estudante teria o genuíno *desejo* de conhecer como o mundo natural trabalha e ser capaz de julgar em que medida se pode interferir e modificar o ambiente. Neste caso, o suposto estudante valorizaria as explicações, pois as julgaria relevantes as suas necessidades pessoais. Ainda a este respeito GILBERT e colaboradores reconhecem um nível mais profundo de necessidade, devida ao que eles chamam de 'máquina afetiva', *"a qual impulsiona o desejo para compreender tudo o que é foco de atenção no momento"* (2000, p. 200). Eles levam em conta as posições de autores como PIAGET e AUSUBEL em relação processos internos que impulsionam a realização da *equilibração* e *aprendizagem significativa*. Tal idéia é bastante interessante e voltaremos a discuti-la depois.

Finalmente, a *qualidade* de uma explicação é a medida de sua legitimidade comparada com o corpo de conhecimento aceito pela comunidade científica, isto é, seu *status*. Na visão de GILBERT et al. (2000), uma explicação deve: providenciar explicações para os problemas salientes no momento e ser compatível com o grosso de conhecimento científico, deve apresentar *plausibilidade*; usar conceitos em menor quantidade e mais amplo alcance do que sua predecessora, deve ser *parcimoniosa*; ser aplicável a maior gama possível de contextos, deve ser *generalizável*; levar ao maior número de predições de sucesso, deve ser *frutífera*. Na primeira condição entra em cena o embate com conhecimentos prévios no campo de conhecimento focalizado, qual sejam, as concepções alternativas. Uma explicação deve ser plausível, quando comparada com os conhecimentos existentes. Todavia, vale lembrar a existência de concepções geradas no momento da instrução (ASTOLFI, 1993; STRIKE & POSNER, 1992) que necessariamente não precisam ser entendidas como pré-existentes tal como os autores supõem. As demais condições são influenciadas por demandas a serem encaradas ou oportunidades procuradas e consideradas para o futuro. Ora, uma explicação apropriada deve ser aquela que trás uma *frutífera, parcimoniosa* e *generalizável* contribuição para estes desafios (GILBERT et al., 1998b).

Numa postura *naturalista*, BREWER et al (1998) procurando compreender os processos reais de validação de explicações, hipotetizam que quando é dada *"uma explicação de um fenômeno parece que existe uma tendência humana natural de avaliar a qualidade da explicação"* (p. 121). BREWER e seus colegas estabeleceram com base em diversos estudos empíricos em estudos teóricos que proposições gerais devem se submeter a um processo de avaliação de qualidade para se tornarem explicações. No padrão cognitivo de leigos, esta avaliação se fundamentaria em seis categorias.

(a) Suporte empírico – preferência por explicações que são mais consistentes do que inconsistentes com a evidência empírica;

(b) Alcance – preferência por explicações que relatem o maior número de fenômenos;

(c) Consistência – preferência por explicações que apresentam coerência interna;

(d) Simplicidade – preferência por explicações que relatem o fenômeno com um número menor de suposições ou hipóteses;

(e) Plausibilidade – o grau no qual uma explicação é consistente com o 'background' de crenças.

Propositalmente, trataremos do critério *crenças irracionais* na próxima seção. O interessante no momento é apreciarmos a superposição de alguns requisitos apresentados por BREWER et al (1998) e GILBERT et al. (2000), pois isto dá indícios de uma base comum de raciocínio das pessoas quando se fala de explicações. Assim, em nossa opinião, tais pesquisas oferecem um apoio teórico poderoso à investigação do domínio cognitivo das explicações. Entretanto, o domínio afetivo das explicações é desvalorizado, senão ignorado. Nas próximas seções discutiremos melhor a nossa crítica. Mas, primeiro falemos de *entendimento*.

2.6 - Entendimento científico

A estrutura lógica de todas as explicações racionais é sempre a mesma: trata-se de uma demonstração em que o *explicandum* é apresentado como *caso* de uma generalidade (CUPANI & PIETROCOLA, 2002). Assim, quando se dá como explicação da dilatação de um fio de cobre o aumento da sua temperatura, essa explicação é na verdade uma condensação de uma argumentação que inclui como premissas*: "(i) a lei segundo a qual todo fio de cobre torna-se mais longo quando sua temperatura se eleva e (ii) o enunciado de que o dado fio era feito de cobre e de que sua temperatura sofreu elevação"* (HEMPEL, 1979, p.161). Aprofundamos e racionalizamos o nosso saber, na medida em que localizamos o fato explicado num sistema de entidades relacionadas por leis. Explicação é dita, também, a redução do fenômeno *explicandum* ao fenômeno *explicans*. Por exemplo, o comportamento do fio de cobre pode ser reduzido ao comportamento das moléculas de cobre. Neste caso, quando fio de cobre é aquecido aumenta a energia das suas moléculas, consequentemente seu movimento. Ao ser aquecido suficientemente o fio de cobre, os íons que compõem a rede cristalina adquirem energia capaz de aumentar o espaçamento médio entre eles. Este tipo de relato parece gerar *entendimento* do processo pelo qual um fio de cobre quando aquecido se dilata. Mas, qual tipo de *entendimento* seria este oferecido pelas explicações científicas? E, o que há na estrutura das explicações científicas que nos dá *entendimento* do mundo?

Na acepção mais comum das palavras *entendimento* e *explicação* nós estamos dispostos a aceitá-las como decorrência óbvia uma da outra. Se, por exemplo, alguém pergunta "por que hoje as instituições públicas estão fechadas?" e respondemos "porque hoje é o dia dos funcionários públicos" é razoável a crença que a nossa explicação gerou entendimento em que a ouviu. Claramente, tal noção está ligada a um estado psicológico singular em que o ouvinte sentiu-se esclarecido em relação a uma experiência da vida ordinária, reformulada em termos de outra experiência também familiar. Mas esta idéia intuitiva inicial não é suficiente para capturar o tipo de entendimento providenciado pelas explicações científicas, em particular, uma vez que elas são por excelência definidas como o processo de transformação de uma proposição inexata a partir da linguagem ordinária (o *explanadum*) em uma proposição mais exata de uso científico (o *explanans*) (HEMPEL, 1970; POPPER, 1985). Nossa questão repousa nesta transição de significados. Quais tipos de entendimento podem gerar explicações a eventos relatadas sob o vocabulário científico? A resposta a esta pergunta tem conexões naturais com a Educação Científica.

Entendimento científico é uma noção pouco clara no debate filosófico. Entendimento, numa análise superficial, poderia ser compreendido como resultado do exame do que uma explicação científica é. Em outras palavras, explicação e entendimento manteriam uma relação tautológica, na qual recorreríamos à primeira para definir o segundo e vice versa. Razoavelmente, se requer uma noção de entendimento independente. Num cenário pior, algumas teorias filosóficas da explicação sugerem que *entendimento científico* consiste em confeccionarmos explicações em moldes científicos, sem qualquer menção ao caráter subjetivo do termo. Por exemplo, HEMPEL (1965) nega ao domínio das explicações científicas a capacidade de produzir entendimento, pois se isso se desse, estaríamos tratando de aspectos psicológicos da explicação, e não de lógica. Uma explicação em seu aspecto psicológico é uma noção relativa, portanto, varia e ganha sentido unicamente de indivíduo para indivíduo. Assim, uma teoria da explicação adequada, de acordo com HEMPEL, não deve falar dos pensamentos, das crenças e das atitudes das pessoas.

FRIEDMAN (1974) ilustrou algumas tentativas na literatura filosófica de esclarecer o conceito de entendimento. Ele rejeita a conexão feita por HEMPEL entre seu modelo nomológico-dedutivo [N-D] e a noção de entendimento. Segundo HEMPEL (1965), *o* argumento N-D mostra que*, "dadas as circunstâncias e as leis em questão, a ocorrência*

do fenômeno pode ser esperada; e é neste sentido que a explicação nos habilita a entender porque o fenômeno ocorreu" (p. 327). Tal tentativa de articular explicação e entendimento, na opinião de FRIEDMAN, é minimamente aceitável quando se trata de casos especiais de explicação de eventos particulares, passados em um tempo definido, no qual podemos realmente esperar sua ocorrência; mas, falha ao supor que expectativa racional coincida com entendimento. Nós podemos ser hábeis em prever algum fenômeno com base em leis e condições iniciais, porém isto não significa entendermos porque o fenômeno aconteceu. Expectativa racional seria até um componente desejável para o entendimento, entretanto, insuficiente. Por exemplo, um barômetro pode oferecer previsões empíricas referentes às distribuições da pressão atmosférica, alertando da chegada de uma tempestade. Contudo, deixa de informar a constituição física da atmosfera, os mecanismos de formação das nuvens, e as regularidades que regem o tempo atmosférico, com base em variáveis internas. Certamente, este não é o tipo entendimento a ser esperado de uma explicação científica.

A proposta de FRIEDMAN (1974) para o impasse consiste em atrelar entendimento do mundo à propriedade das explicações de reduzir o número total de fenômenos independentes que devemos admitir como ultimamente dados. Por exemplo, a teoria cinética ao explicar fenômenos envolvendo o comportamento dos gases, com referência ao comportamento das moléculas cujo gás é composto, supõe que elas em boa aproximação obedecem a lei de Boyle-Charles; contudo, isto não se trata de substituir um fato bruto por outro. A teoria permite derivar outros fenômenos envolvendo o comportamento dos gases, como o fato deles terem capacidades térmicas específicas. Neste sentido, a teoria efetua *"uma significante unificação que nós temos que aceitar"* (p. 14). Poderíamos prosseguir, atribuindo o comportamento das moléculas a ação das leis da mecânica newtoniana; integrando assim, a teoria cinética dos gases com outros fenômenos, como o movimento dos planetas e a queda dos corpos nas proximidades da terra. FRIEDMAN escreve: *"nós substituímos um fenômeno por outro mais abrangente, deste modo efetuamos uma redução no número total de fenômenos aceitos. Nós então genuinamente aumentamos nosso entendimento sobre o mundo"* (p. 19).

Esta visão parece contradizer a noção de *diferenciação* proposta acima, quando fizemos a defesa do poder explanatório da ciência. Ela poderia sugerir que o avanço do conhecimento consiste em uma progressiva *unificação*, reduzindo a atual multiplicidade de

teorias para um poderoso conjunto restrito, da altamente econômica ciência unificada. Entretanto, diz BUNGE (1969), a unificação dos métodos da ciência, por exemplo, não exclui o aumento da diversificação de técnicas particulares; muito menos, a incessante descoberta de novas conexões entre campos inicialmente vistos como separados, apaga diferenças qualitativas no plano ontológico. *"A crescente integração dentro a ciência pode não nos prevenir da realização da sua crescente diversificação"* (p.291). Assim, não há evidência que o processo de encontrar leis, ou princípios, possa culminar com a descoberta de uma lei fundamental última. Nós pensamos ser possível manter intactas as duas abordagens. Dentro da diversidade, o empreendimento científico resulta na abertura de "caixas pretas" em níveis cada vez mais profundos. Em cada nível aumentamos o nosso entendimento sobre o mundo, no sentido dado por FRIEDMAN, mas também, aumentamos os campos de pesquisa, as leis e métodos necessários para explicação da realidade. A explicação dos porquês cria outras perguntas, e a conseqüente verticalização dentro de uma classe de fenômenos (com fatos e idéias) contribui gradativamente para o entendimento da realidade. Nós precisamos primeiro distinguir os fenômenos na sua forma bruta para depois agregá-los em sistemas mais amplos, que, entretanto, não são uma verdade fixa e definitiva, porque eles podem ser transformados a cada etapa deste processo. Unificação não parece ser o objetivo precípuo perseguido pelas explicações científicas.

Neste cenário, pode haver categorização subjetiva para o problema do entendimento? Para maioria dos filósofos, a questão do entendimento, embora seja mais ampla que a estrita relação lógica entre premissas e conclusão, refere-se a como, do ponto de vista epistemológico, uma comunidade de cientistas alcança entendimento sobre a realidade, sem menção ou preocupação de como cada cientista em particular o faz. Este tipo de entendimento é, portanto, consensual, e tem seu foco no empreendimento científico como um todo. Assim, a própria atual compartimentalização dos campos de investigação científica contribui significativamente para dificuldade dos filósofos categorizarem de maneira consistente entendimento. O que dizer, então, sobre o *entendimento* individual? Nós suspeitamos que quando os cientistas se apóiam em certo tipo de explicação, eles apelam para um entendimento com validade psicológica. Uma explicação deve ter o poder de *satisfazer* o cientista psicologicamente, e esta é uma categoria subjetiva do *entendimento*. Se depois de um processo de análise pela comunidade a explicação se torne

conformidade, tanto melhor para explicação. Nós sugerimos ainda, que está satisfação é distintiva, tanto momento da criação quanto da apropriação da explicação.

Nós devemos esclarecer que reivindicar uma dimensão subjetiva para explicações não significa derrubar critérios de objetividade científica. Quando pensamos em subjetivo, falamos de adicionar algumas exigências individuais. Ao contrário do foco puramente lógico, quando cientistas buscam uma explicação, não parece razoável a crença na realização de inferências dedutivas com dezenas de premissas a partir da teoria. Eles precisam de mecanismos que permitam manipular de maneira adequada a teoria quando confrontada com os dados empíricos ou novos fenômenos. Para avaliar uma explicação, declara WOODY (1995), os cientistas necessitam *"explorá-la, e, para fazê-lo de forma eficiente, se requer algo que podemos chamar de 'capturar' a teoria"* (p. 1297). Tipicamente, isto é realizado via a formação de modelos simplificados os quais são abstraídos ou idealizados de diversas maneiras (uma representação visual, por exemplo). Este processo de desvelar o essencial da estrutura permite a um agente cognitivo ganhar controle sobre a teoria e entendê-la. Nós iremos conectar a sugestão de 'capturar' a teoria com a hipótese de familiaridade intuitiva com a teoria. Tal argumento apresenta mais do que restrições unicamente lógicas.

Grande parcela da repugnância dos filósofos sobre uma noção subjetiva do entendimento incide sobre idéia na qual uma explicação científica nos forneça entendimento sobre o mundo pelo relato (ou redução) de fenômenos não-familiares aos familiares. Por exemplo, a teoria cinética dos gases ganharia poder explanatório por comparar um fenômeno não-familiar, como a lei de Boyle-Charles, com um familiar, como o movimento das bolas de bilhar. Caso a redução ao familiar fosse um requisito aceitável para o entendimento, argumenta FRIEDMAN (1974), a maioria das explicações oferecidas pela física quântica, as quais postulam fenômenos estranhos e menos familiares do que alguns que ela explica, não seria possível compreender. HANSON (1985) interpreta esta relação dizendo que *"a distinção entre a compreensão no sentido de familiaridade intuitiva e entendimento no sentido de entendimento racional da 'marcha' das coisas não devem nunca se confundir"* (p. 39). Ele argumenta que o *sentimento de entendimento* deve necessariamente se distinguir da estrutura lógica da explicação. *"O sentimento e a lógica são tão diferentes quanto o cérebro e a mente. Saber como e saber quê são tão diferentes quanto a reação retinal e a observação"* (p. 59). Contudo, HANSON admite que a busca

do sentimento de familiaridade possa servir de apoio saudável para investigação científica. CARL HEMPEL também rejeita explicitamente o relato de familiaridade das explicações científicas. Ele diz:

> A explicação científica não visa criar um sentimento de familiaridade com os fenômenos da natureza. Este é um sentimento que muito bem pode ser evocado por interpretações metafóricas sem qualquer valor explicativo [...] Não é está espécie intuitiva e altamente subjetiva de compreensão a procurada pela explicação científica, e particularmente pela explicação teórica, mas uma visão objetiva, que se alcança por uma unificação sistemática, pela revelação de serem os fenômenos manifestação de estruturas e processos comuns que, obedecem a princípios específicos e que podem ser verificados. Se essa concepção puder ser dada numa conceituação que revele certas analogias com a dos fenômenos familiares, tanto melhor (1970, p. 107).

Numa postura mais flexível, BUNGE (1989), ao menos, vai além dos pressupostos lógicos da explicação científica, ao propor clarificar ainda outros aspectos, entre eles o *psicológico*, ou seja, a exigência que uma explicação deva produzir entendimento. BUNGE mostra que o entendimento fornecido pela ciência não é direcionado a atender a demanda de satisfação psicológica de esquemas de mundo familiares, próprios de uma pessoa em certo momento; longe disto, seu objetivo principal é ampliar e racionalizar o conhecimento ordinário. Em algumas circunstâncias o conhecimento científico pode (por exemplo, via analogia) acomodar-se a descrições mais próximas da experiência diária, mas não tem a finalidade de habilitar todo seu potencial explicativo a essa tarefa. Por isto, deve-se tomar o entendimento obtido a partir das explicações científicas como ligado à compreensão de seus próprios termos. Em resumo, a intelecção científica não garante o entendimento no sentido ordinário desta palavra.

Parece haver um consenso filosófico que as explicações científicas não oferecem entendimento no sentido vulgar, rebaixando este aspecto a um fator psicológico relativo, dependente de cada indivíduo em particular, e, portanto fora do escopo da atividade científica. Nós concordamos plenamente com esse interesse dos filósofos da ciência em uma noção objetiva de explicação, uma noção que não varia caprichosamente de indivíduo para indivíduo. Entretanto, as considerações filosóficas sobre as explicações científicas atendem a uma pressão normativa (particularmente a tradição positivista da filosofia analítica do século XX). Quer dizer, os filósofos estão preocupados com quais requisitos, do ponto de vista epistemológico, uma explicação deve atender para que seja logicamente válida. Quando tratamos de como realmente nós pensamos parece pouco viável acreditar

que submeteremos nossas intenções de compreender algum evento aos desígnios exclusivos da lógica. O argumento principal dos filósofos contra a idéia de que uma explicação tenha função de gerar entendimento, baseia-se em grande parte na concepção do que seja familiar ao indivíduo, poderíamos, então, questionar o que se define como familiar. Se o que chamamos de familiar é entendido pelos filósofos como o que tocamos ou vemos, aquilo disponível aos nossos sentidos, inversamente, aos entes estranhos que povoam as teorias científicas, caímos numa polêmica sem solução, semelhante ao debate conteúdo "observacional/não-observacional" das teorias. Já se a familiaridade puder ser atribuída ao que já experienciamos, num sentido mais amplo, há sim um processo de enculturação e, certamente, podemos assumir a defesa de que os conhecimentos científicos podem gerar *entendimento* no sentido psicológico, mesmo aos não cientistas.

Neste sentido, um cientista bem treinado pode habituar-se às teorias que trabalha. Ora, não são os pescadores habituados com o mar, redes e anzóis? Não saberiam eles os períodos de desova e a localização exata dos cardumes? Ninguém duvidaria em dizer que eles são habituados com aquilo que aprenderam e conviveram desde crianças. Pelo visto, a familiaridade profunda e permanente pode tornar uma matéria totalmente não problemática e compreendida, gerando, portanto, satisfação psicológica. Nós podemos, então, argumentar que a familiarização com os elementos da explicação científica, não significa a redução de seus elementos a coisas familiares. A familiaridade advém do hábito, e pode acontecer até com as idéias mais estranhas, como no caso da mecânica quântica. Embora não tenha dado muita importância a questão, o próprio MARIO BUNGE, diz que *"Tão somente o especialista familiarizado com as idéias técnicas supostas na explicação científica, somente o especialista que as ' interiorizou', pode pretender que conseguiu uma compreensão intuitiva de alguns (nem todos) fatos e idéias [científicas]"* (1989, p. 589-590). Assim, a dimensão subjetiva do *entendimento* perpassa a nossa capacidade de familiarização com as idéias científicas nos seus próprios termos, o que não pode ser afastado do hábito.

Nós argumentamos que as explicações científicas longe de apenas participarem da descrição do mundo, fornecem um quadro teórico partir do qual seja possível alcançar entendimento dos fenômenos (CUSTÓDIO & PIETROCOLA, 2004). Além disto, adicionamos ao exame filosófico tradicional a exigência de uma dimensão subjetiva no entendimento propiciado pelas explicações científicas. Isso ocorreria não apenas a longo

prazo com alcance da familiaridade, mas com a mesma satisfação psicológica que sacia a humanidade desde a antiguidade, isto é, o recompensador *sentimento de entendimento* com uma boa explicação. Na educação científica, mais do que no âmbito científico, tal exigência não pode ser recusada.

2.7 - Entendimento na educação científica

Explicações propiciadas na escola têm duas responsabilidades. A primeira é nutrir os estudantes do conhecimento científico. Todavia, não se trata de mera transmissão de saberes, ou informar os alunos sobre os conteúdos científicos, exige-se o cumprimento de um segundo objetivo, que seria o *entendimento* dos conteúdos da Ciência. Entendimento das melhores explicações de como as coisas funcionam, bem como da natureza e dos métodos da Ciência. Na educação científica, *entendimento* não é uma noção de fácil definição. Nós achamos a definição de SMITH e SIEGEL (2004) um ponto de partida prático. Eles reconhecem quatro critérios sobrepostos para entendimento. O primeiro elemento na análise do entendimento é *conectividade*. Se um estudante entende uma noção então isto significa que ele irá perceber as conexões entre idéias, como as idéias se relacionam de maneira não arbitrária na estrutura cognitiva já existente. Esse critério seria facilmente reconhecido na teoria da *aprendizagem significativa* (MOREIRA, 1997). Por exemplo, entender a teoria cinética dos gases requer que os estudantes possam identificar e definir os conceitos envolvidos (gás ideal, pressão, energia cinética, temperatura) e possam providenciar explicações apropriadas das conexões entre esses conceitos. O segundo elemento na análise do entendimento é necessidade de *"fazer sentido"*. Entender alguma coisa é dar sentido ou atribuir significado a ela. Nesse critério, SMITH e SIEGEL tomam emprestada a noção de plausibilidade dos educadores da tradição de mudança conceitual (STRIKE & POSNER, 1985). O estudante que entendeu a teoria cinética dos gases pode também "dar sentido" a ela, ou seja, pode explicar como ela se aplica a uma variedade de situações concretas. O terceiro elemento na análise do entendimento é *aplicação*. *"Uma pessoa pode dizer que entendeu um conceito ou idéia se pode aplicar esse entendimento apropriadamente em situações acadêmicas ou não acadêmicas (tal como solução de problemas)"* (SMITH & SIEGEL, 2004, p. 562). Um estudante que entendeu a teoria cinética dos gases pode apropriadamente aplicá-la na explicação de fenômenos do seu

cotidiano. Finalmente, *justificação* é o quarto elemento na análise do entendimento. Um estudante deve ser capaz de julgar a adequação das evidências que suportam uma afirmação. Com base nesse critério, um estudante deve ser capaz de apreciar no mínimo algumas razões para que a teoria cinética dos gases seja verdadeira, isto é, entender porque aquelas razões contam como evidência que suportam a teoria e poder avaliar os méritos dessa evidência.

Educadores científicos parecem manter um consenso sobre tais critérios. Em adição, há uma consciência bastante clara da existência de distintos níveis de entendimento. STRIKE e POSNER (1985) afirmam que *"entender uma idéia requer que ela seja vista dentro de um contexto de outras idéias, isto é, entender impõe achar um nicho dentro da ecologia conceitual"* (p. 219). Na opinião deles, um indivíduo pode perceber como uma idéia se aplica na solução de anomalias e situações novas, relacionando-a com outras idéias, e isso se configuraria o entendimento mínimo da idéia. Entretanto, é *"possível ao indivíduo entender uma idéia com a qual discorda"* (p. 228). Com base nessas considerações, eles distinguem três níveis:

1 . *Entendimento mínimo*: O nível mínimo de entendimento requer que uma pessoa inicie a cogitar a possibilidade da veracidade ou adequação de uma nova concepção. Isto significa ter um significado suficiente da idéia para começar a ver algumas de suas implicações. Uma apreciação da gama completa de implicações de uma concepção irá faltar nesse nível. *"Uma pessoa que entende nesse nível irá geralmente ser hábil para aplicar a concepção em problemas simples ou estereotipados, mas não verá que a idéia pode ser utilizada em situações mais complexas"* (p. 229).

2 . *Entendimento completo*: o indivíduo tem um entendimento da concepção semelhante ao de um *expert*. A pessoa vê uma ampla classe de implicações de uma concepção e é hábil em aplicá-la em situações complexas e novas.

3 . *Acomodação*: Acomodação não envolve apenas entendimento, mas um grau de aceitação. Isso porque uma pessoa pode entender completamente uma idéia mais não aceitá-la. Uma pessoa que acomodou uma nova concepção deve no mínimo capturar o significado dela. A afirmação que uma idéia foi acomodada acrescenta a exigência de compromisso e crença. A concepção deve ser aceita. Por outro lado, *"entendimento mínimo pode tornar difícil decidir se uma acomodação realmente aconteceu"* (p. 229).

Nesse caso, estudantes podem abandonar os compromissos com as concepções quando confrontas com situações complexas.

GILBERT, BOULTER e RUTHERFORD (2000), de seu lado, embora não mencionem explicitamente o termo entendimento, postulam alguns graus de *apropriação* de explicações. *Apropriação* seria um julgamento feito pelo questionador em termos dos critérios *adequação*, *relevância* e *qualidade*, analisados acima. Assim uma explicação pode ser: (a) *apropriada*, isto é, a explicação é *adequada* (tem o mesmo significado para o questionador e quem explica), é *relevante* (a explicação atende as necessidades intrínsecas do questionador e as demandas do currículo, podendo incorpora-se aos esquemas existentes), e de *qualidade* adequada (a explicação utilizada não necessita de informação adicional); (b) *inapropriada*, ou seja, a explicação pode não ser *adequada* (o significado da questão pode ser diferente para o questionador e quem explica, ou modo de formular a explicação pode não ter sido o mais adequado ao entendimento do questionador), não ser *relevante* (o questionador pode ver como a explicação tem relação com as especificações do currículo, ou ser desinteressante), ou não ser de *qualidade* adequada; (c) *não-explicação*, significa que diversas escolhas erradas ou falhas de comunicação ocorreram, pois o questionador pode não ver conexão entre a questão que foi perguntada e a explicação recebida, ou explicação pode ter sido irrelevante para os interresses do questionador, ou ainda difícil de entender. Os autores sugerem que *"elevar os níveis de realização na educação científica, em um sentido amplo, requer uma melhoria na apropriação de explicações que todos os estudantes recebem. Isto significa, para muitos professores e estudantes, a provisão de explicações que são adequadas, são mais relevantes, e que são de mais cuidadoso julgamento de qualidade"* (p. 203-204).

Educadores científicos, ao contrário da epistemólogos, consideram *entendimento* uma função psicológica. OHLSSON (1999), por exemplo, considera que *"explicar um evento é reordenar, nos olhos da mente, sua gênese. Isto é feito pelo articulação ou execução de um relevante modelo mental"* (p. 563). A "rodagem" do modelo revela o comportamento do evento. Assim, se um modelo gera um dado evento, então ele explica aquele evento. Tudo isto ocorre no plano intrapsiquíco. Um estudante não pode entender uma idéia até que possa representá-la internamente, em termos de imagens ou rede de proposições encadeadas. Então, entendimento decorre da competência de representar

internamente uma estrutura para os eventos e, concomitantemente, conectar essa estrutura com algumas implicações no mundo, pelo menos em certo nível.

Nossa discussão sobre entendimento trouxe à tona a relação entre conhecimento e crença. Precisamos distinguir esses termos, pois terão importância fundamental na continuidade desse trabalho.

2.7.1 - Conhecimento e crença

Os termos *conhecimento* e *crença* têm sido apresentado de maneira pouco precisa tanto por filósofos quanto pelos educadores da área de ensino de ciências. Numa revisão recente SMITH e SIEGEL (2004) explicitaram as controvérsias sobre os conceitos.Inicialmente, eles analisam a definição clássica da filosofia, segundo a qual *"conhecimentos são crenças verdadeiras e justificadas; sendo estas condições – justificação, verdade e crença – necessárias, e conjuntamente suficientes, para conhecimento"* (p. 555). Assim, o que é dito conhecimento representaria um subconjunto daquilo que acreditamos. Por exemplo, um indivíduo pode *saber* que a terra gira em torno do sol, mas não *acreditar* que ela faça isto. Com base nisto poder-se-ia pensar que o indivíduo sabe que a terra gira em torno do sol? SMITH e SIEGEL respondem não. Pois, de acordo com a filosofia clássica *"crença é uma condição necessária para o conhecimento"* (p. 555). Então, poderia o indivíduo saber que a terra se move em torno do sol se de fato ela não se move? Aqui entra em jogo a condição de *verdade*. Se *p* é falsa não podemos saber que *p*. Obviamente, não há problema com a idéia de uma crença falsa ou ainda de crença falsa justificada, ponderam SMITH e SIEGEL. Pode-se acreditar falsamente que *p* é verdadeira enquanto *p* é falsa, e nossa crença falsa que *p* é verdadeira pode ser justificada a despeito do fato que *p* é falsa. Mas se ela é falsa não podemos saber que *p*. Conseqüentemente, *verdade* também é uma condição necessária ao conhecimento. Finalmente, a condição de *justificação*. SMITH e SIEGEL recorrem ao caso hipotético de uma diretora de escola secundária, Sra. Jones, que acredita que contratar um novo professor de biologia para o departamento de ciências levará há conflitos pessoais com o corpo docente atual. Supõe-se também que está crença seja verdadeira, mas ela não tem nenhuma evidência para argumentar, porque a Sra Jones não conheceu o professor

candidato, ou falou com alguém que o conheceu, ou ao menos consultou seu currículo. Ela apenas acredita, e isto pode ser verdadeiro. Então, a Sra. Jones sabe? A resposta dada novamente é não. O que torna uma crença em conhecimento, na perspectiva filosófica, são evidências que justificam a crença.

SOUTHERLAND, SINATRA e MATTHEWS (2001) realizaram uma proveitosa revisão de literatura sobre o assunto. Eles explicam como conhecimento e crença são definidos dentro de diferentes campos, tais como filosofia, psicologia educacional e educação científica. SOUTHERLAND e colaboradores concluíram que para os psicólogos educacionais crenças são mais subjetivas e afetivas na essência. Essa característica afetiva seria a maneira de diferenciar conhecimento e crença. Na educação científica, argumentam que *"conhecimento é descrito como evidencial, dinâmico, emocionalmente neutro, internamente estruturado, e desenvolvido com a idade e experiência. Alternativamente, crença é descrita como evidencial e não evidencial, estática, emocionalmente carregada, organizada em sistemas, e desenvolvida episodicamente"* (p. 337). Entretanto, consideram o uso do afeto para distinguir entre conhecimento e crença é problemático, por que conhecimento não é total mente livre de afeto (como iremos mostrar no capítulo 3), portanto não é fácil fazer distinção clara entre conhecimento e crença baseado em afeto. Porém, mostramos no capítulo 1 a estreita ligação entre crenças e emoções. As características principais dos termos crença e conhecimento podem ser vistas como extremos de um contínuo, conforme a tabela 2.1.

Tabela 2. 1 - Significado dos termos *conhecimento* e *crença*. As características apresentadas representam os extremos de um contínuo (Adaptado de SMITH e SIEGEL, 2004, p.577).

Conhecimento	Crença
Objetivo Eu sei que os planetas percorrem órbitas elípticas ao redor do sol	**Subjetivo** Eu acredito que homossexualismo é errado
Racional Toda matéria é constituída de partículas que são tão pequenas para ser vistas, até mesmo com os mais poderosos microscópios.	**Irracional** Eu não acredito na teoria do big bang, apesar de não saber muito sobre ela.
Público Eu sei que em 1492 Colombo descobriu a América	**Pessoal** Eu acredito que Jesus é o filho de Deus

Verificado Eu sei que o ponto de ebulição da água é 100° Celsius	**Não verificado** Eu acredito que OVNIs pousaram na terra e tomaram humanos para examinação
Certeza Eu sei que 1 + 1 = 2	**Tentativa** Eu acredito que eu tinha aproximadamente 10 anos quando aquilo aconteceu
Estático Nós sabemos que *F = ma.* Que o entendimento das relações entre força e massa não mudaram em muitos anos	**Dinâmico** Ano passado eu acreditava que todos governos eram maus. Hoje eu não acredito
Não é base para a ação Eu sei que as membranas celulares são semipermeáveis	**Base para ação** Eu estou ajudando estas pessoas porque eu acredito que nós todos podemos fazer nossa parte para transformar este mundo em um lugar melhor
Baixo compromisso Eu sei que fumar prejudica a sua saúde. Mas apesar disto eu tenho fumado um pouco	**Alto compromisso** Eu acredito em Deus e eu tenho investido minha vida em servi-lo

Tomando-se como base a discussão na literatura sobre as diferenças entre conhecimento e crença, a característica distintiva parece ser a natureza subjetiva das crenças. Porque existe mais afeto associado com crenças do que conhecimento, crenças são mais significativas para os indivíduos do que conhecimento. Crenças são conhecimentos com emoções, julgamentos e avaliações conectados, e salvo se houver objeções, elas podem se tornar mais resistentes com o tempo (YALAKI, 2005).

2.8 - Explicações e afetividade

O principal projeto desse trabalho é evidenciar a dimensão afetiva na validação das explicações escolares. Até o momento nós constatamos que apesar de esclarecedores e norteadores, trabalhos como o de BREWER, CHINN e SAMARAPUNGAVAN (1998), parecem desconsiderar aspectos importantes na produção de explicações. B, C e S acabam por englobar na categoria *crenças irracionais* tudo o que sairia do domínio estrito do racional, incluindo aí as emoções e os sentimentos. A forma como a categoria é definida,

em termos de *irracionalidade*, denota uma desvalorização destes aspectos, induzindo a considerá-los como desvios de conduta a ser evitado. Certo, a premissa básica dos autores é que as explicações de cientistas e leigos são de mesma espécie. Mas, indivíduos comuns têm outros interesses, crenças e afetos, daí eles terem notado nos dados empíricos que, ainda hoje, apesar da grande difusão da ciência, principalmente entre os jovens em idade escolar, permanecem crenças irracionais (criacionismo, presença de aliens na terra, etc). Logo, em situações carregadas de emoção, fatalmente, o foco avaliativo se desviaria daqueles critérios praticados pelos cientistas. Um relato satisfatório de explicações no contexto escolar não pode ignorar evidências em favor da hipótese da influência de fatores afetivos na avaliação de explicações.

De mesmo modo, o trabalho de GILBERT et al.(2000), na condição de um trabalho *normativo*, isto é, voltado a determinar como as explicações *devem* ser, diz pouco a respeito da influência do contexto afetivo na geração e validação das explicações. Sem embargo, o requisito de *relevância*, aproxima-se bastante de uma das nossas preocupações. Relembrando, eles dizem que uma explicação *apropriada* deve atender a necessidades internas dos indivíduos, ser relevante as necessidades idiossincráticas de cada um. Mesmo admitindo a existência de uma demanda interior de querer explicações, em outra passagem argumentam: *"estratégias de melhoria da relevância intrínseca de explicações não podem ser ensaiadas aqui"* (p. 205). Em nossa opinião, eles não têm claro o mecanismo psicológico motor da confecção, análise, e aceitação de explicações, portanto, não o tomam em consideração na sua discussão, limitando-se a indicar outros trabalhos sobre aprendizagem (por exemplo, PIAGET e AUSUBEL). Novamente, um relato, minimamente satisfatório, de explicações no contexto escolar deve, ao menos, postular a origem da necessidade humana de explicar.

BREWER et al. (1998) aventaram uma resposta sobre a fonte motivadora do ser humano em produzir e avaliar explicações, lançando a idéia de uma *tendência humana natural*, embora esta afirmação ainda necessite, segundo eles, de investigações empíricas. É uma noção um tanto obscura, todavia, merece ser explorada com afinco. Em primeiro lugar, porque temos a impressão que o que leva uma pessoa a explicar e avaliar as explicações produzidas ou absorvidas tem sérias imbricações com as emoções e os afetos, num sentido mais global. Em segundo lugar, o reconhecimento de tais relações indicaria vias de reconhecermos a resistência de certas concepções e, também, indícios da maneira

de catalisar a apreensão de explicações mais condizentes com conhecimento científico. MATURANA (2001) aborda a idéia de tendência natural para explicar, a partir de um outro ponto de vista. Para ele, *"a emoção fundamental, que especifica o domínio de ações no qual a ciência acontece como atividade humana, é a curiosidade, sob forma do desejo ou paixão pelo explicar"* (p. 133). Este desejo ou paixão seria o mesmo que move cientista e leigos. Uma proposição tornar-se-ia de fato uma explicação quando cessa o desejo. Sobre os critérios usados para legitimar uma explicação. MATURANA diz que "há tantos tipos diferentes de explicação quantos diferentes critérios usados, explícita ou implicitamente, para aceitar os diferentes tipos de reformulação de experiências que aceitamos como explicações para nossas perguntas" (2001b, p. 134).

Assim, a ciência se constitui como um corpo de conhecimento, pelo uso particular e consistente dos critérios de validação adotados. Os leigos, ao contrário, não são cuidadosos e usam critérios diferentes para validar suas explicações e afirmações, mudando o domínio fenomênico, muitas vezes de forma inconsciente. As operações da vida cotidiana de não-cientistas, entre elas o ato de explicar, na opinião de MATURANA, dependeriam de diferentes emoções, diferentes desejos de consistência e dos diferentes desejos de refletir a respeito do que fazem. Convém notar, que mesmo sem rigor as explicações de um leigo se submetem ao desejo de explicar. Mas, quais são as formas de satisfazer este desejo? Parece-nos que os requisitos cognitivos devem participar deste processo avaliativo, mas não exclusivamente, Já que os aspectos racionais e emocionais/afetivos devem se entrelaçar na produção de explicações. As últimas informações são cruciais ao nosso intento. Mostram que, de um lado, uma explicação é, também, uma resposta a uma disposição emocional a partir do qual nós somos estimulados procurá-la; de outro, a interdependência entre nossas emoções e os critérios utilizados para validarmos nossas explicações, e quão maleáveis os últimos podem ser guiados pelas primeiras. Toda essa discussão nos encaminha para noção de *sentimento de entendimento*.

2.8.1 - Sentimento de entendimento

A teoria psicológica de BREWER, CHINN e SAMARAPUNGAVAN (1998) hipotetiza que no uso cotidiano uma explicação é um relato que fornece *"uma estrutura*

conceitual para um fenômeno (fatos, leis, teorias) que conduz a um sentimento de entendimento no leitor/ouvinte" (p. 120). E explicações científicas não são diferentes a esse respeito; elas devem *"providenciar um sentimento de entendimento"* (p. 121), além de qualquer virtude objetiva que uma explicação possa ter. Este é o *insight* que nos instigou na busca de uma interpretação alternativa do explicar, baseada em elementos do domínio afetivo. B., C. e S. justificam a inclusão do processo experiencial de entender na descrição do que é uma explicação apelando para o argumento que a experiência do entendimento "*origina a intuição das pessoas sobre o que é e o que não é uma explicação"* (p. 121), e, mais do que isso, o desejo de conquistar *"entendimento pode fundamentar a motivação das pessoas para construir explicações"* (p. 121). Essas duas considerações impõem que é o entendimento o elemento central na explicação de uma explicação. A segunda consideração resgata a habilidade inicial das explicações em produzir a sensação de entendimento dos acontecimentos no mundo, enquanto a primeira revela a impossibilidade de aceitação da explicação sem a experiência do entendimento. Se, conforme MATURANA (2001b, p. 134) diz, há tantos tipos diferentes de explicação quanto diferentes critérios usados, explícita ou implicitamente, para aceitá-las, B. C. e S. nos apontam um decisivo, a exigência do *sentimento de entendimento*.

Todavia, falta no relato de B. C. e S. uma explicação clara sobre a noção de *sentimento de entendimento*. Uma suposição possível é que o sentimento de entendimento seria uma virtude cognitiva apenas, a partir da qual uma explicação que conduza a essa sensação carregue também razões para se pensar que ela é verdadeira, ou no mínimo, uma boa explicação. Nesse caso, o termo *sentimento* teria um significado meramente metafórico. Na interpretação mais próxima do nosso pensamento, o termo *sentimento* carrega afetividade, isto é, a experiência do entendimento envolve emoções, e essas oferecem a intuição de que a explicação pode ser aceita. Infelizmente, B. C. e S. permanecem silenciosos sobre a função precisa do *sentimento de entendimento* no relato sobre explicações. Então, para cumprir a tarefa de inserir a vertente afetiva como critério de avaliação das explicações faz-se necessário mostrar o revestimento afetivo da noção de *sentimento de entendimento*, independentemente da imagem inicial idealizada pelos autores.

A defesa do *sentimento de entendimento*, entretanto, encontra algumas dificuldades devido as escassez de análises na literatura, filosófica, psicológica ou educacional.

Contudo, recorrendo-se a intuição, não causa estranheza que um dos produtos da vida intelectual de maior satisfação seja oferecer ou receber uma boa explicação. Mas o que provoca em nós a aceitação de uma explicação? TROUT (2002) afirma que, *"inegavelmente, existe um tipo de satisfação intelectual _ um componente afetivo_ que ocasiona a aceitação de uma explicação, um sentimento que nós conquistamos entendimento de um fenômeno"* (p. 213). Levando esta interpretação para o debate de BREWER e seus colegas, poderíamos reescrever que uma explicação é um relato que fornece uma estrutura conceitual para um fenômeno (fatos, leis, teorias) que conduz a um tipo de satisfação intelectual afetiva, provocando a aceitação da explicação pelo leitor/ouvinte. Assim, a definição bastante provisória de *sentimento de entendimento* seria: **a satisfação intelectual afetiva que provoca a aceitação de uma explicação**, **ou o sentimento que nós conquistamos entendimento do fenômeno**. Em adição,

> Esse subjetivo sentimento de entendimento pode ser comunicado pela impressão psicológica que os mecanismos explanatórios são transparentes e coerentes, ou que a explicação parece plausível, e então deve ser aceita com segurança (TROUT, 2002, p. 214).

Obviamente, sendo tal sentimento muitas vezes guiado por critérios subjetivos, ele não pode ser considerado como parâmetro para arbitrar a validade de uma explicação científica. Mas, no pensamento comum, em particular na escola, parece haver uma tendência de aceitação de explicações que propiciem o *sentimento de entendimento*, isto devido à disposição das pessoas em acreditar no que dá a elas um *sentimento de entendimento*. Mito, religião, astrologia são apenas alguns exemplos de um repertório bastante vasto. Aprender ciência implica objetivação, valorização das evidências e das razões que justificam as evidências em uma explicação, porém em qual estágio as evidências suplantam as demandas subjetivas de entendimento? Já falamos anteriormente que os nossos estudantes atribuem as mais diversificadas estruturas os mecanismos explanatórios dos fenômenos naturais. Seriam estas estruturas respostas criadas as essas demandas? Temos a impressão que sim. Por outro lado, não contribuiriam os critérios de BREWER et al. (1998), GILBERT et al. (1998a, 2000) e POSNER et al. (1982) para realização do *sentimento de entendimento*? Enfim, seria o *sentimento de entendimento* um objetivo a ser perseguido pelas explicações escolares a fim de garantir a sua estabilidade para além do tempo didático? A resposta as duas últimas questões novamente é positiva. Se estivermos corretos, creditamos a afetividade a competência de legitimar as

explicações, tomando o termo sentimento no significado completo oferecido no capítulo 1, caso contrário, o sujeitamos a uma metáfora dispensável.

Por hora, temos em mãos uma noção proeminente, contudo, incompleta. Isso inviabiliza a possibilidade de tomá-la plenamente como referencial teórico. Nós vamos optar por uma construção e sofisticação gradual do conceito, trazendo argumentos do campo da Filosofia, Psicologia e Educação Científica, ao mesmo tempo em que enfatizamos sua viabilidade na explicação de explicações e do explicar na escola. Isso ocorrerá em três fases distintas. Na primeira, o capítulo 3, vamos fazer uma incursão nos elementos subjetivos do pensamento subjetivo com o desígnio de fortalecer a hipótese da construção de vínculos afetivos com o conhecimento, eventualmente discutiremos implicações do sentimento de entendimento nesse terreno. Na segunda, o capítulo 4, tratamos do caso particular da idéia de conflito cognitivo, o qual inserimos dentro da fenomenologia das explicações (GOPNIK, 1996, 1998), defendendo a idéia que em essência a condição de *insatisfação* possui a essência afetiva do explicar. Neste caso, o *sentimento de entendimento* seria a contrapartida afetiva da solução da *insatisfação*. Na terceira, o capítulo 5, são realizados três experimentos com estudantes do Ensino Médio testando a hipótese da noção de *sentimento de entendimento*. No capítulo final, nós assumimos o compromisso de aprofundar a noção estabelecida nos capítulos anteriores.

CAPÍTULO 3

A DIMENSÃO AFETIVA DO PENSAMENTO CIENTÍFICO

3.1 - Introdução

Na Ciência, um conjunto particular de elementos e temáticas intervem na produção e desenvolvimento do conhecimento científico, o qual poderíamos chamar *contexto*, de acordo com a definição de REICHENBACH (1938). Um *contexto* é aquele em que o cientista encontra-se na busca da solução do seu problema, produzindo hipóteses e modelos, formulando idéias ou inventando conceitos; mas sujeito às circunstâncias pessoais, psicológicas, afetivas, econômicas e tecnológicas intervenientes na gestação ou *descoberta* dessas produções. Tal contexto trata do enfrentamento do problema, as idas e vindas, angústias, satisfações, abandonos e novos começos realizados na produção científica. Um outro *contexto* aborda questões de validação das idéias desenvolvidas no primeiro contexto, ou seja, as idéias precisam ser analisadas e julgadas, para tornarem-se consensuais requerem *justificação*. A atividade assistemática e informal, típica do *contexto da descoberta*, é substituída por um processo criterioso de avaliação lógica e empírica no contexto de *justificação*, principalmente através do referendo da comunidade científica especializada, quando submetida a produção à publicação. Já na forma de elaboração do texto, independentemente da qualidade dos resultados, existe um primeiro nível de racionalização. Nas palavras de REICHENBACH (1938):

> A forma que os matemáticos publicam uma nova demonstração, ou um físico seus raciocínios na criação de uma nova teoria, quase poderia corresponder ao nosso conceito de reconstrução racional, o a bem conhecida diferença entre a maneira de falar um teorema e a de apresenta-lo ao público podem ilustrar a diferença em questão. Introduziremos os termos contexto da descoberta e contexto da justificação para sinalizar esta distinção (citado em SPELTINI et al., 2006).

Conforme sugerem PINHO-ALVES et al. (2001), entre os dois momentos *"há um processo de reelaboração racional que elimina elementos emotivos e processuais, valorizando elementos isentos de sentimentos e encadeados logicamente"* (p. 80). A prática filosófica tradicional despende grande esforço se debruçando na análise do segundo momento; apelando, em geral, a eleição de um conjunto de princípios racionais a partir dos quais uma teoria possa ser dita mais "verdadeira" que a outra. A noção de falsificacionismo, proposta por KARL POPPER, é um exemplo clássico. POPPER (1985) argumenta que uma teoria quando posta a prova empírica, vai ao campo de batalha não para verificação, mas para falsificação. Toda tentativa de testar uma teoria é uma tentativa de falsificá-la. Deste ponto de vista paradoxal, o cientista converge esforços para derrubar a teoria defendida. Um caminho fácil é a busca por previsões testáveis que não possam ser derivadas das teorias existentes, e se ocorrer delas estarem em contradição com a teoria rival, mais significativo ainda é o teste. A possibilidade de a hipótese estar equivocada é a potencialidade do sucesso da teoria. Caso a teoria sobreviva a estes auto-ataques, pode-se dizer que é maior o seu conteúdo de verdade. Assim, a teoria de Einstein tem maior conteúdo de verdade que a teoria de Newton, porque ela prevê todos os fatos previstos pela teoria de Newton e prevê alguns mais corretamente. Além disso, a teoria de Einstein prevê com êxito fatos que não foram previstos por Newton, como o deslocamento da luz, quando emitida num forte campo gravitacional, para extremidade vermelha do espectro.

A despeito da elegância do modelo de POPPER e do fato que outros exemplos poderiam ser arrolados aqui, esta não parece à descrição mais realista para tomada de decisão do cientista. É pouco confortante imaginar que o cientista ao avaliar uma teoria ou confrontá-la com uma concorrente, disponha de um manual previamente formulado determinado quais diretrizes seguir. Uma postura um tanto conveniente levaria em consideração que teorias são aceitas (ou não) por um processo que envolve julgamento individual e interação social. Isto significa que, embora os cientistas façam parte de uma

comunidade, e tal comunidade valorize alguns critérios científicos, estes fatores sociais são filtrados através do indivíduo.

Interessante é notar um ponto frágil dessa tradição, pois logo recaímos em um paradoxo, ainda sem uma resposta definitiva, ao aceitarmos as relações entre teoria e dados como contidas no âmbito restrito da racionalidade. GIERE (1988) considera insuficiente considerarmos o julgamento científico apenas em termos de princípios racionais, pois se apenas isto ocorresse deveríamos esperar mais concordância entre os cientistas que de fato existe. Obviamente, o comentário aqui incide menos sobre os conhecimentos consensuais já submetidos aos critérios de aceitação da comunidade científica do que sobre os atuais trabalhos experimentais ou teóricos, nos quais a divergência é manifesta. Nas palavras de GIERE:

> Se existe alguma coisa tal como princípios da racionalidade científica, a comum existência de grupos discordantes dentro da ciência deve ser resultado de forças irracionais ou interesses (1988, p.3).

Esta é uma questão crucial, como mostraremos mais adiante, porque ela faz refletir, apesar de conduzir a considerações distintas do propósito do autor citado, a respeito das *crenças, emoções* e *sentimentos* dos cientistas e como eles influem na validação de *explicações* sobre o mundo natural, o que serviria de um bom apoio para pensar os critérios utilizados pelos alunos na construção de explicações, e a quais condicionantes eles estão sujeitos. NUSSBAUM (1989), por exemplo, sugere que *"Lakatos, Toulmim e Kuhn não abordam a mudança conceitual com um processo lógico necessário, portanto devemos nos apoiar em algo mais do que a lógica"* (p.537). Nós argumentamos que o debate científico não é racional (às vezes), não porque não há provas racionais; mas, o debate científico não é racional (às vezes), porque as pessoas em geral carregam condicionantes não-racionais. A luta pela racionalidade científica defendida por muitos filósofos é necessária, até em benefício da manutenção da instituição científica, porém tende, a nosso ver, a obliterar as noções mais primitivas do intelecto, e da ação humana. Concretamente, o pesquisador é um sujeito tão condicionado por crenças e emoções quanto qualquer ser humano, freqüentemente forçado a seguir seus próprios instintos e correr o risco de amargar demasiadas decepções. A audácia inerente à imaginação humana parece não sucumbir ao julgo do método racionalista. A racionalidade científica e seu triunfo contam uma história parcial de emancipação sem fornecer os créditos a um conjunto de ferramentas intelectuais

esquecidas no campo de batalha. Sempre se acaba por concluir: o homem de ciência se comporta com se não tivesse um *"perfil psicológico singular, como se não tivesse afetividade, paixões, cultura, convicções pessoais herdadas de seu meio e sua educação, como se não tivesse história nem, é claro, inconsciente"* (THUILLIER, 1994, p. 17). Ao sabor de uma nova faceta do legado exorcista baconiano, deveria se entronizar com o mundo através do canal propício e imaculado da racionalidade pura.

Einstein, uma das figuras mais badaladas da Ciência, declaradamente contesta o caminho puramente lógico na apreensão da realidade. Para ele, não existe um caminho lógico entre a experiência que se apresenta e os princípios destinados a explicá-la. Contudo, as teorias de Einstein não são elucubrações do seu espírito privilegiado. Então, como isto funciona? THUILLIER (1994) refere, e nós concordamos, não a uma racionalidade absoluta, mas ao simples produto da atividade humana, ou seja, uma atividade intelectual, porém, psicológica e sócio-culturalmente condicionada. Em outras palavras, a origem das teorias científicas não é propriedade exclusiva da lógica e do respaldo empírico. Einstein formulou sua teoria da relatividade, na opinião de THUILLIER, não como resposta teórica ao fracasso da experiência de Michelson-Morley, mas na busca de uma representação de mundo mais ou menos peculiar a sua concepção de natureza. Além disso, ao aceitarmos a racionalidade científica incondicionalmente, fazemos um corte drástico nos meios através dos quais se torna possível à apreensão da realidade. Portanto, é necessário apontar sua falsa hegemonia e trazer à tona mais do substrato que lança luz nesta racionalidade, qual seja, a imaginação científica no seu sentido mais amplo.

A primeira impressão, aceitando-se pelo menos em parte a asserção acima, é que algo está errado ou pelo merece ser esclarecido, porque muito do espetáculo apresentado no círculo científico se passa como se a ciência fosse somente pautada nas asserções *racionais* acerca do mundo e em relação às motivações dos cientistas ao se apegarem à determinada representação dele, de modo que *"no debate científico, a razão vem sendo comumente considerada uma faculdade intelectual de coordenação, cuja eficiência pode ser aumentada pelo uso metódico e pela remoção de quaisquer fatores não intelectuais, tais como as emoções conscientes ou inconscientes"* (HORKHEIMER, 2000, p.18). A imagem da ciência referida passa por alto de qualquer descrição em nível das atividades humana mais comuns; como se fosse lícito e exclusivo ao homem de ciência, separar seu

universo intelectual em duas partes: aquela da pureza racional e outra viciosa da afetividade.

Podemos usar a metáfora do espetáculo: ao apreciarmos um espetáculo pronto, raramente alguém se questiona sobre a produção, o momento da criação, o ensaio geral; a beleza do produto final tende a encobrir o infatigável processo de gestação das idéias e preparação do palco em que se materializa o conteúdo da ciência. É mister, então, a compreensão da produção científica do conhecimento nos próprios bastidores da empresa científica, quer dizer, o "making of" da produção científica, não somente aumentaria nossa compreensão da imaginação dos cientistas envolvidos neste ato, mas também restituiria a idéia de ciência como atividade humana e sujeita aos diversos percalços do enfrentamento de situações comum aos humanos. Todavia, seria tolice manchar a distinção entre conteúdo racional e afetivo (crenças, emoções, estética, loucura, dentre outros). É válido para os nossos objetivos apontar a existência de algumas áreas de instabilidade nas quais a força da razão cai impotente diante do não-racional. O conceito de *Tema* desenvolvido por HOLTON (1979) será útil, ao lado das propostas mais contemporâneas de PAUL THAGARD (2001) e BAS VAN FRAASSEN (2002). Na parte final do capítulo, propomos algumas aproximações entre os argumentos levantados e a noção de *sentimento de entendimento.* Antes, convém uma breve análise do que se chama racionalidade científica.

3.2 - Racionalidade científica

Muitos filósofos contemporâneos (POPPER, 1979; BUNGE, 1985), postulam uma devoção incondicional aos critérios de objetividade e veracidade das hipóteses científicas. Assim, o discernimento seletivo, a classificação e o *método* colocam a atividade científica sob a égide da racionalidade. A matemática, por sua vez, empresta toda sua tenacidade lógica criando uma bela moldura na qual o empírico e o analítico se confraternizam. Embora, isto seja em certa medida verdadeiro, tal visão é tributária dos critérios de *confirmação* de hipóteses científicas, enquanto a fase de *criação* e *aceitação* pessoal das hipóteses é via de regra relegada aos porões do esquecimento. O contexto da ciência seja ele pessoal, social ou cultural é tipicamente considerado como irrelevante para o

entendimento da ciência. A fim de explorar os limites da abordagem da ciência calcada na racionalidade, precisamos compreender melhor a racionalidade científica.

Para BUNGE (1985) racionalidade e realismo são requisitos essenciais a nossa condição humana e moderna, respectivamente. Porém, não permanecem longe dos ataques de filosofias contrárias, ou ainda, de comportamentos irracionais ou irrealistas. Assim, a manutenção destas condições, humana e moderna, pressupõem ampliar e defender o campo de ação da racionalidade e do realismo. Uma medida neste sentido seria a adoção de um racionalismo pleno, pautado não somente na atividade conceitual, mas também fortalecido pela operações empíricas, bem como de avaliação. Um racionalismo que contempla a ciência, a técnica e a ação planejada; e, a partir da aceitação de um mundo passível de ser conhecido e explorado, exterior a percepção e conceitualização do sujeito cognoscente, torna-se também realista. Entretanto, um realismo não nos moldes do realismo ingênuo, em vez disso, um realismo responsável por dar conta da melhor representação da realidade e forneça os fundamentos necessários para sua transformação: o realismo científico. Nesta perspectiva, *"o realista científico admite a necessidade de inventar abstrações e adotar convenções, assim como de sujeitar a experiência e a ação ao controle teórico"* (1985, p. 10).

Um enorme problema surge ao tentar-se explicitar o que é racionalidade. Para tal argumento, BUNGE sugere a existência de sete tipos diferentes de racionalidades, a saber: conceitual (minimizar a imprecisão), lógica (exigir a coerência e evitar a contradição), metodológica (questionar e criticar, exigindo demonstração ou dados, favoráveis ou desfavoráveis), gnoseológica (valorizar o apoio empírico e evitar conjecturas incompatíveis com o grosso do conhecimento científico e tecnológico), ontológica (adotar uma concepção de mundo coerente e compatível com o grosso da ciência e da tecnologia), avaliativa (lutar por metas alcançáveis e que vale a pena alcançar), prática (adotar meios que possam ajudar a alcançar os objetivos propostos). Qualquer uma delas, apreciada de forma mutuamente independente em qualquer campo de conhecimento, gera um racionalismo parcial, alvo fácil de ser atingido pelo irracionalismo. POPPER (1985), por exemplo, apesar de ser evidentemente um filósofo racionalista, ao defender a experiência como único critério de avaliação de teorias e métodos científicos, passa por alto pela racionalidade gnoseológica, pelo descaso com a harmonização com outra teorias ou procedimentos em campos vizinhos.

Ao racionalista pleno cabe contemplar todos estes sete requisitos. Em primeiro lugar, para afastar-se do racionalismo parcial, e, consequentemente, do irracionalismo; em segundo lugar, há uma forte evidência a favor desta posição: a possibilidade de sistematizar estas racionalidades de forma ordenada (como listado acima), sendo cada uma, carente mesmo que parcialmente das precedentes. Conforme BUNGE exemplifica, a racionalidade lógica pressupõe a racionalidade conceitual, caso contrário, as leis da lógica matemática levariam a conclusões imprecisas, dada a falta de clareza dos conceitos com os quais ela opera. Ou ainda, a racionalidade ontológica pressupõe a racionalidade gnoseológica, ou seja, uma visão unitária do mundo deve harmonizar com o melhor conhecimento a disposição acerca do mundo natural.

Na opinião de BUNGE, as sete racionalidades são desejáveis, porém ao se admitir a necessidade de distingui-las, corre-se o risco de considerar algumas partes, ou todo este sistema de racionalidades como inalcançável ou que, caso sejam alcançáveis não valeria o esforço para alcançar. Tal suposição expõe traços fundamentais das filosofias irracionalistas, e racionalistas parciais, cujos interesses se limitam apenas algumas destas racionalidades, ou nenhuma delas. Não obstante, BUNGE, apoiado nos argumentos supracitados e na perspectiva de uma racionalidade plena, aponta evidências que asseguram serem estas metas alcançáveis. Um rápido exame em alguns campos de conhecimento corroboram suas idéias. Por exemplo, *"as racionalidades conceitual e lógica são o ar que respiram os lógicos e matemáticos"*, isto porque *"são pressuposições da investigação teórica em todos os campos da ciência e da técnica"* (citações de BUNGE, 1985, p.19). Igualmente, *"a racionalidade gnoseológica, isto é a exigência de apoio empírico, se apresenta em todos os campos da ciência e da técnica"* (p.20).

Como vimos até aqui, BUNGE defende uma racionalidade plena, sobre a qual se dá o melhor desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico. Entretanto, reconhece os percalços (ou esforços contrários) para alcançá-la:

> [...] cabe perguntar-se porque é tão rara a plena racionalidade. Uma resposta possível é que é difícil de alcançar. E isto se sucede em parte porque a plena racionalidade é extremamente jovem, e em parte porque a investigação racional ameaça a toda doutrina estática, e a ação racional põe em perigo toda instituição estática. Por isto impulsionar a plena racionalidade envolve não só investigar, argumentar e ensinar, mas também lutar. (1985, p.25)

Apesar das dificuldades, sem dúvida a racionalidade teórica é um marco na condução da atividade científica e tecnológica. Contudo, não representa a finalidade precípua de tais atividades. Freqüentemente, surge como um meio de alcançar a verdade[10] ou fazer uso dela. Em um mundo sem verdades, argumenta BUNGE (1985b),os indivíduos não dariam conta das mais rudimentares representações necessárias à sua sobrevivência, como representações acerca deles mesmos ou de sua volta, consequentemente, o aperfeiçoamento de nossos conhecimentos e a busca de novas verdades se estagnariam, presos as lacunas da incerteza. No contexto filosófico, a importância da verdade para o racionalista pleno se compreende na medida em que ele irá, em contraste com o sofista, preocupar-se não somente com a precisão conceitual e coerência lógica, mas também com o valor de verdade das premissas a partir das quais ele argumenta. De fato, é nítida a diferença entre aqueles que buscam a verdade e aqueles que desejam ganhar uma discussão mesmo lançando mão de falsidades.

Não obstante, certas correntes filosóficas procuram eliminar o conceito de verdade (convencionalistas, pragmatistas, céticos). Com base nesta doutrina, é comum em campos de conhecimento como a filosofia de física, surgirem menções que a Física não trata de objetos reais, e, portanto, seus enunciados não são mais ou menos verdadeiros (ou falsos). Para BUNGE, rechaçar tais teses não parece difícil, basta acompanhar as tarefas do físico: o teórico ao deduzir um teorema, afirma que este é verdadeiro na teoria a que pertence; por seu turno, o experimental, ao confirmar este teorema no laboratório, corrobora a afirmativa que o teorema é verdadeiro, com a garantia que o seja pelo menos, parcialmente relativo aos dados empíricos considerados. Em suma, *"a confirmação é sempre parcial e, além disso, temporária. Mas a verdade não é uma ilusão por ser relativa e parcial"* (BUNGE, 1973, p.18).

Nesse sentido, na concepção de BUNGE, a racionalidade é valorizada pela busca ou utilização da verdade. Conforme veremos mais adiante, a verdade surge como um elo de ligação entre racionalidade e realismo. Mas como primeiro indício nessa direção, vale ressaltar que as verdades de fato (aquelas relativas a proposições fáticas, isto é, proposições em que aparece pelo menos um predicado fático interpretável como propriedade de objetos materiais, por exemplo, carga elétrica e spin) se ajustam a realidade, mesmo aproximadamente. Esta certeza justifica, por exemplo, conjecturarmos

[10] Não nos preocupamos neste trabalho em discutir mais profundamente o conceito de verdade, sobre este ponto ver HENKIN (1979), BUNGE (1985), FREIRE-MAIA (1990).

que as equações da eletrodinâmica são verdadeiras (ou valem) para os campos eletromagnéticos (BUNGE, 1985).

Passando à discussão sobre realismo[11], BUNGE tem o cuidado de esclarecer que se refere ao realismo gnoseológico. Esta doutrina filosófica prega a existência de um mundo por si, cognoscível para nós, embora em parte e pouco. Este recorte é necessário em vista da distinção entre o realismo gnoseológico e o realismo metafísico, segundo o qual as idéias, existem por si mesmas, independentemente de nossos cérebros. Em contraposição ao realismo gnoseológico, a escola subjetivista, assegura as existência das coisas em virtude de serem percebidas ou concebidas por alguém. Em particular o fenomenismo, subsidiado do subjetivismo, declara que apenas podemos conhecer os fenômenos ou aparências, isto é, aquilo apresentado aos nossos sentidos. Tal erro, observa BUNGE, é fruto de pensar que usar o testemunho dos sentidos para comprovar que algo existe, dá crédito a idéia de coisas (ou fatos) criadas pela percepção[12].

É importante diferenciarmos as três classes do realismo gnoseológico. A primeira delas, o realismo ingênuo, assevera que o mundo é como aparenta ser (o sol é do tamanho de uma moeda, os sólidos são maciços). Traça uma imagem aparentemente indispensável da existência do fato. Porém desde cedo, diz BUNGE, o espírito humano aprende a desconfiar das aparências e submeter à prova o testemunho dos sentidos. A segunda, o realismo crítico, nasce do fracasso em tentar ler no livro da natureza como ela é na sua essência. Nele, ao avanço de se admitir que o mundo real difere às vezes do aparente. Sendo assim, a criatividade humana é capaz de descrever a existência de padrões nos eventos que não são criados pela mente humana, imaginar e postular o imperceptível e, sobretudo, aceitar que nenhuma teoria da conta exata de explicar a natureza, mas algumas teorias acordam com as observações melhor do que outras. A terceira, o realismo científico, incorpora os pressupostos do realismo crítico e adiciona que a ciência proporciona o melhor conhecimento da realidade, ainda que seja imperfeito. Segundo o realismo científico, *"a experiência e a razão, longe de bastarem cada qual a si mesmo na tentativa de conhecer a realidade, se necessitam mutuamente"* (1985, p.44).

[11] Uma ótima discussão sobre as posições realista e relativista pode ser encontrada em CARVALHO(2000).
[12] Mais adiante continua, dizendo: *" esta falácia não mereceria mais que uma nota ao pé da página se não forma-se parte da interpretação canônica da mais refinada e poderosa de todas as teorias científicas, a saber, a teoria quântica"*(BUNGE, 1985, p.43).

Desta forma, a investigação fática pressupõe o realismo científico. Por acaso o investigador de fatos, sejam científicos ou técnicos, questiona a hipótese da realidade, legalidade ou cognoscibilidade do mundo exterior? Para BUNGE, a resposta clara é não. Quando um investigador fático obtém êxito em seu trabalho, sente-se orgulhoso em ver que as suas idéias se ajustam pelo menos até certo ponto com a realidade. No aspecto experimental, nenhum investigador que se preze sente-se constrangido em professar que *"uma observação é de algo real, e um experimento e é uma operação empírica que consiste em modificar em algum respeito um objeto real com o fim de averiguar o que acontece, ou de colocar a prova alguma hipótese* (probabilística também) *que relaciona a causa com o efeito"* (1985, p.53). Da mesma maneira, as teorias científicas e técnicas se referem a coisas reais ou assumidas como reais. Tal enfoque se aplica a uma teoria qualquer como, por exemplo, a eletrodinâmica, que conforme os cânones oficias da física se refere a coisas concretas, como carga elétrica e campos eletromagnéticos, e não a coisas imaginárias. BUNGE insiste:

> O referente intencionado de qualquer idéia física é uma coisa real. Se acontecer que esta coisa particular não seja real, tanto pior para a idéia. A realidade parece não se preocupar com os nossos erros. Mas, se negligenciarmos a realidade ou negarmos que existe alguma, acabamos por renunciar à ciência e adotar a pior metafísica possível em seu lugar (BUNGE, 1973, p. 15).

Negar as teorias seu ajuste a realidade seria confessar a sua inutilidade. Mas como observamos, na prática isto não acontece, pois:

> Se as teorias científicas e técnicas se referissem a objetos imaginários, não se poderia utilizá-las para fazer predições e nem projetos (BUNGE, 1985, p54).

O fato das teorias conterem simplificações, não implica que elas não sejam totalmente verdadeiras, significa apenas que são representações aproximadas da realidade, ou para melhor, são susceptíveis ao aperfeiçoamento. Como vemos, no pensamento de BUNGE, o realismo é algo imprescindível na atividade científica, isto sustenta a asserção que racionalidade, verdade e realismo caminham juntos, se completam e se afirmam. O realismo seria falso sem a busca da verdade, a verdade por sua vez inalcançável sem a racionalidade. Porém, isso é apenas um lado da moeda.

3.3 - Making of do fazer científico

Na seção precedente encontramos uma descrição bastante idealizada da atividade científica. As racionalidades propostas por BUNGE, são critérios normativos, mais institucionais do que pessoais. No plano subjetivo as coisas são diferentes. Por exemplo, como manter a exigência da *racionalidade gnoseológica*, na falta de suporte empírico, ou quando as evidências contradizem substancialmente o grosso do conhecimento científico aceito como verdadeiro? Em nossa opinião, existe algo além da racionalidade para justificar transições dessa natureza. Isto quer dizer que para o benefício próprio da Ciência um indivíduo ou grupo podem suspender, mesmo temporariamente, esses requisitos. Então, o que impulsiona essa suspensão? Uma resposta pode ser encontrada colocando-se em jogo as emoções. DAMÁSIO (2005) mostrou de forma convincente a impossibilidade de se dissociar os processos de tomada de decisão e as emoções, bem como a perda de qualidade das decisões de pessoas puramente racionais. Portanto, já que emoções definem o rumo das decisões, essa aposta parece razoável.

Alguns indícios são encontrados no livro *A Imaginação Científica* de HOLTON (1979). HOLTON desenvolve o conceito de *temas*, que são um conjunto de pressupostos estéticos, metafísicos e até *afetivos*. A estrutura temática do trabalho científico, *"que pode ser considerada em grande parte, como independente do conteúdo analítico e empírico, emerge do estudo das opções, em princípio, abertas aos cientistas. Ela pode desempenhar um papel dominante na iniciação e aceitação, ou debate sobre o discernimento científico"* (p. 8). Os temas situados no trabalho de HOLTON são estruturas relativamente estáveis que sobrevivem, em muitos casos, aos invernos nucleares das mudanças de *paradigmas*[13]. Numa possível varredura realizada em episódios da história da ciência, encontraremos em diversas ocasiões um conjunto de temas na base do debate cientifico, sem, contudo, supormos o compromisso fiel de um cientista a um determinado tema. O interessante assinalado por HOLTON, é o fluxo de idas e voltas de determinados temas como *atomicidade/ massa contínua*, *simplicidade/ complexidade*, *análise/ síntese*, dentre outros, cuja existência, em diversos casos, abarcam a parcela mais interessante da atividade científica.

[13] Kuhn (1987) considera tais pressupostos mais eles fluem com o vento das mudanças de paradigmas.

A origem dos temas, segundo HOLTON, estaria conectada a sua convicção que grande parte, talvez a maioria, dos temas passam pela cabeça dos cientistas em momentos anteriores a sua profissionalização e, alguns deles, são evidentes até mesmo na infância do cientista. Contudo, ele reconhece o alto grau de especulação destas afirmações e sugere uma abordagem que ressalte as ligações entre a psicologia cognitiva e o trabalho individual dos cientistas. Ao que parece, o esforço de HOLTON esta voltado à compreensão da "luta pessoal" dos cientistas e como suas crenças, emoções e sentimentos se articulam as decisões e direcionamento de sua atividade, daí a importância de aprofundamento nas idéias deste autor. Ao indagarmos desde dentro o trabalho do cientista e, conseqüentemente, focalizarmos nossa análise sobre o produto de tal atividade, nos deparamos com diversos estágios mutantes desse processo, nos quais freqüentemente os modelos de explicação elaborados para os fenômenos fundamentalmente diferentes, embora os cientistas compartilhem categoricamente o mesmo conjunto de informações a respeito do recorte investigado. Então, *"por que certos cientistas se apegam, a um risco enorme, a um modelo de explicação, ou a algum princípio 'sagrado' e que está, na verdade, negado pelas provas experimentais da sua época?"* (HOLTON, 1979, p. 20). Ao aderirmos a análise temática, é fácil compreendermos o porquê do desconforto com certas representações do mundo. Por exemplo, H. A. Lorentz, Henry Poincaré e Max Abraham foram árduos defensores da teoria eletromagnética clássica contra o advento da teoria da relatividade de Einstein. A respeito disto, MAX BORN e MAX VON LAUE escreveram sobre o apego de Max Abraham à velha teoria eletromagnética:

> [Abraham] julgava repulsiva, em sua própria essência, as abstrações de Einstein. **Ele amava o seu éter absoluto, suas equações de campo, seu elétron rígido, como um jovem ama sua primeira paixão, cuja lembrança não pode ser apagada por nenhuma lembrança posterior**... Sua oposição tinha base nas convicções físicas, fundamentais, **a que se apegava o maior tempo possível, exclusivamente em função dos seus sentimentos**...[como o próprio Abraham declarou certa vez] contra as coerências lógicas não tinha contra argumentos, reconhecia-as e admirava-as como a única conclusão possível do plano da relatividade geral. Mas esse plano lhe era totalmente antipático, e esperava que a observação astronômica viesse a refutá-lo e restabelecer a velha honra do éter absoluto (BORN e VON LAUE, citado em HOLTON, 1979, p. 22).

Ao colocarmos essa oposição sobre um eixo temático, no caso o absoluto do espaço cheio, torna-se compreensível o apego desses cientistas ao éter como meio de propagação das ondas eletromagnéticas.

Pois bem, se toda produção científica se desse como rezam as formulações racionalistas habituais de POPPER (1979), LAKATOS (1979) e, em certa medida KUHN (1987), não somente o entendimento de certas atitudes relutantes dos cientistas estaria prejudicado, mas também haveríamos de esperar uma incontestável devoção aos conteúdos empíricos e analíticos nas representações construídas sobre o mundo. A ciência seria o mundo perfeito dos fenômenos repetitíveis e das proposições relacionadas com a lógica e a matemática. Mas não é isto o que realmente acorre? Sim e não. Aqui, HOLTON retorna a distinção entre processo e produto, ou melhor, entre *'descoberta'* e *'justificação'*. O *contexto da justificação*, aquele no qual o conhecimento científico é compartilhado, seja nas revistas especializadas como *Physical Review Letters*, seja em congressos ou meios afins,comporta grande parte da tarefa dos epistemólogos ou historiadores da ciência na reconstrução racional[14] da *'cena do crime'* que permitiu a elaboração conceitual científica. Segundo HOLTON (1979), este é o âmbito da *'ciência pública'*, reservado a natureza lógica, o domínio racional, dos conceitos científicos. Por outro lado, há o *'contexto da descoberta'*, o momento nascente de uma atividade particular do cientista e que partilha da sua *'luta pessoal'*. Nesse contexto, chamado por HOLTON de *'ciência privada'*, as motivações dos cientistas e seus condicionantes afetivos (crenças, emoções e sentimentos) entram fortemente em jogo; é uma verdadeira luta, como Einstein afirmou, entre os pensamentos e os problemas enfrentados pelo cientista. Não obstante, a atividade científica geralmente propalada tem traçado o caminho da *'ciência pública'*, ao passo que a *'ciência privada'* é, para muitos, indesejável ao homem de ciência. Negar a apresentação da ciência em tais termos evitaria deflagração de um estado de desorientação e ceticismo que supostamente abalaria os pilares bem sedimentados da ciência. Tal dicotomia é presente para HOLTON:

> A evidente contradição entre a natureza freqüentemente 'ilógica' da descoberta e a natureza lógica dos conceitos físicos bem desenvolvidos é considera por alguns cientistas como uma ameaça às bases mesmas da ciência e da racionalidade (1979, p. 18).

Certamente, o objetivo de submeter às tarefas do cientista ao escrutínio não implica em decretar a abolição da racionalidade, apenas remete a uma reflexão situada mais dentro do feixe de relações em que se tecem as estruturas conceituais mais ricas, além de vislumbrar uma convergência entre estas trajetórias, da *'ciência pública'* e *'privada'*, até então paralelas; no intuito de realçar toda sorte de motivações que levam os cientistas a

[14]Não nos referimos ao sentido dado por LAKATOS (1979).

abraçarem determinadas teorias. Sendo assim, a maneira de abordar tal problema deriva das soluções oferecidas para determinadas questões essencialmente *epistemológicas*, a saber, como se alcança conhecimento.

Neste sentido, HOLTON tem pretendido a compreensão de um *evento* particular do trabalho científico no cruzamento entre as trajetórias da *'ciência pública'* e a da *'ciência privada'*. No primeiro caminho, para HOLTON análogo a um plano de coordenadas x-y, tem lugar os debates tradicionais, os quais são sustentados sobre proposições de conteúdo empírico e conteúdo analítico; de modo que os critérios de verificação e falseamento, elaborados nessa linguagem, garantem a resolução e proposição de conceitos nesses elementos, dotando-os de significado. Mas se tudo fosse assim resolvido, não se explicaria às motivações de alguns cientistas e por vezes as polarizações da comunidade científica em certas épocas. Casos dramáticos, como o da famosa experiência da gota de óleo de R.A. Millikan, pautado na questão de virem ou não as cargas elétricas dos pequenos objetos sempre em múltiplos de alguma constante fundamental (carga do elétron), poderia em princípio ser rapidamente resolvido pela evidência experimental de Millikan e suas implicações teóricas. Porém, isso não foi o que aconteceu, estendeu-se uma longa batalha entre os defensores da carga fundamental e seus opositores. *"A análise das motivações expressas, e das atitudes cada vez mais intransigentes dos adversários em ambos os lados da questão, mostra nesse caso como em outros, o papel importante de um apego precoce, inabalável, a temas diferentes"* (HOLTON, 1979, p.21).

Cumpre, segundo HOLTON, a uma análise mais completa dos postulados, processos e controvérsias científicas, um movimento para fora do plano supracitado. Quer dizer, se é no plano x-y em que se dá a verificação e o falseamento e, todavia, seja ele suficiente para a maioria do discurso científico tal como atividade consensual; os temas, juntamente com sua carga afetiva, que aparecem na ciência surgem, mantendo a analogia, como uma dimensão z ortogonal ao longo do plano x-y. Nesse espaço tridimensional x-y-z, tem-se uma compreensão mais holística do fluxo de influências sobre o cientista, a impulsionar ou refratar seu espírito. Não é caso de incluir as discussões temáticas, e seu apelo afetivo, na prática da própria ciência. Na verdade, é desejável que muitas questões não possam ser colocadas no plano x-y, ao preço da manutenção do próprio progresso da ciência. Igualmente, negar a plausibilidade da existência dos temas é negar a própria

essência da criação científica, ou no seu quadro mais amplo, humana. A proposta de HOLTON, nessa visão tridimensional, é lançar alguma luz ao entendimento da produção científica, deveras eclipsada na projeção planificada.

Essa discussão vai mais longe quando aprofundamos a análise das decisões tomadas pelos cientistas em circunstâncias cujas evidências empíricas não estão claras. Para interpretar tais situações, GAULD (2005) identificou a presença de um conjunto de normas e contra-normas institucionais pelas quais se exerce controle sobre um cientista (ver tabela 1). As normas estariam vinculadas aos *hábitos da* mente do cientista, isto é, as características que o compelem a realizar o seu trabalho como ele faz. As mencionadas com mais freqüências na literatura, de acordo com GAULD, são: (a) *mente-aberta, o* cientista deve estar aberto as novas idéias; (b) *ceticismo*, as novas idéias devem se submeter a avaliação crítica; (c) *racionalidade*, a necessidade de apelar para boas razões e argumento lógico pelo qual conectam-se ideais e razões de maneira apropriada; (d) *objetividade*, a necessidade de reduzir a contribuição idiossincrática ao mínimo, (e) *suspensão de crença*, é requerida quando não existe evidência suficiente para tomar uma decisão e o cientista pode retardar a defesa de uma idéia ou teoria. A associação sugerida entre as normas e os hábitos da mente revela um terreno bem conhecido da estrutura social da ciência, entretanto, o elemento distintivo e de particular interesse, diz respeito à hipótese das contra-normas. As contra-normas representam *"pressão da instituição científica para se agir legitimamente (nos interesses da ciência) em direção oposta ao especificado pelas originais normas"* (p. 293). Por exemplo, HOLTON (1979) introduziu a noção de *suspensão da descrença* para explicar o tratamento dos dados de laboratório de Millikan. Ele assevera que

> duas tendências bastante contrárias se evidenciam ao observamos o trabalho de Millikan. Uma delas é o comportamento tradicional clássico de obter informações da maneira mais despersonalizada e objetiva possível. Como todo noviço aprende, o cemitério da ciência está cheio daqueles que não praticam a *suspensão da descrença* enquanto os dados estão sendo recolhidos. Mas há o outro lado da moeda, uma estratégia sem a qual um trabalho novo não poderia ultrapassar os primeiros obstáculos, cuja natureza exata só pode ser identificada, com detalhes, frente ao fato. Para compreender esse aspecto do comportamento do pesquisador, sugiro a adoção da idéia da *suspensão da descrença*, isto é, a capacidade de evitar, durante o período inicial de formação da teoria e sua confirmação, os juízos finais sobre a validade de refutações evidentes de uma hipótese promissora (p. 73-74).

Parece que apelar para as contra-normas é necessário antes que a decisão de rejeitar uma teoria seja tomada, pelo menos no seu estágio inicial de desenvolvimento, especialmente aquelas sobre as quais paira controvérsia a respeito do que realmente conta como evidência. Nessas situações, não há evidências suficientes para uma decisão ser tomada, mas para haver progresso no trabalho, a decisão seguir em frente deve ser abraçada. Isso mostra que evidência empírica não é tudo quando os cientistas tomam decisões em seu trabalho.

Tabela 3.1 - Lista de normas e contra-normas (adaptada de GAULD, 2005)

Normas	Contra-normas
Fé na virtude moral da racionalidade	Fé na virtude moral da racionalidade e não-racionalidade
Emocionalmente neutra	Emocionalmente compromissada
Universalismo	Particularismo
Comunitária	Solitária
Desinteressada	Interessada
Ceticismo organizado	Dogmatismo organizado

Pode-se observar que na coluna da direita critérios subjetivos não são exceções. A racionalidade pode ser deixada de lado em favor do investimento em uma hipótese potencialmente valiosa. A perseguição de certos temas, sugerida por HOLTON, enquadra-se perfeitamente no conjunto de contra-normas identificado por GAULD. Todavia, a segunda noção parece perpassar com maior freqüência a atividade científica do que a primeira. Em outras palavras, as contra-normas retratam com maior fidedignidade a luta pessoal do cientista, a qual eventualmente pode estar ligada aos temas. Como não poderia deixar de ser, essa luta pessoal é vinculada a compromissos emocionais. A nosso ver, a *ciência privada* transpira sentimentos, interesses e valores, promovendo as contra-normas a condição de regra e não exceção. Um exemplo nesse sentido é a busca de Einstein por concepções de tempo, de espaço, de energia, de massa tão diferentes das existentes no final do século XIX. Qualquer escolha que procurasse solucionar problemas existentes na época seria considerada *mais lógica* se optasse por continuar com o desenvolvimento de uma teoria baseada sobre o éter, pois teria recursos matemático abundantes e abordagem conceitual sólida. Assim, torna-se difícil considerar a decisão de Einstein em acordo com as normas, e muito menos em consonância com a definição de BUNGE (1985). Uma interpretação plausível seria que Einstein formulou a teoria da relatividade e do fóton como resultado de uma rejeição de ordem afetiva para com o que representava uma Física do

éter. Ou seja, a quebra de uma simetria geral na realidade transmitida pela inequivalência entre referenciais, especialmente quando da focalização em fenômenos envolvendo a luz era para ele opção inaceitável. Einstein não podia estabelecer uma relação afetiva com a visão de mundo imposta por uma teoria do éter. Esta barreira afetiva deve ter sido construída em processos anteriores, nos quais certamente sentimentos e emoções vivenciados deixaram marcas e se constituiram em fortes referências para a avaliação de situações futuras (PIETROCOLA & PINHEIRO, 2000; DAMÁSIO, 2005).

No plano sócio-psicológico, as asserções acima podem traduzir-se na noção de *visão de mundo*. De acordo com COBERN (1996) *"uma visão de mundo é um conjunto de pressuposições não racionais sobre as quais as concepções de realidade são fundamentadas"* (p. 585). A visão de mundo de um indivíduo representa os compromissos básicos adotados, por exemplo, sobre o mundo, as coisas contidas nele e quão seguro é conhecimento adquirido sobre estas coisas. COBERN afirma que *"uma visão de mundo municia um indivíduo com pressuposições sobre como o mundo é e o que constitui conhecimento válido e importante sobre o mundo"* (p. 584). No pensamento humano, a visão de mundo representa uma estrutura mais fundamental do que aquelas idéias discutidas acima. A noção de visão de mundo, ao que parece, possui um vocabulário comum ao conceito de crença. Uma da suas principais características é que ela muito resistente à mudança. Isto porque sustenta outras idéias, embora estas idéias sejam mais susceptíveis a mudanças do que aquelas pertencentes à visão de mundo. Os componentes mais próximos ao coração da teoria são tratados com o exercício dos hábitos da mente mais consistentes com as contra-normas. A este respeito GAULD (2005) observa que

> em primeira instância, os hábitos da mente científicos são apropriados quando se trata com aqueles aspectos da teoria que são mais vulneráveis para mudança, enquanto as contra normas são mais apropriadas quando se trata com as idéias centrais de uma teoria ou programa de pesquisa ou crenças associadas com a visão de mundo. Entretanto, nenhum desses componentes mais estáveis está completamente livre de mudanças (GAULD, 2005, p. 299).

Em síntese, as atitudes adotadas pelos cientistas quando estão legitimamente fazendo ciência são mais complexas e variadas do que aqueles poucos componentes, usualmente evocados. As crenças, atitudes e afetos modificam sensivelmente os tradicionais hábitos da mente na maneira pela qual são tomadas decisões sobre teorias, ou

no contexto científico em geral. E essas mudanças contêm na sua gênese compromissos emocionais.

As influências afetivas destacadas por HOLTON e GAULD, embora de extrema importância, saem da sombra geralmente em momentos de crise, nos quais existe controvérsia entre duas ou mais teorias. Para reforçar nossos argumentos gostaríamos de retornar a questão da indissociabilidade entre o pensamento científico e as emoções, isto independentemente do embate com propostas rivais. Cientistas são freqüentemente tomados como padrões de racionalidade, e o pensamento científico é assumido como livre do emocional, por este motivo poucos trabalhos empíricos se dedicam a investigar o contexto real de produção científica. Aqueles preocupados com as influências do contexto afetivo representam uma parcela quase insignificante dentro desta já irrisória fatia. Vamos tratar algumas exceções agora. SHAW (1994), dentro da tradição de pesquisa sobre *pensamento criativo*, descreveu um espectro de estados afetivos que cientistas e engenheiros lidam quando estão no processo de criação de modelos matemáticos de fenômenos naturais. Recusando modelos simplificados que oferecem papéis secundários para afetos, emoções e sentimentos, SHAW apresenta um modelo integrando componentes afetivos e cognitivos no processo criativo. O processo envolve as fases de *imersão, incubação, iluminação, explicação* e *síntese criativa* e a estrutura emocional é sobreposta a estrutura cognitiva. O modelo originou-se de *pensamentos* e *sentimentos* relatados por 11 cientistas e engenheiros relembrando experiências durante investigações criativas. A questão endereçada a eles foi: "*Qual é a experiência de fazer um modelo matemático de um fenômeno natural?"* (p. 7). 10 temas principais emergiram da investigação de SHAW: *a necessidade de tornar-se imerso, a confiança na intuição*, *o papel da incubação inconsciente*, *ficar emperrado, deixar de lado e o uso da recreação, iluminação*, *reações emocionais e corporais devido a iluminação, explicação e síntese criativa, rejeição*, *validação e aceitação.* No quadro 3.1, seguindo a categorização do autor, apresentamos algumas passagens relatadas pelos entrevistados, extraídas do trabalho de SHAW (1994).

Quadro 3.1 –Reações afetivas no processo criativo

A confiança na intuição	Pessoas tentam modelos que parecem inadequados. Eu sinto que eu sei alguma coisa, ou tenho uma técnica ou idéia que ninguém mais teve. Eu sinto confiança que eu posso fazer algum progresso. Eu tenho uma técnica, eu penso, o que intuitivamente eu sinto pode me levar a alguma coisa em um problema, mesmo que eu não saiba como aplicá-la ainda. Neste ponto eu rejeito tudo mais feito antes. **Eu sinto que entendi o que já tinha sido feito** (p. 12). Intuitivamente eu sinto que meu modelo irá me levar para os efeitos físicos que eu estou tentando achar (p. 12). Isto é o que faz você ir em uma certa direção para começar. **É um sentimento, uma sensação**. (p. 13)

Iluminação	Ótimo! É realmente excitante. É fantástico. É como quando você toca uma música ou qualquer coisa. Você pratica, mas sempre esquece uma nota ou faz alguma coisa errada, e então, de repente, você toca correto. Então você sente que pode tocar correto para sempre. Esse sentimento é ótimo (p. 19). Mas a primeira vez você pode ir fundo e entender, o que é um bom sentimento [...] É apenas lindo. As coisas funcionam (p. 19). Houve também um tipo mental de sentimento de alívio. Eu senti como todas as peças tinham que se juntar. E eu não tinha todas as respostas. Eu tinha aproximadamente 6 a 7 meses de trabalho com os dados, trabalho muito intenso, mas isto foi muito direto, focado. Eu sabia exatamente onde eu estava indo _ não mais dando voltas. Eu sabia como as peças poderiam ser colocadas juntas. Foi simplesmente o caso de juntá-las e construir o caso de uma forma racional, lógica, que eu sabia qual era (p. 19). Oh, é uma sensação maravilhosa de entusiasmo. De certa forma, é quase como uma revelação. Você fez alguma coisa única, alguma coisa diferente, alguma coisa que ninguém havia feito antes. Você tem uma grande sensação de entusiasmo, obviamente dependente do valor da descoberta. É uma sensação de completude. Existe quase uma conexão cabalística. Você pode colocar as coisas juntas, e agora está completo. Isto é um ótimo sentimento. Isto é o que a ciência é: você desenvolve interrelações. Você coloca junto um conjunto de coisas. **É como ter um orgasmo**. Oh, você fica flutuando no ar, fez tudo completo (p. 20).
Reações corporais e emocionais devido a iluminação	Existem outras situações nas quais você tem aquele sentimento... o nível de prazer não é alto, por que você realizou apenas um meio para o final, e o final não é até você completar o problema. (p. 21). Faz você se sentir bem, um tipo de euforia [...] (p. 21). Existe uma grande carga de satisfação em fazer algo como isto (p. 21). Um sentimento de trabalho bem feito. Eu penso que existe alguma alegria; um tipo de orgulho (p. 21). A maneira que eu me sinto quando estou fazendo o que intuo é a física correta é muito boa. Luz (p. 21). Você apenas sente-se ótimo (p. 21).
Rejeição	Eu falo sobre a raiva [que eu sinto] porque as pessoas não aceitam todas as minhas idéias (p. 25). Você fica muito louco quando as pessoas fazem isto com você. Por que você se magoa. Eu fiquei magoando porque as pessoas fizeram todos aqueles comentários negativos. (p. 25). Eu enviei artigos para as revistas erradas e recebi revisões brutais. Isso fez a minha pressão subir tão alto que eu tive que tomar alguma medicação para pressão sanguínea. Eu odeio admitir o quanto isso me afetou (p. 26). É mais do que frustração, é um pouco de desespero no sentido que, por que eu não poderia ter reconhecido que eu obviamente merecia? (p. 26).
Validação e aceitação	É como fazer um grande comentário em uma festa; todos riem, você ganha reconhecimento, mas aqui é auto-reconhecimento, e você se sente ótimo (p. 27). Mas a alegria vem tipicamente quando você tenta explicar a alguém o que você tinha feito (p. 27). Existe um outro período de alegria quando você vai a um encontro e tem uma fala, e as pessoas apreciam o que foi feito. Mas isto é criativo, também. Explicar bem para os outros é muito importante também (p. 27). Foi elegante, foi simples, foi direto, foi lindo. A estética estava lá. Eu podia sentar e explicar como as coisas funcionavam em uma ou duas páginas. Cinco anos atrás nós tínhamos dez a doze páginas que não podiam explicar nem aproximadamente. (p. 28).

Nós selecionamos estas cinco categorias porque elas parecem descrever com bastante qualidade o tipo de relação que tentamos trazer á luz. A intuição, por exemplo, pode ser grande fonte de emoções positivas. Ela serve como um caminho alternativo que evita a aplicação do raciocínio a todo leque de opções disponíveis. LEO ZILARD, apostando no papel fundamental da intuição, compartilha a opinião de outros grandes cientistas como Einstein e Poincaré, afirmando *"que o cientista criador tem muito em comum com o artista e o poeta. O pensamento lógico e a capacidade analítica são*

atributos necessários ao cientista, mas estão longe de ser suficientes ao trabalho criativo. Aqueles palpites na ciência que conduziram a grandes avanços tecnológicos não foram logicamente derivados do conhecimento preexistente: os processos criativos em que se baseia o progresso da ciência atuam no nível do subconsciente" (citado em DAMÁSIO 2005, p. 222). Não pretendemos uma interpretação mais completa dos mecanismos subjacentes ao processo intuitivo, mas vale a pena chamar a atenção para o entrelaçamento das respostas afetivas quando em vista a solução dos problemas nos depoimentos acima. Mesmo com a posse de repostas parciais, oferecidas por esse mecanismo de intuição, o cientista consegue recompensas emocionais, motivando o prosseguimento na direção potencialmente promissora.

No estágio de *iluminação* a solução do problema ocorre ou é reconhecida. Este momento é frequentemente reconhecido como a experiência do "aha" no processo criativo. Insuficiente ênfase tem sido dada sobre a importância dos sentimentos e emoções na descrição do processo privado deste componente do ato imaginativo. Nas falas acima, isto ocorre quando significado é dado para eventos que ocorreram no passado ou são capazes de ocorrer no futuro. Nesta interpretação, significado (aha!) é dominante. Sensações de *completude*, *euforia*, ou *orgasmo* foram utilizadas na descrição. RUSS (1993) nota que *"prazer afetivo com a solução de um problema pode ser um importante reforço quando a experiência do 'aha' acorre"*, e mais do que isto, *"afeto positivo pode ajudar o indivíduo reconhecer a solução correta quando a combinação certa ocorre"* (p. 15). Qualquer que seja o sentimento pessoal existem claras implicações que iluminação e aceitação por uma comunidade são modos exclusivamente positivos; raramente, ou nunca, isto para cientistas ou não, surgem sentimentos negativos nos momentos de iluminação ou aceitação. *"Por esta razão, nós podemos esperar que exista um impulso em direção o esse modo exclusivamente positivo que talvez seja semelhante ao impulso biológico natural para o orgasmo"* (SHAW, 1994, p. 34). Nós podemos viver sem ele, mas sem ele nós reagimos com nossos bloqueios que são negativos que podem levar a desconforto emocional. SHAW defende a similaridade entre e o impulso sexual e o impulso para iluminação trazendo a posição controversa de Freud que isto é apenas a forma de redirecionar energia libidinal para arenas não sexuais. Isto é, *"quando uma pessoa está imersa em um 'excitante ato criativo' que não é sexual, o impulso sexual da pessoa pode ser reduzido"* (idem).

Finalmente, a *rejeição* pode ser um elemento de bloqueio na continuidade do trabalho criativo. Rejeição é vista como falha e associada basicamente com sentimentos negativos de raiva, medo, depressão e frustração. Para ser capaz de trabalhar através desses sentimentos, uma virtude desejada do cientista é a habilidade de aprender com os equívocos e dar continuidade ao processo criativo. Convém observar que a rejeição não se resume a análise externa da comunidade, podendo operar em um nível intrínseco levado a efeito na própria consciência do indivíduo. Neste caso, o descontentamento com os resultados obtidos pode gerar sentimentos negativos levando a rejeição. O suicídio de Ludwig Boltzmann representa um episódio dramático do primeiro nível de rejeição, enquanto a insatisfação de Planck com o *quantum* de energia estaria no plano da resposta pessoal.

Com base no exposto até o momento podemos concluir que o cientista está longe de ser não-emocional como rezam algumas formulações filosóficas usuais. Desde a escolha da carreira científica até a validação das hipóteses construídas a afetividade tem papel fundamental no desenrolar da atividade científica. Negar a função das emoções significa retirar a força vital que movimenta e mantém viva essa máquina. É, pois, interessante neste ponto buscar uma descrição mais precisa da relação entre conhecimento científico e afetividade.

3.4 - Revolução científica emocional

Na seção precedente, vimos que a rotina do cientista não é tão isenta de afetividade quanto sugerem algumas literaturas. Todavia, considerar os afetos envolvidos no processo de construção das teorias, modelos e explicações, difere qualitativamente de supor a necessidade de modificarem-se os afetos para mudar-se todo esse conjunto teórico. Nós não fizemos tal distinção até o momento, embora em alguns eventos descritos anteriormente pelo menos uma das duas possibilidades estivesse em evidência. A fim de expor a influência dos afetos nas mudanças paradigmáticas trataremos os casos nos quais predomina a necessidade de escolha entre duas teorias rivais. Estamos preocupados com o tipo de conversão necessária.

Dá perspectiva da epistemologia tradicional todos os argumentos trazidos até o momento não enfraquecem a suposição que o fato dos cientistas declararem apego emocional a algumas características das teorias é irrelevante para suas justificações. THAGARD (2001) defende opinião diferente. A *teoria da coerência emocional*[15] de THAGARD mostra como julgamentos de coerência cognitiva podem gerar julgamentos emocionais. Nós iremos rever brevemente agora como explicar julgamentos científicos emocionais referentes à aceitação das teorias.

A teoria de THAGARD (2001) pode ser sumarizada da seguinte forma:

1 - Toda inferência é baseada em coerência. As chamadas regras de inferência como o *modus ponens* não autorizam por eles mesmos inferências, por que suas conclusões podem contradizer outras informações aceitas. A única regra de inferência é: aceitar a conclusão se a aceitação maximizar a coerência.

2 - Coerência se refere a satisfação de restrições, e pode ser computada por conexionismo e outros algoritmos.

3 - Existem seis tipos de coerência: analógica, conceitual, explanatória, dedutiva, perceptual, e deliberativa.

4 - **Coerência não é apenas um assunto de aceitar ou rejeitar a conclusão, mas também pode envolver conectar um valor emocional positivo ou negativo a proposição, objeto, conceito, ou outra proposição**.

Segundo THAGARD (2001), uma teoria é justificada se as inferências maximizam coerência, mas isso pode envolver um julgamento emocional. Teorias consistem de hipóteses as quais são abrangem conceitos. De acordo com a teoria da coerência emocional, *"essas representações não apenas tem um status cognitivo de ser aceita ou rejeitada, elas também envolvem um status emocional de gosto ou desgosto"*. A origem

[15] Coerência pode ser entendida como a maximização da satisfação de múltiplas restrições. Por exemplo, quando nós damos sentido a um texto, um quadro, uma pessoa, ou um evento, nós precisamos construir uma interpretação que se ajuste com informações avaliáveis mais do que outras interpretações. A melhor interpretação é aquela que fornece o relato mais coerente daquilo que nós queremos entender, considerando-se peças de informação que se ajustam uma com as outras e peças de informação que não se ajustam umas com as outras. Por exemplo, quando conhecemos alguém, precisamos considerar diferentes combinações de hipótese que ajustadas em conjunto oferecem o sentido do comportamento da pessoa.

das idéias de THAGARD decorre da análise de situações bem comuns no cotidiano. Por exemplo, um estudante tentando decidir entre uma carreira na área de humanas (Filosofia, História), a qual ele tem interesse, ou economia ou ciências da computação, as qual podem levar a uma carreira mais lucrativa. Segundo THAGARD (2001), tomar a decisão intuitivamente é apenas selecionar a opção suportada por uma reação emocional em relação às duas alternativas. O estudante pode ter fortes sentimentos positivos com relação à carreira de maior interesse juntamente com fortes sentimentos negativos sobre a carreira lucrativa. Entretanto, pode ter sentimentos positivos sobre ambas alternativas, acompanhado da ansiedade de causada pela inabilidade de ver claramente a opção preferida. No final, o estudante decide por uma opção baseada sobre o que suas reações emocionais dizem a ele que é preferível. Neste caso, emoções podem agilizar a tomada de decisão. Se você está contente ou excitado sobre uma ação possível, isto é um bom sinal que ação encaixa-se em objetivos genuinamente importantes para você. Finalmente, *"decisões baseadas em intuições emocionais levam diretamente a ação: um sentimento positivo sobre uma ação irá motivá-lo a executá-la"* (2001, p. 356). A desvantagem seria ignorar outras opções avaliáveis. THAGARD apóia-se no trabalho de DAMÁSIO (2005) para mostrar a ineficácia de julgamentos puramente racionais. Vale recordar que DAMÁSIO investigou pessoas que tinham desconectado a parte dos seus cérebros que operava raciocínio verbal e cálculo numérico de centros emocionais como a amígdala. Ao invés de se tornarem padrões de racionalidade, com suas habilidades de raciocínio abstrato intacta, esses pacientes tendiam a tomar decisões interpessoais pobres. Isso porque o cérebro danificado impede o paciente de fazer avaliações emocionais que envolvem os *marcadores somáticos*, estados corporais que indicam valores emocionais positivos e negativos de possibilidades diferentes. Voltaremos a discussão dos *marcadores somáticos* no capítulo 6.

A conclusão que se chega a partir do trabalho desenvolvido por PAUL THAGARD é que existe uma valorização emocional do conhecimento científico. Note-se que esse autor vai mais longe do que os até aqui discutidos, ou pelo menos é mais categórico em suas afirmações. Ele faz uma associação direta entre conhecimento e emoções. Cada parcela de conhecimento seja conceitos, hipóteses ou teorias completas acompanha um valor afetivo positivo ou negativo. Isso serve para separarmos claramente as reações afetivas próprias da atividade científica, como a rejeição dos pares, das reações produzidas diretamente pelo conhecimento científico. Em resumo, são reações qualitativamente

distintas. Embora seja importante compreender a primeira é na segunda que repousa a essência desse trabalho, pois denota o tipo de satisfações geradas pelo conhecimento. Nós poderíamos retornar a alguns exemplos citados nesse capítulo como o apego de Einstein e Abrahan as suas proposições, e reconhecer o tipo de relação trazido á tona. Enfim, considerar a valorização emocional do conhecimento científico nos leva a impossibilidade de desprezar seus efeitos na mudança de paradigmas, da transição do velho para o novo, do familiar para o que é alienígena. BAS VAN FRAASSEN (2002) aponta para uma direção idêntica ao dizer que

> Uma mudança que faz inteligível algo que era previamente ininteligível deve ser em uma importante parte uma mudança de atitude. Se esta mudança não é racionalmente compelida pela evidência, mas envolve também um elemento de escolha, nós devemos notar que é um típico papel da emoção precipitar [ou impedir] (ou mesmo consiste principalmente em) esta transformação subjetiva (p. 107).

Depreende-se das opiniões de THAGARD e VAN FRAASSEN que um dos maiores impedimentos de mudança conceitual que foi ignorado em discussões psicológicas e filosóficas é a conexão emocional que as pessoas tem com seus próprios sistemas de pensamento. Em síntese, cognição científica é parte de um processo emocional. Pessoas não apenas constroem e usam seus conceitos e hipóteses, eles também se sentem emocionalmente ligados a eles e respondem com emoções negativas para conceitos e hipóteses em oposição. Um paradigma funcional possivelmente será associado a sentimentos positivos, enquanto o ponto de vista rival será visto como implausível senão repugnante. Assim, mudança conceitual na direção de abordagens diferentes, envolve mudança não apenas de conceitos, hipóteses e práticas, mas também de atitudes emocionais com respeito àqueles conceitos, hipóteses e práticas. A intenção de entender e avaliar a visão alternativa pode tornar o componente emocional da mudança conceitual mais fácil de ser realizado.

3.5 - Mentes satisfeitas...

Nós tínhamos nesse capítulo o desafio de mostrar a existência de afetividade no cientista. Essa tarefa foi cumprida de diversas maneiras. Ao trazermos as idéias sobre a

dimensão não-lógica da imaginação científica, estabelecemos a tensão entre *contexto da descoberta* e o *contexto de justificação*. As conseqüências dessa distinção permitem entender e aceitar a morte do cientista no segundo contexto. Isto porque para o próprio bem da Ciência se faz necessária a despersonalização do conhecimento. As teorias de Newton, Maxwell, por exemplo, não guardam ainda suas formulações originais, gradativamente foram enriquecidas por outros pesquisadores cujo valor pessoal também foi desagregado. Nesta atitude, os critérios de racionalidade parecem encontrar algum respaldo e a instituição científica sua auto-preservação. Por outro lado, serve para restituir o papel do sujeito no ato criativo, um processo condicionado afetivamente, e mais do que isto, indissociável das emoções.

Outra descoberta significativa foi a da existência de uma lógica emocional ligada ao conhecimento científico, ou seja, que qualquer proposição possui aliada ao seu patamar epistemológico um valor emocional. Isto coloca o foco exatamente sobre a relação afetiva com o conhecimento. Em outras palavras, permite filtrar do amplo espectro de relações tecidas dentro da atividade científica uma interpretação isolada da relação conhecimento-emoções. Isto nos acenou com uma explicação das conversões científicas em termos dos compromissos emocionais com as teorias em disputa.

Mas qual a implicação disto para os objetivos desse trabalho? Nós podemos colocar o problema do entendimento discutido no capítulo 2 sob a mesma matriz de análise. Lá vimos que o exame filosófico tradicional concebe entendimento científico apenas no plano epistemológico, fruto de uma realização comunitária. Exceto para os eventos mais simples, entendimento explanatório não é essencialmente a realização de um indivíduo. Inserindo essa concepção no *contexto de justificação* parece razoável, a fim de sustentar o progresso teórico da Ciência, optar por critérios epistêmicos na seleção de teorias mais precisas, em vez de insistir em conexões sentimentais. Desta forma, o entendimento pessoal pode ser abdicado em prol de um entendimento coletivo. No *contexto da descoberta* (talvez seja melhor usar *contexto de produção científica*) as coisas são diferentes, pois as teorias como forma de representação tem valor psicológico e emocional. Neste caso, o conceito de entendimento científico deve incorporar esse mesmo valor. Embora não haja ainda um critério qualitativo suficiente, nós podemos aventar a hipótese que uma parcela das conexões emocionais supostas no modelo de THAGARD se devem ao que chamamos de *sentimento de entendimento*. Em diversos exemplos arrolados nesse capítulo, não há

dúvida da satisfação intelectual afetiva que provoca a aceitação das explicações ou teorias. Em nossa interpretação as dificuldades nas mudanças conceituais estariam associadas aos compromissos emocionais gerados pelo entendimento das teorias e explicações científicas. Ver certos mecanismos explanatórios com clareza e coerência, e por isto estar afetivamente apegados a eles, possivelmente bloqueia o processo de conversão científica. Inegavelmente mentes como a de Einstein, Abrahan, Kekule e Perrin mostram a satisfação afetiva aqui invocada. Infelizmente, nem sempre tal satisfação é um indicador de verdade.

Uma vez mostrada a afetividade do cientista, em particular com o conhecimento científico, qual a contribuição para busca sentimento de entendimento nos estudantes do Ensino Médio?A nosso ver, a compreensão dos condicionantes não-racionais do pensamento dos estudantes é decisiva ao planejamento de qualquer estratégia didática. A didática das ciências, em particular da física, tem herdado as tendências epistemológicas da sua época, sem, contudo, atentar para outras dimensões da imaginação científica. Seria interessante atribuir valor a outras dimensões do pensamento dos estudantes. Como HOLTON prega na ciência a existência de um eixo ortogonal ao plano racional, devemos também supor a tridimensionalidade das relações na apreensão do conhecimento científico no contexto escolar. Assim, o processo ensino-aprendizagem seria refletido num movimento nesse espaço com o devido discernimento entre o contexto racional e o papel essencial de questões afetivas que interferem. Desse ponto de vista, não se trata de negar a racionalidade, mas entendê-la como um *fim* e não apenas como *meio* na Educação Científica, já que o modelo exacerbado da racionalidade tem se mostrado ineficaz. Então, a partindo desta analogia podemos explorar com mais afinco a questão da relação conhecimento escolar-emoções, ou mais precisamente *explicação-sentimento de entendimento*, pois já observamos alguns resultados positivos no terreno da produção científica, considerado por muitos como o templo da razão.

CAPÍTULO 4

O DESEJO DE EXPLICAR: CONFLITOS, CURIOSIDADE E SENTIMENTO DE ENTENDIMENTO

4.1 - Introdução

No capítulo 2 nós oferecemos um relato do que é uma explicação, na ciência, na vida cotidiana e na escola e quais os critérios considerados essenciais para o julgamento da qualidade da explicação. Neste capítulo, vamos articular argumentos em favor de uma fenomenologia característica das explicações, consistente com um conjunto particular de funções psicológicas. Segundo GOPNIK (1998), a fenomenologia das explicações *"envolve conjuntamente a procura de explicação e o reconhecimento do fato que uma explicação foi alcançada"* (p. 108). O mais distintivo nessa idéia é que essa fenomenologia envolve reações emocionais, tanto na busca quanto na aceitação da explicação. Essa autora sugere que alguns aspectos da fenomenologia da explicação podem ser considerados como um tipo de "emoção básica". Surpresa e interesse são emoções freqüentemente associadas com a busca de explicação. Encontrar uma explicação para um evento, ou fenômeno, por sua vez, é associada à emergência de sentimentos positivos, como alegria, satisfação e euforia (RUSS, 2003). A fenomenologia das explicações parece ser admiravelmente um domínio geral. Seres humanos procuram e são satisfeitos por explicações de objetos físicos, padrões em eventos, seres vivos, agentes psicológicos e grupos sociais. Seres

humanos procuram e são satisfeitos por explicações em termos de leis físicas, processos biológicos, razões, ou regras. Enfim, *"encontrar uma explicação para alguma coisa é acompanhado de uma satisfação que vai além do meramente cognitivo"* (GOPNIK, 1998, p. 109).

Por tratar-se de um trabalho na área da educação científica julgamos conveniente discutir a fenomenologia das explicações via escrutínio de um dos modelos mais difundidos: o modelo de mudança conceitual de POSNER et al (1982). Isso no ajudará a reclamar o apelo a afetividade nesse modelo. Então, inicialmente, nós iremos rever algumas idéias basilares dos modelos tradicionais de mudança conceitual (POSNER et al., 1982; POSNER & STRIKE, 1992). Em particular, discutiremos a ênfase dada ao critério de *insatisfação* com as idéias prévias e a sua materialização em estratégias metodológicas de geração de *conflitos cognitivos* através da apresentação de *anomalias*. Com suporte, principalmente de pesquisas na área de *motivação pessoal,* oferecemos um relato sobre a origem *afetiva* de tais conflitos. Aliada a uma avaliação cognitiva, a resposta afetiva, em geral o afeto negativo, as situações conflitivas, nós denominaremos *insatisfação* com as idéias prévias. Por que a condição de insatisfação sozinha não permite um engajamento nas tarefas de aprendizagem, desenvolvemos a hipótese da existência de um comportamento exploratório posterior às situações de conflito. Especificamente, desenvolvemos a idéia que esse comportamento exploratório é fruto da *curiosidade* de se conhecer a informação incógnita, e da necessidade de minimizar os efeitos da insatisfação com o conhecimento corrente. Nós também apresentamos o argumento que o comportamento exploratório gerado pelas situações de conflito não se direcione inevitavelmente a um conhecimento mais racional. Isto significa dizer que os alunos não procuram automaticamente um conhecimento, inteligível, plausível e frutífero, mas, sobretudo, a redução da incerteza pela ausência da informação. Finalmente, articulamos as considerações anteriores com o conceito de *sentimento de entendimento*.

4.2 - Mudança conceitual e a idéia de conflito cognitivo

Nas últimas décadas proliferaram esforços em mapear as concepções a respeito de eventos físicos trazidas por estudantes para sala de aula (PFUNDT & DUIT, 1994).

Verificou-se que algumas "idéias falsas" dos alunos podem ser fracas, mas outras podem servir de base ativa para modelos teóricos e possuir certa lógica interna quando confrontados com os objetos de ensino, apresentando ampla resistência à instrução, dada a sua adequação ao tipo de problema que elas podem resolver. Portanto, possivelmente privilegiando, no plano da atividade intelectual, a convivência dessas concepções com os conhecimentos científicos supostamente aprendidos pelos alunos. A vertente "construtivista" da mudança conceitual forjou-se como contrapartida teórica para explicar e fornecer métodos de superar este tipo de raciocínio constatado empiricamente. A idéia principal propalada é que ao aprenderem um novo conceito os alunos não são receptores passivos de conhecimento, mas participantes ativos e em último caso responsáveis pela sua aprendizagem. A aprendizagem teria o ponto de partida nos conhecimentos prévios trazidos pelos alunos para o contexto das situações didáticas (DRIVER, 1988).

A mais influente abordagem sobre mudança conceitual na perspectiva construtivista foi desenvolvida por POSNER et al. (1982). Eles estabeleceram uma teoria que tentava explicar como os conceitos organizadores dos indivíduos se modificam de um conjunto de conceitos para outro, incompatível com o primeiro. A analogia chave da teoria assumia o isomorfismo entre a mudança de teorias na ciência (KUHN, 1987; LAKATOS, 1979) e, no mínimo, uma parcela do desenvolvimento cognitivo dos indivíduos; e se baseava na noção de *acomodação* de Piaget, a qual se refere aos casos nos quais a uma nova experiência é tal que as estruturas cognitivas existentes não podem aceitar a nova informação, as estruturas devem ser modificadas a fim de dar conta dela. Como resultado, a visão de mundo é modificada com a inclusão da nova experiência como parte legítima da nova estrutura perceptual ou conceitual. Este processo requer que as seguintes condições sejam obedecidas: (1) deve haver *insatisfação* com a concepção existente (os alunos não farão mudanças radicais nos seus conceitos ao menos que percebam que mudanças pequenas não são suficientes); (2) deve haver uma nova concepção concorrente que seja *inteligível* (o aluno deve entender o novo conceito suficientemente para explorar suas possibilidades); (3) a nova concepção deve parecer inicialmente *plausível* (o novo conceito deve ser capaz de resolver os problemas que seus predecessores se mostraram ineficientes); e (4) a nova concepção de ser *frutífera* (o novo conceito deve ter o potencial de resolver novos problemas e ser consistente com outros conhecimentos do aluno, que podem ser suas suposições fundamentais como crenças metafísicas, compromissos epistemológicos, experiências passadas ou outras teorias consideradas satisfatórias.). Há também uma série

de compromissos intelectuais assumidos pelo indivíduo que complementam e direcionam uma acomodação: sua *ecologia conceitual*. Uma nova concepção irá derivar seu significado a partir da interação com os critérios constituintes da ecologia conceitual. Aqui entram em jogo os compromissos epistemológicos, as crenças metafísicas e conhecimentos prévios do indivíduo, o que permite avaliar e determinar se as condições para que haja uma acomodação foram satisfeitas. Como notam SCHNOTZ et al. (1999), *"tal estrutura tem proporcionado a justificativa teórica para o uso instrucional de 'conflitos cognitivos' e se tornou o paradigma principal na condução de pesquisas e práticas educacionais na educação científica"* (p. xiv).

De acordo com STRIKE e POSNER (1985), a fase de conflito, de insatisfação com a concepção existente é central para o processo de mudança conceitual. É nesse estágio que os estudantes irão perceber a necessidade de "trocar ou reorganizar" seus "conceitos centrais", porque eles são "*incapazes de resolver alguns problemas que presumidamente deveriam ser capazes de resolver*" (p. 218). A maior fonte de insatisfação é a *anomalia*. As recorrentes tentativas sem sucesso de assimilar uma experiência ou nova concepção as estruturas cognitivas existentes, fazem com que um indivíduo experimente uma anomalia. Em outras palavras, não é possível ao indivíduo "dar sentido" a novidade. Contudo, o indivíduo necessita reconhecer a anomalia como tal. Neste caso, STRIKE & POSNER sugerem que uma anomalia irá produzir insatisfação somente se: os estudantes compreenderem que a descoberta experimental representa uma anomalia; que é preciso reconciliar esta descoberta com suas concepções existentes, além do compromisso em reduzir as inconsistências dentro do seu sistema de crenças.

Assim, para promover a mudança conceitual pondo em foco o *conflito cognitivo* nas suas mais variadas formas (HEWSON & HEWSON, 1984; DREYFUS et al, 1991; LIMÓN & CARRETERO, 1999), deve-se supor que o processo de aprendizagem se desenvolve satisfatoriamente para um aluno se o *status*, quer dizer, o nível de inteligibilidade, plausibilidade e fertilidade das idéias científicas, as quais se têm contato via processos de instrução cresce, e em contrapartida o *status* das idéias que se quer ultrapassar diminui (HEWSON & THORLEY, 1989). Com relação ao tratamento didático dado pelo professor, WEST e PINES (1984) chamaram os estágios principais da mudança conceitual de *"conscientização, desequilíbrio e reformulação"*. No primeiro, se daria a tomada de consciência pelo aluno das suas representações e concepções e o que elas o

impedem de aprender. As escolhas didáticas feitas nessa etapa permitem a emergência das representações, pois confrontam o aluno com situações, principalmente cotidianas, que requerem a explicitação de suas idéias. No segundo, busca-se uma desestabilização conceitual, o conflito propriamente dito, no qual ocorre a confrontação entre os saberes científicos e os saberes oriundos das relações pessoais dos alunos. Esse confronto ocorre não somente entre o grupo-classe e os saberes a ensinar, mas também entre as representações dos alunos. Nesta fase, procura-se reforçar a insatisfação com as idéias prévias recorrendo-se aos chamados "experimentos cruciais" que contrariem as expectativas dos estudantes e favoreçam a construção do conhecimento científico. Por último, é apresentado ao aluno um modelo explicativo satisfatório, aplicável a um conjunto novo de contextos, em particular, aqueles anômalos, na esperança de modificar as suas relações pessoais com os saberes.

Percebeu-se mais adiante que as situações conflitivas não garantem a passagem das idéias alternativas às científicas, ou muito menos o expurgo de tais idéias. Na verdade, ocorre insatisfação em vários níveis quando estas são usadas e fracassam. Para VOSNIADOU (1999), os estudantes freqüentemente contornam inconsistências de maneira superficial e não avançam para um tipo de mudança conceitual necessária para compreender conhecimentos científicos mais complexos. Similarmente, SCHNOTZ et al. (1999) criticam a eficácia do resultado do uso de conflitos cognitivos, pois se a concepção do estudante tiver um caráter funcional de ferramenta cognitiva, é pouco provável que eles se sintam insatisfeitos com estas idéias, já que elas se aplicam bem na explicação de eventos do cotidiano. CHINN e BREWER (1993), num estudo bastante difundido no domínio de estudo das concepções científicas dos alunos, mostraram que uma contra-evidência necessariamente não altera o ponto de vista dos estudantes. Estes autores propuseram sete tipos de respostas aos dados anômalos: ignora, rejeita, exclui, deixa de lado, reinterpreta mudanças periféricas e mudança de teoria. Dados anômalos não são aceitos quando o indivíduo os ignora ou rejeita. Por outro lado, dados anômalos são explicados por um indivíduo quando mudanças são produzidas na teoria (mudança periférica ou de teoria). Quando dados conflitivos são rejeitados, ignorados ou deixados de lado o indivíduo não é capaz de explicá-los e nenhuma mudança ocorre na teoria. Segundo VILLANI e CABRAL (1997), essas evidências empíricas representam indícios de tipos e graus diferentes de insatisfação, cuja intensidade e alcance, não são apenas influenciados

pela distância entre o esperado e o acontecido, mas também, pelas características intrínsecas do que se denomina fracasso.

Portanto, numa avaliação rigorosa, os resultados das pesquisas na área revelam-se mais contra do que a favor do uso de situações conflitivas em estratégias de ensino na perspectiva da mudança conceitual; ou pelo menos, minimizam os efeitos sugeridos no modelo original. Tais resultados mostraram que o processo de mudança conceitual apresenta um padrão *"evolucionário"* no qual os estudantes mantêm elementos substanciais das velhas idéias enquanto gradualmente incorporam elementos significativos da nova (NUSSBAUM, 1989; VOSNIADOU, 1999; DUIT, 1999). Então, já que a mudança conceitual não é *"revolucionária"*; quer dizer, não acontece com uma substituição abrupta de concepções, mediante uma situação em que as concepções correntes do indivíduo são incapazes de dar sentido, qual o proveito e eficácia em se insistir nas estratégias focadas na idéia de conflito? Visto da maneira tradicional o uso de conflitos cognitivos parece realmente não conduzir a um desenvolvimento de idéias, tampouco ao rechaço das idéias antigas dos alunos. Na verdade, é pouco razoável a crença em uma mera substituição de idéias (MORTIMER, 1995). Mas, como negar a necessidade de manter o aluno engajado nas tarefas escolares? De conscientizá-los da insuficiência conceitual de suas concepções quando comparadas com as científicas, isto é, de torná-los *insatisfeitos* com elas?

Em primeira instância é lícito rejeitar a suposição, fortemente apregoada no modelo de mudança conceitual original, e atenuadamente em iniciativas posteriores, que os alunos possuem um objetivo racional de dar sentido as informações e coordená-las com seu conhecimento prévio. No começo de qualquer relação didática professor e alunos jogam papéis distintos, porque ambos não dispõem do mesmo conjunto de significações (JONNAERT, 1996; RICARDO et al., 2003). Inicialmente o aluno mantém uma relação com os saberes ainda precária e o professor irá "colocá-lo em jogo" a fim de fazê-la evoluir e expandir-se para além do contexto da escola e da tutela do professor, já que a relação didática é por natureza perecível. Assim, um paradoxo existe para efetivação do modelo de mudança conceitual: de um lado, o conhecimento científico se constitui como algo fracamente apreciável para o aluno, mas, de outro, hipotetiza-se a eleição do mesmo como foro privilegiado para julgamento das informações conflitivas provenientes da experiência. De fato, não é possível avaliar a experiência presente em termos do conhecimento

potencial futuro. Indivíduos operam em um tempo longo de aprendizagem no qual significados se constroem paulatinamente, o conhecimento é moldado por situações problemas e ações em situações por meio das quais um conceito adquire sentido (VERGNAUD, 1994).

Em nossa visão, tais restrições às estratégias de conflito, tipicamente presentes na tradição da mudança conceitual são contornáveis se abandonarmos, ao menos parcialmente, o vértice puramente racional da teoria. Como o aluno inicialmente não tem uma relação sólida com o saber científico, não é capaz de decidir a partir do referencial deste saber se ele é o mais adequado, porém é possível argumentar que o aluno é capaz de reconhecer a inadequação do conhecimento presente. Neste caso, seria limitado ver a primeira condição para mudança conceitual, a *insatisfação* com as concepções prévias, como unicamente *epistêmica*, totalmente despida de características afetivas. Isto porque, quando os alunos se tornam insatisfeitos com uma concepção eles não procuram necessariamente uma nova explicação inteligível, plausível e frutífero que irá balancear a estrutura conceitual geral, até então em desequilíbrio. Ao contrário, o papel principal das situações conflitivas é o desencadeamento de um comportamento exploratório, estruturado em bases tanto cognitivas quanto afetivas, com poder ou não de deslanchar numa explicação de nível científico. Isto porque a fenomenologia das explicações combina elementos cognitivos e do sistema motivacional. Assim, as informações conflitivas não dizem muito sobre o que assimilar, mas dizem no mínimo que algo deve ser assimilado, e isso induz a reestruturação das idéias à luz da evidência.

4.3 - Conflitos e a condição de insatisfação

Algumas das melhores evidências do valor dos componentes afetivos na aprendizagem e desempenho cognitivo foram dadas por PINTRICH et al. (1993). Eles mostraram que construtos motivacionais como orientação de objetivos, valores, crenças sobre a eficácia do indivíduo na solução de problemas em certo domínio e controle de crenças servem como mediadores no processo de mudança conceitual. Tais variáveis afetivas, aliadas ou não a fatores situacionais, moldariam o interesse pessoal dos estudantes e determinariam quando eles atenderiam a certa discrepância nos esquemas prévios na

tentativa de se adaptar as demandas ou restrições com as quais ele se defronta na sala de aula, o que poderia levar então a uma insatisfação com o entendimento conceitual da situação em foco. Segundo eles, esta ligação entre contexto, motivação e cognição, mostra o quão insuficiente é o professor apresentar a nova informação num formato instrucional de mudança conceitual que gere desequilíbrio da parte do estudante, ou que pelo menos alguns pressupostos teóricos devem ser reavaliados. Isto aponta a necessidade de se identificar os tipos de informação responsáveis em criar um alto grau de interesse na situação abordada.

Antes de revisarmos os achados mais recentes dentro da literatura sobre *motivação pessoal*, nós gostaríamos de ressaltar a distinção feita por HIDI (1990) entre duas maneiras de se investigar o papel do interesse na atividade cognitiva. Na primeira, tradicionalmente referida como *interesse individual*, investigadores acessam preferências pessoais e interesses e examinam suas contribuições na performance cognitiva. Na segunda, o foco é o interesse que foi explicitado, por exemplo, por alguma coisa no ambiente, ouvir uma conversa, ou ler um texto, por exemplo. Tal interesse, evocado caracteristicamente por estímulos do ambiente, é chamado *interesse situacional*. *"Enquanto o foco do interesse individual é a pessoa e o foco do interesse situacional é o ambiente, a interação entre pessoa e ambiente é um aspecto crucial para ambos"* (p. 551). De acordo com a visão expressada no presente artigo, o interesse gerado em situações conflitivas, em particular, com o uso de anomalias, constitue um exemplo de uma forma especifica de interesse situacional.

BERLYNE (1966) foi o primeiro pesquisador a considerar elementos do ambiente como causa do interesse. Ele concluiu que interesse é instigado por variáveis psicofísicas de objetos físicos e mentais, como novidade, surpresa, incongruência, complexidade e a incerteza criada no sujeito por tais objetos. Para BERLYNE, quando um indivíduo é perturbado pela falta de informação, e então levado a um estado de incerteza e conflito, ele irá iniciar um comportamento exploratório. O indivíduo intensificará o recebimento de estímulos a partir de uma fonte particular a fim de suprir a falta da informação precisa. Por exemplo, uma criança que encontra um objeto pela primeira vez irá tocá-lo, e examiná-lo cuidadosamente. Ela explora o objeto ou o ambiente para identificar as suas propriedades básicas e reduzir a incerteza. Estas ações de transformação da experiência, nem sempre produzem aquelas implicações esperadas ou desejadas, embora se leve em conta o fato de

todas as ações serem direcionadas a produzir transformações desejadas da experiência, e são acompanhadas de uma avaliação afetiva. Segundo PETERSON (2000), tal avaliação de implicações, incluindo as implicações inesperadas, constitui-se como funções do sistema emotivo do indivíduo, a partir do qual ele estabelece marcos indicativos se o trajeto, seja perceptual ou intelectual, para um determinado objetivo está sendo percorrido própria ou impropriamente. O papel das emoções irá se manifestar essencialmente em duas dimensões, tradicionalmente conhecidas como afeto positivo e afeto negativo. Na primeira dimensão, há indicativos que progressos estão ocorrendo e um estado final provavelmente ocorrerá em uma maneira desejada, portanto, a integridade estrutural do atual visão de mundo em operação (concepções, crenças, motivação) no indivíduo pode ser mantida intacta. Por exemplo, uma boa nota em prova, ou mais abstratamente um sorriso de uma pessoa cortejada. Na segunda dimensão, ao contrário, há indicativos que algo está acontecendo de maneira errada e, principalmente, a atual visão de mundo pode não ser funcional. Por exemplo, uma criança crente na existência do "papai Noel", experimenta sentimentos negativos ao deparar-se com a realidade que os próprios pais traziam os presentes no natal. Então, é necessário reelaborar a seqüência de ações e, no limite, construir uma nova visão de mundo.

PETERSON (2000) também faz referência às situações nas quais não existem padrões determinados para avaliação afetiva, e, por não serem compreendidas, são experienciadas de forma paradoxal: são positivas, em potencial, e negativas, em potencial, e irrelevantes, em potencial. Esses são os ditos eventos anômalos, que podem ser classificados como *não-revolucionários* ou *revolucionários*. No caso não-revolucionário, uma anomalia é algo que pode ser meramente assimilados sem alterar ou erradicar a estrutura da atual visão de mundo de uma pessoa. Ela irá inicialmente produzir um estado de afeto indiferente, embora pesando na maioria das vezes em direção ao afeto negativo, servindo assim como advertência para evidência de erro. Se você está acostumado a passar por um corredor para chegar a um elevador, e alguém descuidadamente deixa uma cadeira no meio do corredor, isto pode constituir uma anomalia. Você ainda pode pegar o elevador, porém deve contornar a cadeira. Esta situação produzirá uma sensação de afeto indiscriminado, imediatamente abrandada pela ação correta e o raciocínio "a cadeira está no lugar errado". No caso revolucionário, uma anomalia é resistente à categorização dentro de uma confinada visão de mundo e tem origem quando um problema não pode ser resolvido facilmente. Você tem, por exemplo, uma carreira como montador em uma

fábrica. Mas uma tecnologia nova torna suas habilidades obsoletas. A experiência de trabalho não pode por muito tempo ser limitada por suas habilidades habituais. Nesta situação, você deve construir uma nova visão de mundo, novas habilidades devem ser incorporadas. Do ponto vista afetivo, quando uma seqüência de planos elaborados para alcançar um determinado objetivo falha, a integridade da visão de mundo corrente torna-se questionável. Peterson argumenta que este processo de questionamento pode ocorrer por causa da emergência de sentimentos como *desapontamento* ou *frustração* em conseqüência das falhas repetidas. Em outras palavras, quando uma visão de mundo é operacional ela conduz eficazmente a um estado final desejado, mas nada novo é aprendido. Isto porque coisas são aprendidas somente quando um estado final não é imediatamente obtido e que o erro (anomalia), *"serve como a mãe de todas as coisas"* (p. 13). Sob tais condições torna-se razoável repensar a estrutura da visão de mundo.

Assim, a percepção da inconsistência de certa visão de mundo é resultado da emergência de alguma anomalia. A anomalia é experienciada, inicialmente, numa guerra de motivações e emoções. As emoções são primariamente negativas, por razões defensivas, como conseqüência direta da existência de falhas. Se nos recordarmos da primeira condição para instauração da mudança conceitual nos indivíduos do modelo tradicional, o argumento acima se encaixaria perfeitamente, só que, diferentemente, ele alicerça a condição de insatisfação com as idéias prévias em bases afetivas, ao vinculá-la com sentimentos que realmente denotam a falta de uma informação correta e, ao mesmo tempo, alertam os equívocos na rota conceitual para um objetivo final. Porém, como se espera um comportamento voltado a diluir, superar ou incorporar a anomalia parece estranho pensar uma resposta emocional às situações conflitivas, primordialmente orientada para o afeto negativo, já que por excelência o *interesse pessoal* é conectado ao afeto positivo. Um indivíduo irá naturalmente se engajar em tarefas as quais sejam relevantes para ele e despertem sentimentos positivos. A aparente dicotomia pode ser compreendida quando associamos este tipo de resposta afetiva, não com o que o indivíduo trás como respostas padronizadas em virtude das mais diversas experiências vividas, mas como resposta a partir das variáveis situacionais em foco.

Neste caso, o afeto negativo tem potencial, enquanto coordenador do comportamento, de gerar o *interesse situacional* discutido acima. Por exemplo, WONG (1979) articulou a hipótese *frustração-exploração*, a qual propõe que frustração, originada

quando elementos de incerteza e conflito estão presentes no ambiente, leva a exploração. Nesta compreensão, um ambiente livre de falhas significa falta de desafio, por outro lado, um desafio adequado resulta acasionalmente em frustração; portanto, é impossível criar situações desafiadoras sem a possibilidade de falha. No contexto educacional, WONG sugere que tal hipótese pode ser utilizada como ferramenta para preparação de estratégias metodológicas nas quais frustração induza exploração, assim *"os estudantes terão de colocar sérios esforços para explorar, mais sofisticadas, ou mais criativas maneiras de realizar a tarefa"* (p. 142). Similarmente, HEINZEN (1994) mostrou a existência de um tipo de criatividade resultante de demandas motivacionais externas ocasionada em situações frustrantes quando um objetivo importante é persistentemente não alcançado. Por exemplo, ocorreram uma série de invenções nos períodos de fome na Alemanha durante a I Guerra Mundial, como o uso de sangue de animais em pães, a mistura de proteínas de plantas e gordura no lugar de ovos, utilização de restos de peixes e ossos, a criação de maneiras de extrair gordura vegetal das frutas. Conforme a sugestão de HEINZEIN, frustração pode facilitar a performance cognitiva pelo aumento da motivação para solução de problemas e estimulação intelectual. Frustração produz instigação para um número de diferentes tipos de respostas, pois *"existe frequentemente a tendência de um sujeito aumentar seus esforços após uma falha, de tentar uma variedade de respostas alternativas, apresentando algum tipo de emotividade"* (p. 137). Este comentário se coaduna com a hipótese mencionada anteriormente que o afeto negativo pode ser motivante e resultar em uma variedade de respostas.

Até então, nós conectamos a condição de insatisfação com as idéias prévias presente no modelo de mudança conceitual com demandas afetivas do ambiente externo. Em nosso relato, com a emergência de um evento anômalo o indivíduo experimenta uma lufada de afeto negativo, particularmente o sentimento de frustração ou desapontamento, o qual nós temos insistido ser a base afetiva do que se pode verdadeiramente chamar insatisfação. Claramente, tal insatisfação, tem em vista a visão de mundo corrente, ou especificamente, o conhecimento presente no indivíduo e não as características do conhecimento potencial futuro. Portanto, a condição de insatisfação não aponta direções a serem percorridas, embora instigue a procura de respostas à incidência do evento anômalo, quer dizer, é o ponto de partida para um comportamento exploratório. A seguir apresentamos um relato mais detalhado de como o comportamento exploratório opera nos indivíduos.

4.4 - Curiosidade e exploração

Para HEMPEL (1970), antes de ser uma necessidade, o conhecimento, a virtude de explicar as coisas, atenderia a demandas pessoais de configurar o mundo como algo inteligível. A ciência responde a anseios desinteressados do homem de ganhar um conhecimento cada vez mais amplo do mundo em que ele se encontra. Ela materializa de forma sistemática o desejo humano de compreender o mundo e como o mesmo é organizado. Assim, Na investigação científica uma das motivações fundamentais do homem, reside simplesmente em sua curiosidade intelectual, em seu desejo profundo e persistente de chegar a conhecer e compreender o mundo que habita.

Nesta compreensão, é possível consolidar a construção do conhecimento numa base sólida, tanto do afeto, como da cognição. De acordo com MATURANA (2001a), é a curiosidade e o desejo de compreender que motivam as pessoas a procurar conhecimento. Assim, a criatividade científica não se desenvolve a partir de lições prescritas com objetivos definidos; acontece quando a curiosidade e a paixão pelo explicar são cultivadas. Contudo, no contexto escolar as motivações que levam o cientista a insistir em certos problemas ou perguntas têm pouca relevância para os alunos. O conhecimento tal como é construído dentro de uma comunidade científica encontra sentido apenas quando acompanhado dos conceitos, modelos e leis subjacentes no corpo de uma teoria, bem como permite a formulação de novas questões ou solução de problemas se é ponto de partida da investigação, salvo em momentos críticos revolucionários (KUHN, 1987). Por outro lado, no âmbito escolar, conforme foi discutido anteriormente, no início de uma relação didática o aluno não tem relações com os saberes científicos, se as têm são fracas e carregadas de concepções e representações. Assim, como fazer com que uma situação que foi significativa para ciência se torne alvo de *interesse* para o aluno? Como estimular a *curiosidade* dos alunos sobre situações que envolvam a procura de conhecimento científico?

Parte da resposta a estas questões foi contemplada anteriormente quando tratamos da condição de insatisfação com as idéias prévias. Contudo, uma das proposições deste ensaio é que a condição de insatisfação sozinha é insuficiente para uma descrição adequada do caminho percorrido entre uma idéia prévia e uma nova, incompatível com a primeira. A

condição de insatisfação é apenas o estágio inicial de um processo mais complexo de busca de informação. Tal processo de exploração significa o exame de todas as variáveis em jogo a partir da perspectiva de várias idéias alternativas e a partir de várias perspectivas emocionais. Quando um conjunto de idéias e conhecimentos guia a exploração de uma anomalia, tem como seu ponto final a expectativa de algo desconhecido (um novo conhecimento, ou solução de um problema), o qual atua como incentivo. É possível dizer, assim, que o espírito exploratório é algo agindo sobre tutela do incentivo (de que um novo conhecimento esta por ser alcançado). Isto está intimamente relacionado com o a necessidade mais abstrata de *curiosidade* (PETERSON, 2000).

Curiosidade é definida como a necessidade, ou desejo de conhecimento. O conceito de curiosidade é central para as pesquisas sobre motivação. O termo pode ser usado como a descrição de um comportamento específico bem como um construto hipotético para explicar o mesmo comportamento. HUNT (1963) estabelece que curiosidade se refere a *"motivação inerente ao processamento de informação"*, isto significa que curiosidade é uma mistura de cognição e motivação. O fundamento principal é o estabelecimento e a manutenção de certa quantidade de incongruências. Incongruências determinariam a força, direção e as qualidades afetivas do comportamento. BERLYNE (1966) acredita que curiosidade é o pré-requisito motivacional para o comportamento exploratório. Exploração se refere a toda atividade relativa ao ganho de informação do ambiente, bem como toda atividade cognitiva no sentido de aumentar o alcance da seleção de estímulos e seleção de respostas, ou seja, de aumentar o repertório intelectual do indivíduo. Segundo WONG (1979), BERLYNE considera duas condições antecedentes para curiosidade: incerteza e conflito. Ele afirma que nos trabalhos de BERLYNE sobre comportamento exploratório *"as situações nas quais incerteza é de importância psicológica são as situações de conflito"* (p. 134). Na condição de desconforto, devido à inadequação de certa informação, BERLYNE irá acusar a existência de curiosidade que motiva o comportamento exploratório.

Embora a tradição de pesquisas sobre comportamento exploratório específico focalize principalmente a curiosidade perceptual, ou seja, a atividade perceptual de incrementar o contato do indivíduo com o ambiente externo, BERLYNE estendeu sua análise a curiosidade epistêmica, a curiosidade é motivada por conflitos de ordem conceitual, e as respostas são direcionadas para estímulos capazes de dispersar a incerteza

bem como providenciar informações para armazenar nas estruturas simbólicas. Esta suposição da teoria de BERLYNE é bastante semelhante à suposição da teoria de mudança conceitual que os conflitos podem gerar insatisfação com as concepções prévias dos alunos, mas ao mesmo tempo não contém nenhum indício em favor da suposição que a insatisfação com as concepções prévias levaria a uma substituição automática por uma outra racionalmente mais adequada. Na verdade, é possível articulá-la ao nosso relato sobre a condição de insatisfação com as idéias prévias. Diferentemente do modelo de mudança conceitual, no modelo de BERLYNE o processo de desenvolvimento e teste de hipóteses pode ser mais facilmente ampliado, e entendido explicitamente como função de aspectos cognitivos e motivacionais. Tal processo envolve uma situação de conflito, tipicamente com a apresentação de uma anomalia. Quando esta potencial peça de contra-evidência das idéias prévias torna-se saliente há o reconhecimento pelo indivíduo da incapacidade do seu repertório conceitual de respostas dar conta da situação. Isto ocorre tanto no registro cognitivo como no afetivo. No primeiro, porque o indivíduo não é capaz de incorporar a novidade aos seus esquemas existentes. No segundo, pela evidência de falha em incorporar a novidade (o afeto negativo já discutido). Segue-se, então, um estado interno de cunho afetivo-cognitivo de falta da informação, a curiosidade, e, finalmente, um comportamento exploratório com o objetivo de suprir a falta da informação. Decorre desta explicação o que levaria um indivíduo a se engajar numa tarefa escolar, algo aparentemente ignorado na descrição oferecida pelo modelo de mudança conceitual tradicional.

Tal suposição é coerente com o trabalho recente de SCHWITZGEBEL (1999) que postulou a existência de uma *curiosidade de busca-de-explicação* associada com padrões de afeto, frente a fenômenos ou eventos não explicados por esquemas conceituais anteriormente mantidos por um sujeito. Caracteristicamente esse padrão de afeto está ligado ao desenvolvimento, teste, e refutação de esquemas ou idéias que levarão a satisfazer a curiosidade de busca-de-explicação. No relato de SCHWITZGEBEL, curiosidade seria a característica chave das explicações. Ele diz:

> Se nós aceitarmos a existência de certo tipo de curiosidade dos seres humanos que é satisfeita quando uma explicação é apresentada e compreendida, então parece plausível supor que teorias...tem um papel importante em nossas vidas mentais...a curiosidade que nos impulsiona a procurar por explicações tenderá a emergir e re-emergir até nós estarmos capacitados a responder nossas questões neste domínio (1999, p. 472-473).

Poder-se-ia dizer que, em linhas gerais, que os seres humanos têm necessidade social de adquirir informação do ambiente. Assim, nós seriamos 'programados' no processo evolutivo com certos impulsos sociais e informacionais, responsáveis em refinar nossa capacidade de interagir produtivamente com nossos semelhantes. Por exemplo, as pessoas têm o impulso para interagir socialmente; certamente, quando privadas do convívio de outros tenderão a sentir só e, provavelmente, buscarão a companhia de alguém ou algo (um animal ou objeto). Cada um desses impulsos é, portanto, associado a um engajamento em certa atividades a fim de alcançar o objetivo incitado. No caso do impulso informacional, as pessoas possuem um *sentimento de curiosidade* associado, manifestado num comportamento exploratório de teste de hipóteses, formulação de questões e atividade mental privada. A curiosidade seria ativada quando fatos ou eventos tornassem evidente ao sujeito a dificuldade de englobá-los em sua atual concepção. Obviamente, existem níveis distintos de curiosidade de busca-de-explicação. Por exemplo, ao procurarmos saber qual é a velocidade máxima do avião concorde, receberíamos em troca um número, não um tipo de explicação. Por outro lado, quando estamos curiosos sobre como água evapora dos tecidos a temperatura ambiente, é uma situação típica explicativa, nós queremos entender não apenas ser informados. Portanto, a intensidade da reação ao evento anômalo irá derivar diretamente da riqueza do desafio ao esquema conceitual existente, e a sua capacidade de produzir explicações. SCHWITZGEBEL sugere ainda que sua hipótese pode ser empiricamente verificada se observarmos os padrões de afeto associados ao surgimento e resolução da curiosidade de busca-de-explicação. Claramente, a argumentação de SCHWITZGEBEL é importante, pois integra cognição e afeto na resolução de problemas e raciocínio científico, e, sobretudo, serve de bom apoio para defendermos a idéia de uma interpretação com base afetiva, a fim de preencher o hiato deixado pelo modelo de mudança conceitual desde a primeira condição para ocorrência da mudança conceitual até as demais.

4.5 - Análise das seções anteriores

À luz das considerações feitas até aqui e que serão retomadas ao longo deste trabalho, nós concebemos a necessidade de incorporar à condição de insatisfação uma avaliação afetiva, a partir da qual o sujeito pudesse detectar a falha no seu conhecimento

corrente em incorporar ou explicar um evento anômalo. Mas, como toda solução a problemas trás seus próprios problemas, destacamos a insuficiência da condição de insatisfação em gerar sozinha um engajamento nas tarefas de aprendizagem. Nós sugerimos, então, que a condição de insatisfação diz respeito ao conhecimento mantido pelo aluno no momento do conflito, sendo necessário uma perspectiva com vistas a um conhecimento futuro. Neste caso, a insatisfação é o estágio inicial de um comportamento exploratório. A exploração amparada na necessidade da informação incógnita teria sua origem na hipótese de uma curiosidade inerente aos seres humanos, aguçada por situações de conflito. Neste ínterim, negamos a hipótese do comportamento exploratório inexoravelmente deslanchar num conhecimento de nível científico. Essa seria uma descrição da fenomenologia das explicações associada à procura de explicações que fala GOPNIK (1998).

Nós gostaríamos de apontar algumas implicações e limites desta abordagem. Em primeiro lugar, quando rejeitamos a orientação automática do comportamento exploratório rumo a uma concepção racionalmente mais coerente, não dissemos que os alunos não alcançarão este tipo de conhecimento. Nosso comentário incide mais sobre o espontaneismo subjacente à hipótese teórica do modelo tradicional do que sobre a real possibilidade de um esforço intelectual e didático no sentido de se apreender conceitos científicos. Nosso relato serve para mostrar como o mecanismo de "passagem" entre as concepções pode operar. Cabe, portanto, ao professor capitalizar as situações em que os alunos estejam dispostos tanto cognitivamente como afetivamente a buscar um novo conhecimento e convertê-las em ocasião para dotá-los de um arsenal mais vasto de explicações científicas. A nosso ver, só a partir daí, havendo certo amadurecimento intelectual do aluno, tem lugar uma imersão mais profunda nos critérios ditos racionais. Nós voltaremos a esse assunto no capítulo 6.

Vale ressaltar ainda que as situações de conflito não se reduzem àquelas nas quais se apela para experimentos, pois o professor pode identificar e por em conflito, via diálogo, as idéias dos alunos. Neste caso, é distintivo o papel de situações ligadas ao universo dos alunos. Segundo RUNCO (1994), problemas do mundo real tendem a propiciar frequentemente soluções mais criativas, e são presumivelmente mais significativos e motivantes do que problemas artificiais. Um ensino pautado no estímulo da curiosidade dos alunos não deve ficar a mercê da artificialidade dos exemplos dos livros didáticos. É

interessante para alunos trazer o mundo abstrato da física para o entendimento do mundo construído diariamente em suas experiências. Parece, entretanto, pouco razoável esperar alguma curiosidade em se compreender os conceitos físicos no universo particular deste domínio. Por exemplo, o estudo de ondas eletromagnéticas e suas interações da maneira usualmente apresentada nos livros (e na maioria das classes de física) é pouco significativo para os alunos. Já quando a partir delas se pode compreender eventos cotidianos, como porque os objetos tem cores diferentes, porque os objetos mudam de cor quando a luz incidente é alterada, indubitavelmente existe um espectro mais vasto e propício no qual naturalmente o desejo de conhecer pode atuar.

Finalmente, embora o engajamento em atividades baseados em características situacionais seja por natureza evocado repentinamente, tenha curto efeito e influencie marginalmente os conhecimentos e crenças de um indivíduo (HIDI, 1990), as situações didáticas no ensino de ciências, quando voltadas par o cultivo da curiosidade e paixão pelo explicar nos alunos, podem contribuir para um interesse mais duradouro e uma aprendizagem significativa. Em outras palavras, com o produto desta motivação forjada pelas situações didáticas os alunos podem aprender a se interessar por assuntos científicos, particularmente, de física. Com o passar do tempo e a percepção de que as aulas são instigantes, que respondem perguntas que os alunos verdadeiramente se fazem, é de se esperar um salto qualitativo no tocante ao interesse pessoal. Obviamente, esta e as outras hipóteses aqui tratadas merecem ser testadas empiricamente no contexto escolar.

4.6 - Na busca do *sentimento de entendimento*

Nas seções precedentes, deixamos claro que os conflitos causados mediante situações nas quais a uma discrepância entre as idéias existentes de um indivíduo e a situação em foco, são acompanhados de reações afetivas. Em última instância, a motivação do indivíduo para buscar um novo conhecimento será fundamentada no conflito gerado. Portanto, se deve supor que haja uma ligação afetiva entre o indivíduo e a representação, senão seria inesperado o conflito ocorrer. Então, o conflito cognitivo é tão somente uma estratégia criada para forçar a busca de explicação, a qual tem diferentes componentes afetivas. Todavia, fica em aberto o problema da satisfação afetiva devida o recebimento da

explicação. Nós temos insistido na idéia de um *sentimento de entendimento* cuja experiência é um critério de validação da explicação. Mas, por enquanto não temos como concluir o argumento que a satisfação suscitada por GOPNIK seja similar à defendida por nós. Um indício dessa distinção seria que nem todas as explicações se encerram em entendimento, lembremos do exemplo de BROMBERGER (1962) sobre a distinção ente as questões "Qual a altura do Monte Kilimanjaro?" e "Por que a água começa a emitir bolhas quando é aquecida?".

Dar sentido a experiência parece ser uma forma importante de satisfação emocional. Desde muito pequenos, nós começamos a nos relacionar com o mundo, a construir representações cujo valor afetivo é significativo. Estas representações que na maioria das vezes acabam se tornando implícitas (POZO, 2002) regulam nossas emoções, evitando cairmos no domínio do afeto negativo (PETERSON, 2000). Isto justificaria a persistência, principalmente em contextos extra-escolares de idéias intuitivas. Vemos aqui, uma relação afetiva entre o indivíduo e a representação, em vez das típicas relações aluno-professor, ou reações afetivas resultantes de conteúdos com carga emocional (ALSOP, 1997).

Claramente, a categoria subjetiva do entendimento proposta no capítulo 2 tem conexões com os argumentos acima. A familiaridade permitida pelas representações do pensamento comum contribui para base afetiva responsável por manter intacta a representação. As representações cujo um indivíduo mantém familiaridade fazem sentido para ele, são em certa medida razoáveis. Quer dizer, elas são plausíveis à luz daquilo dado pela vivência do indivíduo. Assim, cada confirmação das expectativas quanto ao funcionamento dos objetos no mundo, realimenta a base afetiva que sustenta a crença. Este seria um processo de validação interna pouco vinculado aos critérios ditos racionais. Assim, a análise do *sentimento de entendimento* em alunos do Ensino Médio e universitário serviria para ampliar a idéia de explicação. Os trabalhos de POSNER et al*.,* BREWER et al. (1998) e GILBERT et. al. (1998, 2000) merecem ser revisados afim de se estender os critérios de validação de explicações, contemplando também aspectos afetivos. Nós devemos destacar ainda, que o *sentimento de entendimento* pode vir a ser um elemento essencial na busca de aprendizagens mais duradouras. Uma vez descobertos os mecanismos de validação afetiva, nós poderíamos trabalhá-los didaticamente, dando sentido as representações científicas.

CAPÍTULO 5

CONTRASTANDO EMPIRICAMENTE A HIPÓTESE DO SENTIMENTO DE ENTENDIMENTO

5.1 - Introdução

Nossa pesquisa visa compreender aspectos da dimensão afetiva. Isso será feito principalmente com uso de questionários e entrevistas semi-estruturadas. Nós acreditamos que as declarações de sentimentos e emoções dos participantes da pesquisa possam ser extraídas via este instrumento, pois tem sido estratégia recorrente nas investigações em Educação Científica. Utilizar entrevistas como técnica de coleta de dados visa, através do contato entre o pesquisador e o entrevistado, obter dados relevantes para a pesquisa, de acordo com os objetivos da mesma. O entrevistado discursa sobre o tema em enfoque com base nas informações que ele tem sobre o assunto. Já que é o entrevistador que cria a realidade da situação da entrevista, ela não é uma ferramenta neutra.

Conforme RICHARDSON et al. (1985), *"o termo entrevista refere-se ao ato de perceber realizado entre duas pessoas"* (p.161). A entrevista possibilita uma apropriação imediata das informações, pois há uma interação e uma relação de influências entre os indivíduos de modo que *"a entrevista ganha vida ao iniciar o diálogo entre o entrevistador e o entrevistado"* (LÜDKE & ANDRÉ, 1986, p.34). Entrevistas, em geral, se realizam de

maneira exclusiva com indivíduos ou grupos de indivíduos, possibilitando ao pesquisador correções, adaptações e esclarecimentos imediatos, facilitando a obtenção das informações desejadas. Entretanto, podemos distinguir três tipos de entrevistas, uma chamada não-estruturada, que é realizada de maneira livre pelo pesquisador, sem um roteiro preestabelecido. Outra, chamada estruturada que difere um pouco de um questionário, sua única vantagem reside no fato de ter o entrevistador por perto para algum esclarecimento. Na maioria das vezes visa obter dados para tratamento estatístico. No tipo de entrevista semi-estruturada não há uma imposição rígida na ordem das questões e o entrevistado fala sobre os temas conforme as informações de que dispõe (LÜDKE & ANDRÉ, 1986). A nosso ver, uma abordagem naturalista com entrevistas semi-estruturadas a partir de uma situação básica parece a mais adequada.

A opção por esse tipo de entrevista na pesquisa aqui relatada se deve ao fato de que a presença do pesquisador é valorizada, ao mesmo tempo em que oferece liberdade ao informante. Através de questionamentos básicos e com fundamentação teórica a entrevista semi-estruturada possibilita uma extensa gama de questões a partir das respostas dadas pelo entrevistado, que descreve suas experiências dentro do que foi colocado pelo pesquisador. Na elaboração dos instrumentos de pesquisa o investigador precisa compreender *"a relação que deve existir entre 'pesquisador' e 'pesquisado', ambos são sujeitos de um processo de desenvolvimento"* (RICHARDSON, 1985, p.172). Tal perspectiva oferece oportunidade para não somente descrever o fenômeno em foco, mas compreender sua totalidade, pois a entrevista não tem um fim em si mesma. Além do respeito à cultura e aos valores do entrevistado, esse tipo de entrevista permite reorientações e adaptações em um transcorrer natural de informações que vão sendo coletadas e analisadas.

Complementando as entrevistas semi-estruturadas, a aplicação de questionários abertos foi executada. A escolha de tal instrumento deveu-se ao crescente número de entrevistados e a impossibilidade para realização em intervenções individuais. Segundo SILVA e SCHAPPO (2002), *"o questionário talvez seja o mais comum dos instrumentos de coleta de dados utilizado nas pesquisas"* (p. 109). Quando bem preparado e adaptado ao objetivo da pesquisa, esse instrumento possibilita a coleta de informações e dados em tempo reduzido. A aplicação dos questionários foi acompanhada integralmente pelo

pesquisador, em tempo e local previamente marcado, para sanar qualquer tipo de duvida referente à interpretação das perguntas.

5.2 - Experimento 1

Para uma primeira abordagem das relações afetivas com o conhecimento de Física, optamos por um estudo exploratório da motivação de graduandos para ingressar nos cursos de Licenciatura em Física. Como o intuito de um cruzamento de informações, alguns licenciandos em Matemática e Química foram consultados. De acordo com OSBORNE et al (2003), o desenvolvimento do interesse em perseguir uma carreira em Ciência ou relacionada a Ciência é um importante componente do que se chama *atitudes* sobre ciências. Nós procuramos responder as seguintes questões:

1- Qual a influência dimensão afetiva na decisão de seguir uma carreira científica?

2- Quais emoções entram em jogo?

3- As explicações científicas têm algum papel relevante na dimensão afetiva?

4- A noção de *sentimento de entendimento* é válida nestas circunstâncias?

Com este objetivo, elaboramos um questionário a partir do qual pudéssemos obter as respostas desejadas (vide quadro abaixo).

QUESTIONÁRIO	
Parte A	1) Quais motivos o levaram a fazer o curso de Física (relação com o conhecimento)? 2) Havia algum assunto (fenômeno, tecnologia) que o intrigava durante o Ensino Médio?
Parte B	3) "Lembro-me ainda hoje do meu primeiro dia de aula de ciências. Na escola pública que freqüentava, ciências era uma disciplina ministrada na quinta série. Eu tinha 11 anos recém-feitos e guardo na memória os sentimentos de entusiasmo e alegria quando a professora nos contava que a matéria era constituída de átomos e moléculas. Não me recordo bem dos detalhes do conteúdo ensinado. Se ela apresentara a diferença entre gases e líquidos, ou se discutira sobre a água, o ar ou outra substância qualquer. Seria pedir muito à memória 30 anos depois. Porém, os sentimentos continuam vivos até hoje" (Maurício Pietrocola). Na sua história existe algo semelhante, uma explicação que fez sentido para você, isto é, deu certa satisfação (alegria) em conhecer? (cite mais de uma se houver).

Quadro 5.1 – Questionário

As duas primeiras questões referem-se as motivações ligadas ao conhecimento de Física. A segunda, em particular, direciona-se a busca de explicação sobre o mundo natural e artefatos. A terceira mostra um contexto, a partir do qual busca-se evocar nos licenciados a lembrança de explicações significativas, e quais sentimentos eles obtiveram com elas.

5.2.1 - A amostra

Responderam o questionário completo, 18 alunos da terceira fase do Curso de Licenciatura em Física da Universidade do Estado de Santa Catarina e 10 alunos dos Institutos de Física e Química da Universidade de São Paulo[16]. Além disso, 45 alunos das turmas de Metodologia do Ensino de Física I e II da Universidade de São Paulo, dos semestres 2005/02 e 2006/01 responderam a parte A do questionário.

5.3 - Resultados

Como nosso interesse está em mapear a dimensão afetiva, partimos de um caminho menos ortodoxo. Ao contrário de mostrar primeiro os episódios nos quais são mencionados atributos afetivos, nós extraímos das narrativas as cargas afetivas e depois tentamos reconstruir os episódios as quais elas se referem. Vale ressaltar que não estamos preocupados com perfis individuais, queremos o comportamento geral da amostra. Assim, nos 73 questionários, nós contamos, considerando apenas uma citação para cada narrativa, 155 palavras afetivas (SHAVER et al., 1987). A figura 5.1 mostra as contagens individuais para as palavras. Como suspeitávamos percebe-se um pico nas palavras satisfação, gostar, interesse e curiosidade. Este ponto será explorado melhor nas próximas seções.

A fim de identificar os tipos de emoções mencionadas, nós codificamos as palavras em termos do que os psicólogos chamam de emoções básicas. Existem muitas listas. A lista de IZARD (1977), inclui *interesse, alegria, surpresa, angústia, raiva, medo,*

[16] Os dados obtidos em São Paulo contaram com a colaboração da bolsista de iniciação científica Talita Raquel Romero, orientanda do professor Dr. Maurício Pietrocola.

vergonha, desgosto, desrespeito e culpa. EKMAN (1984) focalizam sua pesquisa em *medo, raiva, surpresa, desgosto, tristeza e felicidade*. A lista de EPSTEIN (1984) inclui, *medo, raiva, tristeza, alegria, amor e afeição*. SHAVER et al. (1987) sugerem a perspectiva prototípica para classificação das emoções. A abordagem prototípica baseia-se na comparação entre emoções citadas envolvidas em episódios reais e a comparação com o protótipo ou características prototípicas, Isto é, emoções são percebidas e compreendidas com referência a emoções prototípicas. Finalmente, sugere que a codificação inicial de um episódio emotivo ocorre provavelmente no nível básico da hierarquia emotiva. Por exemplo, no modelo, satisfação encontra-se em um nível inferior dentro da emoção alegria, da mesma maneira que entusiasmo, porém alguém pode estar satisfeito sem estar entusiasmado, entretanto nos dois casos a emoção alegria estará presente.

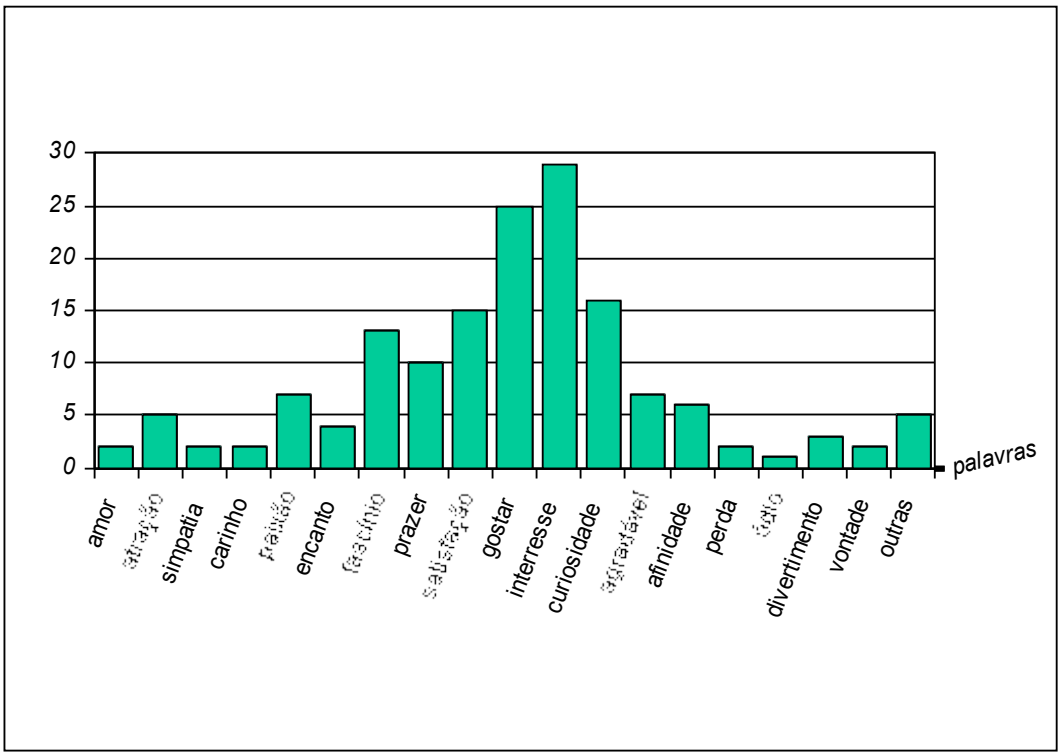


Figura 5. 1 - Freqüência das palavras afetivas

SHAVER e seus colegas partiram de uma lista inicial de 213 palavras emotivas, as quais foram reduzidas posteriormente a 135, distribuídas em 6 grupos (níveis básicos): *amor* (3 subgrupos), *alegria* (8 subgrupos), *surpresa*, *raiva* (6 subgrupos), tristeza (6 subgrupos) e *medo* (2 subgrupos). Nós distribuímos as palavras afetivas citadas nos episódios descritos

pelos participantes do estudo, a partir das subcategorias de SHAVER et al. Por exemplo, a experiência emocional de satisfação, foi incorporada a categoria alegria (ver tabela 5.1).

Tabela 5. 1 - classificação das emoções segundo SHAVER et al. (1987).

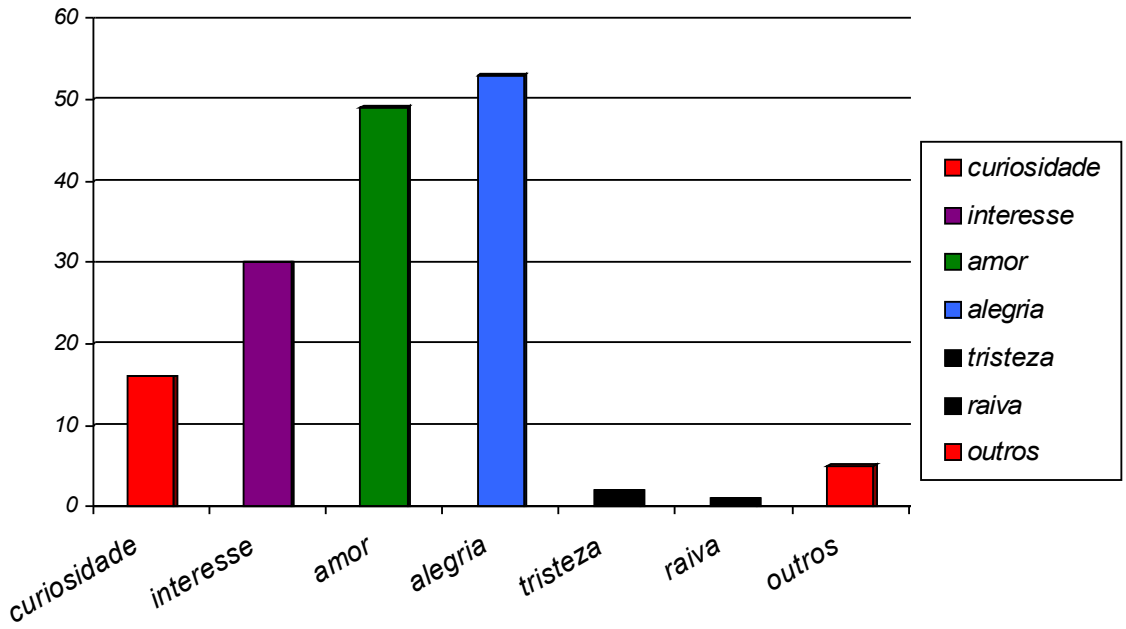
Amor	**Alegria**	**Raiva**	**Interesse**	**Tristeza**	**Curiosidade**
Amor	Satisfação	Ódio	Interesse	Perda	Curiosidade
Paixão	Agradável		Vontade		
Atração	Prazer				
Gostar	Divertimento				
Simpatia	Encanto				
Carinho	Fascínio				
Afinidade					

Ao final, obtivemos uma mescla das listas de IZARD (1977), EKMAN (1984) E EPSTEIN (1984). Para cobrir as classes de palavras que ocorreram freqüentemente, mas não estavam cobertas nestas classificações, nós adicionamos a categoria *curiosidade* (MASLOW, 1954; GÓMEZ-CHACON, 2001). A figura 5.2 apresenta a freqüência de ocorrência destas emoções nos episódios narrados pelos sujeitos pesquisados. Alegria foi a emoção mais freqüentemente mencionada, ocorrendo 52 vezes com 6 diferentes palavras referindo-se a tal estado emocional positivo. A segunda classe de emoção mais freqüentemente mencionada foi amor ocorrendo 49 vezes com 7 palavras diferentes. Interesse aparece como a terceira emoção mais freqüente, com 30 ocorrências, seguido de curiosidade com 16 ocorrências. Finalmente, as emoções tristeza e raiva, ocorreram, 2 e 1 vez, respectivamente.

Inúmeros trabalhos teóricos e empíricos mostram que emoções podem ser descritas em duas dimensões independentes (MANO & OLIVER, 1993). A primeira, o afeto positivo, reflete a extensão na qual uma pessoa sente-se prazerosamente engajada com o ambiente, ativa mentalmente, alerta e determinda; enquanto, a segunda, o afeto negativo, é um fator geral de angústia subjetiva e engajamento desprazeroso que envolve raiva, desprezo, desgosto, culpa, medo e nervosismo (WATSON et al., 1988). Então, nós codificamos, ainda, as emoções nas dimensões: positiva _ curiosidade, interesse, amor e alegria_ e negativa_ tristeza e raiva (WATSON & TELLEGEN, 1985; IZARD, 1977; SHAVER et al.., 1987; PETERSON, 1999). No total, a freqüência de emoções positivas foi de 147 ocorrências, contra 3 ocorrências de emoções negativas. Por tratar-se de uma

parcela praticamente irrelevante das emoções suscitadas, parece razoável descartarmos, daqui para frente, a análise de eventos ligados às emoções negativas.

Figura 5.2 - Freqüência das emoções



Como se havia previsto, a motivação para realizar o curso de física contém um núcleo central voltado ao afeto positivo. Este núcleo central, entretanto, permite uma subdivisão que merece um esclarecimento mais profundo. Em primeiro lugar, interesse e curiosidade emergem dos dados como emoções de *base epistemológica* (BERLYNE, 1966; ELLSWORTH, 2003). Quando um estudante resolve seguir uma carreira científica algumas questões devem, no mínimo mentalmente, ser respondidas: Por quê física? Por quê o ensino de física e não a pesquisa básica? Quais as perspectivas? O que me interessa na física? As respostas a estas perguntas vinculam-se diretamente a noção de interesse. Para IZARD (1977), interesse é a emoção positiva mais freqüentemente experimentada, fornecendo grande parte da motivação para o aprendizado, o desenvolvimento de habilidades e competências e realizações criativas.Ele resulta de um aumento na estimulação neural, geralmente trazido por alguma mudança ou novidade, mas também determina como as pessoas selecionam e persistem em processar preferencialmente certas informações do ambiente (HIDI, 1990). Em um estado de interesse a pessoa mostra sinais de atenção e curiosidade. Segundo SILVIA (2005), interesse é uma emoção associada com

curiosidade, exploração, busca de informação e aprendizagem. Porém, interesse e curiosidade possuem características distintas, configurando-se como reações emocionais diferentes, embora estejam relacionadas. De acordo com KUBOVY (1999), estar curioso é ter prazer a partir da aprendizagem de algo que você não sabia previamente. WADSWORTH (1998), afirma que curiosidade é o *"o desejo de conhecer coisas e atribuir sentido a elas"* (p. 171). Humanos preferem ambientes mais dinâmicos quando comparados com meios menos complexos, ao mesmo tempo em que apreciamos o conhecido, freqüentemente nos sentimos atraídos pelo novo. Fundamentalmente, curiosidade é o impulso que nos leva a exploração e, em última instância, entendimento de algo novo. Perguntas típicas de uma mente curiosa seriam: Por quê o céu é azul? Por quê existe dia e noite?

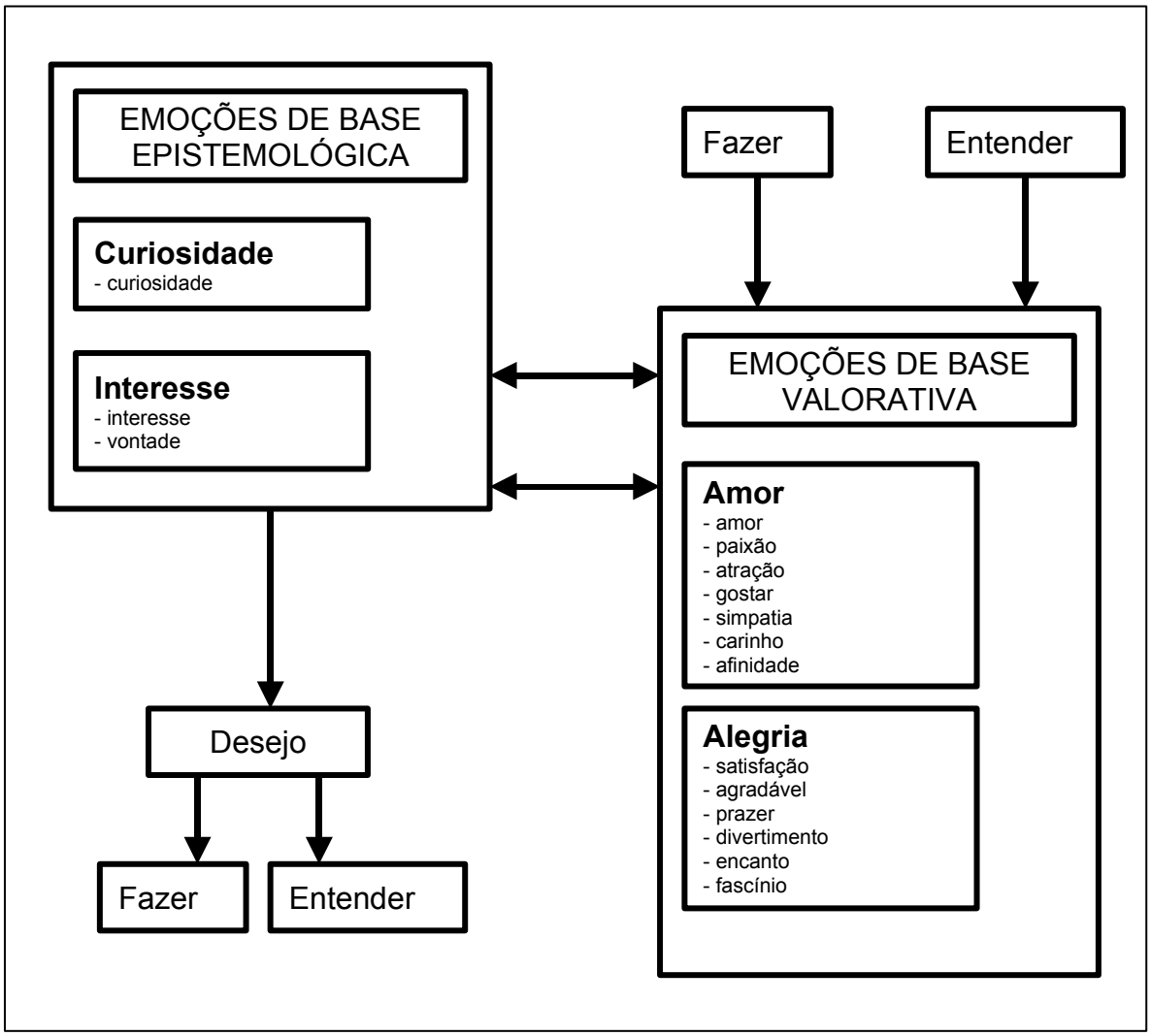


Figura 5.3 - Dimensão afetiva positiva na relação com a Física (Matemática e Química)

Por outro lado, amor e alegria, incluem-se e uma classe que podemos chamar de *emoções de base valorativa*, pois se referem mais ao valor afetivo atribuído pelo indivíduo a uma proposição, ação, objeto, conceito ou representação, do que a busca de informação no ambiente, através de sua exploração prática ou cognitiva. É um sentir-se em relação a algo. Por exemplo, uma experiência escolar rica, na qual o aluno tenha participado atentamente, discutido e entendido profundamente um determinado conteúdo fará com que ele, provavelmente, registre um sentimento positivo com relação àquela experiência, na estrutura afeto-cognitiva. CARSON (1960) faz notar que *"primeiro é estimulada a emoção; as emoções servem de catalizador na busca de conhecimento. Uma vez encontrada, a informação tem significado duradouro"* (p. 45). Isto é, nós lembramo-nos do que compreendemos, e a nossa capacidade de dominar a compreensão depende da nossa motivação e das nossas emoções. A figura 5.3 representa a classificação da dimensão afetiva com relação à Física (Matemática e Química)[17], nas bases epistemológica e afetiva, segundo a descrição acima.

A interação entre as categorias está longe de ser biunívoca. Isto significa dizer que um indivíduo com alto interesse em assuntos científicos apresentará sentimento de satisfação quando exposto assuntos de cunho científico, por sua vez esta satisfação aumentará o interesse e a curiosidade sobre questões do tema, as duas bases emotivas são realimentadas, como sugere a ligação na figura 5.3. Tal separação é apenas por conveniência teórica.

Até o momento tratamos de apresentar a dimensão afetiva com relação à escolha das carreiras de Física (Matemática e Química), sem referência aos eventos ou representações responsáveis em edificar a estrutura, o que faremos a partir deste momento. Em particular mostraremos que a busca de explicações e a seu entendimento, ocupam lugar de destaque no contexto afetivo da escolha da prática de uma disciplina científica, bem como do seu aprendizado.

5.3.1- Episódios afetivos

[17] As disciplinas Matemática e Química estão entre parênteses porque a amostra consultada foi pequena.

Segundo WEINER (1986), as pessoas procuram explicar a causa das coisas, os "porquês", isto é, a motivação das condutas próprias e dos outros. As condutas são afetadas pelas atribuições de causalidade que elas realizam. No caso das emoções existe uma reação geral positiva ou negativa, baseada no sucesso ou fracasso percebido sobre o resultado de um acontecimento, e uma inclusão causal. Por exemplo, uma reação afetiva positiva com relação a Física, tal como satisfação com a disciplina, pode ser atribuída ao desempenho do professor em uma certa situação didática. Guardadas as proporções nós vamos buscar tais atribuições. Assim, dividimos os episódios afetivos, ou seja, aquilo que de fato foi merecedor de um *status* afetivo, com referência as emoções suscitadas. Vamos dedicar um lugar especial para as explicações. Foram selecionados os episódios principais, isto é, aqueles que mais explicitam as cargas afetivas do comportamento geral da amostra.

5.3.1.1- Emoções de base epistemológica

CARL HEMPEL (1970), atribui ao fazer ciência à consecução do desejo inato de se conhecer o mundo que se habita. A busca de sentido ao que experienciado, o flerte com o desconhecido, denotam uma das capacidades humanas mais sensacionais e necessárias. Mas também se encontra na curiosidade uma vantagem evolutiva de grande valia. Podemos mostrar que a uma das grandes motivações para fazer o curso de Física (Matemática e Química), associa-se e com a busca de informação, do entendimento do funcionamento do mundo natural ou artificial. Em alguns casos, desde cedo, o mundo se configura como um ambiente desafiador que instiga a curiosidade dos indivíduos, fazendo com que eles busquem mais conhecimento e vejam a escola, inicialmente, e a carreira científica, posteriormente, como fonte de entendimento dos questionamentos levantados. Observemos alguns relatos[18] :

> "**Quando eu era pequeno queria conhecer coisas novas sobre tudo**. E tinha várias dúvidas: como o céu é azul de dia e a noite é preto? Não rosa? Minha não pode dar estas respostas, mas eu lia muito umas antigas enciclopédias dela [...] e de lá aprendia muitas coisas, pois a linguagem era bem simples". (Daniel – Licenciatura em Física)

[18] Todos os nomes citados ao longo desse trabalho são fictícios, e todos os grifos são nossos.

> "**Crianças costumam ser naturalmente curiosas em todos os assuntos**. Essa característica, muito importante no começo da vida de uma pessoa, garante grande absorção de informação na formação desta pessoa, quando essa deve se adequar ao modo de vida escolhido pela humanidade [...] levando em conta essa característica humana presente nas crianças, posso dizer que **desde bem cedo me interessa saber a razão, o porquê das coisas [...] satisfazia minha curiosidade desmontando e remontando brinquedos mecânicos**". (Alexandre – Licenciatura em Física)

> "Para entender o que me levou a fazer um curso superior de física, primeiramente preciso relembrar minha infância. **Sempre fui uma criança muito curiosa**. Sempre quis saber o porquê das coisas. Perdi a conta de quantos rádios, controles e aparelhos eletrodomésticos estraguei abrindo para tentar entender o seu funcionamento. O modo como as coisas funcionavam apenas pelo fato de ligar na tomada sempre me chamou a atenção". (Leandro – Licenciatura em Física)

> "O interesse pelo assunto vem de longe, de criança. A falta de recursos para aquisição de brinquedos, ferramentas entre outros objetos prontos, me obrigava a usar a criatividade para produzi-los com outros materiais disponíveis. Estou certo que a facilidade de entender os primeiros conceitos de mecânica vieram deste fato. Em seguida, devido ao **interesse de saber como as coisas funcionam**, como se comportam diante de determinada situação, realizava experiências por conta própria". (Sérgio – Licenciatura em Física)

> "Sempre me **interessei por saber as razões pelas quais as coisas aconteciam**, mas ninguém a minha volta tinha uma explicação que me fosse convincente" (Cleverson – Licenciatura em Física)

Em todos as falas podemos destacar a premência da busca de explicação. As explorações feitas quando crianças ou adolescente levaram os investigados a cultivar o interesse pela ciência e a curiosidade pelos temas tratados na carreira científica, pois muitas questões levantadas, só viriam a ser respondidas na escola, ou mais tarde no curso de graduação. Daniel, por exemplo, admitiu sua vontade de conhecer coisas novas, ligadas ao mundo natural. O desequilíbrio provocado pela idéia que o céu pudesse ter outra coloração diferente daquela freqüentemente observada o conduzia a continuar explorando, na tentativa de dar sentido ao objeto de desequilíbrio. A procura por outras fontes de informação frente às respostas evasivas da sua mãe manteve acesa a chama do desejo de conhecer. A leitura espontânea da enciclopédia fez com que ele encontra-se alguma acomodação aos anseios da mente em entender as situações provocadoras propiciadas pelo ambiente. A busca da intimidade com a natureza, de familiarizar-se com aquilo que embora cotidiano, era destituído de significado, ou num nível primário, conquistar domínio da natureza, fomentou e dirigiu seu caminho até o curso de licenciatura em física. Esta

necessidade de saber, descompromissada e volitiva, provavelmente trouxe sentimentos positivos relacionados ao entendimento alcançado, criando uma atitude científica (PINHEIRO, 2003, GÓMEZ-CHÁCON, 2001, OSBORNE et al., 2003)

Relevante é perceber que as interrogações não se limitavam apenas ao mundo natural. Nos extratos citados acima, a relação com os artefatos tem papel importante no despertar das emoções dos indivíduos entrevistados. Leandro, por exemplo, divertia-se manipulando os aparelhos eletrônicos em casa. Uma interpretação possível seria que a sua exploração, tanto mental quanto física, sobre estes objetos, originou o laço afetivo necessário para que, acompanhado do sentido cognitivo construído naquele momento, houvesse persistência em tratar questões deste tipo. A matéria transformada pela ação racional do homem, portanto, retrata um constante e rico manancial de indagações. Mais do que uma relação pragmática, pautada em apertar botões ou leitura de manuais, há um anseio de aproximação progressiva com os "mecanismos" subjacentes ao mundo percebido (CUPANI & PIETROCOLA). As "caixas-pretas" do cotidiano em algum momento geram incertezas, mesmo para aqueles mais passivos.

Criatividade, um outro atributo, descrito na narração de Sérgio, realça a importância das emoções epistemológicas no processo embrionário de seguir carreira na área científica. Elencar problemas e prosseguir em sua solução, procurando resolver problemas cada vez mais difíceis, oferta maior oportunidade ao desenvolvimento de um ambiente propício à exploração livre. Mais do que êxito em encontrar a resposta correta, entra em jogo a ciranda do criar, tentar soluções alternativas, por meio de caminhos construídos durante o pensar. A resposta dada por Sérgio às condições do ambiente ampliou sua identificação com a área científica, fazendo sua mente e suas emoções gozarem o processo criativo. Consultando suas reminiscências, Sérgio, trouxe á tona um episódio marcante, no qual tinha necessidade de encontrar alternativas viáveis, mais tarde convertidas em processo mais complexo de descoberta em situações controladas por ele. RUSS (1993) nota que as conexões entre processos cognitivos e afetivos são importantes para os processos criativos.

O estabelecimento de vínculos afetivos com o conhecimento passa também pelo compartilhamento com outros das sensações positivas vivenciadas. Encontrar no outro alguma sintonia com o nosso pensar, por vezes, estimula a crescente busca do conhecer. Nestes casos, nem sempre há ligação direta entre o observador e o objeto de cobiça

intelectual. A descoberta acontece através do contato com jornais, revistas e discussões, o elo do final continua sendo o mesmo, porém via outro tipo de intermediação semiótica. Nas respostas dos questionários encontramos algumas passagens que denotam esta idéia:

> "Tenho um amigo que estudou comigo, por várias séries [...] com ele eu conversava bastante sobre diversos assuntos, **mas tínhamos especial interesse e discutíamos como as coisas funcionam**. Discutíamos sempre estimulados por alguma leitura de algum artigo técnico ou científico ou por vezes líamos em jornais, revistas ou livros. Não éramos sistemáticos em tais leituras mas quando algo do tipo científico, mecânico ou eletrônico caísse em nossas mão nós líamos e discutíamos" .(Luiz- Licenciatura em Física)

> "Primeiramente, destaco, dentre dois motivos (se assim posso dizer) o meu interesse na revista superinteressante número 1, em 1986, com o trem flutuante na capa, o que causou-me, alegria, curiosidade, etc, o que na época, estando eu na sexta série com 12 anos, foi deveras marcante. Comecei a colecionar, até lançarem o CD coleção anos atrás. Hoje em dia continuo colecionando, conjuntamente a outras revistas. Dentre leituras na biblioteca e bancas de jornal, **continuo a cativar em mim, inconscientemente aquela ansiedade em descobrir, ver , entender um pouco mais deste mundo científico instigante**". (Marcos – Licenciatura em Física)

Os graduandos citados alimentaram sua curiosidade recorrendo a revistas de divulgação científica. Embora materiais deste tipo não façam parte do ensino corrente nas escolas, são de fácil acesso e bastante difundidos, e, muitas vezes, transitam nas salas de aula mesmo antes do contato formal com disciplinas científicas. Os estudantes querem saber sobre temas atuais, como clonagem, a idade do universo, lasers, entre outros. Entretanto, o despreparo dos professores em responder satisfatoriamente tais interrogações, acaba por tolher a iniciativa dos alunos. Os relatos acima, perceptivelmente ilustram a ação individual direcionada ao objetivo de aumentar o entendimento sobre assuntos científicos. O cultivo da prática, acompanhado do prazer gerado ao descobrir, incrementou o contexto afetivo da escolha da profissão.

Dar sentido as relações matemáticas através da Física constitui-se igualmente em fomento ao interesse pela disciplina, como sugere o licenciando em Física Francisco.

> "Comecei a estudar para o vestibular visando o curso de Física, para mais tarde me especializar em mecatrônica, pois o meu sonho era trabalhar com robótica, **pois sempre tive muito interesse em como essas máquinas funcionam**, pois é como se 'desse vida' a um pedaço de metal. Fui à escola pública onde estudava e encontrei um livro de Física. **O primeiro assunto que comecei a estudar**

> **foi estática, e o que mais me chamou a atenção foi saber que a Matemática servia para explicar aqueles fenômenos e me interessei de verdade por Física, porque ela dava um sentido (que eu ainda não havia encontrado) à Matemática que nós aprendíamos**".

Na primeira parte do extrato novamente aparece a curiosidade por artefatos, fortalecida dramaticamente pela argumentação que as máquinas parecem ter vida. Na parte final, o sentido dado à matemática com os conteúdos de estática fez aumentar seu interesse pela Física. Ao que parece, até então Francisco contentava-se com raciocínios desconexos da realidade resolvendo exercícios de matemática, quando percebeu que a Física podia interpretara a realidade e oferecer significado aos cálculos abstratos.

Mas, a escola felizmente ainda tem um papel relevante na decisão por uma carreira científica, pois às vezes o interesse por assuntos científicos ou o despertar da curiosidade sobre o mundo natural e artefatos, nasce na escola, através das disciplinas científicas, na qual a participação dos professores se reveste de importância capital. Na análise dos questionários, percebemos que as experiências escolares contribuem de diferentes formas para formação de um perfil voltado as carreiras cientificas puras ou seu ensino. A licencianda em Física Tânia, por exemplo, ao passar acreditar que a física permite uma explicação para todos os fenômenos naturais, descobriu interesse pela disciplina. O poder explicativo da física constitui-se para ela um elemento estimulante e decisivo, possivelmente, porque anseava por isto. Em suas palavras:

> "**A partir do momento em que descobri que realmente havia uma explicação possível para 'todos' fenômenos naturais, comecei a me interessar pelo assunto**. Isso foi no ano 2000, quando entrei no ensino médio e tive a primeira aula de física".

O professor, até mesmo por ser o foco das atividades de ensino tradicionais, acaba se tornado uma referência para o aluno. Entretanto, esta referência nem sempre é positiva. É comum ouvirmos os alunos reclamarem dos maus professores, pouco compromissados com a disciplina ou com o desempenho dos alunos. Professores deste tipo costumam ficar presos a inércia da repetição dos métodos tradicionais (ARRUDA, 2001). Outros, porém, exercem a profissão com afinco e paixão, contagiando os alunos e servindo de instrumento de incentivo e espelho para os planos futuros dos pupilos. Alguns relatos oferecem a noção exata desta idéia:

> "**Eu sempre tive facilidade com matemática no Ensino Fundamental e, ao iniciar o Ensino Médio meu professor de física percebeu esta facilidade e foi despertando meu interesse pela física**. Ele me levou no IF-USP e sempre me incentivou muito". (Juliana - Licenciatura em física)

Juliana indica que o incentivo do professor, aliado a sua facilidade com a matemática no Ensino Fundamental, a levou ao curso de licenciatura em física. Neste trecho, ela reconhece na percepção do professor de sua aptidão com as disciplinas exatas, bem como a iniciativa de levá-la ao Instituto de Física da USP, referências positivas no crescimento do seu interesse pela física. O professor criou um ambiente propício ao desenvolvimento de uma atitude favorável sobre a Ciência. Em outros casos, o professor continua servindo de referência, embora sem ações explícitas. Felipe, por exemplo, passou a apreciar a física somente após as aulas ministradas no segundo ano do Ensino Médio. Neste caso, o professor mostrou a Felipe, atualmente um licenciando em Física, uma nova maneira de ver o mundo, através das explicações dadas pelas teorias físicas. Consideremos seu relato:

> "**Meu interesse pela física começou no segundo ano do Ensino Médio, graças a um ótimo professor com quem tive aula**. Antes de tal experiência, não conseguia apreciar a física e muito menos tirar boas notas [...] passei a considerar a física como algo místico, com o qual eu seria capaz de entender o funcionamento de tudo do macro ao micro. Suas explicações me pareciam maravilhosas e seus estudiosos eram considerados gênios por mim".

Destaca-se nesta passagem, a condução do professor, de um lado, e o encanto das explicações, de outro, na construção do interesse pela área da física.

Também dentro do ambiente escolar, Luciano, um licenciando em matemática, encontrou na figura do professor, embora por motivos distintos de Felipe, o despertar do interesse pela docência de uma disciplina científica. Luciano fala sobre a inspiração trazida por duas professoras do Ensino Fundamental, através das suas aulas com contornos afetivos acentuados e grande preparo didático.

> "A partir da quinta série duas professoras foram as grandes responsáveis pelo meu desejo de me tornar docente: na quinta, sexta e oitava, a professora Amélia e na sétima a professora Sara. Dentre essas duas devo confessar que tive, tenho e sempre terei um carinho maior pela professora Amélia, pois nos passava a matéria com carinho dedicação e o melhor de tudo compreensão. De fato, anos depois, ao escutar uma frase do professor César Lattes, um grande físico, eu finalmente pude entender a dedicação da professora Amélia. César Lattes dizia: 'para educar tem que dar carinho'.

> **Dizem que às vezes nos baseamos no comportamento de outras pessoas para definir o que seremos, que nos espelhamos naquilo que vemos ao nosso redor. Comigo não foi diferente, e ao ver o empenho dessas duas professoras, sabia que o meu desejo era me tornar professor**".

A menção feita à frase do físico César Lattes "para educar em que dar carinho" sintetiza, na concepção de Luciano, o conceito de educar. As experiências vinculadas a episódios afetivamente positivos forjaram nele a identificação da educação com a transmissão de sentimentos na mediação do saber concretizada pelo professor. Portanto, ser professor para ele, leva agregado o desejo de tornar-se como as professoras que teve. Na passagem acima Luciano conclui com a afirmação, *"com minha facilidade no manejo com números e raciocínio lógico, meu gosto pela matemática, resolvi seguir esta profissão"*. Claramente, a junção de variáveis afetivas e cognitivas entra em cena.

Esse aspecto importante da contribuição docente é corroborado no relato do licenciando em Física Anderson.

> "Acredito que a aptidão, a didática dos professores e o fato do conhecimento de física ser 'apalpável' e interessante a mim, foram elementos cruciais na minha escolha, a falta de qualquer um deles teria me levado à desistência da carreira. **Sem bons professores eu não teria interesse algum, sem aptidão não aprenderia nada e sem esse lado real da física pensaria que esse conhecimento fosse inacessível para não gênios**" (Anderson – Licenciatura em Física)

A motivação de Anderson é atribuída ao trabalho dos professores, mas também a percepção concreta do conhecimento físico. Ele os vê como elementos cruciais em sua escolha. A asserção "O lado real da Física" oferece a dimensão de proximidade com o saber físico, pois dá a entender a existência de um conhecimento abstrato e distante do contexto de vivência, e limitado ao ambiente escolar. Aliado a isto, Anderson reconhece sua afinidade com a área de exatas. Aqui novamente encontramos a junção das habilidades cognitivas necessárias ao raciocínio lógico e a condução da relação didática, na formação do interesse.

Cléber, um outro respondente, profere declarações bastante interessantes sobre sua motivação para cursar a Licenciatura em Física. Cléber defende a posição que desde cedo o mundo se configura em fonte contínua de questionamentos no extrato seguinte.

> "A cada ser humano é inato às questões que são pertinentes ao funcionamento de tudo que os cercam".

A busca de entendimento do mundo, comum na infância de Cléber, pode ser revivida com a expectativa gerada pelo ingresso no curso.

> "**A minha escolha refloresceu de saber como todo este mundo funciona**, não prendi a atenção em como funcionavam objetos pequenos que permeavam, a minha infância, mas tentava compreender como este 'objeto' [a Terra] tão imenso que está presente em todos os dias, em todas as horas, a cada minuto e com o passar de cada segundo permeia a minha vida.

Ao lado do impulso de buscar explicações, nós podemos identificar novamente o descontentamento com a matemática pura.

> "Com o passar dos anos, professores falavam para mim que eu tinha grande facilidade de lidar com números, por esta e outras afirmações pensei investir no ramo da matemática. **Mas quando pensava nesses números e não consegui a transpô-los para sanar as minhas indagações sobre o mundo, senti um pouco decepcionado"**.

Está claro que Cléber tinha uma inclinação pela área de exatas, entretanto, a matemática não era suficiente, porque não gerava explicações, apenas lidava com lógica. UENO et al. (2003) interpretam que quando um aluno tem a satisfação de resolver problemas de matemática, e encontra na Física a possibilidade de obter respostas às suas inquietações, à sua curiosidade natural. Ele consegue unificar estas duas satisfações, aumentando o grau de satisfação em relação ao conhecimento, porque se adicionam o prazer de resolver problemas e o de entender. De acordo com Cléber, esta satisfação veio com a disciplina de Física no Ensino Médio.

> "Vi que a Física conseguia sanar meus questionamentos de mundo, de uma forma simples, correlatada com números e, principalmente, muito bonita".

Todos os relatos escrutinados até o momento apontam que um fator decisivo no momento da escolha da carreira, remonta aos tempos de infância, com a busca de explicações sobre o mundo natural e artefatos. A persistência destes sentimentos de curiosidade e interesse, alimentados pelo contato com as disciplinas no Ensino Médio, motivações pessoais ou incentivos dos professores acabaram pesando na decisão.

5.3.1.2 - Emoções de base valorativa

Nesta categoria, nós procuramos identificar relatos cujo foco está sobre atribuição de um valor afetivo positivo sobre os episódios, ou experiências vividas na escola ou fora dela. Aqui, está em evidência o sentir-se em relação ao entender algum conteúdo de ciências, Física em particular; ou ao engajar-se em atividades escolares. Nós pensamos que a realização de tarefas escolares pode contribuir para formação de atitudes positivas com relação à Física, mas que acima de tudo são elementos de grande satisfação para os alunos. Consideremos o seguinte extrato do relato da graduanda do Curso de Licenciatura em Física Luísa.

> "Sempre **gostei** das matérias de Física, Elétrica, Mecânica e Matemática. Como já havia feito o técnico em eletromecânica decidi cursar algo na área exata, e como não consegui definir qual das exatas **gostava**, optei por Física que englobava elétrica e Mecânica".

Pela narrativa, nós podemos perceber afinidade com a área de exatas. Ela já havia tido uma experiência bastante significativa com o Curso Técnico em Eletromecânica, fortalecendo a opção pelo Curso de Física. O sentimento foi um fator decisivo na decisão. Em seguida Luísa comenta:

> "[...] um assunto que eu **adorava** era a parte de manutenção elétrica, onde consertávamos e aprendíamos o funcionamento de motores elétricos".

Para Luísa a atividade didática com manutenção de motores, no Curso de Eletromecânica, é algo associado a sentimentos positivos. Na exploração dos equipamentos, ela foi descobrindo o gosto pela área científica. LIU e TREAGUST (2005), argumentam em favor da interação entre o ambiente de aprendizagem e emoções. Fatores educacionais, como o formato da atividade em classe, podem determinar o aumento do interesse pela disciplina. A declaração abaixo de Carlos Henrique também apresenta a mesma relação com a dimensão afetiva.

> "Durante todo Ensino Fundamental e Médio sempre tive uma aproximação maior com as matérias dita como exatas com uma maior inclinação para Matemática e a Física. Como essas matérias sempre foram problemas de muitos alunos, muitas vezes eu estava ensinando as matérias para os colegas, e constantemente os colegas aprendiam melhor com minhas explicações. Sempre obtive **prazer** ao ensinar meus colegas".

Carlos Henrique, diferentemente de Luísa, sentia maior prazer ao ensinar os colegas, justificando sua inclinação para a licenciatura. Luís Antônio acompanha a opinião de Carlos Henrique. Ele também considera a resolução de problemas uma fonte de satisfação, motivo pelo qual justificou a opção pelo Curso de Matemática.

> "A matemática sempre foi um dos grandes **prazeres** da minha vida, não por eu ter facilidade em resolver problemas rapidamente, mas sim, por eu ter paciência e uma tremenda **satisfação** ao resolvê-los, mesmo que demore dias".

A mesma satisfação encontra-se no relato do licenciando em Física Oswaldo.

> "Desde o princípio, em termos de minha existência sempre tive um interesse e certa facilidade para compreender o lado exato das disciplinas escolares, de modo que meu interesse nas resoluções de situações lógicas chamasse a atenção dos docentes. [...] eu participava das atividades como forma de divertimento. Enquanto era uma tortura para meus colegas realizarem tais atividades, eu **gostava** de 'quebrar' minha cabeça na resolução das atividades propostas. Conforme os anos foram passando eu nunca perdi o interesse [...]"

Mas o entendimento também desempenha importante papel, conforme mostra o extrato da narrativa de Leandro, um graduando do Curso de Licenciatura em Física.

> "Quando entrei no colegial, tive meu primeiro contato direto com a Física. Foi praticamente **amor** a primeira vista. Apesar de ter sido sempre um aluno relapso e preguiçoso, sempre me dei bem nesta matéria, pois sempre **gostei**. Entender o porquê das coisas me deixava muito **empolgado**".

Leandro argumenta que as dificuldades encontradas na vida escolar eram suplantadas devido ao gosto pela disciplina de Física. Ele faz uma referência explícita a função do entendimento do conteúdo na construção de sentimentos positivos com relação a Física. O termo "empolgado" denota claramente a emergência de padrões afetivos com a obtenção de explicações. Em seguida Leandro complementa: *"Acho que poderia dizer que escolhi fazer Licenciatura em Física porque eu gosto muito de Física e quero levar outras pessoas a gostar também"*. O relato abaixo, de José Eduardo, outro graduando, alinha-se no mesmo estilo de pensamento de Leandro.

> "Com o tempo descobri que o entendimento dos princípios básicos do funcionamento do universo me fascinava muito mais que a sua aplicação no projeto, construção e manutenção de dispositivos. Assim, o que realmente me motivou a fazer Física foi à busca de conhecimento. Não pensei se seria

> cientista ou professor, aliás, não pensei no que iria trabalhar ou como iria ganhar dinheiro depois da faculdade. Só sabia que a busca pelo conhecimento me fascinava e por isso resolvi fazer Física".

Similarmente, o licenciando em Física Thiago Pereira comenta:

> "Os motivos pelos quais escolhi fazer Física são muitos. Desde minha infância eu tinha um **fascínio** de como as coisas funcionam. Sempre perguntava para meu pai como as coisas funcionavam, o aquecedor solar, o motor do carro dentre outras coisas. Com isto eu descobri o fascínio pela compreensão do mundo".

Ele amplia sua argumentação ao dizer que:

> "[...] o que me **atrai** a fazer Física é a capacidade dos ser humano de inventar modelos teóricos que descrevem os fenômenos do universo desde o átomo até as galáxias".

Thiago Pereira atribui ao poder explicativo da ciência Física a razão de sentir-se atraído. Isto se revela fortemente na referência aos modelos teóricos criados pelo homem, já que em última instância são os modelos que geram explicações (ver discussão no capítulo 2). Ele vê na possibilidade de explicar fenômenos um elo de afinidade. Deve-se novamente destacar o entrelaçamento entre explicação, o entendimento e afetividade.

Uma outra constatação relevante diz respeito à evidência que o ato de explicar aumenta o entendimento sobre o assunto explicado, e ao mesmo tempo este processo incrementa a carga afetiva positiva sobre a disciplina. O relato do licenciando em Física Daniel retrata eficazmente tal idéia.

> "Os meus amigos com dificuldades, pediam a minha ajuda, e o mais impressionante é que ao tentar explicar coerentemente, entendia ainda mais a matéria! E o pior, eles também entendiam!! Comecei a me animar em arrumar formas de explicar a Física, e aí já era tarde demais, já havia me **apaixonado** por ela".

Na declaração, Daniel diz que ao encontrar formas diferentes de explicar aumentava gradativamente seu próprio entendimento do conteúdo. O sentido dos conceitos aflorava mais significativamente conforme as explicações eram repetidamente construídas. Por outro lado, sua motivação crescia no ato de procurar meios heurísticos de facilitar a explicação aos colegas. A paixão descrita por Daniel no final da sua fala nasceu da junção

destes dois fatores, que apesar de natureza cognitiva, permitiram a atribuição de um valor emocional com relação a Física.

A articulação entre gostar de entender e o poder explicativo da Física, parecem montar o cenário perfeito para o desenvolvimento da intenção de prosseguir em uma carreira na disciplina. O extrato abaixo da narrativa da licencianda em Física Tarcila apresenta este enfoque.

> "Como **gosto** de entender como as coisas funcionam, vários fenômenos me intrigavam, portanto acho que tudo que está relacionado com a Tecnologia é **fascinante**".

Vale ressaltar nesta asserção a presença da Tecnologia. Embora haja bastante confusão quando se trata da compreensão do conceito de tecnologia (RICARDO et al., 2006), portanto uma dificuldade natural de separar estes domínios, percebe-se no relato que a tecnologia, além da ciência pura, engrossa o rol das atividades científicas na ativação do estímulos emocionais do indivíduo. Tarcila deixa bem evidente seu gosto pelo entender como as coisas funcionam. Para ela o mundo revestia-se de uma série de desafios intelectuais que a intrigavam constantemente, e tais desafios quando superados, tornavam-se fonte de satisfação. Por outro lado, o mundo transformado teve participação significativa na edificação dos seus sentimentos. Em uma passagem mais adiante o poder explicativo da Física é aclamado mais uma vez.

> "Quando freqüentava o ensino médio a Física me fascinava, pois as Ciências, de um modo geral, explicam de forma mais satisfatória o mundo a nossa volta, pois quando somos crianças todas as respostas que tivemos sobre como as coisas funcionam é: é assim que funciona e pronto!".

Para Tarcila, a Física consegue oferecer explicações mais satisfatórias. Neste caso, o termo satisfatória comporta duas interpretações. Na primeira, mais cognitivista, pode-se entender como explicações mais plausíveis, que mostram como os fatos realmente decorrem da estrutura conceitual do modelo explicativo. Na segunda, mais afetiva, pode-se inferir a ocorrência de alguma realização emocional positiva com as explicações geradas pela Física. Nesta última interpretação, tem-se uma das nossas hipóteses de trabalho: a da existência do *saber que satisfaz*.

Nós podemos inferir a partir dos relatos algumas respostas carregadas emocionalmente, mas sem conexões com alguma coisa relacionada à escola. O comentário seguinte é típico.

> "A princípio as Ciências e a História sempre me fisgaram pelos seus fascínios naturais. Eu ainda me recordo de uma das minhas primeiras experiências mentais, a qual eu ainda não sabia classificar como da área de Física [...] imaginei um pássaro voando dentro de um carro em movimento; e todas as conseqüências disto, como referenciais". (Luiz Henrique - Licenciatura em Física)

Luiz Henrique relata experiências de pensamento que fazia quando criança. Relatos desse tipo podem ser encontrados em textos de biografias de vários cientistas como Einstein, Galileu e outros (HOLTON, 1979). Possivelmente, suas considerações naquela época eram mais pobres que as descritas acima. Entretanto, mostra que desde cedo fenômenos naturais ou cotidianos são fonte de inquietação intelectual pela busca de entendimento.

A construção do vínculo afetivo com a Física ocorre de diversas maneiras. A discussão precedente evidenciou alguns fatores constituintes deste processo. Nós mostramos que três elementos têm destaque: o prazer em resolver problemas, o entendimento gerado pelas explicações e o poder explicativo da Física.

5.3.1.3 - A centralidade das explicações

Uma das principais características do conhecimento teórico é o poder explanatório. Em geral, defini-se uma teoria como boa em função da qualidade da explicação que é capaz de oferecer. SCHWITZGEBEL (1999) faz notar que explicações desempenham papel central em teorias. Boas explicações permitem entender e interpretar o fenômeno que foi explicado. Boas explicações fornecem um ponto de partida não somente para entender o presente, mas também para situações semelhantes no futuro. Nesta categoria, não desenvolvemos nenhum elemento substancialmente diferente dos encontrados nas classes precedentes. Nós apenas tomamos emprestado a idéia que as explicações tem papel central no conhecimento teórico, e a articulamos com as manifestações afetivas dos alunos

respondentes dos questionários. Comecemos então pela narrativa do licenciando em Física Anderson.

> "Quando era aluno ficava muito interessado quando percebia que aquilo que o professor falava fazia parte do meu dia a dia. Muitas vezes eu via o fenômeno acontecer diante dos meus olhos, mas nunca havia parado para observá-lo de forma diferente. **Depois das aulas de Física parecia que o mundo ao meu redor mudará**. Foi assim com as aulas de momento de uma força [torque], dilatação térmica, fenômenos relacionados com a luz (refração, reflexão) e muitos outros".

No comentário de Anderson, pode-se perceber que as explicações envolvendo abstrações distantes do seu cotidiano contribuíam pouco para seu interesse pela Física. Na concepção de Anderson as aulas de Física fizeram que ele passasse a ver o mundo de maneira diferente. Ver as coisas para além das aparências é um desafio constante na Educação Científica, e Andersom parece ter conseguido isto na sua vida escolar quando as entidades teóricas da Física eram articuladas com fenômenos familiares[19].

Para mostrar outros aspectos importantes da explicação científica na escola, vamos acompanhar alguns extratos da narrativa do licenciando em Física Hugo. Inicialmente, Hugo fala da motivação para seguir a carreira de Físico.

> "Eu tenho bem claro em minha memória o momento em que decidi escolher a carreira de físico. Aos 14 anos encontrei um livro em casa intitulado "A Evolução da Física", de Leopold Infeld e Albert Einstein".

Em seguida, Hugo refere-se explicitamente a contribuição das explicações escolares no ímpeto de tornar-se Físico.

> "Naquela altura [aos 14 anos] de minha vida escolar (8ª série), já tínhamos começado estudar alguns conteúdos de Física, como Energia; e também de Química, como, por exemplo, atomística. **Já havia ficado bastante intrigado com o fato da matéria ser constituída de átomos**".

A descrição do modelo atômico foi um momento marcante na história de Anderson, porém o despertar veio mesmo com um assunto descoberto no livro "A Evolução da Física".

[19] Contudo, vale a advertência de HEMPEL (1970) que o objetivo das explicações não é suprimir os fenômenos. Não é o objetivo nem o efeito das explicações teóricas mostrar que as coisas e os acontecimentos familiares a experiência quotidiana não estão realmente ali.

> "No entanto em certa altura do livro, que era bastante difícil para mim, era abordada a questão que cada observador possui um tempo próprio, e que o tempo não flui de mesma forma para observadores com diferentes estados de movimento. **Aquilo me deixou perplexo e passei a me interessar muito pela teoria da relatividade. Tanto que escolhi ser físico para entender a teoria da relatividade. E entendê-la me satisfez** [...]"

A busca de Hugo pela explicação da relatividade do tempo acabou o levando até a universidade. GILBERT et al. (2000) argumentam que uma explicação possui um nível de relevância intrínseca, no qual o questionador deseja saber ou entender alguma coisa por vontade própria. A valorização da explicação ocorre por julgamento pessoal do indivíduo. A persistência de Anderson parece estar de acordo com esta suposição. Por outro lado, Hugo descreve a satisfação com entendimento gerado pela explicação tão procurada. GOPNIK (1998) compara explicações com orgasmos, hipotetizando que explicação é para cognição o que o orgasmo é para reprodução. Certamente, Anderson deve ter obtido muito prazer e satisfação com as explicações propiciadas pela Física.

Entre outros licenciandos em Física apresentam os mesmo padrões afetivos. Por exemplo, Fred diz que:

> "Antes do ingresso na universidade, **conhecer e prever acontecimentos na natureza me atraíam bastante**. Fundamentalmente aqueles conceitos físicos como dinâmica, cinemática e óptica tão simplificados [...] me intrigavam e instigavam a querer conhecer toda teoria na prática e livres de modelos simplificados, ou seja, o bloquinho no plano inclinado. **Tinha vontade de entender as forças envolvidas, e suas inúmeras variáveis de forças de resistências, aceleração**... Por fim entender o funcionamento de um motor, uma embarcação, e qualquer outra coisa envolvendo a natureza, ou aplicações técnicas. **Isso sempre me atraiu** [...] **desde de criança sempre gostei de desmontar coisas (principalmente brinquedos) pra entender seu funcionamento**. Lanternas e pilhas me intrigavam muito, e talvez isso tenha sido cultivado em mim desde criança me impulsionando da fazer Física".

A reclamação de Fred contra os modelos simplificados dirige ataque semelhante ao de Anderson sobre o ensino de Física pautado na apresentação de situações idealizadas, completamente desligadas do ambiente de vivência do estudante. Fred queria mais do que isto. A referência a sua infância desmontando brinquedos para entender o funcionamento, a vontade de entender como artefatos tecnológicos funcionam, atestam a busca pela explicação. SCHWITZGEBEL (1999) argumenta que seres humanos são dotados de um impulso para explicar. Mais importante do que isso, SCHWITZGEBEL vincula o impulso

com a emergência de padrões afetivos. Na parte final do relato de Fred tentamos apresentar tais padrões.

> "Um fato muito intrigante em Física para mim era o paradoxo hidrostático, que afirmava pela Lei de Stevin que a pressão no fundo de um recipiente era dependente somente da altura do líquido e da densidade. [...] a pergunta que intrigava era: se $P_1 = P_2 = P_3$, com $A_1 < A_2 < A_3$, o que indicaria uma balança se colocássemos os recipientes, sendo $m_1 = m_2 = m_3$, e pensando que F = P . A? **Essa foi uma das respostas que consegui após estudar aqui no instituto"**.

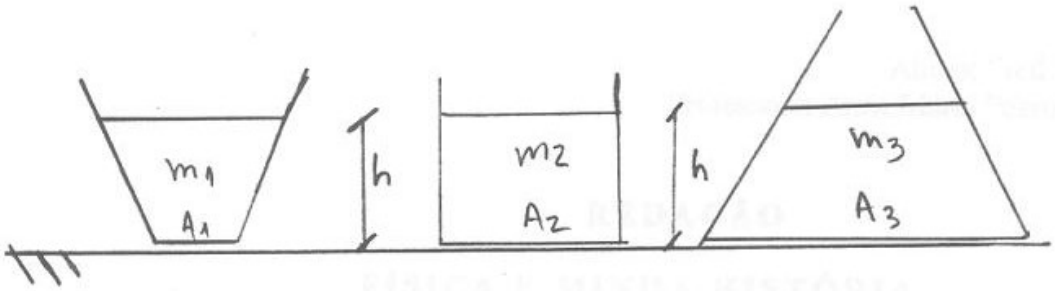


Figura 5. 3 - Representação de Fred

Pode-se facilmente substituir o termo "intrigado" utilizado por Fred pelo termo curioso. Fred não sabia como resolver o problema porque desconhecia que o peso dos recipientes não seria afetado devido às diferentes formas. Somente quando ingressou no curso de Física obteve explicação para situação. Esta explicação deve ter sido muito satisfatória, já que atendia uma demanda afetiva de muito tempo. Ana Luiza, em uma situação um pouco distinta, revela a mesma busca de Fred.

> "Mas a decisão veio na 5ª série do ensino fundamental, quando dois episódios com a professora de ciências me fizeram escolher pela física "para ocupar as aulas dela dizia", dizia. A professora insistia em responder as minhas perguntas repetindo o que estava escrito no livro didático. Numa aula sobre os planetas do sistema solar, ela repetia. O sistema solar é composto por nove planetas. Na fase do porque, fiz a pergunta: "professora, como eles tem tanta certeza?" " o sistema solar é composto por nove planetas", foi a resposta. Ironicamente, na semana seguinte o jornal publica uma notícia sobre a possibilidade de um novo planeta... algumas aulas depois, " a lua só mostra uma face para Terra", a aluninha perguntadora: " mas, professora, se a lua gira, como pode?". Mais uma vez, a resposta encontrada foi a repetição do livro. **A dúvida persistiu até uma festa de aniversário onde, com dois balões, pude observar o resultado da combinação dos movimentos de rotação e translação da lua. Nesse dia, tive a certeza do meu destino**".

Por que uma explicação aparentemente tão simples teve um efeito significativo na vida de Ana Luiza? MATURANA (1997) argumenta que quando se pede a alguém para explicar alguma coisa, espera-se uma explicação satisfatória. Então, o ouvinte, aquele que faz a pergunta é aquele que decide o que será uma explicação, isto é, aquilo que irá satisfazer sua curiosidade. No caso de Ana Luiza, não havia satisfação com as respostas mecânicas da professora de Ciências. Ela não legitimava internamente as explicações oferecidas. Em outras palavras, não havia um entendimento associado com cargas afetivas positivas. Por outro lado, o momento da explicação com os balões teve um apelo afetivo tão visceral ao ponto dela admitir ter consciência do seu destino na Física. A nossa hipótese de trabalho apoiada na de GOPNIK (1998) parece confirmada.

Entretanto, nem todos os episódios possuem associação com o *sentimento de curiosidade*. Quer dizer, mesmo na ausência do desejo de conhecer instigando o indivíduo a persistir na busca de uma explicação particular, a expressão do entendimento marcado com traços afetivos faz-se observável. Às vezes a construção do entendimento acontece com a tomada de consciência através da tentativa de explicar para outro. Este é caso de Cristiane. Cristiane tinha muitas dúvidas sobre qual carreira seguir. Inicialmente, tentou o vestibular para Medicina, não sendo aprovada passou a estudar Física e Matemática sem saber o que fazer na universidade. Até que foi assistir no final do ano a queima de fogos de artifícios. Ela comenta que:

> "**Aconteceu alguma coisa diferente, eles me fascinavam**, me perguntava como eram fabricados, faziam parábolas coloridas no céu, será que eram como estrelas explodindo? E nesse momento decidi fazer Física".

Já no curso de Física, Cristiane fica descontente com a forma que a Física era abordada. O sentido dos conceitos e os fenômenos ficavam encobertos por equações matemáticas. Sobre os seus sentimentos Cristiane confessa que:

> "**Aquilo não me convencia, me incomodava** o fato de acharem que estavam [os Físicos] totalmente certos e que a natureza não poderia ser diferente porque a questão já estava encerrada e compreendida".

A partir desse momento questiona-se sobre sua formação e opção profissional. A redenção veio para Cristiane quando começa a construir um entendimento revestido de satisfação explicando Física para sua irmã mais nova.

> "Fiquei muito impressionada, **eu precisava pensar muito mais para explicar alguma coisa do que para aprendê-la e com isso eu aprendia cada vez mais**. Com isso, voltei a buscar resposta para minhas perguntas junto com as da minha irmã. Não acho que descobri algo de novo, mas aprendi a relacionar as idéias que estavam fragmentadas na minha cabeça".

HEAD e SUTTON (1985) asseveram que dar sentido a experiência vivida constitui-se uma importante fonte de satisfação emocional. Isto se mostra evidente na narrativa de Cristiane. Henrique também mostra a mesma sensação falando sobre as explicações propiciadas pela Física.

> "**A Física veio de maneira a completar o que eu queria, pois parecia explicar muitas coisa e dar explicações que faziam sentido**, e não eram explicações como de história, que não parecia ter consenso nenhum, cuja únicas explicações erradas eram as minhas. **Então pensei em entrar na faculdade de Física para entender melhor o mundo**".

Tal como Cristiane, Henrique encontrou sentido nas explicações obtidas na disciplina de Física. Henrique faz uma oposição entre as explicações das disciplinas das áreas de humanas e as da Física. Tal dado pode indiciar uma diferença qualitativa nos dois tipos de explicações. A primeira gerava entendimento e satisfação emocional, enquanto a segunda não.

Flávia parece comungar dos mesmos sentimentos. Ela escreve:

> "**Acho prazeroso** [quando tenho] **qualquer dúvida esclarecida, seja alguma questão fundamental em minha mente que tenha resposta ou até mesmo um maldito exercício resolvido depois de horas de tentativas frustradas**. Não me recordo de nenhuma explicação que me fez exultar em especial, porém e estimulava bastante descobrir pequenos detalhes da natureza, como o porquê do céu ser azul e do crepúsculo ter tons em vermelho e laranja, ou porque os astronautas pareciam flutuar na lua e porque na terra as pessoas caíam tão mais rápido"

Esta declaração está de acordo com a sugestão de GOPNIK (1998) de que *"encontrar uma explicação para algo é acompanhado de uma satisfação que vai além do meramente cognitivo"* (p. 109). MATURANA (2001a, 2001b) esclarece que nenhuma

proposição explicativa é uma explicação em si. É a aceitação do observador que constituí a explicação. Tal aceitação agrega valores afetivos. Em seguida, no complemento da narrativa, Flávia deixa claro que o entendimento de uma explicação contém um fator subjetivo, que passa pela construção da plausibilidade.

> "**Para cada indivíduo uma explicação tem certa importância em um aspecto determinado. O que aprece um detalhe fútil pode ter imensa beleza visto por outro** [...] a sensação de que se é mais sábio em um pedacinho de conhecimento, e que mesmo que vários fragmentos de sabedoria se unam em uma construção plausível, nunca será uma obra tão grande e detalhada que não tenha uma infinidade de peças a se acrescentar".

Finalmente, as narrativas abaixo, de Taís e Iago, sintetizam a idéia de que as explicações despertam sentimentos positivos duradouros. Percebe-se nestes relatos a relação de prazer com o conhecimento de Física. Taís diz que:

> "Durante todo o decorrer do Ensino Médio, sempre me divertia durante as aulas de Física. Reagia a tudo aquilo como uma criança ao ouvir histórias de ação ou aventura. Para mim, a matemática era como um código, e através de formalizações eu contava histórias passava dados importantes, fazia adivinhações. Desde de criança sempre gostei de códigos, e por isso aquilo me interessava. **Uma aula que eu nunca me esqueço é a de tração. O professor nos reuniu em equipes e pediu para que montássemos um esquema com algum número específico de polias e pesos. Depois, pediu para que colocássemos o esquema em prática, com o material disponível em sala. O sistema deveria ficar em equilíbrio, sem nenhum peso tocar o chão**".

Iago recorda um momento de satisfação emocional com a explicação do movimento relativo.

> "**Tive satisfação de entender a parte de movimento relativo, como por exemplo: Por que os pingos de chuva parecem mudar de direção quando estamos dentro de um carro e começamos a entrar em movimento**".

Figura 5. 4 - Representação de Iago

Nesta categoria, nós mostramos que explicações e entendimento estão intimamente ligados a satisfação emocional dos indivíduos. A afeição criada através da busca e encontro do entendimento dos fenômenos naturais e artefatos contribui significativamente para o prosseguimento em uma carreira de cunho científico. Mais especificamente, a hipótese do *sentimento de entendimento* pode ser evidenciada.

5.4 - Discussão

PIETROCOLA (2001) afirma que enxergar o conhecimento científico ensinado na escola como meio eficaz de entender a realidade que nos cerca garantiria vida pós-escolar ao mesmo, permitindo a construção de vínculos afetivos que seriam duradouros. Isto porque os conhecimentos que usualmente nos acompanham por toda vida são aqueles úteis ou que geram algum tipo de prazer. A análise precedente mostrou que a razão para seguir a carreira na área científica, em particular da Física, é marcada por cargas afetivas, as quais não devem ser consideradas como um ruído. Mais do que isso, os resultados empíricos apresentados indicam que as explicações, como parte especial do conhecimento científico, são elementos vitais na construção desta satisfação afetiva oferecido pelo entendimento da natureza e da matéria transformada. Esta satisfação nós temos chamado de *sentimento de entendimento.*

Assim, algumas observações merecem destaque. O *desejo de conhecer* e o *gostar de Física* surgem com bastante ênfase nos relatos. Tal achado está de acordo com os resultados de UENO et al. (2003). Nós suspeitamos que as relações estabelecidas desde cedo pelas crianças com o mundo natural e tecnológico sejam responsáveis por esta persistência, mas a escola também tem papel a desenpenhar. O problema maior é que escola acaba, muitas vezes, corrompendo está virtude bem presente nas crianças. MASLOW (1954) sugere que:

> As necessidades de saber e compreender podem ser apreciadas na infância mais facilmente que na idade adulta. Ademais isto parece ser um produto espontâneo da maturação, mais do que da educação. As crianças não têm que ser ensinadas a ser curiosas. Porém podem ser ensinados, como pela institucionalização, a não ser curiosas. (p.100)

KAHLE e LAKES (1983) concluem que as crianças, na maioria dos países, entram no Ensino Médio com atitudes altamente favoráveis sobre Ciência e interesse em Ciência, porém ambos são corroídos pela sua experiência com a ciência escolar. Esta constatação mostra que as atitudes com relação à ciência declinam na adolescência. Qual o motivo da "era da corrosão"? Muitas razões poderiam ser elencadas, entretanto, nos solidarizamos com a idéia de que o conhecimento promovido pelas aulas tradicionais de Física, por estabelecer poucas relações com o mundo real e limitar-se quase que exclusivamente ao mundo escolar, é em geral visto como desnecessário (PIETROCOLA, 2001; CUPANI & PIETROCOLA; PINHEIRO, 2002). Nossos resultados evidenciam que as explicações mais sensibilizadoras dos indivíduos investigados eram aquelas próximas do seu cotidiano, as quais eles podiam atribuir um certo grau de realidade. Em certa medida isto esta de acordo com a opinião de PHILIPPE MEIRIEU (2002), quando reconhece a necessidade de *"deslocar progressivamente a satisfação afetiva dos alunos para os objetos culturalmente valorizados"* (p. 150). Os sujeitos investigados mostraram claramente esta satisfação afetiva com o conhecimento científico.

O prazer obtido com a solução de problemas também se constitui um elemento importante desta análise. Nós verificamos que muitos dos licenciandos explicitaram a satisfação obtida com a resolução de problemas. Tal resultado é coerente com os resultados de UENO et al. (2003) que estabelecem que *"gostar de resolver problemas, aparentemente ele está vinculado a dois elementos: a tensão em superar as dificuldades e o prazer em encontrar a solução"* (p.10). RUSS (1993) afirma que o prazer desfrutado quando um problema é resolvido é um importante componente afetivo. Usando nossos termos, esta satisfação é proveniente do entendimento gerado com a solução do problema. Isto porque, em última instância, resolver um problema significa associar os conceitos e as leis Físicas, a situações particulares nas quais se aplicam. Enfim, resolver um problema não pode ser separado de entender os conceitos e as leis em profundidade. VERGNAUD (1990, 1994) tem insistido fortemente nas imbricações indissociáveis entre conceitos e situações.

Como havíamos suposto há uma realimentação entre as dimensões *epistemológica* e *valorativa*. Quando os indivíduos satisfaziam a sua curiosidade sobre algum assunto particular, automaticamente era atribuído um valor afetivo positivo aquele conhecimento.Essa relação é sinal da fenomenologia das explicações discutida no capítulo

4. MASLOW (1954) argumenta que quando a curiosidade é satisfeita, aumenta o desejo de conhecer mais. Por outro lado, mesmo as explicações despidas da curiosidade foram satisfatórias. ARRUDA, VILLANI e colaboradores (2004) cunharam o termo *aprendizagem satisfatória*, a qual definem como *"aquela que leva a um saber, ou seja, a um conhecimento com investimento inconsciente. Esta está identificada com a 'experiência que nos toca' de Larrossa (2002), ou seja, com a que deixa marcas no aprendiz"* (p.206). Nosso relato concorda com muitas das hipóteses levantadas por estes autores, entretanto, tal noção ignora, ou pelo menos não dá o realce merecido, a função das explicações na construção da satisfação afetiva[20]. Isto significa reafirmar que a explicações e o entendimento, no sentido subjetivo, que são capazes de gerar se configuram em elementos centrais na construção dos vínculos afetivos com o conhecimento da área científica, e da Física em particular.

Por outro lado, não somos ingênuos de atribuir somente a dimensão afetiva à escolha da profissão. Nosso relato optou em evidenciar esta dimensão, entretanto outros fatores foram citados pelos graduandos. A necessidade de emprego, a adequação do horário, questões salariais, dentre outros surgiram nas narrativas. Entretanto, grande maioria das argumentações foi de ordem afetiva, uma boa evidência de que postular a existência de um núcleo afetivo voltado às emoções positivas é razoavelmente plausível. Poder-se-ia contra-atacar dizendo *"são alunos de cursos da área de ciências é natural que gostem de ciências"*, contudo não é natural a construção do gostar de ciências. Nós focalizamos exatamente os episódios e representações fundamentais a construção destes vínculos afetivos.

A noção de *sentimento de entendimento* está definitivamente comprovada? Infelizmente, ainda não. Nós precisamos de análises mais especificas que mostrem a ligação do *sentimento de entendimento* com conteúdos particulares de Física em alunos do Ensino Médio.

[20] Talvez, em um sentido mais restrito da noção de *"aprendizagem satisfatória"* , haja uma concordância maior.

5.5 - Experimento 2

Um dos objetivos perseguidos por este estudo repousa na defesa da existência de vínculos afetivos entre pessoas e o conhecimento científico, em particular, as explicações científicas. Mais do que isso supomos que tais vínculos determinariam a aceitação da explicação científica, no sentido de uma apropriação profunda e significativa, um *sentimento de entendimento*. Nós precisamos saber, então, quais as manifestações afetivas imbricadas no momento da relação didática devotado às explicações científicas. Nossa expectativa é que estudantes do Ensino Médio, por estar vivenciando atualmente o ambiente escolar e em contato com o conhecimento científico, tenham informações detalhadas sobre os seus sentimentos sobre as explicações oferecidas nas salas de aula de Ciências. Nós pensamos que, pelo menos inicialmente, será pouco produtivo fazer inferências baseadas no conteúdo das explicações geradas pelos estudantes sobre temas científicos. Neste sentido, buscamos esclarecimentos dos estudantes sobre os critérios utilizados para validar explicações, isto é, a opinião deles com respeito à qualidade das explicações. Estratégias similares apoiadas na metacognição foram utilizadas na evocação de *status* de concepções (HEWSON & THORLEY, 1989, HEWSON & LEMBERGER, 1999) e teste de critérios racionais de qualidade de explicações (SAMARAPUNGAVAN, 1992). Assim, foram elaboradas questões do tipo: a) Qual critério você utiliza para aceitar uma explicação nas aulas de Ciências (Física, Química e Biologia)? b) Como você se sente quando recebe uma explicação nestas aulas? c) Existiu algum momento na vida escolar que você recebeu alguma explicação que lhe trouxe algum sentimento positivo? d) O que é necessário para você acreditar ou estar satisfeito com uma explicação? Essas foram apenas algumas questões que orientaram as entrevistas, o que não significa que foram feitas exatamente dessa maneira para os estudantes. Numa pesquisa qualitativa as questões se re-alimentam e geram novos questionamentos. As entrevistas foram gravadas em áudio. Posteriormente transcrevemos as passagens que julgamos mais representativas. Finalmente, formulamos e exploramos três assertivas que descrevem características salientes dos dados.

5.5.1 - A amostra

Foram entrevistados 20 alunos da 1ª série do Ensino Médio de um Colégio público de Florianópolis, nos meses de Novembro de 2005 e Janeiro de 2006. Para facilitar a conversação, optou-se por formar grupos com 3 participantes. Esperava-se com isso que os entrevistados se sentissem mais à vontade para explicitar seus sentimentos e opiniões, o fator preponderante era livrá-los da autoridade e dos vícios do contrato didático presente na sala de aula.

5.6 - Resultados

Asserção 1. Os estudantes neste estudo mostraram consciência da atribuição de valores afetivos as explicações escolares. Tais valores, em geral, foram descritos em termos de sentimentos positivos associados ao entendimento gerado por explicações escolares.

No extrato abaixo, temos os primeiros indícios dessa relação. Aos estudantes Maria, Renato e Regina foi perguntado a seguinte questão:

> **Entrevistador:** Nas aulas de Física, Química ou biologia, quando o professor (a) explica algum fenômeno o que vocês sentem, poderiam me descrever?
> **Maria:** QUANDO ELA EXPLICA BEM ASSIM, TU OLHA, MEU DEUS! FECHA! É AQUILO!
> **Renato:** É [...] TUDO É PERFEITO, entende-se.
> **Regina:** é [...] eu também acho.

Maria oferece um relato interessante. Ela mostra um sentido de completude quando recebe uma explicação considerada boa. Sua reação afetiva é bastante intensa ao descrever seus sentimentos sobre as explicações científicas. Ao que parece existe uma sensação de que seu intelecto é saciado ("*meu Deus*! *fecha! É aquilo"*). Renato explicita o mesmo sentimento ao dizer *"tudo é perfeito"*. Percebe-se nessas narrativas a relação das explicações com mecanismos afetivos, já que subjetivamente é necessário esse sentido de totalidade. HEAD e SUTTON (1985) consideram a internalização significativa da

experiência sensorial um processo permeado por satisfação emocional. GOPNIK (1998) vai além, comparando o papel da explicação no funcionamento cognitivo ao do orgasmo nas relações sexuais. As mentes de Maria e Renato parecem participar dessa satisfação com as explicações. Nessa perspectiva, também se percebe o acompanhamento de sintomas característicos em termos de sentimentos. O relato seguinte denota reações típicas.

> **Entrevistador:** Existiu algum momento na vida escolar que vocês receberam alguma explicação que lhes trouxe algum sentimento positivo?
> **Maria:** não entendi.
> **Regina:** nem eu.
> **Renato:** COMO FICAR FELIZ COM O QUE É EXPLICADO!
> **Maria:** AH! CLARO! NAS AULAS DO ESTAGIÁRIO, ELE FALOU COISAS TÃO COERENTES QUE TU FICAVA ASSIM: EU SEI! EU SEI! É ASSIM!
> **Renato:** porque ele pegava, trazia as latinhas, girava, e explicava porque que elas giravam [...].
> **Maria:** porque a gente vê o fenômeno, a gente sabe como ele acontece, mas a gente não sabe o porquê que ele acontece, então quando o cara da uma explicação, se a gente ver, comprovar que é aquilo mesmo, pô! Não tem como mudar.

Na narrativa de Renato surge a palavra feliz, imediatamente reconhecida por Maria como representativa dos seus sentimentos. Novamente, Maria mostra grande entusiasmo. Ela relaciona seu entendimento a coerência da explicação. Coerência implica na construção consistente de relações entre idéias (BREWER et al., 1998). Entretanto, o entendimento proveniente da estrutura lógica da explicação veio revestido de padrões afetivos, elegantemente expressados na declaração *"Eu sei! Eu sei! É assim!"*. Renato também está convencido deste caráter das explicações. Maria retoma a narrativa esclarecendo os atributos apreciados nas explicações. Sua fala retrata precisamente a função precípua da explicação científica, a de inserir a evidência em uma estrutura conceitual. Para Maria, esse ritual produz momentos de grande satisfação emocional.

No extrato seguinte, confirma-se a presença do afeto positivo no momento pedagógico determinado por explicações científicas.

> **Paula: eu gosto de biologia, tudo que eu aprendo em biologia eu gosto** de aprender. Eu gosto de explicações sobre o corpo humano, não coisas muito, igual a mitocôndria, citoplasma, estas coisas eu não gosto muito. Mas, ASSIM, SISTEMAS [...] RESPIRATÓRIO. ESTAS COISAS EU GOSTO. EU GOSTEI DE APRENDER, EU ACHO QUE É UMA COISA LEGAL.

> **Tânia:** SEI LÁ [...] EU ACHO QUE EU GOSTEI DA TERCEIRA LEI DE NEWTON, DA AÇÃO E REAÇÃO, NÃO SEI PORQUE. Eu sempre ouvia as pessoas falarem isso, EU GOSTEI DE SABER COMO É QUE É, [...] e nós fizemos a experiência, batíamos em algo rígido e sentíamos de volta a dor.
> **Bárbara:** os exemplo que a professora de física dá também.
> **Paula:** ÀS VEZES ELA DÁ UNS EXEMPLOS LEGAIS, QUE SE ENCAIXAM, QUE A GENTE VÊ [...] PUTZ! EU JÁ PERCEBI ISTO SÓ QUE NÃO [...] NÃO ANALISEI DESTA FORMA.

Emerge dessas narrativas outra vez a conexão de valores afetivos com as explicações oferecidas na escola. Paula reconhece seu gosto pelas explicações sobre o corpo humano, em particular, do aparelho respiratório. Contudo, deixa claro que nem todas as explicações confeccionadas nas aulas de Biologia são capazes de gerar satisfação emocional. Ela rejeita explicações da citologia em favor daquelas mais macroscópicas do funcionamento do aparelho respiratório. Isto sugere a necessidade de investigar quais os tipos de explicações que geram satisfação (GURGEL & PIETROCOLA, 2004). Tânia, por sua vez, indica seu apreço por uma explicação da disciplina de Física, recordando seus sentimentos com relação à terceira Lei de Newton (*"Eu gostei de saber como é que é"*). No trecho final, Paula aparentemente comunga do mesmo sentido de coerência evocado por Maria no extrato anterior *("às vezes ela dá uns exemplos legais, que se encaixam"***)**. Novamente, a significação subjetiva conseguida com as explicações escolares entrelaçou-se a dimensão afetiva.

Asserção 2. Critérios gerais de aceitação, que não apelam apenas ao corpo de conhecimento já estabelecido pelos estudantes, como satisfação e crença, foram sinalizados pelos estudantes entrevistados.

Nos extratos seguintes são apresentados os depoimentos de Maria e Renato a respeito de critérios gerais de aceitação das explicações escolares.

> **Maria:** TEM HORAS QUE EU FICO BEM SATISFEITA, tem horas que [...] eu olho assim [...] por mais que ela [a professora] diga é difícil de entender, tu fica ainda meio que [...] teu subconsciente diz: NÃO! COMO É QUE PODE? NÃO É POSSÍVEL!
> **Renato:** a professora pode falar alguma coisa, TU PODE ATÉ APRENDER, MAS NEM POR ISSO TU VAI ACREDITAR, vai mudar a tua opinião por causa disto.

Maria concorda com a idéia que existe um nível de validação das explicações consistente com o critério satisfação (*"tem horas que eu fico bem satisfeita"*). Na

declaração, Maria ainda relaciona entendimento, satisfação e crença. Ela conecta a descrença em explicações escolares ("*não! Como é que pode? Não é possível!"*) com a atribuição de baixo grau de satisfação. Nesse caso, entendimento surge como moderador dos níveis alcançados nessas dimensões. Renato é mais explícito. Ele claramente aponta dois patamares cognitivos alcançados via instrução escolar (*"tu pode até aprender /nem por isso tu vai acreditar"*). O primeiro pode-se interpretar como associado à conquista da inteligibilidade, isto é, a compreensão da estrutura lógica da explicação. O segundo, entretanto, lida com elementos mais profundos, ou seja, com a apropriação significativa da explicação. Nesse patamar, nós suspeitamos haver satisfação afetiva. O relato cognitivista de COBERN (1994) faz semelhante distinção entre *pensar* e *conhecer*.

No próximo excerto, o entrevistador segue perguntando sobre os critérios utilizados para avaliação das explicações escolares, os patamares supracitados, em particular, são explorados.

> **Entrevistador:** será que existe algum caso nas aulas de disciplinas científicas, cuja explicação de um fenômeno vocês compreendem, mas não acreditam?
> **Paula:** estou tentando me lembrar, deve haver algum assunto [...] raios catódicos [...] EM UMAS COISAS FICA DIFÍCIL DE ACREDITAR, aqueles negócios de biologia [...] dá [...] como é que o nome [...] eu esqueci o nome da matéria. Já aquele negócio que surgem os primeiros seres vivos, acontece a explosão...
> **Bárbara:** átomos, moléculas.
> **Paula:** é isso aí.
> **Bárbara:** é! a história do big bang.
> **Paula:** é isto mesmo, da explosão né.
> **Bárbara:** não é provado, porque ninguém viveu naquela época. É UMA COISA COMPLICADA DE ACREDITAR.

Paula, como Maria e Renato, reconhece que explicações recebidas no contexto escolar proporcionam distintos sentimentos de crença (*"em umas coisas fica difícil de acreditar"*). Ela espontaneamente revela o prestígio subjetivo das explicações da Biologia, em contraste, com a rejeição das explicações da cosmologia. Isso nos auxilia no esclarecimento de alguns pontos da asserção 1. Nós temos a impressão que os indivíduos atribuem um *status afetivo* às explicações escolares em articulação com o *sentimento de entendimento* produzido (asserção 1 reformulada). Uma explicação pode estar/tornar-se mais ou menos arraigada devido a este *status* e isto pode ou não ter influências

provenientes do gerenciamento cognitivo da explicação. Em outras palavras, o *status cognitivo* (HEWSON & THORLEY, 1989; HEWSON & LEMBERGER, 1999) não necessariamente caminha em fase com um *status afetivo*, embora haja tal possibilidade. O *sentimento de entendimento*, em determinadas situações responde mais por demandas afetivas do que cognitivas, enquanto em outras, um meio termo das duas, ou ainda a um baixo *status afetivo*. Como reivindicar um *sentimento de entendimento* para Bárbara na explicação da origem do universo (*"é uma coisa complicada de acreditar"*)?

Na passagem abaixo, outros estudantes revelam a dicotomia entre compreender a estrutura lógica da explicação e aceitá-la.

> **Leônidas:** na química [...] átomos estas coisas que ninguém provou [...].
> **Juliana:** é.
> **Leônidas:** chegou a provar que existe?
> **Juliana:** mas só pela passagem por algo.
> **Leônidas:** mas o átomo, nossa! Sabe. Uma coisa tão pequena, nunca ninguém viu. Pode até ter imaginação, mas ninguém consegue ver o átomo.
> **Juliana:** vê só a passagem dele, o caminho que ele faz...
> **Leônidas:** TEM QUE TER MUITA FÉ PARA ACREDITAR NO ÁTOMO!
> **Juliana:** talvez tenha até uma partícula menor ainda que o átomo.

Leônidas rejeita certas explicações provenientes da Química. Ele oferece uma justificativa baseada no seu desconhecimento de provas empíricas da existência dos átomos. Suporte empírico é um critério bastante importante na avaliação da qualidade de uma explicação (SAMARAPUNGAVAN, 1992; BREWER et al.; 1998, GILBERT et al., 2000). Todavia, sua insatisfação parece mais profunda quando diz: *"tem que ter muita fé para acreditar no átomo"*. O que Leônidas quer dizer com isto? Poder-se-ia supor que há a pretensão de um pensamento metafórico, entretanto, optamos por decifrar essa declaração como uma evidência de *status afetivo*. Leônidas aposta na subjetividade para compor o julgamento qualitativo de explicações sobre o átomo. Certamente, Leônidas não conquistou um *sentimento de entendimento* a respeito dos átomos. Essa constatação está de acordo com a análise de PINHEIRO (2003) que mostra a resistência de muitos estudantes do Ensino Médio em atribuir um grau de crença razoável a entes físicos como átomos. Juliana, por sua vez, é uma tanto comedida. Ela suspeita da realidade do átomo, sem, contudo, negar completamente sua veracidade.

Asserção 3. A estabilização conceitual (e ou apropriação de um dado conhecimento) é um fator importante na relação afetiva entre estudantes e explicações escolares.

Esta asserção é sobre a relação recíproca entre atribuir valor afetivo as explicações e a criação de vínculos mais duradouros com o saber escolar. Consideremos o seguinte excerto.

> **Regina:** EU CONSIGO LEMBRAR MAIS DA AULA QUE EU GOSTEI, EU VOU CONSEGUIR COMENTAR DEPOIS.
> **Renato:** tem coisas que eu aprendi, por exemplo, na sétima série que eu não lembro e tem coisas que eu gravei.
> **Regina:** tem frases que você lembra perfeitamente.
> **Maria:** O PROFESSOR FALOU ALGUMA COISA QUE VOCÊ ACREDITOU, AÍ VOCÊ LEMBRA, FICA NA SUA CABEÇA.
> **Renato:** Ai tu lembra.

Lançando os olhos sobre a narrativa de Regina, podemos rapidamente ver padrões afetivos além de elementos científicos. Ela explicitamente associa a estabilização cognitiva dos conteúdos escolares com a experiência de sentimentos positivos (*"eu consigo lembrar mais da aula que eu gostei, eu vou conseguir comentar depois"*). Maria faz referência ao nível de crença nas explicações e o potencial de recordação em momentos ulteriores (*"o professor falou alguma coisa que você acreditou, aí você lembra, fica na sua cabeça"*), algo de acordo com o pensamento de Renato. Na fala de Maria, seguindo nosso eixo de análise, podemos observar o atrelamento do entendimento profundo e significativo, aqui chamado de *sentimento de entendimento*, a dimensão cognitiva da crença. Isto é, Maria estabiliza conhecimentos com força de crença, fundamentalmente, por tratar-se de casos marcados por sentimentos positivos. Ademais, crença se constitui um descritor básico do domínio afetivo (GOMEZ-CHÁCON, 2003). Tomados em conjunto, Regina, Renato e Maria são três estudantes que apresentam percepções bastante semelhantes a respeito da interferência da satisfação emocional na aprendizagem de temas científicos.

No extrato abaixo, podemos ouvir o que disseram e com o maior entusiasmo Paula, Bárbara e Tânia sobre os critérios de qualidade das explicações escolares.

Paula: EU ACHO QUE O QUE VOCÊ SE IDENTIFICA MAIS É QUE VOCÊ GUARDA MELHOR.
Bárbara: fica [...].
Paula: FICA MARCADO.
Tânia: é [...] estas aulas práticas mostrando de onde veio a explicação, acho que fica, e VOCÊ LEVA PARA A VIDA, e você nunca esquece.
Paula: tanto é que TEM COISAS QUE VOCÊ APRENDE NUMA AULA, E NUNCA ESQUECE, E NUMA PROVA DE DECOREBA QUE VOCÊ FAZ E NO OUTRO DIA JÁ NÃO LEMBRA DE MAIS NADA, eu acho.

Paula recorre a palavra afetiva "identifica" para expressar os motivos da estabilidade cognitiva dos saberes ensinados na escola. Identificação é um estado afetivo semelhante ao sentimento de afinidade, que de acordo com a classificação de SHAVER e colaboradores (1987) pertence a uma sub-categoria da emoção amor. Mais do que isso, Paula confirma a necessidade de valores afetivos na acomodação das explicações dizendo *"Fica marcado"*. DAMÁSIO (2000) afirma que conteúdos revestidos com altas cargas afetivas são recordados com maiores detalhes. Ou seja, a estabilização conceitual se dá com maior robustez nessas condições. Tânia compartilha da mesma sensação (*"você leva para vida, e você nunca esquece"*), entretanto, focaliza sua narrativa, no formato da atividade de classe (LIU & TREAGUST, 2005). Na parte final, Paula trás novamente indícios da presença dos dois patamares cognitivos, citados acima, alcançados via instrução escolar. Ela contrasta claramente a validade de um saber obtido mecanicamente e o outro adquirido com revestimento afetivo (*"tem coisas que você aprende numa aula, e nunca esquece, e numa prova de decoreba que você faz e no outro dia já não lembra de mais nada"*). Nós supomos a evidência de um *status afetivo* e *sentimento de entendimento*.

No último extrato abaixo, Carla, Leônidas e Juliana comentam sobre as ligações entre o *status afetivo* e a estabilização das explicações escolares.

Carla: tem professor que faz mais aulas práticas, ou que fala alguma coisa que FICA PARA O RESTO DA VIDA VOCÊ NÃO TEM COMO ESQUECER.
Leônidas: ÁS VEZES VOCÊ USA MUITAS VEZES E ACABA DECORANDO, na matemática, por exemplo, tem coisas que eu nunca vou esquecer, eu utilizei tantas vezes durante cinco anos seguidos, fórmulas, fórmulas, fórmulas que não tem como esquecer.

> **Juliana:** TALVEZ VOCÊ APRENDA ALGUMA COISA PORQUE O PROFESSOR TE PROPORCIONOU UMA BOA EXPLICAÇÃO, ALGUMA COISA ASSIM, NÃO PORQUE VOCÊ DECOROU AQUILO.

Carla oferece uma outra variação da perspectiva dos estudantes referente a submissão da aceitação de explicações escolares a critérios afetivos. Ela, como Paula e Tânia, concorda com a existência de uma classe de explicações com poder de permanência estável na estrutura cognitiva (*"fica para o resto da vida não tem como esquecer"*). Essa fala, novamente, atribuímos aqueles momentos da vida escolar associados a situações explicativas acompanhadas de altas cargas afetivas. Seguindo o raciocínio de Carla, Por que nem todas as explicações escolares pertencem a esta classe? Mais uma vez, muitas justificativas podem ser arroladas aqui. Nós preferimos colocar em destaque a ausência de satisfação emocional, um baixo *status afetivo*, ou ainda, um entendimento sem sentimento. O debate de Leônidas e Juliana ajuda complementar a idéia. Leônidas exemplifica momentos de estabilização conceitual fundamentados na repetição (*"ás vezes você usa muitas vezes e acaba decorando"*), posição rapidamente contra-atacada por Juliana, que compartilha os mesmos sentimentos de Carla (*"talvez você aprenda alguma coisa porque o professor te proporcionou uma boa explicação, alguma coisa assim, não porque você decorou aquilo"*). Juliana fala de boas explicações a fim de contrapor o raciocínio mecanizado. Boas explicações, em nossa análise, não representam essencialmente explicações dotadas de todos requisitos lógicos e de seu encadeamento coerente (POSNER & STRIKE, 1985; SAMARAPUNGAVAN, 1992; BREWER et al., 1998; GILBERT et al., 2000), mas aquelas solidárias a dimensão subjetiva de um indivíduo. Na opinião de MATARUNA (2001), uma explicação só se torna verdadeiramente uma explicação se houver satisfação para quem ouve/lê. Nós confiamos que a adjetivação "boa explicação" partilhe de similar julgamento.

5.7 - Discussão

Os relatos acima trazem evidências positivas da relação afetiva com o conhecimento científico. Nós observamos um nível de aceitação das explicações, o qual chamamos de *sentimento de entendimento*, que, de um lado, depende do *status afetivo*

imputado a explicação pelo sujeito, e, de outro, relaciona-se com *status cognitivo* atribuído a explicação. Em outros termos, o *sentimento de entendimento* está vinculado a satisfação emocional com a explicação. Nós também observamos que este tipo de entendimento está fortemente conectado, no plano cognitivo, ao nível de crença na explicação. Finalmente, nós percebemos uma estreita ligação entre os fenômenos observados anteriormente e a garantia de estabilização conceitual. Em seguida discutiremos cada um desses achados em detalhe.

Nos extratos apresentados na seção anterior, existem boas evidências da relação afetiva entre os estudantes e o conhecimento científico escolar. Nas situações didáticas os alunos conferem valores afetivos as explicações que geram entendimento profundo e significativo. Esta significação, entretanto, faz parte do processo de internalização do indivíduo e vai além da coordenação racional dos elementos da explicação, constituindo um *sentimento de entendimento*, observável no *status afetivo* dado a explicação pelos indivíduos (*"meu Deus! fecha! É aquilo!", "tudo é perfeito!"*, *"Eu sei! Eu sei! É assim!", "às vezes ela* [a professora] *dá uns exemplos legais, que se encaixam", "Eu gostei de saber como é que é", "eu acho que eu gostei da terceira lei de Newton, da ação e reação"*). *Status afetivo* lato sensu representa toda classe de atribuições afetivas e sentimentos (WATSON & TELLEGEN, 1985; IZARD, 1977; SHAVER et al., 1987; MANO & OLIVER, 1993; PETERSON, 1999). Stricto sensu, *Status afetivo*, por conveniência metodológica abarcamos na noção geral de satisfação emocional/afetiva. Essas implicações coadunam-se fortemente com a suposição de THAGARD (2001) que como em todas as dimensões da vida humana, cognição científica faz parte de um processo emocional. Pessoas não apenas edificam e usam seus conceitos e hipóteses, mas também se sentem emocionalmente ligados a eles.

Recentemente, CUPANI e PIETROCOLA (2002) sugeriram que seria um dos objetivos da Educação Científica permitir leituras científicas do mundo através dos modelos passíveis de serem por ela produzidos. *"Neste sentido, as representações teóricas do mundo seriam explicações capazes de gerar compreensão no mesmo gênero que outros tipos de conhecimento como o religioso, místico, literário"* (p. 123). Em nota de rodapé os autores complementam: *"referimo-nos ao fato de que, para quem acredita nelas, as doutrinas religiosas e as experiências místicas permitem compreender o mundo, e as obras literárias amiúde ensinam a 'ver' melhor a vida humana"* (p. 123). Esse nível de

compreensão advogado por CUPANI e PIETROCOLA relaciona-se intimamente com o *sentimento de entendimento* por duas razões: Primeiro, porque enfatiza o processo de entendimento e sua articulação com as explicações. Segundo, porque, pelo menos analogicamente, compara *conhecimento* e *crença*, admitindo um estatuto diferenciado a segunda maneira de conhecer. Em nossa interpretação, baseados na certeza que as doutrinas religiosas conferem satisfação afetiva aos seus prosélitos. Implicitamente, portanto, os autores reclamam por um saber escolar com igual poder. Vamos tentar tornar esse ponto um pouco mais preciso. FRIJDA e MANSTEAD (2000) definem crença como *"um estado que liga uma pessoa, ou grupo, ou objeto, ou conceito com um ou mais atributos, e isto é considerado por quem crê como verdadeiro"* (p.5). Esses autores defendem a idéia que emoções podem *"moldar crenças, pela criação delas, pela ampliação e alteração delas, ou por torná-las resistentes à mudança"* (p.5). Assim, crenças e emoções possuem relações de influência mútua. Nós pensamos que o *sentimento de entendimento* está associado ao fato dos alunos acreditarem por eles mesmos nas explicações escolares, o que parece garantir maior estabilidade conceitual. Nossos sujeitos de pesquisa mostraram evidências desse patamar diferenciado ("*não! Como é que pode? Não é possível!"*, *"tu pode até aprender /nem por isso tu vai acreditar", "em umas coisas fica difícil de acreditar". "é uma coisa complicada de acreditar"*, *"tem que ter muita fé para acreditar no átomo"*, *"o professor falou alguma coisa que você acreditou, aí você lembra, fica na sua cabeça"*).

O terceiro aspecto significativo aqui analisado concerne à estabilização conceitual. Nós acreditamos que o *sentimento de entendimento* seja uma condição necessária ao processo de acomodação de idéias científicas (PIAGET,1981; POSNER et al., 1982; WADSWORTH, 1998). Na concepção de Piaget, por exemplo, a afetividade *"constitui o fator energético dos padrões de comportamento, cujos aspectos cognitivos se referem somente às estruturas. Não existe padrão de comportamento, por mais intelectual que seja, que não implique padrões afetivos como motivos"* (PIAGET & INHELDER, 1969, p. 158). BROWN e WEISS (1987), levando em conta a posição de Piaget, desenvolveram um modelo funcional que pode ser empregado para conceituar o papel seletivo ou da tomada de decisão da afetividade no desenvolvimento intelectual. BROWN e WEISS concluem que *"metaforicamente falando, afetividade decide se idéias 'vivem' ou 'morrem'"* (p. 80). ARRUDA, VILLANNI e colaboradores (2004) ao desenvolverem a noção de aprendizagem satisfatória dizem que ela *"envolve o gozo do aprendiz com a experiência e,*

portanto, introduz uma marca estável" (p. 2006). DAMÁSIO (2000) apresenta evidências empíricas da conexão entre afeto e estabilização conceitual. Em um experimento um tema foi apresentado a um grupo de controle e um grupo experimental. Para o grupo experimental o tema fazia apelo a fortes emoções. Verificou-se que após a sessão de testes o grupo experimental recordava de mais detalhes do assunto. LAUKENMANN et al. (2003) mostram que no ambiente natural de aprendizagem a maioria dos estudantes em estado de bem-estar, descrito pela emoções alegria e satisfação, apresentou alta performance em testes após a fase de introdução de conceitos básicos sobre circuitos elétricos. O ponto de vista dos estudantes pesquisados aparentemente concorda com tais suposições (*"eu consigo lembrar mais da aula que eu gostei, eu vou conseguir comentar depois", "fica para o resto da vida não tem como esquecer", "Fica marcado", "talvez você aprenda alguma coisa porque o professor te proporcionou uma boa explicação, alguma coisa assim, não porque você decorou aquilo"*). Enfim, temos a convicção que o *sentimento de entendimento* gerado por explicações escolares componha parte importe na construção de referências emocionais positivas, que uma vez estabelecidas entrariam no circuito de satisfação individual mantendo vivas as explicações escolares.

Em resumo, nós não temos como medir o *sentimento de entendimento,* mas podemos acessar o *status afetivo* das explicações. O *status afetivo*, em nossa interpretação se revela na emergência do *sentimento de entendimento*, ou na recordação de situações com igual apelo. Em nosso relato, os estudantes não estavam em situação natural de aprendizagem, contudo, foram capazes de reconhecer a influência de fatores afetivos na aceitação e estabilização de explicações escolares. Tal confirmação, evidenciada nos depoimentos dos sujeitos investigados, parece substancialmente favorável á legitimação da noção de *sentimento de entendimento*.

5.8 - Experimento 3

Na seção precedente, exploramos em maior profundidade algumas peculiaridades da noção de *sentimento de entendimento*, inferindo a partir dos depoimentos de estudantes do Ensino Médio critérios afetivos/emocionais utilizados na aceitação de explicações escolares, como também a influência da afetividade/emoção no processo de estabilização conceitual. Entretanto, precisamos de um instrumento capaz de permitir inferências diretas, baseadas no conteúdo das explicações, porque caso a noção de *sentimento de entendimento* seja legítima, *status afetivo* também deve emergir quando o elemento em foco é o conteúdo da explicação. O instrumento foi baseado na suposição que os estudantes em face de explicações com teor conceitual distinto optariam por aquela mais consistente com a manutenção do sentimento *de entendimento* sobre o fenômeno e relações causais em destaque na explicação. O teste envolveu fazer a escolha entre duas explicações, uma fundamentada na Mecânica Clássica e outra na Mecânica Relativística. Recursos similares foram utilizados por SAMARAPUNGAVAN (1992), BREWER e CHINN (1994), COBERN (1997), GURGEL e PIETROCOLA (2005). Nós criamos duas formas de obtenção dos dados da pesquisa: questionários e entrevistas semi-estruturadas. Isso se deve à opção de termos mais de uma fonte de dados, que ao serem relacionados podem trazer uma maior validade aos instrumentos (CARVALHO, 2005). Esta metodologia também foi utilizada em outros estudos de mesma natureza (CUSTÓDIO e PIETROCOLA, 2002; PINHEIRO, 2003) mostrando-se eficaz.

A partir dos nossos objetivos propostos anteriormente, elaboramos um questionário no qual os estudantes indicariam o índice de *satisfação* e *crença* que atribuem as explicações clássica e relativística, em escala Likert de 6 pontos (vide Quadro 5.2 abaixo). Tais critérios são intimamente relacionados com o *sentimento de entendimento*, conforme a análise precedente. Nós optamos por reunir os estudantes em grupos de três alunos, porque na segunda fase da pesquisa solicitaríamos que os estudantes confrontassem suas escolhas e justificativas, e também porque criaria um ambiente de opinião mais livre.

Primeiramente, pediu-se aos estudantes que, individualmente, indicassem seus índices de satisfação e crença com relação às explicações. Em seguida, solicitamos que os estudantes declarassem para o grupo qual explicação eles preferiam e debatessem as justificas de sua escolha, trazendo argumentos para convencer os demais. Na última fase, o entrevistador fez alguns questionamentos e esclareceu algumas dúvidas com relação às explicações apresentadas a fim de facilitar o mapeamento dos critérios utilizados pelos estudante na validação das explicações. As entrevistas foram gravadas em áudio. Posteriormente transcrevemos as passagens julgadas mais representativas.

Quadro 5.2 - Questionário para indicação do nível de *satisfação* e *crença* com as explicações

A - Um míssil é acionado assim que um carro em movimento passa por um pedestre parado na estrada. Depois de uma hora o míssil chega ao alvo, percorrendo uma distância bem maior em relação ao pedestre do que em relação ao carro. Isto ocorre porque o carro também avançou um pouco nesse tempo, portanto à distância percorrida em relação ao carro será menor.

(1) Acredito fortemente
(2) Acredito
(3) Acredito fracamente
(4) Não acredito fracamente
(5) Não acredito
(6) Não acredito fortemente

(1) Satisfeito fortemente
(2) Satisfeito
(3) Satisfeito fracamente
(4) Insatisfeito fracamente
(5) insatisfeito
(6) Insatisfeito fortemente

B - Em vez de ser lançado um míssil, uma lanterna é acesa e emite um flash de luz assim que o carro passa. Depois de uma hora, o raio luminoso simplesmente ignora o movimento do carro e se afasta a mesma distância relativa tanto do carro quanto do pedestre. Para que Isto ocorra o tempo deve passar mais devagar para quem está em movimento, já que a velocidade da luz é a mesma medida no referencial do carro e do pedestre.

(1) Acredito fortemente
(2) Acredito
(3) Acredito fracamente
(4) Não acredito fracamente
(5) Não acredito
(6) Não acredito fortemente

(1) Satisfeito fortemente
(2) Satisfeito
(3) Satisfeito fracamente
(4) Insatisfeito fracamente
(5) insatisfeito
(6) Insatisfeito fortemente

5.8.1 - A amostra

Foram entrevistados 15 alunos da 1ª série do Ensino Médio de um Colégio público de Florianópolis, nos meses de Novembro de 2005 e Janeiro de 2006. Todos eram típicos estudantes de 1ª série do Ensino Médio, de três turmas diferentes e voluntariamente formaram os grupos e se ofereceram para participar do estudo. Optamos em trabalhar com alunos do primeiro ano, pois consideramos importante que os alunos já tivessem tido contato formal com os temas explorados nas explicações, isto é, com algum conhecimento recente sobre movimentos do ponto de vista da Mecânica Clássica e Relativística. Essa opção vincula-se ao nosso objetivo de saber se o *sentimento de entendimento* gerado por explicação tem força para que o estudante a valide.

5. 9 - Resultados

5.9.1 - Parte quantitativa do estudo

O primeiro levantamento feito com os resultados dos questionários verificou os índices de *satisfação* e *crença* que os alunos atribuíram às explicações. A tabela 5.2 mostra os níveis gerados por cada explicação para cada indivíduo. Na tabela 5.3 é a apresentada a freqüência de respostas dos participantes. Todos os nomes são fictícios.

Podemos notar a partir das informações da tabela 5.3 polarizações em termos dos níveis de *satisfação* e *crença* gerados pelas explicações. Com relação à explicação A, no que se refere ao critério *crença*, 7 estudantes (46,7 %) indicaram nível "acredito fortemente", 6 estudantes (40%) indicaram "nível acredito", 2 estudante indicaram nível "acredito fracamente" (13,3%), totalizando 15 estudantes (100%) na condição de "crença" na explicação A. Ainda sobre a explicação A, no que se refere ao critério *satisfação*, encontramos a mesma tendência. 4 estudantes (26,6%) assinalaram nível "satisfeito fortemente", 9 estudantes assinalaram nível "satisfeito" (60%), 1 estudante (6,7%) assinalou o nível "satisfeito fracamente", enquanto apenas 1 estudante (6,7%) assinalou

"insatisfeito". No total, 14 estudantes (93,3%) indicaram condição de "satisfação" com a explicação A. Assim, identificamos uma tendência da amostra com relação à explicação A de atribuir coerentemente os critérios de satisfação e crença. Ou seja, quando a explicação A foi considerada satisfatória os estudantes simultaneamente demonstraram crença nela, e vice-versa.

Tabela 5.2 - Níveis de crença e satisfação gerados pelas explicações

		Explicação A		***Explicação B***	
	Nome	***Crença***	***Satisfação***	***Crença***	***Satisfação***
Grupo 1	Péricles	3	2	6	6
	Valter	2	2	5	5
	Mário	2	5	5	5
Grupo 2	Ariana	1	2	2	3
	Elaine	1	2	5	5
	Jéssica	2	2	2	2
Grupo 3	Bernardo	2	2	1	2
	Olavo	1	2	3	2
	Benjamim	1	1	2	3
Grupo 4	Gabriela	2	2	5	5
	Daiana	2	2	3	3
	Ana	3	3	5	5
Grupo 5	Danilo	1	1	3	6
	Lucas	1	1	3	2
	Fillipi	1	1	4	3

Tabela 5.3 - Freqüência de respostas dos participantes

Explicação A					***Explicação B***				
Níveis	***Freqüência***		***Percentual (%)***		***Níveis***	***Freqüência***		***Percentual (%)***	
	Crença	**Satisfação**	***Crença***	***Satisfação***		***Crença***	***Satisfação***	***Crença***	***Satisfação***
1	7	4	46,7	26,6	**1**	1	0	6,7	0,0
2	6	9	40,0	60,0	**2**	3	4	20,0	26,6
3	2	1	13,3	6,7	**3**	4	4	26,6	26,6
4	0	0	0,0	0,0	**4**	1	0	6,7	0,0
5	0	1	0,0	6,7	**5**	5	5	33,4	33,4
6	0	0	0,0	0,0	**6**	1	2	6,7	13,4
Total	15	15	100	100	Total	15	15	100	100

Com relação à explicação B, no que se refere ao critério *crença*, 1 estudante (6,7%) indicou nível "acredito fortemente", 3 estudantes (20,0%) indicaram nível "acredito", 4 estudantes (26,6%) indicaram nível "acredito fracamente", 1 estudante indicou nível não "acredito fracamente" (6,7%), 5 estudantes (33,4%) indicaram nível "não acredito" e 1 estudante indicou não "acredito fortemente" (6,7%). Nesse caso, podemos definir

claramente dois pólos: 8 estudantes (53,3%) na condição "acredito" e 7 (46,7%) na condição "não acredito". No critério *satisfação*, 4 estudantes (26,6%) assinalaram nível "satisfeito", 4 estudantes (26,6%) assinalaram nível "satisfeito fracamente", 5 estudantes (33,4%) assinalaram nível "insatisfeito" e 2 estudantes (13,4%) assinalaram nível "insatisfeito fortemente". Igualmente, no critério *satisfação*, podemos identificar dois pólos: 8 estudante (53,2%) na condição "satisfeito' e 7 estudantes (46,8%) na condição "insatisfeito". Comparando *satisfação* e *crença*, novamente a tendência geral dos participantes do estudo aponta para um uso coerente dos critérios.

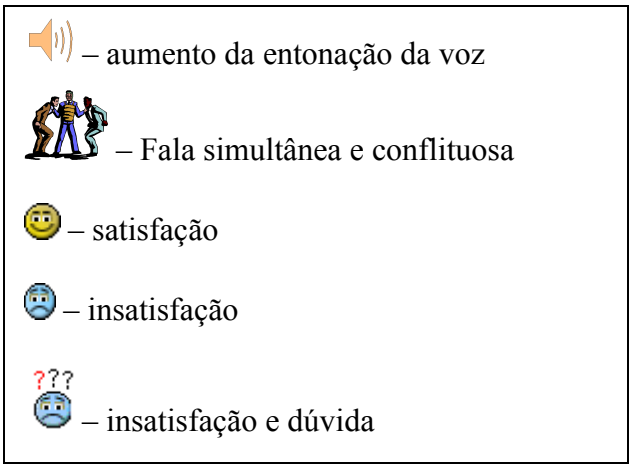
Uma primeira e cuidadosa inferência parece ir à direção das nossas proposições iniciais, segundo as quais *satisfação* e *crença* são elementos que entretém uma relação não aleatória entre si. Ou seja, uma explicação considerada satisfatória ao mesmo tempo era considerada digna de crença pelos estudantes. A coerência no uso desses critérios denota, segundo os argumentos defendidos nesse trabalho, estreita vinculação com a noção de *sentimento de entendimento*. Nós argumentamos na seção anterior que promover um conhecimento ao nível de crença seria uma condição importante ao estado de *sentimento de entendimento*. Também afirmamos a presença nesse estado de certa satisfação afetiva. A evidência de coerência entre os critérios, portanto, está de acordo com as contingências do estado de *sentimento de entendimento*.

Por outro lado, nós temos a consciência das restrições dos resultados extraídos a partir do questionário. Primeiro, os estudantes estavam limitados a indicar um nível para cada um dos critérios, pois não havia liberdade para espontaneamente explicitarem outros critérios, nem um repertório de critérios para escolha. Segundo, não podemos garantir que os estudantes tinham idéia real do que aqueles critérios representavam. Por exemplo, ao indicarem "satisfeito" poderiam estar se referindo a algo distinto daquilo explorado na pesquisa. Isso nos ajuda a concluir que os resultados do questionário sozinho têm restrições. Nós precisamos saber se as indicações acima são verdadeiramente associadas ao estado de *sentimento de entendimento*. Neste caso, a análise das justificativas dos estudantes se reveste de importância capital.

5.9.2 - Parte qualitativa do estudo

A partir da fitas de áudio e de nossas anotações das reações afetivas, elaboramos elementos icônicos para estabelecer um código das reações afetivas experimentadas pelos entrevistados. Nós usamos aspectos de postura, gestuais e mudanças de entonação vocal como evidencia das suas emoções (GRIFFITHS, 1997; SANTOS e MORTIMER, 2003). Longe de esgotar a riqueza das expressões emocionais dos entrevistados, tal representação aponta um diagnóstico simplificado dos momentos cruciais em que respostas afetivas tiveram alguma relevância no debate. Esses elementos estão representados no quadro 5.3 abaixo.

Quadro 5.3 - Ícones que representam as reações afetivas dos sujeitos de pesquisa



Não aparecem explicitamente nesta representação as emoções primárias (DAMÁSIO, 2000) ou aquelas das listas de IZARD (1977), EKMAN et al. (1987) e EPSTEIN (1984), porque nesse momento é mais importante colocarmos a prova a idéia de satisfação afetiva com as explicações, do que um levantamento preciso das emoções vivenciadas. Vamos tratar, portanto, do *status afetivo* no sentido estrito. Ademais, *satisfação* pertence a uma ampla rede de sentimentos positivos, assim como *insatisfação* associa-se ao pólo negativo (SHAVER et al., 1987).

5.9.2.1- Exemplos extraídos das transcrições

Os extratos foram escolhidos para providenciar uma classe de possibilidades de *sentimento de entendimento*. Nos termos da tradição do modelo de mudança conceitual (MMC) o núcleo central da *inteligibilidade* é a capacidade de representar coerentemente a

concepção corrente do aprendiz (HEWSON, 1981; POSNER *et al.*, 1982; STRIKE & POSNER, 1985). Dentro do extrato seguinte, Fillipi e Danilo não são capazes de aplicar seus conhecimentos sobre movimentos para racionalizar uma representação dos efeitos relativísticos que operam na explicação B. Fillipi declara *status* de insatisfação com a explicação B, algo corroborado por Danilo. Ambos estão insatisfeitos (destaque em caixa alta) com a afirmação que o tempo passa mais rápido para quem está em movimento. Inconformado Danilo tenta construir uma explicação alternativa para provar a incoerência da explicação B.

Extrato 1:
Grupo 5
Legenda:
[...] – pausa

Fillipi: NA PRIMEIRA EU ACHO QUE TODO MUNDO CONCORDA. MAS NA SEGUNDA.

Danilo: O QUE ACONTECE É QUE ELE [NA EXPLICAÇÃO B] AFIRMA AQUI QUE O TEMPO PASSA MAIS RÁPIDO PARA QUEM ESTÁ EM MOVIMENTO.

Fillipi: Olhe aqui [...] o carro está em movimento, como os dois [o carro e o pedestre] podem estar a mesma distância relativa do flash de luz naquele momento. Você tem observar por onde você está vendo se pelo carro ou pela pessoa.

Danilo: O raio luminoso é o seguinte [...] é como se você estivesse andando na praia e na sua frente um cara de bicicleta. Vamos supor que você veja um ponto luminoso em uma vila distante a sua frente. Este ponto está a uma distância diferente de ti e do cara de bicicleta. Lá é o ponto de referência e vocês são os objetos que estão se movendo, o raio só vai chegar em vocês, o que vai determinar a distância [...] é como se fosse o míssil, vai ser a distância de você até o ponto luminoso. Então eu discordo desta parte que diz que "depois de uma hora o raio luminoso simplesmente ignora o movimento do carro e se afasta a mesma distância".

A explicação criada por Danilo se baseia no pensamento clássico. Ele projeta um ponto de referência e dois objetos colocados a diferentes distâncias, a partir disto deduz que a luz não pode chegar simultaneamente aos dois devido à diferença de percurso. Ele centra sua explicação mais incisivamente nas distâncias relativas do que na luz. Claramente, Danilo, desconhece que a velocidade da luz é a mesma independentemente do referencial. Isso está de acordo com os dados da tabela 1, na qual observamos que Danilo indica os níveis "acredito fortemente" / "satisfeito fortemente" para explicação A e

"acredito fracamente" / "insatisfeito fortemente" para explicação B; e Fillipi indica os níveis "acredito fortemente" / "satisfeito fortemente" para explicação A e os níveis "não acredito fracamente" / "satisfeito fracamente" para explicação B.

Na passagem seguinte Lucas, o terceiro membro do grupo, oferece uma outra versão, justificando sua escolha da explicação B. Para Lucas, ao contrário de Fillipi e Danilo, a explicação B é inteligível.

Extrato 2:
Grupo 5
Legenda:
[...] – pausa

Lucas: Tem que considerar a diferença no tempo para ver se pode influir [...] na velocidade da luz não existe mais distância e tempo.
Danilo: é como se estivesse parado.
Fillipi: Mas mesmo assim o flash está andando, ele está em movimento [...] a pessoa esta parada, mas depois de uma hora o carro já avançou, e o flash de luz alcançou um ponto mais a frente se estivessem em linha reta, daí a distância é menor [...] chega uma hora em que você vai medir a distância será menor.

Lucas: Mas não, olha só, em relação à uma hora [...] aí é que está o ponto [...] porque uma hora para pessoa é uma hora para carro, a distância da luz é igual. Porque a velocidade da luz para qualquer ponto de referência vai ser a mesma. Então, se ele se afastou do carro 300.000 km deve ser a mesma distância do pedestre. É cara! A velocidade da luz é igual para todo mundo em qualquer ponto de referência.

Fillipi: A velocidade não a distância.

Lucas: É óbvio... não sei qual a velocidade da luz [...] vamos supor que seja x... 300.000 km/s. Em um segundo para pessoa que está no carro o flash está a 300.000 km a frente, e para o pedestre também independentemente da posição vão percorrer a mesma distância no mesmo tempo. A velocidade da luz não depende [...] se tu tiveres um tempo de quatro horas... vai ser a mesma coisa.

Danilo: Só que junta está afirmação com a parte do texto que esta aqui em baixo [*o tempo deve passar mais devagar para quem esta em movimento*]. Junta as duas afirmações.

Lucas: O problema é que ele não dá um ponto de análise de fora. Se ele desse um ponto de fora [...] um poste de luz.

Fillipi: A gente está de fora.

Lucas inicia a argumentação deslocando a ênfase dada por Danilo às distâncias relativas entre fonte e objeto para a possibilidade do tempo ser influenciado pelo estado de movimento dos objetos. Entretanto, Fillipi permanece fiel ao seu pensamento. Fillipi procura argumentos para manter a posição clássica sempre se baseando nas distâncias relativas. A premissa implícita do tempo absoluto continua intocada. Lucas, por sua vez, encontra inteligibilidade na explicação B (*"a velocidade da luz é igual para todo mundo em qualquer ponto de referência"*). Lucas interpreta o fato apresentado na explicação B com referência a idéia que a luz tem uma velocidade definida de propagação, independente do estado de movimento do observador ou dá fonte de luz. Ele tem uma representação coerente e com sentido, a qual se torna instrumento de pensamento. Danilo, ao lado de Fillipi, discorda da afirmação que o tempo possa passar diferente para o pedestre e para o carro em movimento.

Uma constatação importante deste extrato revela-se no aumento da entonação da voz dos participantes e nas falas simultâneas. Estes momentos são amplamente carregados afetivamente. O conflito tem origem quando surge uma opinião discordante de Lucas sobre as premissas fundamentais sobre o fenômeno e se inicia uma defesa visceral das posições. O debate polariza-se com Danilo e Fillipi, dentro da concepção clássica, de um lado, e Lucas, dentro de um pensamento relativístico, de outro. Mas, por que eles resistem? Por que tornam a defesa das posições mais eloqüentes? Por que mostram claramente reações afetivas? Nós suspeitamos que estas reações emocionais dos participantes estão diretamente ligadas ao *status afetivo* atribuídos por eles a estas explicações. HEAD e SUTTON (1985) argumentam que quando uma explicação é interiorizada por um indivíduo, ele começa vê-la como correta. Uma idéia integrada com sucesso na estrutura cognitiva se torna uma parte do repertório pessoal de ferramentas utilizado para dar sentido ao mundo. Neste estágio, *"o indivíduo prontamente adquire uma conexão emocional com a idéia"* (p. 95). Isto implica em compromisso com a explicação (THAGARD, 2001). Em nossos termos há um alto *status afetivo* para explicações, vinculado ao *sentimento de entendimento* gerado. Em virtude da existência de um compromisso atribui-se alto grau de verdade a representação. Neste sentido, MATURANA (2001) oferece o exemplo da impossibilidade do fim da guerra na Irlanda do Norte ao menos que um decreto tire ambos os grupos do espaço religioso, onde dentro dos fundamentos de uma crença um negue os fundamentos da outra. De acordo com MATURANA, ambos os grupos estão defendendo sistemas que, embora coerentes em si, tem premissas fundamentais diferentes, que se

excluem mutuamente e que seus seguidores aceitam ou rejeitam não a partir da razão, mas da emoção. Obviamente, as representações ideológicas são qualitativamente distintas das representações do mundo físico, mas porque desconfiar que a mente não possua no segundo caso algum nível de compromisso emocional, um *sentimento de entendimento*? Por enquanto, as evidências apresentadas mostram que tais compromissos encontram-se no mínimo em estado latente profundo.

Uma outra condição necessária, do ponto de vistas cognitivista, para uma idéia ser a aceita depende dela estar ligada a outras idéias que o indivíduo julga verdadeiras. Neste caso, suposições em conflito com conhecimentos prévios, incoerentes com as experiências passadas e crenças enraizadas tendem a ser rejeitadas. Em temos usuais, necessita-se *Plausibilidade* (HEWSON & THORLEY, 1989; COBERN, 1994; HEWSON & LEMBERGER, 1999; BREWER et al., 1998; GILBERT et al., 2000). Danilo e Fillipi rejeitam a explicação B exatamente porque contrastada com seus 'background' teóricos parece inconsistente, apenas? Nós insistimos na existência de *status afetivo* e *sentimento de entendimento* com a representação. CHINN e SAMARAPUNGAVAN (2001) fazem notar a distinção entre conhecimento e crença. Eles argumentam que no processo de aprendizagem um indivíduo pode construir duas concepções separadas: uma concepção que acredita e uma outra que corresponde ao conhecimento das idéias apresentadas. O importante neste argumento é a existência de um nível subjetivo/afetivo a qual se denomina crença (PAJARES, 1991; FRIJDA & MANSTEAD, 2000). Até o relato cognitivista de POSNER et al. (1982) reconhece a importância da força de uma crença, no caso, o compromisso com o tempo absoluto, na obstrução do processo de acomodação. Neste sentido, crenças podem determinar a aceitação ou não da explicação. Enfim, o que decide o que é plausível ou não, é o que nós cremos não o que nós conhecemos, e o que nós cremos possivelmente é aquilo que oferece *sentimento de entendimento*.

No extrato abaixo, temos exemplos dramáticos do apego de Danilo ao "mundo newtoniano" e do aumento do entendimento de Lucas. Estes dois momentos mostram novamente o *status afetivo* das explicações. As falas são bastante exaltadas e em alguns momentos causaram dificuldades de transcrição. As falas destacadas em caixa alta denotam as passagens mais significativas.

Extrato 3:
Grupo 5

Legenda:

[...] – pausa

Danilo: Por mais que a velocidade da luz chegue ao mesmo tempo nos dois, certo [...] é o seguinte, eu tenho um carro e uma pessoa os dois estão em movimento, a velocidade da luz chega ao mesmo tempo aos dois, por mais que ela chegue ao mesmo tempo aos dois, não quer dizer que por isto ela seja relativamente igual aos dois, lógico que não.

Lucas: Mas não é a gente que pode dizer o que é lógico e o que não é, os cientistas comprovaram que a velocidade da luz é para qualquer um referencial.

Danilo: Mas não é este o ponto que.

Lucas: A gente não pode chegar aqui dizer: não! Porque eu acho que não é igual.

Danilo: não! não!

Lucas: Teve experimentos científicos a gente não pode chegar aqui: não! Porque para mim parece que não é igual.

Lucas: Eu quero uma coisa lógica para chegar no resultado.

Fillipi: Foi experimento científico?

Danilo: ELES [os cientistas] ESTAVAM ENGANADOS!

Lucas: O que importante é o comportamento da luz e não o tempo.

Danilo: Você não entendeu o que queria falar. Eu sei que chega ao mesmo tempo no carro e no pedestre, eu estou querendo te dizer que o que muda é a distância.

Fillipi: Que está um do outro.

Danilo: que dá um do outro.

Lucas: Posso explicar o que eu quero dizer?

Danilo: É o seguinte, aqui... a lanterna está aqui ...

Lucas: AGORA EU TENHO CERTEZA, EU COLOCARIA ACREDITO FORTEMENTE NA SEGUNDA EXPLICAÇÃO!

Danilo admite no seu exemplo fictício a possibilidade da luz chegar ao mesmo tempo em dois objetos em diferentes estados de movimento, mas sua argumentação sustenta-se na velocidade alta da luz, o que tornaria imperceptível para o observador a diferença, não na certeza da constância da velocidade da luz medida a partir de qualquer referencial. Isto serve para afirmar sua confiança na no tempo absoluto. Lucas retruca apelando para autoridade científica ("*A gente não pode chegar aqui dizer: não! Porque eu acho que não é igual"*). Lucas fortalece sua defesa dizendo que houve experimentos científicos comprobatórios das implicações da teoria da relatividade de Einstein. A lógica

da Ciência *("eu quero uma coisa lógica para chegar no resultado"*) e o critério de comprovação empírica da Ciência são elementos incontestáveis para ele. A preferência por explicações com maior adequação empírica está de acordo com os resultados de SAMARAPUNGAVAN (1992) e CHINN e BREWER et al. (1998). Danilo tem uma opinião diferente. Ele rejeita o resultados das experiências científicas dizendo: *"eles estavam enganados"*. O que faz alguém proferir uma frase tão forte quanto essa? Danilo não é um anticientificista, ele apenas tenta defender aquilo que acredita. Claramente, o domínio afetivo se constitui uma parte significante na validação de uma explicação para Danilo. Este é um caso exemplar em que o afetivo entrelaça-se ao cognitivo (ALSOP & WATTS, 1997).

Por outro lado, Lucas aumentou seu entendimento sobre efeitos relativísticos durante o debate. Nos termos do MMC poder-se-ia falar em um aumento do *status* da concepção (HEWSON & THORLEY, 1989; HEWSON & LEMBERGER, 1999) ou *fuller understanding* (STRIKE & POSNER, 1985). Inicialmente, Lucas indicou níveis "acredito fortemente" / "satisfeito fortemente" para explicação A e "acredito fracamente" e "satisfeito" para explicação B. Lucas mostrou evidência de *status afetivo* quando tomou consciência do seu entendimento dizendo: *"agora eu tenho certeza, eu colocaria acredito fortemente na segunda explicação"*. De acordo com GOPNIK (1998) encontrar uma explicação é um evento seguido de satisfação emocional, "*freqüentemente acompanhada por uma expressão positiva de alegria"* (p. 110). Embora Lucas não estivesse procurando uma nova explicação, o exercício de convencimento dos colegas reforçou seu próprio *sentimento de entendimento*. Na sua declaração observa-se explicitamente que a explicação fez mais sentido para ele, fortaleceu seu significado. Em nossa interpretação, Lucas tornou-se mais ligado afetivamente às idéias relativísticas. Sem esta legitimação afetiva a conquista do aumento da *inteligibilidade* e da *plausibilidade* não poderia acontecer.

Lucas, Danilo e Filllipi continuam expondo suas idéias. Lucas tenta, sem sucesso, mudar a escolha dos colegas trazendo a experiência de pensamento dos trens idealizada por Einstein. Em seguida, comenta a experiência realizada com relógios atômicos extraordinariamente precisos embarcados em aviões, usada para comprovar que o tempo transcorre como prediz a teoria da relatividade restrita. Para GAULD (2001) entender alguma noção é construir *"idéias que são articuladas juntas e a conexão que definem as relações entre estas idéias"* (p. 5). Algo inquestionável no caso de Lucas. Aliado a isto,

Lucas realimentava sua satisfação emocional com a representação que lhe garantia *sentimento de entendimento* profundo das situações em jogo. Nas últimas narrativas, temos o desfecho do debate do grupo 5. Como tentativa final de convencimento, Lucas cria uma explicação mostrando as conseqüências da teoria da relatividade em outro contexto. *Frutificação* é um critério valioso no julgamento de qualidade de uma explicação (POSNER et al, 1982; BREWER et al., 1998; GILBERT et al. 2000). Em seguida o entrevistador questiona os participantes do debate se houve algum convencimento sobre a explicação B. A passagens mais significativas destacam-se em caixa alta.

Extrato 4:
Grupo 5
Legenda:
E – Entrevistador
[...] – pausa

Lucas: Por exemplo, se nós estivéssemos em uma nave com velocidade próxima a da luz e eu pegasse uma câmera de filmagem de duas horas, e vou gravando, e fico duas horas viajando, e ao fim de duas horas eu retorno para terra. A minha gravação estará no finalzinho e a do cara que ficou na terra já vai ter acabado. Porque para ele passou mais rápido, então as duas horas de filme que ele tinha já acabaram naquele tempo. TU TÁ ENTENDENDO, AS DUAS HORAS DELE PASSARAM MAIS RÁPIDO PORQUE O TEMPO PASSA MAIS RÁPIDO.
E: Vocês se convencem de que o tempo pode não ser absoluto?
Lucas: EU ME CONVENCI PELA EXPLICAÇÃO DA TEORIA!
Fillipi: É uma coisa muito complexa.
Lucas: então explica melhor aquela paradinha do trem. EU ACHEI MUITO BOA AQUELA EXPLICAÇÃO. Eu não tinha entendido daí eu li numa revista.
Fillipi:O tempo pode até ser diferente mas o carro que estava mais próximo da luz depois de uma hora.
Lucas: Tu [Fillipi] acredita que a velocidade da luz é a mesma para qualquer referencial?
Fillipi: Isto é muito complexo. EU NÃO ACREDITO NESTA FÍSICA RELATIVÍSTICA. Tem que ser uma fonte bem confiável.
Lucas: Tu não confia com a professora de física. Nesta escola é confiável.
Fillipi: Não sei, mas eu acho que tudo é muito complexo para ela também.

Existem dois aspectos de significância que emergem da transcrição acima. O primeiro é a evidência que houve um aumento do *status afetivo* de Lucas para com a explicação B. Lucas conseguiu inventar uma experiência de pensamento a partir da qual

ele poderia extrair argumentos para tornar inteligível a idéia de tempo relativo aos colegas. Em nossa interpretação Lucas sentiu-se mais satisfeito emocionalmente com a explicação, isto é incrementou seu *sentimento de entendimento* (*"eu me convenci pela explicação da teoria"*). Recentemente, ao discutir o processo de incorporação de conhecimento científico, MICHEL PATY (2005) declarou que *"a mente fica satisfeita quando adere ao conhecimento"*. Os padrões afetivos mostrados por Lucas parecem denotar esta hipótese. O segundo é a evidência que, se de um lado, o *sentimento de entendimento* pode ser aumentado, e ao mesmo tempo, mais satisfatório, pode, de outro, obstruir o raciocínio ou até mesmo provocar a rejeição de outra explicação rival, quando associado a uma explicação predecessora de grande vínculo afetivo e funcionalidade. O *status afetivo* negativo declarado por Fillipi atesta tal suposição. Ele é sincero ao dizer *"eu não acredito nesta física relativística"*. Fillipi, pelo observado na entrevista e pela entonação da fala, mostrou-se visivelmente insatisfeito com as idéias relativísticas. Interessante ainda é notar sua resistência a mudança de opinião mesmo frente à presença de dados trazidos por Lucas, e posteriormente confirmados pelo entrevistador, que eles sabiam ter formação em Física; e o autoritarismo da professora de Física (*"Não sei, mas eu acho que tudo é muito complexo para ela também"*). O comportamento deste grupo parece de acordo com as hipóteses levantadas.

Nós apresentamos em seguida extratos do debate realizados entre os grupos pesquisados. Diferentemente do grupo 5, os demais grupos mantiveram reações emocionais mais discretas próximas do *limite frio de afeto* (GÓMEZ CHACÓN, 2003). Entretanto, podemos verificar a resistência afetiva dos participantes, materializada na rejeição de uma explicação incapaz de gerar *sentimento de entendimento* e no apego às idéias antigas. Outro fator relevante é que nestas discussões o entrevistador interferiu diversas vezes, questionando explicitamente quais critério utilizados pelos participantes, e ao mesmo tempo esclarecendo dúvidas sobre as explicações apresentadas. Em seguida mostra-se um extrato do debate realizado pelo grupo 2. O grupo coincidentemente apresentava um perfil conceitual[21] semelhante, exceto na inconsistência da fala com uso dos critérios com relação a explicação B por Elaine (ver tabela 5.1).

Extrato 5:

Grupo 2

Legenda:

[21] Não fazemos referência a sentido dado por MORTIMER (1995).

E – Entrevistador

[...] – pausa

Jessica: Sei lá [...] na minha cabeça passa o mesmo tempo [...] passa o mesmo tempo, é mesma coisa. O mesmo tempo que eu demoro para andar, eu levo para ficar parada.

E: Como vocês se sentem em relação a isto [elementos da explicação B]? Isto não as incomoda? O que seria preciso para vocês aceitarem esta idéia?

Ariana: Na última afirmação ele está falando com relação à velocidade da luz [...] Talvez se eu entendesse melhor fosse possível. Se ele está mais devagar, está mantendo o movimento...

Elaine: Talvez seja porque leve mais tempo para chegar em algum lugar. Para chegar em algum lugar só anda mais tempo.

E: Vocês se conformam com a explicação B?

Ariana: EU NÃO! SINCERAMENTE EU NÃO CONSIGO. NÃO CONSIGO ACEITAR QUE O TEMPO PASSE MAIS DEVAGAR.

Elaine:EU TAMBÉM NÃO CONSIGO ACEITAR. COMO QUE O TEMPO PODE PASSAR MAIS DEVAGAR??

E:O que seria preciso para que vocês acreditassem na explicação B?

Ariana: não sei [...] é como acreditar em Deus, tu não sabe [...] só acredita. Quando você viaja a velocidade da luz o tempo passa mais devagar. você consegue entender Elisa?

Elaine: NÃO SEI [...] NÃO CONSIGO ACREDITAR.

Jessica, Ariana e Elaine possuem fortes compromissos com a visão de mundo Newtoniana. Por exemplo, Jessica rejeita a segunda explicação baseando-se na certeza do tempo absoluto (*"passa o mesmo tempo é a mesma coisa..."*). A experiência diária a baixas velocidades garante a plausibilidade da sua afirmação (*"o mesmo tempo que eu demoro para andar, eu levo para ficar parada")*. No trecho seguinte, o entrevistador explicitamente interroga o grupo sobre seus sentimentos sobre a explicação B. Ariana mostra um *status* de insatisfação com as possibilidades aventadas pela explicação B, invalidando completamente a concretização de uma explicação baseada na suposição do tempo passar mais devagar. Ela, entretanto, inicialmente, deixa em aberto uma eventual chance de validação da explicação (*"talvez se eu entendesse melhor fosse possível..."*). Elaine tenta conciliar seu raciocínio clássico com a explicação B, dizendo que *"leva mais tempo para chegar em algum lugar"*. Ela se referencia nos diferentes espaços temporais dos eventos, não no fluxo diferente do tempo. Com a insistência da pergunta do entrevistador as declarações crescem em emoção. Ariana recorre a sinceridade para por em

perspectiva na sua negativa categórica com relação à explicação B. O relato de Elaine ganha em dramaticidade. Similarmente a Ariana, Elaine rejeita a explicação, contudo denota *status* de insatisfação e dúvida (*"como que o tempo pode passar mais devagar?"*). Isto mostra uma incredulidade bastante significativa. Na parte final, o entrevistador questiona o grupo sobre a potencialidade de uma mudança de opinião. Novamente, as respostas são de expressiva carga afetiva. Ariana mantém seu *status* de insatisfação. Ela expõe sua repulsa, comparando acreditar na explicação B com acreditar em Deus. Ariana parece necessitar de *suporte empírico* para validar a explicação (BREWER et al., 1998; GILBERT et al., 2000). Elaine tem o mesmo *status afetivo* com relação à explicação relativística. Ela faz uma pausa acentuada e professa sua descrença. Definitivamente, a explicação B foi incapaz de gerar *sentimento de entendimento* para Jessica, Ariana e Elaine.

No extrato seguinte, o grupo 3 discorre sobre suas razões para validar as explicações. O grupo possui um perfil bastante interessante. Bernardo tem conhecimento da Teoria de Relatividade de Einstein, argumento utilizado por ele em uma passagem anterior para justificar sua forte crença na explicação B (*"não sei se está comprovado, mas tem a teoria de Einstein de que quando se está em movimento o tempo passa mais devagar..."*). Olavo também tem leituras sobre o tema, enquanto Benjamim não se manifestou favorável a nenhuma das explicações. Enquanto os participantes falam sobre suas justificativas o entrevistador segue questionando o grupo e fomentando o debate complementando as explicações. As letras maiúsculas destacam as passagens mais representativas.

Extrato 6:

Grupo 3

Legenda:

E – Entrevistador

[...] – pausa

Olavo: Com base no que eu li sobre a teoria do Einstein eu acredito, MAS SE EU PENSASSE SÓ POR MIM MESMO NÃO SEI IRIA ACREDITAR [...] É DIFÍCIL DE ACREDITAR. Porque tudo que ele fez até agora, todas as teorias, foram comprovadas como certas, então, não há porque esta não estar certa.

E: Explica o paradoxo dos gêmeos. Vocês se conformam com esta idéia?

Olavo: ACHO QUE SIM, NÃO SEI [...] FICO MEIO NA DÚVIDA.

E: O que incomoda nesta idéia?

Bernardo: É que isto aí é complicado, não é como na matemática que é tudo certinho. Você tem certeza de tudo.

E: Por que não há problema em aceitar a primeira explicação?

Silêncio.....

O critério de Olavo baseia-se na autoridade do cientista Einstein (*"com base no que eu li sobre a teoria do Einstein eu acredito"*), entretanto, quando foge da autoridade, isto é, levando em conta suas convicções, a escolha seria diferente (*"mas se eu pensasse só por mim mesmo não iria acreditar, é difícil de acreditar"*). O reconhecimento do dilema por Olavo oferece uma informação a respeito do seu pensamento sobre a explicação, mais do que um desenvolvimento ou explicitação sobre o conteúdo da explicação. Ele tem a consciência da existência de uma instância legitimadora externa, mas internamente a explicação continua sem um sentido preciso. VILLANI e CABRAL (1997) sugerem que a um conhecimento pode ser atribuída plausibilidade considerando-se o crédito atribuído por outros. Quer dizer, é necessário saber que outros indivíduos, reconhecidos por certas qualificações, também acreditam na idéia. Olavo, embora fora do sistema didático, ainda se prende a lógica escolar da autoridade do conhecimento científico. Essa aceitação, portanto, é determinada por elementos subjetivos que não tem origem somente nas razões científicas apresentadas, como a lógica inerente às explicações científicas ou as evidências empíricas. Ademais, o entendimento alcançado pela coerção parece qualitativamente menos persuasivo que aquele *sentimento de entendimento* construído via significação afetiva, como Olavo demonstra em seguida (*"acho que sim, não sei, fico meio na dúvida"*). Bernardo, mesmo ciente dos postulados da relatividade, compartilha as incertezas de Olavo (*"é que isto aí é complicado..."*). Ele julga os argumentos da explicação relativística complicados, em contraste com o raciocínio matemático que apresenta resultados logicamente encadeados, sem contradições inesperadas. Todavia, na última parte do extrato, o grupo não é capaz de indicar as razões de julgar a explicação A plenamente aceitável.

No último extrato abaixo, o grupo 4 apresenta suas justificativas relativas a preferência por uma das explicações. As letras maiúsculas destacam as passagens mais representativas

Extrato 7:

Grupo 4

Legenda:

E – Entrevistador

[...] – pausa

Gabriela: como é que o tempo irá passar mais devagar para quem está em movimento. Eu acho que o tempo é igual para todo mundo [...] é o que eu acho que o tempo é igual para todo mundo.

Daiana: Às vezes você pensa que o tempo passa mais rápido fazendo uma coisa do que em outra. Mas no relógio não tem diferença. Você apenas tem a impressão.

Gabriela: EU NÃO ACHO QUE A SEGUNDA EXPLICAÇÃO SEJA VERDADEIRA.

E: apresenta o exemplo da experiência de pensamento de Einstein sobre os trens.

Daina: EU ATÉ ESTOU ENTENDO MAIS OU MENOS QUE O TEMPO PASSA DIFERENTE COMO DIZ A TEORIA DA RELATIVIDADE, MAS É MEIO DIFÍCIL [...] ASSIM [...] DE ACREDITAR [...] É MEIO DIFÍCIL DE ACEITAR. NA VERDADE EU NÃO ACEITO MUITA COISA DA FÍSICA.

E: o que você não aceita?

Daiana: várias coisas, só que agora eu não lembro.

Gabriela: TEM COISAS QUE SÃO DIFÍCEIS DE ACEITAR.

A discussão concentra-se nas opiniões de Gabriela e Daiana. Gabriela deixa bastante claro sua rejeição da idéia de um fluxo de tempo relativo aos referenciais *("é o que eu acho que o tempo é igual para todo mundo"*). Ela aumenta a ênfase da sua afirmação dizendo *"eu não acho que a segunda explicação seja verdadeira"*. Daiana, por sua vez, resolve a contradição com sua crença no tempo absoluto aderindo a hipótese que o ser humano tem distintas percepções psicológicas do tempo (MARTINS, 2004; KARAM, 2005). Em seguida Daiana se mostra *status* de insatisfação com a explicação relativística, fazendo uma contraposição explícita entre entender e acreditar ("*eu até estou entendo mais ou menos que o tempo passa diferente como diz a teoria da relatividade, mas é meio difícil, assim, de acreditar"*). Ela reconhece alguma *inteligibilidade* na explicação B, contudo não a considera *plausível*. Nós temos insistido que o *sentimento de entendimento* associa-se a promoção de um conhecimento ao patamar cognitivo/ afetivo de crença, portanto consideramos este desvio como um indício da falta de significação afetiva, ou um baixo *status afetivo*. Na continuação da fala, Daiana faz uma revelação importante sobre o *status afetivo* das explicações escolares: *"na verdade eu não aceito muita coisa da Física"*. Essa exclamação parece definir a falta de compromissos, do ponto de vista subjetivo, com

a disciplina. Isto é, as explicações propiciadas nas aulas de Física não são satisfatórias para Daiana, embora gerem um mínimo de entendimento. Gabriela compartilha do mesmo *status afetivo* de Daiana (*"tem coisas que são difíceis de aceitar"*). Elas corroboram nossas suspeitas de que os indivíduos podem construir distintos níveis de entendimento/*sentimento de entendimento*. Essa não é uma constatação nova (STRIKE & POSNER, HEWSON & THORLEY, 1989; CHINN & BREWER, 1994; SAMARAPUNGAVAN, 2001; MARROUM, 2004), entretanto, parece fértil para as discussões subseqüentes.

5.10 - Discussão

O que nós aprendemos com este experimento? Primeiro, os critérios *satisfação* e *crença* foram utilizados coerentemente pelos estudantes nesse estudo, segundo a análise quantitativa dos resultados. Como nós suspeitávamos uma explicação satisfatória é ao mesmo tempo incorporada como instrumento intelectual dos estudantes. Isso, entretanto, ocorre em um patamar cognitivo diferenciado, afetivamente carregado e resistente a mudanças. Obviamente, as explicações não eram expressadas espontaneamente pelos estudantes, mas isso não invalida as afirmações acima. As explicações foram selecionadas basicamente com intuito de trazer a tona conflitos com uma das crenças mais comuns dos indivíduos, neste caso, a confiança no tempo absoluto. COBERN (1997) mostrou que estudantes em face de um fenômeno desconhecido têm preferência por explicações mais consistentes com suas *visões de mundo*. Nossos sujeitos já haviam tido lições sobre movimentos com os dois formalismos, clássico e relativístico, porém mostraram forte tendência em optar pelo primeiro. Para eles, aparentemente o mundo é mais compreensível nos parâmetros newtonianos, ou fonte de *sentimento de entendimento* em nossos termos.

Segundo, quando colocados em situação de conflito, na qual necessitavam escolher uma das explicações os estudantes relacionados nesse estudo apresentaram boas evidências de *status afetivo* e *sentimento de entendimento*, oriundas dos comentários sobre as explicações e perpassadas na discussão sobre o conteúdo das explicações ("*na primeira eu acho que todo mundo concorda. Mas na segunda", "a gente não pode chegara aqui dizer não: não! Porque eu acho que não é igual", "eu me convenci pela explicação da teoria",*

"eu achei muito boa aquela explicação", "eu não acredito nesta física relativística", "eu não! Sinceramente eu não consigo. Não consigo aceitar que o tempo passe mais devagar" , "eu também não consigo aceitar. Como que o tempo pode passar mais devagar", "tem coisas que são difíceis de aceitar"). Acompanhadas das observações das variações de entonação da voz e das expressões gestuais e faciais dos indivíduos pesquisados, essas frases oferecem um diagnóstico sofisticado do *sentimento de entendimento* suscitado. Todavia, a grande maioria dos comentários são sobre a rejeição da explicação relativística. Então, precisamos ampliar a noção de *status afetivo* para classe de sentimentos negativos. Por simetria, com um processo de apropriação de uma explicação, uma explicação será rejeitada se associada a um *status afetivo* negativo. Voltaremos a esse ponto.

Terceiro, o *sentimento de entendimento* pode ser incrementado *("agora eu tenho certeza, eu colocaria acredito fortemente na segunda explicação"*). VERGNAUD (1994) insiste que um conceito se torna significativo para um indivíduo devido à diversidade de situações, nas quais distintos aspectos do conceito estão envolvidos na sua aplicabilidade. As situações é que dão sentido aos conceitos, mas o sentido não está na situação em si. O sentido é o conjunto de esquemas evocados no sujeito por uma situação (VERGNAUD, 1990). Uma especulação a partir dos resultados obtidos aponta para evolução concomitante do domínio conceitual e da satisfação afetiva com a representação. Quer dizer, quanto maior a competência em manipular uma explicação numa variedade de contextos, automaticamente será maior o *sentimento de entendimento* provocado e mais padrões afetivos serão observáveis.

Quarto, níveis distintos de entendimento/*sentimento de entendimento* são explicitamente reconhecidos pelos estudantes (*"eu até estou entendendo mais ou menos que o tempo passa diferente como diz a teoria da relatividade, mas é meio difícil assim de acreditar", "eu não acho que a segunda explicação seja verdadeira"*). Declarações semelhantes são encontradas nos estudos de PINHEIRO (2003) e KARAM (2005). Essa constatação retira nossa dúvida inicial, durante a análise quantitativa, relativa a coerência no uso dos critérios *crença* e *satisfação*, pois evidencia a separação entre compreender e operacionalizar os aspectos racionais de explicação e, em adição, acreditar nela. Então, nós reafirmamos que na construção de explicações um indivíduo pode ter duas formas de entendimento: um despido de conexões ou infimamente ligado a *"máquina afetiva"* (GILBERT et al., 2000) e outro mais compromissado e significativo, aqui chamado de

sentimento de entendimento. Nos segundo caso, um saber é tido como verdadeiro e digno de crença.

Nessa aproximação progressiva de uma conceitualização precisa, nós estamos nas adjacências de uma apreensão definitiva da noção de *sentimento de entendimento*. No capítulo seguinte, finalizaremos a busca.

CAPÍTULO 6

O SENTIMENTO DE ENTENDIMENTO PROVOCADO PELA NOÇÃO DE SENTIMENTO DE ENTENDIMEN**TO**

6.1 - Introdução

Nós temos avançado a idéia que quando um indivíduo recebe uma explicação, na escola ou na vida cotidiana, entra em jogo a capacidade da explicação satisfazer o interlocutor. Essa satisfação é subjetiva, compreendendo, portanto, elementos da dimensão afetiva. Uma explicação será aceita com base nessa competência, aliada aos critérios racionais usuais. Mediante o cumprimento dessas exigências, postulamos, a partir do desenvolvimento da hipótese de BREWER (BREWER et al., 1998; BREWER, 1999), um estado de *sentimento de entendimento* (SE), observável no monitoramento do *status afetivo* da explicação. Esse *sentimento de entendimento* formaria parte do lastro afetivo do indivíduo na interação com os saberes escolares, facilitando e fortalecendo sua estabilização. Contudo, ainda precisamos complementar e amarrar pontos em suspensão: O que dizer da plausibilidade da noção de *sentimento de entendimento,* quando confrontada com outras teorias? Da distinção entre conhecimento e crença? Dos níveis de *sentimento de entendimento*? Da estabilização conceitual? Discutiremos ainda, os limites

da abordagem proposta, as potencialidades do tema para estudos futuros e as contribuições gerais para o Ensino de Ciências, e da Física em particular.

6.2 - Revisão da noção de sentimento de entendimento

Nós temos mostrado que existe algo mais no explicar do que promover uma estrutura conceitual ampla para um fenômeno, que quando posta a funcionar gere o fenômeno a explicar como resultado desse funcionamento na experiência do interlocutor. Na acepção mais simples, explicar é sempre uma reformulação da experiência a ser explicada. Por exemplo, se alguém pergunta: "por que o céu é azul?", e respondemos (i) "o céu é azul porque a luz branca, proveniente do sol, incide sobre a atmosfera fazendo com que os elétrons das moléculas dos gases O_2 e N_2 vibrem na faixa da luz visível e reemitam a onda excitadora em todas as direções, e em maior quantidade de direções as ondas de freqüência mais alta do espectro da luz visível, o azul", isso é uma reformulação da experiência observada, a percepção do azul do céu. Entretanto, quem decide se essa reformulação é aceitável é aquele que recebe a explicação, não algo externo que define como o objeto da explicação é em si. Por exemplo, MATURANA (2001a) declara que, *"nenhuma proposição explicativa é uma explicação em si. É a aceitação do observador que constitui a explicação, e o que acontece com o observador, em geral, é que ela aceita ou rejeita uma explicação de maneira inconsciente"* (p. 41). Assim, se uma proposição não é aceita como reformulação da experiência não é uma explicação. Então, os critérios de validação da explicação são subjetivos e conseqüentemente existem *"tantos tipos de explicações quantos critérios de aceitabilidade possam ser usados para aceitar respostas explicativas"* (MATURANA, 2001b, p.162). Portanto, na situação acima, não são as coerências operacionais que definem a Física como um domínio explicativo da experiência, determinantes na avaliação, caso o indivíduo não seja membro da comunidade científica, uma vez que podem operar outras coerências distintas no momento da avaliação. Enfim, apenas o ouvinte/leitor detém a intuição sobre o que é ou não uma explicação para ele.

Em nossos termos, essa intuição corresponde a um estado de *sentimento de entendimento* suscitado pela explicação. Temos defendido que um dos critérios de

aceitabilidade de uma explicação seja precisamente a competência intrínseca de provocar o estado de *sentimento de entendimento*, algo além da racionalidade ou da lógica imputada a explicação, logo conectado a valores afetivos. A explicação "o céu é azul porque a luz branca, proveniente do sol, incide sobre a atmosfera fazendo com que os elétrons das moléculas dos gases O_2 e N_2 vibrem na faixa da luz visível e reemitam a onda excitadora em todas as direções, e em maior quantidade de direções as ondas de freqüência mais alta do espectro da luz visível, o azul", será uma explicação para um indivíduo se for capaz de levá-lo ao estado de *sentimento de entendimento*. Ao aceitar a explicação o indivíduo diz, ao menos internamente, (ii) "acredito que o céu é azul porque a luz branca, proveniente do sol, incide sobre a atmosfera fazendo com que os elétrons das moléculas dos gases O_2 e N_2 vibrem na faixa da luz visível e reemitam a onda excitadora em todas as direções, e em maior quantidade de direções as ondas de freqüência mais alta do espectro da luz visível, o azul". A formulação (i) possui referência externa. De acordo com modelo de espalhamento Rayleigh "o céu é azul porque...", de acordo com o que o professor de Física falou "o céu é azul porque...", de acordo com a necessidade de dar respostas corretas nos exames "o céu é azul porque...". Na formulação (ii) as coisas se passam diferente, a referência é interna. Ao acrescentar-se "acredito que" há um salto grande no entendimento, o saber deixa de ser algo de fora, o indivíduo incorpora em suas convicções a explicação, tornando-a significativa para ele. Nesse caso, o significado é pessoal, dependente das coerências internas da explicação, mas não limitado a elas. No plano interno da mente do indivíduo seria algo como dizer "eu aceito essa reformulação da experiência, o mundo f*az sentido para mim* nos termos dessa explicação". Isso é claro não elimina a referência externa, já que em ambos cenários tudo acontece no nível intrapsiquíco, apenas mostra sua insuficiência no processo do explicar. Para completar a argumentação precisamos falar de sentimentos.

Quando uma reformulação da experiência faz sentido para um indivíduo é lícito imaginar que há alguma satisfação afetiva/emocional. Em exemplos da vida cotidiana dificilmente discordaríamos desse argumento. Se o telejornal noticia "Foi preso o suspeito do assassinato do seu Chico" [22] uma pessoa naturalmente questionan-se: "por que ele fez isso?". O importante é perceber nesse exemplo que o caso pode ter sido resolvido, o acusado preso e punido, mas uma pessoa comum quer mais, quer uma explicação. Bem, depois a pessoa descobre que os dois trabalhavam juntos e tiveram desavenças sobre

[22] O assassinato do seu Chico foi um caso que abalou a cidade de Florianópolis alguns anos atrás.

dinheiro e pensa "é faz sentido, eu acredito que as pessoas matam por dinheiro", ela tem um *sentimento de entendimento* com explicação. Vejam que não depende de quão consternante o fato seja a explicação aceita é satisfatória. Quer dizer, a satisfação reside em saber porque o suspeito fez aquilo.GOPNIK (1998) diz que *"nós não apenas conhecemos uma explicação quando temos uma, nós queremos explicações, e nós somos satisfeitos quando as conseguimos"* (p. 109). GOPNIK defende que a fenomenologia da explicação pode ser qualificada como um tipo de "emoção básica". A fenomenologia envolve a procura pela explicação ('hmm') e o reconhecimento que uma explicação foi realmente alcançada ('aha'). Em português esses processos podem ser expressos na forma de 'por quê?' e 'porque'. Emoções como surpresa, interesse, curiosidade são intimamente relacionadas com o 'humm'. Por outro lado, o 'aha' *"é freqüentemente acompanhado pela expressão de alegria"* (p. 110). No capítulo 3 exploramos em profundidade o 'humm'/ 'Por quê?' nas estratégias de conflito cognitivo.

Pelo discutido ao longo dessa tese, a noção de *sentimento de entendimento* parece de acordo com a fenomenologia do 'aha'/ 'porque'. Todavia, existem diferenças entre os dois relatos. GOPNIK apóia-se na evidência de uma curiosidade de busca de explicação (SCHWITZGEBEL, 1999), ou seja, no desejo espontâneo de construir uma explicação sobre um fenômeno ou evento. Mas o que dizer na ausência da curiosidade ou do 'humm'/ 'Por quê?'? E se nossas crianças não quiserem, ao menos voluntariamente, entender a cor do céu? Ignorando o fato que recursos didáticos podem ser utilizados (vide capítulo3), nós mostramos que mesmo nessas situações uma explicação tem poder de suscitar o *sentimento de entendimento*. Na opinião de THAGARD (2001) julgamentos cognitivos, tais como aceitar ou não uma explicação, envolvem conferir pesos afetivos. Uma proposição será aceita ou rejeitada com base nesses pesos. Nós usamos o termo *status afetivo* para definir similar atributo. Voltando a explicação do céu azul, o indivíduo pode muito bem dizer mentalmente "eu nunca tinha parado para pensar nisso, que interessante!", "é isso mesmo agora eu sei como é que é!", 'que maravilhoso, faz muito sentido!", ou como os estudantes dessa pesquisa declararam: *"meu Deus! fecha! É aquilo!", "tudo é perfeito!"*, *"Eu sei! Eu sei! É assim!","às vezes ela* [a professora] *dá uns exemplos legais, que se encaixam", "Eu gostei de saber como é que é"*. A explicação possui um *status afetivo* positivo pois é dotada da competências de gerar *sentimento de entendimento*. Tudo depende da aceitação da reformulação da experiência, da qual o *sentimento de entendimento* é uma mensagem. Tudo depende da significação pessoal que explicação

oferece, como dissemos, a referência é interna:"essa é minha explicação para o fenômeno, eu estou contente com ela". O *sentimento de curiosidade* (GOPNIK, 1998) não é um caminho obrigatório para o *sentimento de entendimento*, embora seja um itinerário favorável. Enfim, a noção de *sentimento de entendimento* incorpora a fenomenologia das explicações (BREWER, et. al, 1998, GOPNIK, 1996, 1998, SCHWITZGEBEL, 1999) e da atribuição de valores afetivos as explicações (THAGARD 2001; THAGARD & ZHU; PIETROCOLA & PINHEIRO, 2000), portanto, não é um estágio efêmero.

Aqui é necessário um esclarecimento. Um indivíduo pode entender claramente os princípios envolvidos na explicação do azul do céu sem promovê-la ao patamar de crença, no sentido acima descrito, isto é, sem gozar o *sentimento de entendimento* com a explicação. Nas palavras de SMITH e SIEGEL (2004) *"o que torna uma crença em verdadeiro conhecimento é uma 'amarração', ou, numa linguagem mais contemporânea, razões (evidências) que justificam ou promovem garantias para crença"* (p.556). Portanto, do ponto de vista filosófico *"crença é uma condição necessária para o conhecimento, isto é, um sujeito inteligente pode saber algo somente se ele acredita nele"* (p. 556). A dependência entre conhecimento e crença, é fortemente objetada por COBERN (2004), ao argumentar que SMITH e SIEGEL *"vão muito longe quando afirmam que crença é uma condição necessária para o conhecimento"* (p. 585). COBERN discorda desta posição, pois se conhecimento requer crença, então seria impossível duas ou mais pessoas de inegável *conhecimento* sobre determinado assunto manter crenças distintas a respeito do mesmo. COBERN apresenta um exemplo bem ilustrativo, extraído do debate entre um epistemólogo instrumentalista, Stefhen Hawking, e o seu colega realista, Roger Penrose.

> **Hawking**: Estas palestras têm apresentado diferenças muito claras entre Penrose e eu. Ele é um Platonista e eu um positivista. Ele está preocupado que o gato de Schroedinger está num estado quântico, onde está meio vivo e meio morto. Ele sente que não pode corresponder a realidade. Mas isto não me preocupa. Eu não espero que uma tória corresponda a realidade porque eu não sei o que é isto. Realidade não é uma qualidade que você possa testar papel tornassol. No todo eu estou preocupado como a teoria pode predizer os resultados medidos. A teoria quântica faz isto com muito sucesso.
>
> **Penrose**: Stephen disse que ele pensa que é um positivista, enquanto eu sou um Platonista. Eu estou feliz com ele sendo um positivista, mas eu penso que o ponto crucial aqui é, certamente, que eu sou um realista. Além disso, se alguém comparar este debate com o de Bohr e Einstein, a uns 70 anos

> atrás, eu poderia pensar que Stephen faz o papel de Bohr, enquanto eu faço o papel de Einstein! Einstein argumentou que poderia existir algo como o mundo real, não necessariamente representado pela função de onda, já Bohr salientou que a função de onda não descrevia um mundo microscópico "real" mas somente "conhecimento" utilizável para fazer predições (HAWKING and PENROSE, 1996, citado em COBERN, 2004, p. 586).

Estes extratos denotam uma negativa razoavelmente contundente ao pré-requisito crença na legitimação do conhecimento. Caso conhecimento requeira crença, então não é possível que Hawking e Penrose sejam ambos *conhecedores* de mecânica quântica e funções de onda porque eles claramente acreditam em coisas muito diferentes sobre este tópico. Isto não significa que o geral um indivíduo conheça enquanto outro não. Na explicação de COBERN, seria um absurdo afirmar que estes dois eminentes cosmólogos não sabem igualmente teoria quântica. Na verdade, ambos tem conhecimento e ambos tem crenças, mas suas crenças sobre o objeto de conhecimento diferem radicalmente. Assim, meramente dizer que crença é uma condição necessária para o conhecimento representa pouco. É o conteúdo da crença a parte expressiva. Entretanto, mesmo no caso pragmático de Hawking, buscar adequação empírica deve gerar satisfação intelectual, isto é *sentimento de entendimento*. Na escola não parece esse o caso. Hawking age sob a paixão de explicar (MATURANA, 2001a, 2001b) e as coerências operacionais que validam as explicações da mecânica quântica fazem sentido para ele. Para um indivíduo comum, ou na escola, isso parece insuficiente, a ontologia é um fator importante (PIETROCOLA, 1999,2001; PINHEIRO, 2003).

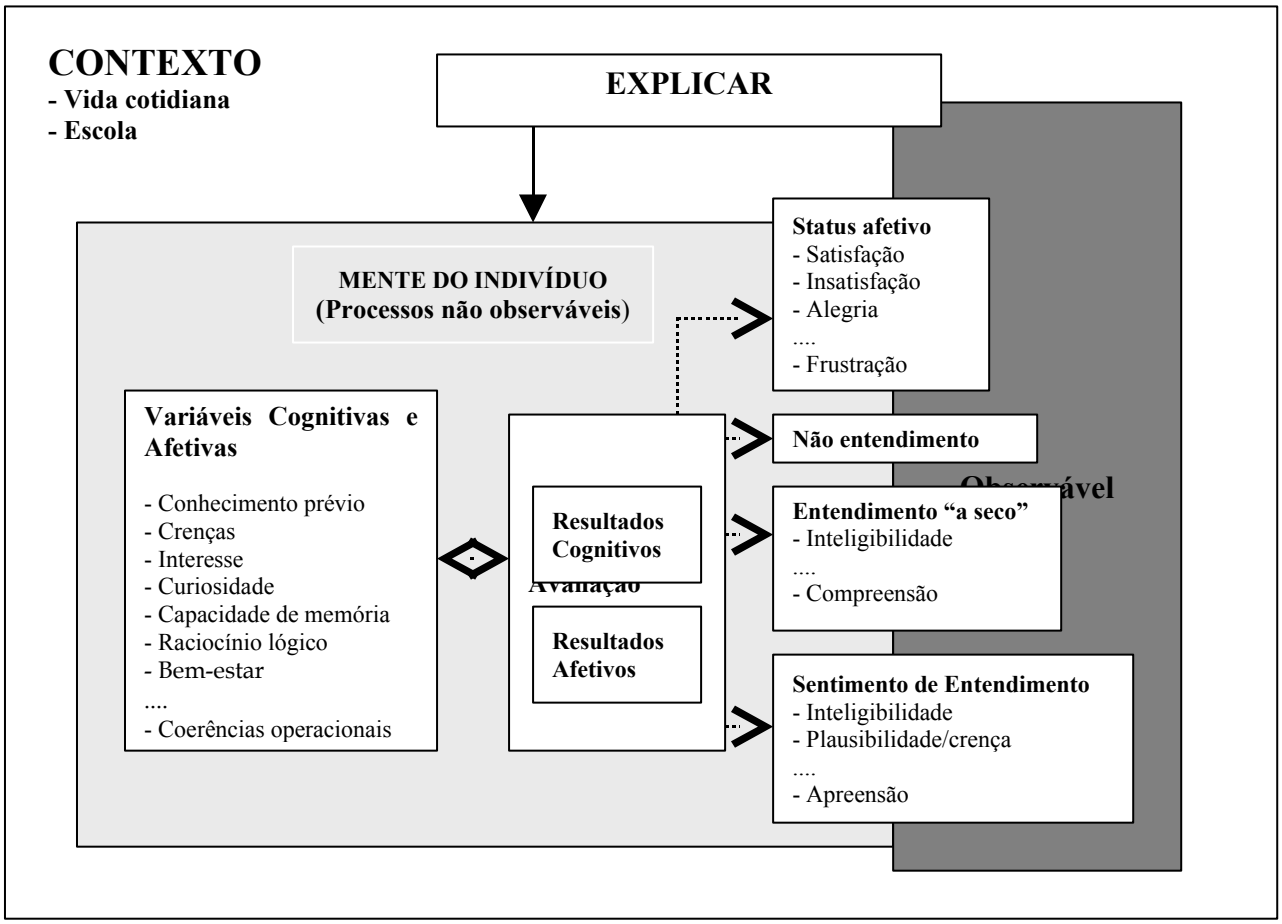
COBERN (1993,1994) oferece uma solução aceitável para o problema. COBERN levando em conta a posição de HANNA ARENDT (1978) diz que *"um argumento pode ser racionalmente perfeito. A interpretação dos dados pode ser epistemologicamente perfeita, e ainda assim alguns estudantes irão rejeitar a conclusão"* (1994, p. 12). A razão é a diferença fundamental entre *pensar* e *compreender* de um lado, e *conhecer* e *apreender* de outro. *Pensar* é necessário para o conhecimento, mas não suficiente. *Pensar* é o processo epistemologicamente definido, pelo qual alguém ganha compreensão. A tradição de pesquisa na perspectiva de Mudança Conceitual se move nesse nível. Um professor de Ciências adepto da tradição, por exemplo, suscitaria as concepções alternativas dos estudantes, e através da discussão e de várias outras atividades didáticas construiria a nova interpretação com base no saber consensual. Contudo, mesmo que os estudantes compreendam, isto não significa que cada estudante adquiriu ou construiu o conhecimento

científico. Os estudantes podem não ter uma pressuposição que suporte o conceito como conhecimento. *Conhecer*, diz COBERN (1994), é o processo metafísico pelo qual alguém chega a *apreender*, isto é, aceitar como verdadeiro ou válido, o conceito compreendido. O processo metafísico também determina o significado do que é apreendido como conhecimento. O importante é que *"compreensão não necessita apreensão"* (p. 13). COBERN (2004) complementa:

> Proposições podem ser compreendidas no sentido que o indivíduo ganhou um entendimento da proposição. Entendimento da proposição, entretanto não leva a apreensão, a qual é um julgamento de verdade sobre a proposição. Apreensão é baseada sobre uma estrutura de conhecimento existente que inclui limites para aceitar a evidência [...] No nível mais fundamental, apreensão é alicerçada em pressuposições que um indivíduo tem sobre o mundo [...] que são intuitivas – não irracionais, mas não–racionais. (p.584)

Em resumo, apreensão abarca conhecimento, mas também o julgamento sobre a veracidade do conhecimento. Atualmente, por exemplo, os cientistas não admitem a idéia de testar uma máquina de moto-perpétuo, porque ela simplesmente não pode estar correta com base na crença no Princípio de Conservação de Energia (CUSTÓDIO & PIETROCOLA, 2004). Nesse sentido, COBERN (2004) argumenta que *"nós todos temos crenças fundamentais (intuitivas/não racionais) sobre o mundo e nós julgamos candidatos para conhecimento através dessas crenças fundamentais antes de considerarmos os dados"* (p. 584). Apreensão e compreensão, crença e conhecimento mantém uma relação crítica um com o outro. Isso parece de acordo com a exigência que a validação de uma explicação decorre da aceitação do indivíduo da reformulação da experiência. Vamos transladar para os nossos termos a discussão anterior. *Apreensão*, ao nosso ver, é intimamente relacionada com o *sentimento de entendimento*. Uma explicação para ser aceita deve ser julgada como verdadeira. O indivíduo precisa acreditar nela, ou seja, a explicação deve reformular a experiência com elementos e relações que façam sentido para o indivíduo e isso depende dele como receptor da explicação. A satisfação afetiva está entrelaçada na essência desse processo, como já mostramos. Por outro lado, *compreensão* pode ser associada a um entendimento "a seco", fato comum na escola, principalmente. Portanto, mesmo na ausência de significados pessoais é possível o entendimento ("a seco") de uma explicação. Qual a desvantagem do entendimento "a seco"? Nós temos a tendência a acreditar que a chance de sobrevivência das explicações entendidas "a seco" seja menor. A figura 6.1 abaixo faz uma síntese dos últimos argumentos.

Figura 6.1 - Modelo simplificado da construção do estado de Sentimento de Entendimento



Com base no exposto até o momento, aceitar uma explicação com significado pessoal traduz-se em ser levado a um estado de *sentimento de entendimento*. Todavia, existe hierarquia nesse processo. A explicação da cor do céu pode provocar *sentimento de entendimento* em alguns indivíduos e em outros não. Nesse último caso, pode não haver entendimento ou entendimento a "seco", e a explicação tem apenas um caráter operacional. Obviamente, poder-se-ia contrapor dizendo que nessas situações também há certa satisfação afetiva. Nosso relato, não descarta tal possibilidade. Em nossa opinião, entretanto, seria uma satisfação com o procedimento, não com o entendimento propiciado pela explicação. Um cientista pode ficar muito satisfeito em modificar alguns parâmetros em alguma equação, rodar um programa e depois comparar os resultados com outros resultados consolidados, sem buscar um aprofundamento ou entendimentos sobre a fenomenologia por trás da equação. O mesmo pode acontecer na escola. Um aluno pode ficar feliz em utilizar as equações, sem entender o significado dos símbolos matemáticos

ou reproduzir a explicações sem entendê-las. Nessas situações negamos que haja *sentimento de entendimento*, o *status afetivo* não é conectado a explicação, mas aos procedimentos permitidos ao o indivíduo operar, apenas. Por outro lado, temos a impressão que o *sentimento de entendimento* contribui decisivamente para melhor consecução desses procedimentos.

Isso nos leva a concluir que a fenomenologia do estado de *sentimento de entendimento* possui níveis. Um indivíduo pode ter um maior o menor grau de *sentimento de entendimento*, exatamente por que seres humanos reagem de diferentes formas a experiência sensorial e a reformulação dessa experiência, como temos constantemente afirmado. Recentemente, COBERN (2006) nos explicou essas diferenças dizendo que *"nossa composição física, por exemplo, nossos hormônios neurais etc, varia",* então, *"tais variações físicas levam uma pessoa a ser mais emocionalmente expressiva do que a outra"*. Emoções são definidas por *"nossa composição física e visão de mundo"*. Na vida cotidiana as coisas funcionam dessa maneira. Quão facilmente nos choramos quando o Brasil perdeu a copa do mundo? Nós choramos mais facilmente que os nossos vizinhos? Nós choramos mais facilmente que os Americanos quando foram eliminados? Bem, futebol não representa o mesmo para Brasileiros e Americanos. Brasileiros podem ser emocionalmente movidos por uma perda que significa pouco para os Americanos. Assim, as reações afetivas (*status afetivo*) com as explicações dependeram daquele que recebe a explicação. Na escola, um indivíduo com alto interesse em questões científicas alcançará mais facilmente o estado de *sentimento de entendimento* do que aquele despreocupado com assuntos científicos. Portanto, as reações afetivas podem ser viscerais ou bastante discretas. Enfim, em situações distantes da autoridade e das pressões social e escolar o *sentimento de entendimento* torna-se livre para atuar e os indivíduos vão agir e aceitar explicações conforme o *sentimento de entendimento*. Algo paralelo à asserção que o que leva a razão é a emoção.

6.3 - Reanálise de um exemplo

Agora nós iremos mostrar que as considerações discutidas sugerem complementações em análises anteriores de outros dados. HEWSON e THORLEY (1989) relatam e analisam duas passagens do trabalho de De JONG (1987). Na primeira, o

estudante Brian revela o *status* de concepções (para eles) ou explicações (para nós) que são inteligíveis mais sobre as quais tem muita incerteza. Brian compara forças e tempos de queda de duas balas, uma em queda livre e outra simultaneamente atirada horizontalmente.

> Entrevistador: Eu acredito que se eu atirar a bala e ao mesmo tempo deixar cair outra, elas irão tocar no chão ao mesmo tempo. O que você pensa dessa idéia?
> Brian: EU ACREDITO PORQUE VOCÊ TINHA ME DITO EM CLASSE _ MAS É DURO DE IMAGINAR.
> Entrevistador: O que você acha difícil sobre este conceito?
> Brian: Uh... você poderia pensar que a bala sendo atirada viaja uma longa distância e está outra bala apenas tem que cair esta pequena distância, é duro de pensar que ambas cobrem diferentes trajetos no mesmo tempo.
> Entrevistador: Então você acredita nisso porque o professor disse para você _ mas você não está certo por você mesmo _ Se você fizesse um experimento você pensa que as coisas aconteceriam desse jeito?
> Brian:You _ uhn... uma parte não se pode realmente imaginar _ MAS EU POSSO ENTENDER UM POUCO _ eles juntamente _ essa bala pode ser atirada _ mas ambas caem com a mesma velocidade _ ambas são obrigadas a descer com a mesma velocidade (De JONG 1987, p.333, citado em HEWSON & THORLEY, 1989, p.547). (acrescentamos os destaques)

HEWSON e THORLEY argumentam que Brian emprega *"uma concepção [balas atiradas horizontalmente e caindo verticalmente batem no chão ao mesmo tempo] que é inteligível para ele, mas não é plausível ('é duro de imaginar', 'é duro de pensar', 'uma parte não se pode realmente imaginar)"*, mas por outro lado, tem a sua a própria concepção *"[a bala viajando irá demorar mais para cair] que é plausível porque faz sentido ('você pode pensar que...')"* . A concepção científica possui *status* (**I**) enquanto a concepção própria de Brian possui *status* (**IP**). Nós preferimos assumir que a expectativa fundamental de Brian é manter o estado de *sentimento de entendimento*. Brian mostra o que nós chamamos de entendimento "a seco" com a explicação científica (*'eu acredito porque você tinha me dito em classe', 'mas eu posso entender um pouco')*. No final do extrato ele é capaz de operacionalizar perfeitamente bem a explicação escolar ('*ambas caem com a mesma velocidade'*), sem, contudo, ter convicção própria da veracidade da explicação (*'é duro de imaginar'*). Por sua vez, a explicação pessoal de Brian lhe oferece o entendimento satisfatório da situação *('Uh... você poderia pensar que a bala sendo atirada viaja uma longa distância e está outra bala apenas tem que cair esta pequena distância'*). Qual a diferença entre as duas interpretações? Nós introduzimos explicitamente uma

variável denominada *status afetivo*. O *status afetivo* da explicação cientifica é de insatisfação, já o da explicação pessoal de Brian é de satisfação, portanto de *sentimento de entendimento*. HEWSON e TORLEY reconhecem que as declarações sobre concepções incluem *"opiniões, atitudes, sentimentos, etc"* [23](p.549), mas não incluem um relato em termos da supremacia dos sentimentos sobre os critérios ditos racionais. Então, nós podemos confessar o dilema: primeiro incrementa-se os atributos racionais da explicação, e posteriormente percebe-se o estado de *sentimento de entendimento,* ou estado de *sentimento de entendimento* é o indicativo de que a estrutura cognitiva aceitou uma explicação como válida, portanto os atributos racionais operam em prol da manutenção desse estado. Ao nosso ver, aceitar a explicação requer um compromisso de avaliá-la em termos da satisfação afetiva, ou melhor, *sentimento de entendimento*. Os critérios cognitivos se aliam nessa tarefa. Um exemplo da vida cotidiana pode nos auxiliar novamente. Podemos imaginar uma casa ou um conjunto de casas? Do ponto de vista estrutural, uma casa não passa, basicamente, de uma armação de ferro concreto e madeira. Mas do que depende a forma de organização desses três elementos? Depende dos critérios estéticos, de bem-estar e da necessidade das pessoas donas das moradias. A rigor, todas as casas poderiam ser iguais e isso cumpriria muito bem a função primordial de abrigar as pessoas. Mas, construir casas subjunga-se ao bem viver e aos gostos individuais. A organização do ferro, concreto e madeira está lá, entretanto se submete aos desejos das pessoas. Similarmente, a organização cognitiva ou racional se submete ao *sentimento de entendimento*. Não queremos apenas entender, mas nos satisfazermos com o nosso entendimento, o *status* (**IPF**) atua em função disso. Vale ressaltar que isso na implica em idiossincrasias totais, apenas coloca em relevo a individualidade no explicar, pois se isso se desse a escola perderia sua função, algo longe de acontecer, como mostramos a seguir.

Na outra passagem, como Brian, o estudante Gary discute forças agindo sobre um projétil. Nós consideramos uma evidência positiva de *sentimento de entendimento* com as explicações escolares.

> Entrevistador: Bem, qual é a direção da aceleração no topo do movimento daquele projétil, então?
> Gary: Ela é para baixo _ reta para baixo.
> Entrevistador: Você disse isto agora, mas a apenas um ano atrás você disse que ela era na direção do movimento _ por que você mudou sua visão sobre isto?

[23] HEWSON e LEMBERGER (1999) também reconhecem a emergência de padrões afetivos, entretanto, novamente, os coloca a mercê do *status* cognitivo (**IPF**).

Gary: Bem _ existe apenas a gravidade _ gravidade é a única força agindo e força é proporcional a aceleração, portanto está é única aceleração agindo _ para baixo.

Entrevistador: Posso perguntar uma outra questão relativa a um problema similar _ se eu atiro um abal horizontalmente e cai uma bala no mesmo tempo, qual bala iria bater no chão primeiro?

Gary: Elas chegam ao mesmo tempo.

...

Entrevistador: Então agora você diz que são para ambas os mesmos _ Se eu fosse um estudante de nove anos de idade e dissesse _ que não faz nenhum sentido para mim _ obviamente que a bala atirada está viajando muito mais rápido _ ela paira no ar muito mais _ como você pode me convencer que está de fato correto?

Gary: Exatamente da mesma maneira que você me convenceu, colocando o estudante não referencial do corpo _ se você viaja com a mesma velocidade horizontal da bala, você apenas veria a bala caindo para o solo com se estivesse em queda livre _ isto é mais que suficiente _ isto é o que você poderia ver _ então obviamente gravidade é a única força agindo.

Entrevistador: Então você achou essa uma maneira sensata de entender esse conceito de movimento de projéteis, foi?

Gary: sim – EU ESTOU FELIZ COM ESSA.

Entrevistador: Oh _ eu queria saber de qualquer forma _ muitas pessoas apenas relembram coisas _ eu queria saber quanto sentido algumas dessas idéias fazem.

Gary: bem ESSA FAZ MUITO SENTIDO PARA MIM. (De JONG 1987, p.333, citado em HEWSON & THORLEY, 1989, p.547-548). (acrescentamos os destaques)

O excerto mostra que Gary, diferentemente de Brian, alcançou um estado de *sentimento de entendimento* com a explicação do movimento dos projéteis. Nos termos do modelo de mudança conceitual, o *status* da explicação é (**IPF**) para Brian. Em nossa interpretação, Gary *apreendeu* a explicação. Ele declara o *status afetivo* da explicação: *"eu estou feliz com essa* [maneira de entender o movimento dos projéteis]". Além disso, a explicação possui significado pessoal para Gary (*'essa faz muito sentido para mim'*). Nós pesamos que seja mais importante o monitoramento do *status afetivo* do que o monitoramento do status cognitivo, o *status afetivo* de satisfação parece garantia do *status* cognitivo (**IP**), pelo menos, enquanto o contrário não. Quer dizer, mesmo com *status* (**IP**) uma explicação pode ficar aquém do estado de *sentimento de entendimento*. Isso amplia a nossa idéia de crença para algo mais forte que o termo plausibilidade comporta. É necessário um sentido de verdade, porque fazer sentido pode referir-se, também, as coerências próprias da explicação. Aonde pesquisadores da tradição de mudança conceitual encontram plausibilidade talvez nós não encontremos crença. Do ponto de vista da tradição de mudança conceitual parece que a plausibilidade precede o entendimento. Do nosso

ponto de vista, a relação é reversa, as pessoas acreditam no que lhes dá *sentimento de entendimento*, ao contrário de ter *sentimento de entendimento* com o que acreditam. Esse parece o caso de Gary.

6.4 - Múltiplos saberes e a noção de SE

A noção de *sentimento de entendimento*, tal como definida, se legítima, deve facilitar a compreensão de alguns fenômenos da relação didática. A relação didática se estabelece em um contexto no qual há um projeto de ensino em que se dá a interação entre o professor, o aluno/alunos e o saber a ensinar. Essa relação está limitada em um espaço e um tempo bem definidos: o escolar. Mas, essa compreensão é insatisfatória. JONNAERT (1996) alerta que uma relação didática comporta bem mais variáveis do que essa visão estrita sugere e coloca no âmbito dessa relação mais uma problemática: as relações pessoais com os saberes. A relação didática comporta ainda um contrato didático e ambos são perecíveis (BROUSSEAU, 1986). Ou seja, já que há um espaço e um tempo definidos, trata-se de uma relação de curta duração. Todavia, as relações com os saberes não acabam no espaço-tempo escolar, pois embora a relação didática não dure além do contrato didático, há um processo de construção do conhecimento pelo aluno para além do contexto da escola. Segundo JONNAERT, *"a relação didática é precária, mas ela possui o objetivo de desenvolver em cada aluno um processo longo de construção do conhecimento"* (1996, p.116).

Assim, aquela concepção reduzida da relação didática desconsidera que o contrato didático dela decorrente é instável e uma das razões são as múltiplas relações com os saberes que cada aluno, e também o professor, mantém nesse contexto. Desse modo, não há um único saber de referência, fruto de uma transposição didática (CHEVALLARD, 1991) e presente nos programas, mas uma variedade de relações pessoais com outros saberes, que também serão referência em um tratamento didático. Isso implica, entre outras coisas, a inexistência de um contrato didático padrão, de uma classe padrão e de um saber padrão. As relações com os saberes são constituídas de diversas representações. Essas múltiplas relações com os saberes é que tornam a relação didática dinâmica e o saber a ensinar é confrontado, questionado e julgado a partir de outros saberes que se transformam durante o processo (RICARDO et al., 2003). Ignorar esse conjunto de variáveis significa

amenizar os desvios entre o que se pretende ensinar e as relações pessoais com os saberes, as quais tendem a permanecer mesmo depois do tempo escolar. Então, nesse terreno de múltiplas variáveis, há espaço para o *sentimento de entendimento* com explicações escolares? Os saberes pessoais influenciam esse processo? Há um gerenciamento possível do contrato didático que garanta o *sentimento de entendimento* com as explicações escolares?

Infelizmente, o gerenciamento do contrato didático, tal como firmado atualmente na escola, não passa de um jogo de papéis. O professor, em nome do compromisso com a aprendizagem, acaba facilitando os saberes de forma que fiquem mais acessíveis aos alunos, na expectativa de romper a impermeabilidade manifestada por eles desde os primeiros passos no Ensino Médio. O aluno, por sua vez, realiza as tarefas para obter sucesso nas avaliações, que por natureza são previsíveis dentro daquilo ministrado pelo professor na sala de aula. Sem espaço para improvisações e inovações, o 'script' da relação didática se resume a uma falsa transferência de saber. Nesse quadro, os saberes escolares acabam ganhando um caráter hermético: Nada sai, nada entra, nada tem validade fora da escola e nada de fora vale na escola. BURBULES e LINN (1991) comentam que,

> Estudantes raramente vêem uma relação entre a ciência que eles aprendem na escola e os problemas científicos que eles encontram na vida diária. Esta insuficiência é atribuída não apenas a reconhecida dificuldade generalizada de transferir conhecimento de um domínio a outro, mas também a crença ativa de parte dos estudantes que o conhecimento escolar representa uma distinta e especial categoria de aprendizagem, separada das soluções de senso comum que eles desenvolvem no contexto da vida real. (p. 228).

Muitos estudantes, em outras palavras, praticam uma espécie de segregação intelectual. Conhecimentos que não se ajustam à maneira própria de pensar dos estudantes, simplesmente vivem em isolamento cognitivo, do qual saem apenas em situações especiais, como exames, mas não afetam o pensamento na esfera da vida real. Cessadas as pressões impostas pelo contrato didático, eles tendem a voltar para essas regiões imaginárias de confinamento, e ajustarem-se a maneira natural de raciocinar dos aprendizes ou deteriorarem por falta de significado (COBERN, 1994). Esse perfil descartável imposto ao saber escolar redunda no que PIETROCOLA e PINHEIRO (2000) chamam de vínculo profissional com o saber escolar. Via esse frágil vínculo, empregam-se os saberes da Física enquanto cumprem sua função em um contrato didático estabelecido;

porém após o encerramento do acordo entre as partes, passam a ser vistos como uma "*habilidade não mais necessária, passível de ser abandonada*" (p.2), permanecendo, no essencial, ligados a uma cultura e valores considerados pelos aprendizes como exclusivos das responsabilidades escolares.

Em nossa opinião, deslocar o *sentimento de entendimento* para saberes valorizados socialmente contribuiria na ruptura dessas barreiras cognitivas. Nós suspeitamos que a razão da segregação intelectual, acima discutida, tenha seu fulcro na busca de entendimento da realidade, mais do que na ação voluntária de separar a racionalidade em compartimentos. Por exemplo, CUSTÓDIO e PIETROCOLA (2002) investigando o uso do princípio de conservação de energia por estudantes do Ensino Médio, notaram que os estudantes, mesmo depois da instrução formal, ao contrário de usar conceitos físicos associados à conservação da energia mecânica, conduziam suas explicações baseando-se na nas características geométricas das situações apresentadas (distâncias, ângulos, raios). Muitas das explicações exprimiam a idéia que qualquer evento do sistema poderia ser entendido em termos de simetrias. Existem outros casos claros, mapeados por anos na literatura, de explicações produzidas sem a sofisticação científica, por exemplo: Explicações sobre mecânica (CLEMENT, 1982; ZYLBERSZTAJN, 1983; MCCLOSKEY, 1983), explicações sobre o ciclo dia/noite (VOSNIADOU & BREWER, 1994), explicações sobre calor (CERVANTES, 1987), explicações sobre luz (HARRES, 1993), explicações sobre eletricidade (GUSTONE, 1990; BORGES, 1998). A lista é bastante mais extensa. Mas, qual a motivação para construir essas explicações? É muito provável que essas explicações dão aos estudantes um *sentimento de entendimento*, e de fato o desejo de entender os diversos fenômenos do mundo natural pode muito bem ter sido o que motivou a construir suas próprias explicações (BREWER et al., 1998). O desejo de realizar este entendimento pode subordinar a motivação das pessoas para construir explicações (GOPNIK, 1996, 1998). Isso retorna a conclusão que os estudantes, não apenas buscam explicações que atendam a demandas de entendimento, mas também ficam satisfeitos com entendimento decorrente delas, entretanto, acrescenta que não há garantia da fidedignidade da fonte. Quer dizer, o senso comum ou o que os educadores científicos chamam de concepções alternativas (PFUNDT & DUIT, 1991), tanto quanto o saber escolar podem participar desse circuito de satisfação. Então, a questão é como reforçar o *sentimento de entendimento* gerado pelo conhecimento escolar nesse campo de múltiplos saberes?

Nesse sentido, evocamos a *"necessidade de deslocar progressivamente a satisfação afetiva dos alunos para os objetos culturalmente valorizados"* de que fala PHILIPPE MEIRIEU (2002, p. 150). MEIRIEU compreende que essa transição só pode ser efetivada *"pela demonstração do poder do objeto cultural de dar acesso a formas superiores de satisfação"* (p. 151). Em outras palavras, é necessário desprender-se do "interesse imediato dos alunos", com a disposição de mostrar o caráter limitado das satisfações que eles podem obter com isto, e desviar os centros de interesse deles para satisfação com o aprender. Nesse caso, pondera MEIRIEU, cabe ao professor ressaltar a incompletude dos interesses imediatos dos alunos, seu caráter limitado, aleatório ou conjuntural, e de mostrar que a satisfação é possível fora dali, mais longe, em um registro que os alunos ainda ignoram, numa busca coletiva de sentido e de minimizar *"o apego aquilo que já esta dado"* (p. 151).

Algumas lições podem se extraídas das considerações acima: (i) A resistência das concepções alternativas à instrução se deve a capacidade delas de gerar *sentimento de entendimento*, e (ii) a falsa transferência de saberes, decorrente de um gerenciamento cínico do contrato didático[24], impedem a transição do aluno para satisfações com o aporte cultural oferecido na escola; em conseqüência ocorre (iii) a segregação intelectual praticada pelos alunos. Na próxima seção, nós vamos retornar a discussão sobre a apreensão da realidade através dos modelos, pois essa parece uma ferramenta adequada no objetivo de didaticamente conduzir os aprendizes a acessar ao estado de *sentimento de entendimento* com os objetos científicos.

6.5 - Modelos, realidade e sentimento de entendimento

Modelos jogam um papel chave na produção de explicações. Eles podem providenciar a base para os cinco tipos de explicações: intencional, descritiva, interpretativa, causal, preditiva (GILBERT et al., 2000), individualmente ou em múltiplas combinações. O modelo de Newton da luz branca como sendo composta de cores diferentes possibilitou uma ampla classe de explicações para situações comuns colocadas em evidência, sendo a mais sofisticada aquela da interferência de franjas (GILBERT et al.,

[24] Não vamos tratar aqui, muito além dos nossos propósitos, a problemática e as soluções possíveis para o gerenciamento do contrato didático. A esse respeito ver JONNAERT (1996) e RICARDO, CUSTÓDIO e REZENDE JUNIOR (2003).

1998). Modelos permitem explicações que superam a formulação e sistematização de um fato, o que ocorre, por exemplo, como a explicação de que a pressão de um gás duplica quando se reduz o seu volume à metade, com referência somente à lei fenomenológica de Boyle (BUNGE, 1969). Uma explicação propriamente dita, uma explicação interpretativa que objetiva *"representar o modus operandi de seus correlatos"* (p.585), conterá a teoria cinética dos gases, a qual por sua vez conterá hipóteses básicas (axiomas) que vão além da lei de Boyle: (a) um gás consiste em uma coleção de partículas (moléculas) de uma dimensão desprezível em comparação com suas distâncias recíprocas; (b) as moléculas de gás de movem aleatoriamente. Partindo desses pressupostos pode-se derivar as seguintes conseqüências (teoremas). Primeiro, se se interpõem um obstáculo na trajetória das moléculas acontecem colisões; em particular, as moléculas contidas em um recipiente se chocaram com as paredes e exerceram uma força sobre estas, a razão entre a força resultante e área da parede é a pressão do gás. Segundo, se se diminui o espaço disponível, o número de choques por unidade de área e tempo aumentará; em particular se o volume diminui a metade, o número de choque se multiplicará por dois e consequentemente a pressão experimentará a mesma troca. De posse desse modelo podemos responder uma série de perguntas do tipo por quê? por exemplo, por que aumenta a resistência da bomba de bicicleta a medida que empurramos o pistão até o fundo? Por que devemos expirar o ar à medida que emergimos de um mergulho razoavelmente profundo? Em resumo, *"uma explicação se constitui ao recorrermos, para um dado explicandum, a suposições e hipóteses não presentes nele próprio e das quais pode ser derivado"* (CUPANI & PIETROCOLA, 2002, p.120).

Modelos e explicações estão intimamente relacionados. Modelos quando "rodados" geram explicações sobre a realidade, revelando os mecanismos do seu funcionamento e constituição. Contudo, modelos enfocam apenas alguns aspectos da realidade, algumas variáveis, e introduzem apenas algumas relações entre elas.Assim, é possível pensar a ciência como um meio de produzir boas representações da realidade, mas com o domínio de validade limitada. Neste sentido, *"os modelos teóricos são representações hipotéticas e aproximadas da realidade, embora racionais e não arbitrárias"* (CUPANI & PIETROCOLA, 2002, p.122). Essa maneira de produzir conhecimento é encarada quase consensualmente pela comunidade científica e de educadores mais como *"acesso ao mundo, como meio de outorgar-lhe sentido, explicando-o e considerando que uma coisa e sua compreensão correta são muitas vezes inseparáveis"* (CONCARI, 2001, p.85), do que

aproximação gradual da verdade. Assim, a tríade **Realidade-Modelo-Explicação** abre um campo de possibilidades para educação científica, quando se pensa que *"explicar significa incrementar o entendimento das causas do fenômeno"* (CONCARI, 2001, p.89), e em adição da ontologia do fenômeno. Voltamos ao problema do entendimento.

Recapitulando discussões anteriores, a maioria dos relatos sobre explicações e entendimento apela para versões objetivistas (HEMPEL, 1965, BUNGE, 1969, FRIEDMAN, 1974). Quer dizer, aquilo que torna uma explicação boa refere-se a propriedades independentes da psicologia daquele que explica ou recebe uma explicação, refere-se tão somente a características de objetos externos, independentes de mentes particulares. Essas propriedades podem ser formais ou podem ser causais. Por exemplo, TROUT (2002) diz que:

> [...] o entendimento oferecido por uma boa explicação científica pode ser realização de uma comunidade. Exceto para os mais simples eventos, entendimento explanatório não é essencialmente uma realização de um indivíduo. E algum relato alternativo de explicação que requeira a transmissão de um sentido [sentimento] de entendimento deve tratar esse ponto desfavorável. Meu relato positivo da explicação científica afirma que, como questão contingente de fato, a única característica de uma explicação que pode render explicações epistemicas é sua tendência sistemática de produzir teorias crescentemente precisas. Com efeito, somente explicações capazes de sustentar progresso teórico são boas explicações (p. 118).

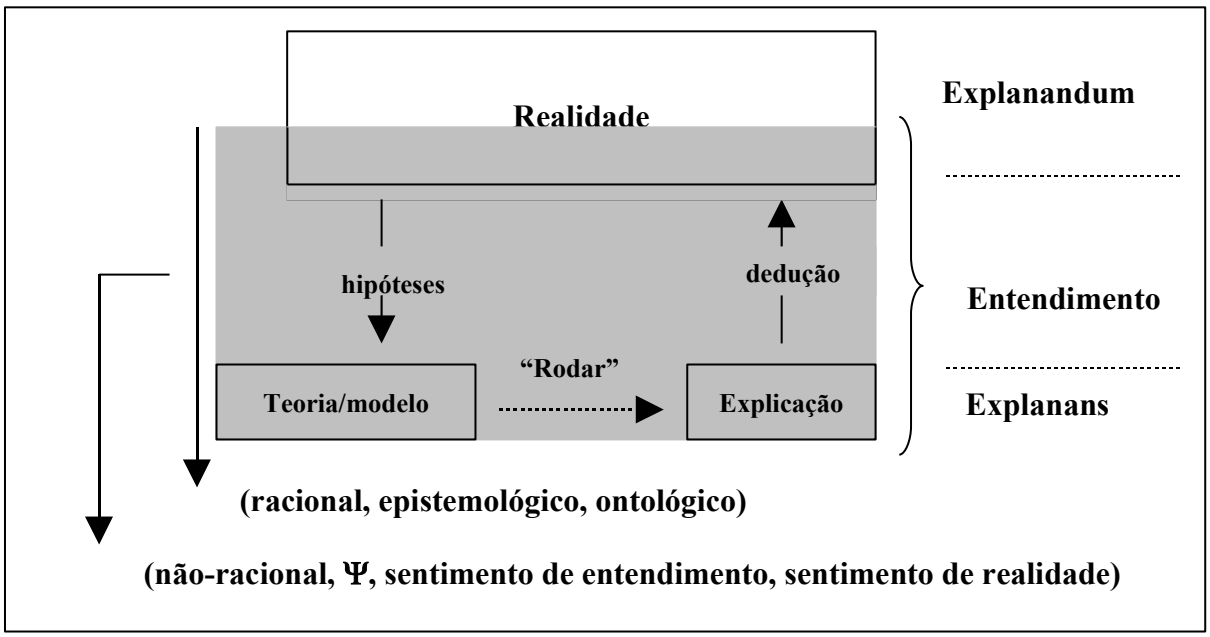
No contexto científico, pelo menos na justificação, sem dúvida, TROUT está correto. Não é o objetivo da Ciência produzir entendimento no sentido psicológico, embora alguns membros da comunidade científica possam atingir esse nível (BUNGE, 1969). Portanto, se faz razoável decretar a insensatez de um "sentimento de entendimento coletivo", pois o entendimento científico, embora fruto de consenso, carece da busca de padrões de objetividade. Nesse cenário, pondera TROUT, nós devemos *"abandonar nossas conexões sentimentais pelo confortante sentido de entendimento, ou, no mínimo, abandonar a idéia que este sentimento é um aviso válido de verdade"* (p. 118), também porque o sentimento de entendimento pode ser mortalmente enganoso. Resumidamente, o entendimento científico repousa no aprofundamento e racionalização cada vez maiores do conhecimento ordinário, via construção de teorias interpretativas que *"penetrem nos detalhes mais finos dos mecanismos"* (BUNGE, 1969, p. 588), sem, contudo, preocupar-se em satisfazer nenhum sentido psicológico de entendimento. Na Ciência, o entendimento valorizado, é aquele racionalizado, consensual e livre das perturbações subjetivas. Uma

boa idéia científica pode evoluir sem o próprio sentido de entendimento do seu inventor. A Ciência prescinde disso. Planck, por exemplo, não ficou nada satisfeito com os pacotes de energia por ele criados. Até mesmo um outro cientista pode tomar posse de uma idéia, desenvolvê-la e gerar conseqüências importantes, aprofundando o entendimento dentro de um campo particular. Mesmo existindo a dimensão subjetiva do entendimento, dramaticamente mostrada no capítulo 2, definitivamente não é um ideal a ser perseguido na Ciência. Bem, mas o que dizer do entendimento na escola aonde em última instância imperam escolhas intelectuais solitárias?

Para responder esta pergunta vamos nos apoiar na síntese das conexões entre **Realidade-Modelo-Explicação**, acrescida da dimensão entendimento, trazidas na figura 6.2. Teorias/modelos não incorporam toda complexidade da realidade, portanto, nosso entendimento tem limites determinados pelos limites das teoria/modelos por nós produzidos. Isso impossibilita o entendimento completo da realidade. O entendimento é parcial e referido a teorias/modelos e as explicações obtidas a partir do operar desses mecanismos de apropriação. Por outro lado, teorias/modelos, como produtoras de informações novas a partir de informações iniciais acerca do mundo externo, por vezes, revelam novos elementos antes desconhecidos. Quer dizer, a realidade é criada assim como o seu entendimento. O episódio da descoberta do neutrino é um exemplo dramático (PATY, 1995; CUSTÓDIO & PIETROCOLA, 2004). Porém, a Ciência é rica em outros casos: Quais os referentes reais da teoria das cordas? Ou da teoria das branas? Em suma, o dado a princípio na explicação é *explanandum*, mas são os membros dos *explanans* que falam sobre o entendimento. Esta caracterização, entretanto, comporta o cruzamento de duas dimensões. Na primeira, tem lugar proposições sustentadas por conteúdo empírico e analítico. Critérios racionais elaborados nessa linguagem garantem o progresso e entendimento de conceitos, leis, teorias e modelos, dotando-os de significado. A conquista conceitual da realidade e validação das explicações, via este caminho, perpassa a exigência vital de critérios epistêmicos como *suporte empírico*, *alcance*, *plausibilidade*. O entendimento daí extraído, independe de seres pensantes. Desse ponto de vista, o conhecimento teórico comporta-se como um ser vivo autônomo, que se alimenta de dados iniciais e produz novas informações, a revelia dos seus construtores particulares. O entendimento estaria na estrutura teorética, edificada coletivamente, e não nas cabeças dos indivíduos. Na segunda, entramos no plano individual, no qual o entendimento, em sentido amplo, se liberta das pretensões comunitárias e visa atender demandas pessoais de

satisfação intelectual, aonde atuam lado a lado, lógica e convicção, rigor matemático a intuição, razão e emoção. Nesse caso, o entendimento advém dos padrões teóricos consensuais, mas não se realiza enquanto eles não se fundem completamente na consciência do indivíduo. Esse *sentimento de entendimento*, entretanto, não obriga a um comportamento recalcitrante, pois idéias sempre podem ser reavaliadas em contraste com outras idéias rivais.

Figura 6.2- Dimensões do entendimento científico e escolar



A conclusão que se reforça, com base em todas as discussões feitas até o momento, é que na Ciência a primeira dimensão do entendimento é necessária e a segunda facultativa, já na escola, ambas são necessárias.Na escola, poucas vezes explicações são solicitadas por iniciativas dos alunos, portanto, a relevância extrínseca domina grande parcela da instrução formal. Isso acrescenta dificuldades mais profundas que as de construção cognitiva de significados. É preciso um revestimento adicional. O *sentimento de entendimento* só aflora no indivíduo, com a aceitação global do pacote **Realidade-Modelo-Explicação**, isto é, de modelos que expliquem a realidade de maneira satisfatória para ele. Então, modelos e o processo de modelização entram em jogo decisivamente no contexto escolar. Dois desafios são cruciais:

A transição dos referentes ontológicos

Pode haver *sentimento de entendimento* sem a aceitação da realidade das entidades que povoam as teorias científicas? Nós suspeitamos que a estabilidade ontológica do mundo forma parte importante da apreensão da sua inteligibilidade. Explicações científicas são essencialmente compostas por entidades abstratas inobserváveis (átomos, vírus, ondas, elétron, pontos materiais), portanto, entender Ciência envolve não apenas buscar padrões na natureza, mas conceber o mundo físico de forma diferente. Por exemplo, a partir da aceitação da constituição da matéria por átomos, identificar uma cadeira como composta principalmente de vazio, em oposição à experiência sensorial de homogeneidade perfeita. A esse respeito PIETROCOLA (1999) diz que *"a sala de aula deveria conter atividades de onde se passasse de um real imediato (forjado pelo senso comum) a um real idealizado pela ciência"*. Isso requer a tomada de consciência de uma nova realidade, acessada através do conhecimento físico aprendido. Assim, o problema se converte no problema do entendimento, porque tudo leva a crer que não há como garanti-lo sem a certeza da realidade. Como diria BRONOWSKI, *"não se pode amar uma jovem sem a consciência de que ela tem cabelos loiros"* (1997, p. 9). Também não se pode acessar o entendimento sem uma relação intima com a realidade. Não se pode ter *sentimento de entendimento* sem a consciência do átomo, do elétron, da heterogeneidade da matéria. Não se pode ter *sentimento de entendimento* sem *sentimento de realidade*.

O conceito de *sentimento de realidade* foi introduzido por JOSEFH MARECHAL em 1938, para analisar os aspectos que contribuem para uma pessoa experimentar a impressão de presença de um objeto, e adaptado para Educação Científica por PIETROCOLA (1999, 2001) e PINHEIRO (2003). O *sentimento de realidade* é algo inerente ao ser humano. PIETROCOLA (2001) afirma que o sentimento de realidade *"é fruto de processos de estandardização de representações inicialmente subjetivas, que resultam em objetos a serem consideradas como reais. O mundo cotidiano seria então o resultado deste processo de construção de objetos com validade social"* (p. 25). PINHEIRO (2003) nota que o sentimento de realidade abre possibilidades distintas de natureza sócio-psicológica sobre nossa interação com o mundo, *"pois associamos a realidade dos objetos em termos de critérios internos (sensações e representações mentais) e externos (normas, crenças, convenções)"* (p. 43). Assim, a noção de realidade

associada aos elementos do mundo, incluindo os da Física, pode variar de indivíduo para indivíduo, em função de interesses, necessidade e contexto social. Em resumo, esses autores defendem que a discussão da realidade dos objetos da ciência, apresentados na escola, seria mais frutífera, se fosse deslocada de questões a respeito da ontologia dos objetos e associada à dimensão subjetiva/afetiva do indivíduo, isto é, do sentimento de realidade. Essa crítica nasce da incapacidade do sistema de educação científica em suscitar tal sentimento nos estudantes, porque limitado a situações artificiais e resolução de exercícios. Os *sentimentos de entendimento* e de realidade parecem compartilhar a mesma dimensão na legitimação da estruturara **Realidade-Modelo-Explicação**. Claramente, estas considerações merecem estudos empíricos futuros.

Então, a busca da construção do *sentimento de entendimento* nas salas de aula reclama a transição de referentes ontológicos usados por nossos estudantes. Assim, deveria haver *"um investimento educacional no sentido de ampliar-se os referentes utilizados pelos indivíduos para representar o mundo com objetos científicos"* (CUPANI & PIETROCOLA, 2002, p. 123-124). A escola deveria municiar os indivíduos com um espectro mais vasto de referentes para representar a realidade. Tais referentes deveriam se tornar gradativamente mais familiares à cultura do indivíduo, possibilitando-lhe "sentir" realidade nos objetos científicos, e o conseqüente *sentimento de entendimento*.

A modelização

No domínio das ciências empíricas, consideramos que *idealizações* e *aproximações* são essenciais. Quando cientistas explicam fatos experimentais, eles não o fazem através de pura dedução matemática ou lógica. Eles procuram conquistar conceitualmente a realidade num processo que se inicia através de simplificações e estabelecimento de propriedades comuns aos objetos investigados (CUSTÓDIO & PIETROCOLA, 2004). Isso culmina numa relação qualitativa/quantitativa entre a teoria/modelo e os objetos conceituais. Originalmente, em sua generalidade, as abstrações da teoria não se comunicam com os dados empíricos. Daí surge a necessidade de estruturas teóricas intermediárias, conhecidas na literatura como modelos. Nós nos referimos aqui à abordagem de GIERE (1990) que define uma teoria como *"uma população de modelos, e várias hipóteses ligando estes modelos com sistemas do mundo real"* (p. 85). Nesta perspectiva,

entendimento científico operacionaliza-se no processo de *modelização*, num terreno das três variáveis: **Realidade-Modelo-Explicação**. A didática das ciências reconhece o potencial envolvido na idéia de modelos e sua centralidade nas tarefas dos cientistas. Diversos trabalhos (TIBERGHIEN, 1994; PIETROCOLA, 1999, 2001; BUCKLEY & BOULTER, 2000) têm enfatizado a necessidade de se conduzir o ensino de ciências com enfoque nos processos de *modelização*. Em parte, tal sugestão decorre da dificuldade dos estudantes estabelecerem relações entre os *modelos físicos* ensinados e os fenômenos no mundo (GRECA & MOREIRA, 1997; BORGES & GILBERT, 1998; PIETROCOLA & ZYLBERSZTAJN, 1999; CUSTÓDIO & PIETROCOLA, 2002). CONCARI (2001) assevera que:

> Um aspecto fundamental da Física e por fim do ensino de Física é a modelização, entendida como o estabeleimento de relações semânticas entre a teoria e os fenômenos ou objetos. Produto de uma construção humana, um modelo conceitual é concebido como uma representação possível do mundo físico. Em geral, um modelo representa a situação real de maniera imcompleta, aproximada e inexata, porém é mais simples que ela (p.85).

Nesse sentido, a exploração e transposição de saberes científicos para escola deveria ocorrer em termos da produção de *modelos pedagógicos*. Deveríamos esperar que as atividades escolares focassem um percurso de *idealizações* e *aproximações* a partir de situações próximas do real, ao contrário, da situação atual, predominantemente de exposições teóricas e aplicações na forma de estratégias para a resolução de problemas. Livros didáticos e professores se debruçam sobre situações previamente *modelizadas*, negligenciado o processo de *modelização*, do qual são fruto, como atividade didática (HESTENES, 1987). Não há espaço heurístico para criação conceitual, e isso flagela a perspectiva de um estado de *sentimento de entendimento*. Uma mudança de atitude requer a apresentação de situações físicas *não modelizadas*, em forma bruta, não totalmente idealizadas e abstraídas. Nesta via, reforçaríamos a mobilização dos saberes científicos na construção de representações em situações distintas daquelas rotineiramente tratadas no contexto escolar (VERGNAUD, 1990, 1994; REZENDE JUNIOR, 2006). Nesse caso, estaríamos reavivando o espírito de curiosidade dos alunos, com o enigma da incompletude das representações que eles possuem, e ao mesmo tempo, oferecendo instrumentos intelectuais para leituras satisfatórias do mundo, isto é, revestidas de *sentimento de entendimento*.

Assim, atividades de *modelização* são essenciais para auxiliar os estudantes a coordenar suas habilidades cognitivas, além de propiciar uma familiarização com os modelos básicos em cada Ciência. Em uma perspectiva pedagógica, sugere HESTENES (1995), *"a principal razão pela adoção da abordagem de modelização é ajudar os estudantes a desenvolverem de forma mais coerente, flexível e sistemática um entendimento da Física"*. (p. 608). Apostar no potencial didático da construção de modelos, por outro lado, automaticamente retira definitivamente a noção de *sentimento de entendimento* do ponto de vista de avanço conceitual revolucionário, porque o *sentimento de entendimento* pode ser alcançado e incrementado a cada etapa do processo de *modelização*.

6.6 - Limites e outros potenciais da noção de SE

Nós temos a consciência de algumas limitações do trabalho. Primeiro, trabalhamos em um contexto "clínico" (experimentos 2 e 3). No experimento 1, os estudantes expuseram suas opiniões baseados em reminiscências de experiências escolares, portanto, não há uma garantia da eficiência dos relatos no tocante a medida dos reais sentimentos. No experimento 2, os estudantes foram obrigados a escolher entre duas explicações possíveis, o que limita a liberdade de expressão das satisfações afetivas/intelectuais com as explicações. Parece razoável um recorte empírico em ambiente mais rico, no qual os estudantes possam livremente expor suas fontes de satisfação. Qualitativamente, similar aos estudos que enfocam padrões afetivos gerais na sala de aula (LAUKENMANN et al., 2003). Estudos desse tipo destacam reações devido a variáveis afetivas individuais salientes no ambiente de aprendizagem, com certa precisão, mas sem a devida atenção a fenomenologia das explicações aqui apresentada e ampliada. Nós acreditamos que a fenomenologia típica do explicar, em termos de variáveis afetivas principalmente, seja mais abundante em evidências no ambiente natural de explicação/aprendizagem. Nosso próximo desafio, portanto, configura-se em elaborar um instrumento de coleta de dados voltado ao acompanhamento da sala de aula, identificando os momentos nos quais o *sentimento de entendimento* aflora nos alunos com satisfação gerada por explicação adequada, aqui a noção de *status afetivo* parece promissora. Isso, obviamente, não se desprende da procura pelos "mecanismos" da construção do *sentimento de entendimento*.

O que os alunos preferem nas explicações? Qual a importância dos entes ontológicos nesse processo? Qual a importância da causalidade? Qual a relação com os critérios epistemológicos? Quais os sentimentos e emoções exatos que definem o *status afetivo* das explicações? São perguntas com necessidade de investigação empírica. Sobretudo, é mister identificar o impacto real do estado de *sentimento entendimento* na estabilização conceitual dos educandos. As evidências empíricas e argumentos teóricos expostos aqui indicam uma real influência das variáveis afetivas no processamento e maturação de idéias. Todavia, a escola é um ambiente dinâmico e comporta diferentes relações tanto pessoais quanto com os saberes. Julgamos viável o uso do paradigma de KORIAT (1993, 1995), ou os paradigmas de MANDLER (1985), (DAMÁSIO, 1996) e WYKROTA e BORGES (2006), na tentativa de identificar se os padrões cognitivos/afetivos emergentes em classe atribuem-se a satisfação, no sentido aqui defendido, com as explicações, ou a outros fatores cognitivos e do ambiente.

Afora aspirações pessoais, convém ressaltar a necessidade de investimentos mais efetivos da comunidade de educadores em ciência na compreensão da dimensão afetiva, principalmente no que tange ao recorte aluno-conhecimento. A maioria esmagadora das estratégias educacionais criadas tem privilegiado o melhoramento da face formal do saber científico. Infelizmente, o sucesso tem sido muito aquém dos anseios e, muitas vezes, das promessas. Deve despontar agora uma percepção mais holística, a partir da qual se avente reintegrar afeto e cognição no processo de ensino. Isso não significa paralisar ou retroceder nas conquistas alcançadas no campo da Educação Científica, mas, sobretudo, tirá-la da ilusão de sua completude. Justificar essa separação pela conveniência teórica perde sentido quando se afunilam as perspectivas de evolução do campo. O método das Ciências "duras", fundamentado, na divisão da natureza em pedaços pequenos e independentes a fim de estudo, não parece mais adequado a Educação Científica. O ser humano não é divisível. Não há como separar as reações afetivas das cognitivas, ou simplesmente desligá-las conforme nossa intenção experimental. Dr. Spock[25] é uma fábula! (STOCKER & HEGEMAN, 2002). Ao fazermos esses recortes estamos perdendo conexões importantes, cujo efeito não pode ser tomado como uma perturbação desprezível.

[25] Spock é um dos personagens principais de *Star Trek*, uma série televisiva muito popular de ficção científica. Ele é um membro meio humano meio *Vulcano*, da *nave estelar* central. Como outros *Vulcanos,* não tem emoções, e parte da história gira em torno disso.

6.7 - A mente fica satisfeita quando adere ao conhecimento?

Einstein, Feymmann, Watson, Crick talvez pudessem responder com mais clareza essa pergunta. Infelizmente, não contamos com eles nesse momento. Mas podemos dizer que os argumentos aqui defendidos tornam razoável à crença na existência de uma satisfação emocional que provoca a aceitação de uma explicação. Assim, como último comentário, gostaríamos de reforçar a importância do *sentimento de entendimento* na criação de vínculos mais duradouros com o conhecimento escolar. Isso pode ser feito com a ajuda da hipótese dos *marcadores somáticos* desenvolvida por DAMÁSIO (2005). *Marcadores somáticos "são um caso especial do uso de sentimentos gerados a partir de emoções secundárias"* (p. 206). Essas emoções e sentimentos foram ligadas, pela aprendizagem, a resultados futuros previstos de determinados cenários. Quando um *marcador-somático* negativo é justaposto a um determinado resultado futuro negativo, a combinação funciona como uma campainha de alarme. Quando, ao contrário, é justaposto um *marcador-somático* positivo o resultado é um incentivo. Neste sentido, o cérebro guarda experiências emocionais/sentimentais, aprendendo a tirar proveito delas visando garantir sobrevivência: sentimentos de medo e de tristeza podem se constituir em formas importantes de avaliar situações perigosas, assim como sentimentos positivos como alegria e felicidade são indícios de situações favoráveis a sobrevivência. Estes mecanismos ficam a disposição do indivíduo para sempre, constituindo-se numa bagagem de referência de ordem afetiva para a avaliação de situações futuras (PIETROCOLA & PINHEIRO, 2000). Em nossa interpretação, esse mecanismo também serve para registrar sentimentos e emoções devidos a relação com o conhecimento. Assim, o *sentimento de entendimento* associado a uma explicação, ao gerar um tipo de reação emocional interpretado pela mente como um sentimento bom, contribuiria para manutenção da representação. Nesse caso, a mente não apenas ficaria satisfeita com o conhecimento, mas possuiria mecanismos de manutenção dessa satisfação, e para melhor, ofereceria referências emocionais positivas para apropriação de novos conhecimentos.

Enfim, nós esperamos que o relato apresentado tenha provocado um estado de *sentimento de entendimento* no leitor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALSOP, S & WATTS, M. Sources from a Somerset Village: a model for informal learning about radiation and radioactivity. Science Education, 81 (6), 1997, p.633-650.

ALSOP, S & WATTS, M. Facts and feelings: exploring the affective domain in the learning of physics. Physics Education, 35 (2), p. 132-138, 2000.

ARENDT, H. A vida do espírito. Rio de Janeiro: Relume Dumara, 1978.

ARISTÓTELES. Metafísica. Coleção os pensadores. São Paulo: Abril cultural, 1973.

ARRUDA, S. M. Entre a inércia e a busca: reflexões sobre a formação em serviço de professores de Física do ensino médio. 2001. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

ARRUDA, S. M.; VILLANI, A., UENO, M. H. & DIAS, V. S. Da aprendizagem significativa à aprendizagem satisfatória, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 21, 1994, 194-223.

AVERILL, J. R. Emotions and anxiety: sociocultural, biological and psychological determinants. IN: Explaning emotions. RORTY, A (Ed). Berkeley: California university press, 37-72, 1980.

ASTOLFI, J. P. Los obstáculos para el aprendizaje de conceptos en ciencias : la forma de franquearlos didácticamente. In : PALACIO, C.; ANSOLEGA, D.; AJO, A. (Eds.) Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias. Madrid : CIDE, 1993.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais:* ensino médio. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio:* orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BAGOZZI, Richard P.; GOPINATH, Mahesh; NYER, Prashanth U. The role of emotions in marketing. Journal of the Academy of Marketing Science , vol. 27 (2), 184-206, 1999.

BERLYNE, D.E. Curiosity and exploration. Science, 153, p. 25-33, 1966.

BORGES, A. T. Modelos mentais de eletromagnetismo. CCEF, vol. 15, n. 1, pp. 7-31, 1998.

BREWER, W. F. Schemas versus mental models in humam memory. In: Modelling cognition. MORRIS, P. (ed). Chischester: John Willey, pp. 187-197, 1987.

BREWER, W. F. Scientific theories and naive theories as form the mental representation: psycologism revived. Science & Education, vol. 8, pp. 489-505, 1999.

BREWER, W. F.; CHINN, C. A. & SAMARAPUNGAVAN, A. Explanation in scientists and children. Minds e Machines, vol. 8, pp. 119- 136, 1998.

BROMBERGER, S. An approach to explanation. In: Analytical philosophy .BUTLER, R. S. (ed.). Oxford: Basil Blackwell, 1962, p. 72-105.

BRONOWSKI, J. As origins do conhecimento e da imaginação científica. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1997.

BROUSSEAU, Guy. Fondement et Méthodes de la Didactique des Mathématiques.*Recherches en Didactique des Mathématiques*. v.7, n.2, p.33-115, 1986.

BROW, T. & WEISS, L. Structures, Procedures, Heuristics and Affectivity. Archives de Psychologie, 55, 59-94, 1987.

BUCKLEY, B. C. e BOULTER, C. Investigating the role of representations ande expressed models im building mental models. In: Developing models in science education. GILBERT,J.K e BOULTER,C.J. (eds). Dordrecht: Kluwer, 2000.

BUNGE M. Filosofia da física. São paulo: Edições 70, 1973**.**

BUNGE, M. Teoria e realidade. São Paulo: Perspectiva, 1974.

BUNGE, M. Racionalidad y realismo. Madrid: Alianza editorial, 1985.

BUNGE, M. La investigación Científica. Barcelona: Ariel, 1989. 955p.

BURBULES, N. C., & LINN, M. C. Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? International Journal of Science Education,, 13(3), 227-241,1991.

CAREY, S. Conceptual change in childhood. Cambridge, MA: MIT Press,1985.

CARSON, R. A sense of wonder. New York: Harper and Row, 1960.

CARDOSO, S. P. ; COLINVAUX, D. Explorando a motivação para estudar química. Química Nova, v. 23, n. 3, p. 401-404, 2000.

CAREY, S. Conceptual change in childhood. Cambridge, MA: MIT Press, 1985.

CARVALHO, E.M. Realismo e relativismo como faces de uma mesma moeda. In: Princípios: seu papel na filosofia e nas ciências. Dutra, L. H. de A. & Mortari, C. A. (orgs). Florianópolis: coleção rumos da epistemologia, v. 3, pp. 143-156, 2000.

CARVALHO, A. M. P. . Metodologia de investigación en enseñanza de física: una propuesta para estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje.. Revista de Enseñanza de La Física, Rosario - Argentina., v. 18, n. 1, p. 29-37, 2005.

CERVANTES, A. “Los conceptos de Calor y Temperatura: una revisión bibliográfica”. Enseñanza de las Ciencias, v.5, n.1, p.66-70, 1987.

CLEMENT, J. Students' preconceptions in introductory mechanics. American journal physics, 50 (1), 66-77.

CLORE, G. L. & GASPER, K. Feeling is believing: some affective influences on belief. IN: emotions and beliefs: how feelings influence thoughts. FRIDJA, N. H., MANSTEAD, A. S. R. & BEM, S. (Eds). Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

CHEVALLARD, I. La trasposition didactique; du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985.

CHINN, C. A. & BREWER, W. F. The role of anomalus data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction. . Review of Educational Research, 63 (1), p. 1-49, 1993.

COBERN, W.W. World View, Metaphysics, and Epistemology, Procedings…annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Anaheim, 1993.

COBERN, W. W. Worldview theory and conceptual change in science education, Procedings…annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Anaheim, 1994.

COBERN, W. W. Worldview theory and conceptual change in science education, Science Education, 80, 576-610, 1996.

COBERN, W. W. Distinguishing Science-Related Variations in the Causal Universal of College Students' Worldviews, The Electronic journal of science education, 1(1), 1997.

COBERN, W. W. Apples and oranges: A rejoinder to Smith and Siegel. Science & Education, 13 (6), 2004.

COBERN, W.W. Comunicação pessoal via e-mail, nov. 2006.

COLINVAUX, D. (ORG.). Modelos e educação em ciências.Rio de janeiro: Ravil, 1998.

CUPANI, A., and M. PIETROCOLA, M. 2002. A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o Ensino de Ciências. CCEF, VOL 19, no. 1, pp:97-122., 2002.

CUSTÓDIO, J. F. & PIETROCOLA, M. 2002, "Princípios de conservação e construção de modelos por estudantes do ensino médio", VIII EPEF(Encontro de Pesquisa em Ensino de Física), águas de Lindóia, Sociedade Brasileira de Física, maio de 2002.

CUSTÓDIO, J. F. & PIETROCOLA, M. Princípios nas ciências empíricas e seu tratamento em livros didáticos. Ciência & Educação, 10 (3), 383-399, 2004.

DAGHER, Z. & COSSMAN, G. Verbal explanations given by science teachers: Their nature and implications. Journal of Research in Science Teaching, 29, 361-374, 1992.

DAMÁSIO, A. O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

DAVIS, N. T.; McCARTY, B. J., SIDAMI-TABBAA, A. Transição do objetivismo para o construtivismo na educação científica. CCEF, vol. 11, n. 3, pp. 172-183, 1994.

De KLEER, J. & BROW, J. S. Assumptions and Ambiguities in mechanistic mental model. In: Mental models. GENTNERr, D. & STVENS, A. L. (eds). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 155-190, 1983.

DREYFUS, A; JUNGWIRTH, E. & ELIOVITCH, R. Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change _ some implications, difficulties, and problems. Science Education, 74 (5), p. 555-569, 1990.

DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias, v.4, n.1, p.3-15, 1986.

DRIVER, R. Theory into practice II: a constructivist approach to curriculum development. In: Development and Dilemmas in Science Education. FENSHAM, P. (Ed.). New York: The Falmer Press, 1988.

DRIVER, R. Constructing scientific knowledge in the classroom. Educational research, vol. 23, n.7, pp. 5-12, 1994.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J; MORTIMER, E & SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in the classroom. Educational researcher, 1994, p. 5-12.

DUSCHUL, R. A. Editorial Policy Statements. Science Education, vol 78, no.3, p. 206, 1994.

DUIT, R. Conceptual change approaches in science education. In: New perspectives on conceptual change. SCHNOTZ, W; VOSNIADOU, S. & CARRETERO, M. (Eds.). New York: Pergamon, 1999.

DUSCHL, R. A; DEÁK, G. O; ELLENBOGEN, K. M. & HOLTON, D. L. Developmental and educational perspectives on theory change: to have and hold, or to have and hone. Science & Education, 8, p. 525-541, 1999.

DUTRA, L. H. Introdução a teoria da ciência. Florianópolis: editora da UFSC, 1998.

ELLSWORTH, P. C. Confusion, concentration, and other emotions of interest: commentary on Rozin and Cohen (2003). Emotion, 3, p. 81-85.

EKMAN, P. Biological and cultural contribuitions to body and facial movement in the expressions of emotions. IN: Explaning emotions. RORTY, A (Ed). Berkeley: California university press, 73-102, 1980

EKMAN, P. Expression and the nature of emotions. In: SCHERER, K.S. & EKMAN (Eds.), Approaches to emotion. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1984, p. 319-343.

ELÍADE, M. Mito e realidade. São Paulo: Perspectiva, 2000.

EPSTEIN, S. Controversial issues in emotion theory. In: SHAVER, P. (Ed.), Review of personality and social psychology, vol. 5, Beverly Hills, CA: Sage, 1984, 64-88.

FEYNMAN, R. Surely you´re joking Mr. Feynman. New York:Norton, 1985.

FREIRE-MAIA, N. A ciência por dentro. Petrópolis: Vozes, 1991.

FRIDJA, N. H. & MESQUITA, B. Beliefs through emotions. IN: emotions and beliefs: how feelings influence thoughts. FRIDJA, N. H., MANSTEAD, A. S. R. & BEM, S. (Eds). Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

FRIEDMAN, M. Explanation and Scientific Understanding, Journal of Philosophy, 71, 5–19, 1974.

GARDNER, H. A nova ciência da mente. São Paulo: EDUSP, 1995.

GAULD, C. F. Habits of mind, scholarship and decision making in science and religion. Science & Education, 14, 291-308.

GENTNER, D. & STVENS, A. L. (eds). Mental models. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

GIERE, R. N. Explaining Science: A Cognitive Approach. Chicago: The University of Chicago Press, 1988.

GILBERT,J.K e BOULTER,C.J. Aprendendo ciências através de modelos e modelagem. In: Modelos e educação em ciências. Colinvaux, D. (org).Rio de Janeiro: Ravil,12-34,1998.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C.J. & RUTHERFORD, M. Models in explanations, part 1: horses of courses? IJSE, vol. 20, no. 1, pp. 83-97, 1998a.

GILBERT, J. K.; BOULTER,C.J. & RUTHERFORD, M. Models in explanations, part 2: Whose voice? Whose ears? IJSE, vol. 20, no. 2, 1998b.

GILBERT, J. K.; BOULTER,C.J. & RUTHERFORD, M. Explanations with models in science education. In: Developing models in science education. GILBERT,J.K e BOULTER,C.J. (eds). Dordrecht: Kluwer, 2000, p. 193-208.

GOMEZ-CHACÓN, I. M. Matemática emocional: os afetos na aprendizagem matemática. Porto Alegre: Artmed, 2003.

GOPNIK, A. The scientist as child. Philosophy of Science, 63, 4, 485-514, 1996.

GOPNIK, A. Explanation as orgasm. Minds and machines, vol. 8, p. 101-118, 1998.

GOPNIK, A. & MELTZOFF, A. N. Words, thoughts, and theories. Cambridge, Mass.: Bradford, MIT Press 1997.

GRIFFITHS, P. E. What emotions really are: the problem of psychological categories. Chicago: Chicago University Pres, 1997.

GROSS, J. J. Emotion regulation: past, present, future. Cognition & Emotion, 13 (5), 551-573, 1998.

GURGEL, I. & PIETROCOLA, M. O papel dos modelos no entendimento dos alunos. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005, Bauru. Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005.

GUSTONE, R. F. Children's science: A decade of developments in constructivist views of science teaching and learning. The Australian Science Teachers Journal, 36(4), 9-19,1990.
HART, L. E. Describing the affective domain: say what we mean. In: D. B. MCLEOD & V. M. ADAMS (Eds.). Affect and mathematical problem solving: a new perspective. Nova York: Springer-Verlag, 1989, p. 37-48.

HARRÉ, R. As filosofias da ciência. Lisboa: Edições 70, 1984.

HARRES, J. B. S. Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de Ótica Geométrica. Caderno Catarinense do Ensino de Física, v.10, n.3, p.220-234, 1993.

HEAD, J. O. & SUTTON, C. R. Language, understanding and commitment. In: Cognitive Structure and Conceptual Change. WEST, L. H. T. & PINES, A. L. (Eds.). Orlando: Academic Press,1985.

HEINZEN, T. E. Situational affect: proactive and reactive creativity. In: Creativity and Affect. SHAW, M. P. & RUNCO, M. A. (Eds.). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation, 1994.

HEMPEL, C. Filosofia da ciência natural. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1970.143p.

HEMPEL, C. G. Explicação científica. In: Filosofia da ciência. MORGENBESSER, S. (org). São Paulo: Cultrix, 1979.

HENKIN, L. Verdade e demonstrabilidade. In: Filosofia da ciência. MORGENBESSER, S. (org). São Paulo: Cultrix, 1979.

HESTENES, D. Toward a modeling theory of physics instruction. American Journal of Physics, v. 55, n. 5, p. 440-454, may. 1987.

HESTENES, D. Modeling methodology for physics teachers. Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education – College Park, 1996.

HEWSON, P. W. & HEWSON, M. G. The role of conceptual conflict in conceptual change and design of science instruction. Instruncional Science, 13, 1-13, 1984.

HEWSON,P.W. & THORLEY, N.R. The conditions of conceptual change in the classroom. International Journal of Science Education, 11, 541-553,1989.

HEWSON, P. W. & LEMBERGER, J. Status and subscribing. A response to Schwitzgebel, Science & Education, 8 (5), 507-523, 1999.

HIDI, S. Interest and its contribution as a mental resource for learning. Review of Educational Research, 60 (4), p. 549-571, 1990.

HOLTON, G. A imaginação científica. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

HORKHEIMER. Eclipse da razão. Belo Horizonte: Centauro, 2000.

HUNT, J. McV. Motivation Inherent in Information Processing and Action. *In*: *Motivation and Social Interaction: Cognitive Determinants*. New York: Ronald., 1963.

IMBASCIATI, A. Afeto e representação. São Paulo: Editora 34, 1998.

IZARD, C. Human emotions. New York: Plenum Press, 1977.

JONNAERT, P. Dévolution *versus* contre-devolution! Um tandem incontournable pour le contrat didactique. In:. Au-delà des Didactiques, le Didactique: débats autour de concepts fédérateurs. RAISKY, C. & CAILLOT, M. (eds.). France: De Boeck Université, 1996.

JONHSON-LAIRD, P. Mental Models. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

KARAM, R.A .S. Relatividade Restrita no Início do Ensino Médio: Elaboração e Análise e uma Proposta. Dissertação de mestrado, PPGECT/UFSC, 2005.

KAHLE, J. B & LAKES, M. K. The mith of equality in science classroom, journal of research in science teaching, vol. 20, 1983, 131-140.

KEMPER, T. D. Social models in the explanations of emotions. In: LEWIS, M. & HAVILAND-JONES, J. M. (Eds.) Handbook of emotions.. New York: The Guilford Press., 45-58, 2004.

KORIAT, A. How Do We Know that We Know? The Accessibility Model of the Feeling of Knowing", Psychological Review, 100(4), 609-639,1993.

KORIAT, A Dissociating Knowing and the Feeling of Knowing: Further Evidence for the Accessibility Model, Journal of Experimental Psychology: General, 124(3),311-333, 1995.

KRAPAS, S.; QUEIROZ, G.; COLINVAUX, D.; FRANCO, C.; ALVES, F. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. Investigações em Ensino de ciências, 2(3), paginação eletrônica.

KUBOVY, M. On the pleasures of the mind. In: KAHNEMAN, D.; DIENER, E. & SCHWARS (Eds.), Well-being: foundations of hedonic psychology. Russell Sage Foundation, 1999.

KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva, 1987.

LAFORTUNE, L. Dimension affective en mathématiques. Canadá: De Boeck Univerté, 1997.

LAFORTUN, L. & SAINT-PIERRE, L. Affectivité et metacognição dans la classe. De Boeck Université: Paris, 1998.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa. in: A crítica e o desenvolvimento do conhecimento. Lakato, I. e Musgrave, A. (orgs). São Paulo: Cultrix, 1979.

LARKIN, J. K. The role of problem representation in physics. In: Mental models. GENTNER, D. & STEVENS, A. L. (eds). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 75-98, 1983.

LAZARUS, R. Emotion and adaptation. New York: Oxford University Press, 1984.

LEE, O. & ANDERSON, C. W. Task engagement and conceptual change in middle school science classrooms. American educational research journal, 30 (3), 585-610, 1993.

LIMÓN, M. & CARRETERO, M. Conflicting data and conceptual change in history experts. In: New perspectives on conceptual change. SCHNOTZ, W; VOSNIADOU, S. & CARRETERO, M. (Eds.). New York: Pergamon, 1999.

LIU, C.-J. & TREAGUST, D. F. Na instrument for assessing students' mental state and the learning environment in science education. International journal of science and mathematics education, vol. 3, 2005, 625-637.

LIPTON, P. Inference to the best explanation. London: Routledge, 1991.

LÜDKE, M. & ANDRÉ, M. A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MACDONALD, B. A. Psycological conceptions of mathematics and emotion. In: D. B. MCLEOD & V. M. ADAMS (Eds.). Affect and mathematical problem solving: a new perspective. Nova York: Springer-Verlag, 1989, p. 221-234.

MACLEOD, D. B. Research on affect in mathematics education: a reconceptualization. In: Handbook of research on mathematics teaching and learning. Nova York: Macmillan, 1992, p. 575-596.

MANDLER, G. Mind and Body: Psychology of emotion and science. Nova York: Norton, 1984.

MANDLER, G. Cognitive Psychology. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1985.

MARROUM, R-M. The role of insight in science education: an introduction to the cognotional theory of Bernard lonergan. Science & Education, 13 (6), 2004.

MASLOW, A. H. Motivación y personalidad. Barcelona: Sagitario, 1954

MANO, H. & OLIVER, R. L. Assessing the dimensionality and structure of the consumption experience:evaluation, feeling and satisfaction. Journal of Consumer Research, vol. 20, 1993, p. 451-466.

MARTINS, I; OGBORN, J. & KRESS, G. Explicando uma explicação. Ensaio, 1 (1), 1999.

MATURANA, H. A Ontologia da Realidade. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1997.

MATURANA, H. Emoções e linguagem na educação e na política. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2001a.

MATURANA, H. Cognição, ciência e vida cotidiana. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2001b.

MELO, A. I. M. T. Emoções no período escolar: estratégias parentais face à expressão emocional e sintomas de internalização e externalização da criança. Dissertação de mestrado, Univesdidade do Minho, 2005.

MEIRIEU, P. A pedagogia entre o dizer e o fazer: a coragem de começar. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MOREIRA,M. A. Modelos mentais. Investigação em Ensino de Ciências, 3, 1-39, 1997.

MOREIRA,M. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In: MOREIRA, M.A., CABALLERO, M.C. & RODRÍGUEZ, M.L. (orgs.) Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. Burgos, España. pp. 19-44, 1997.

MORTIMER, E. Conceptual change or conceptual profile change. Science & Education, 4, 267-285, 1995.

NAGEL, E. The structure of science. Indianápolis, Hackett, 1987.

NERSESSIAN, N. Should physicist preach what they practice? Constructive modeling in doing and learning physics. Science and Education, vol 4, n°3,1995.

NEVES, M. C. & CARVALHO, C. A importância das emoções na aprendizagem da matemática: um estudo de caso múltiplo com alunos do 8 ano. SIEM, sociedade portuguesa de ciências da educação, Santarém, 2003.

NORMAN, D. A. Some observations on mental models. In: Mental models. GENTNER, D. & STEVENS, A. L. (eds). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 6-14, 1983.

NUSSBAUM, J. Classroom conceptual change: philosophical perspectives. International Journal of Science Education, 11, p. 530-540, 1989.

OHLSSON, S. Theoretical commitment and implicit knowledge: why anomalies do not trigger learning, Science & Education, 8 (5), 559-574, 1999.

OGBORN, J., MARIANI, C., MARTINS, I.P. Commonsense understanding of science - working paper 1 - the ontology of physical events. London: University of London, Institute of Education,1994.

OSBORNE, J.; SIMON, S. & COLLINS, S. Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. International Journal of Science Education, vol. 25, n. 9, 2003, p. 1049-107.

PAJARES, M.F. Teacher's beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. Review of Educational Research, 62 (3), 1992, p. 307-332.

PATY, M. Comunicação pessoal, 2005.

PETERSON, J. B. The meaning of meaning. Proceedings of the International Conference on Searching for Meaning in the New Millennium, Vancouver, BC, Canada, 2000.

PFUNDT, H. & DUIT, R. (1994). Bibliography: Students' alternative frameworks and science education. 4th. edition. Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel.

PIAGET, J. Intelligence and affectivity: their relationship during child development. Califórnia: Palo Alto, 1981.

PIAGET, J. & INHELDER, B. The Psychology of the child. Nova York: Basic Books, 1969.

PIETROCOLA, M. Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino científico através dos modelos. Investigação em Ensino de Ciências, vol (4), n.3,1999.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In: Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa abordagem integradora. PIETROCOLA, M. (org). Florianópolis : Editora da UFSC, 2001.

PIETROCOLA, M & PINHEIRO, T. F. Modelos e afetividade. VII EPEF (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física), Florianópolis, Sociedade Brasileira de Física, 2000.

PINHEIRO, T. F. Aproximação entre a ciência do aluno na sala de aula da 1ª série do 2 grau e a ciência do cientista: uma discussão, Florianópolis, dissertação de mestrado, UFSC, 1996.

PINHEIRO, T. F. Sentimento de realidade, afetividade e cognição no ensino de ciências. Florianópolis, 2003. Tese de doutorado, UFSC.

PINHO-ALVES, J..; PINHEIRO, T. F. & PIETROCOLA, M. A Eletrostática como exempplo de transposição didática. In: Pietrocola, M.. (Org.). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia. Florianópolis: UFSC, 2001.

PINTRICH, P. R; MARX, R. W. & BOYLE, R. A. Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. Review of educational research, 63, 167-200, 1993.

POPPER, C. A lógica da pesquisa científica. São Paulo: Cultrix, 1985, 567p.

POSNER, G.; STRIKE, K.; HEWSON, P& GERTZOG, W. Accomodation of a scientific conception; toward a theory of conceptual change. Science education, vol 66, n.2, pp 211-227, 1982.

POZO, J. I. La aquisición de conocimiento científico como um proceso de cambio representacional. Investigações em Ensino de Ciências, 7 (3), 2002.

PLUTCHIK, R. Emotion: a psychoevolutionary synthesis. New York: Harper & Row, 1980.

QUINE, W. V. O. Epistemologia naturalizada. Coleção os Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1980.

REZENDE JUNIOR, M. F. O processo de conceitualização em situações diferenciadas na formação inicial de professore de física. Tese de doutorado, PPGECT/UFSC, 2006.

RICARDO, E. C.; CUSTÓDIO, J. F. & REZENDE JUNIOR, M. F. A Relação didática, os obstáculos à aprendizagem e a teoria dos campos conceituais. II Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognição, Atas..., Belo Horizonte, 2003. (CD-ROM)

RICARDO, E. C.; CUSTÓDIO, J. F. & REZENDE JUNIOR, M. F. O Ensino da Tecnologia nas Ciências do Nível Médio: concepções dos professores e perspectivas teóricas. In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006, Londrina. Atas do X EPEF, 2006.

RICHARDSON, R. J. et al.. Pesquisa social: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1985..

RONAN, C. História ilustrada da ciência. São Paulo: Zahar, 1987.

RUNCO, M. A. Creativity and its discontents. In: Creativity and Affect. SHAW, M. P. & RUNCO, M. A. (Eds.). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation, 1994.

RUBEN, D-H. Explaining explanation. London: Routledge, 1990.

RUSS, S. W. Affect and creativity: the role of affect and play in the creative process. Hillsdale, NJ : Laurence Erlbaum, 1993.

RUTHERFORD, M. Explanations of coulor. In: International history, philosophy and science teaching conference, 3, Minneapolis. Procedings…Minneapolis: University of Minnesota, 979-986, 1995.

SASTRE, G. & MORENO, M. A resolução de conflitos e aprendizagem emocional. São Paulo: Editora Moderna, 2002.

SAMARAPUNGAVAN, A. Children´s judgments in theory choice tasks: scientific rationality in childhood. Cognition, 45, 1-32, 1992.

SALTIEL, E. e MALGRANGE, J.C. Spontaneous ways of reasoning in elementary kinematics. Eur. Phys. 1, 73-8,1980.

SANTOS, F. M. T. Do ensino de ciências como mudança conceitual à fronteira de uma abordagem afetiva. Dissertação de mestrado, Florianópolis, UFSC, 1996.

SANTOS, F. M. T. & MORTIMER, E. F. How emotions shape the relationship between a chemistry teacher and her high school students. International Journal of Science Education, 25(9), 1095-1110, 2003.

SCHACTER, S. & SINGER, J. E. Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. Psychological Review, 69 (5), 379-399, 1962.

SCHNOTZ, W; VOSNIADOU, S. & CARRETERO, M. New perspectives on conceptual change. New York: Pergamon, 1999.

SCHWITZGEBEL, E. Children's theories an the drive to explain. Science & Education. vol. 8, n. 5, 1999, 457-488.

SHAVER, P.; SCHWRATZ, J.; KIRSON, D. & O'CONNOR, C. Emotion knowledge: further exploration of prototype approach. Journal of personality and social psychology, vol. 52, n. 6,1987, 1061-1086.

SHAW, M. P. Affective components of scientific creativity In: Creativity and Affect. SHAW, M. P. & RUNCO, M. A. (Eds.). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation, 3-45, 1994.

SILVIA, P. What is interesting? Exploring the appraisal structure of interest. Emotion, vol. 5, n. 1, p. 89-102.

SMITH, M. U. & SIEGEL, H. Knowing, believing, and understanding: what goals for science education? Science & Education, 13 (6), 2004.

SOLOMON, R. C. The philosophy of emotions. In: LEWIS, M. &. HAVILAND-JONES, J. M (Eds.) Handbook of emotions. New York: The Guilford press, 2004.

SOUTHERLAND, S. A.; SINATRA, G. M. & MATHEWS, M. R. Belief, knowledge an science education. Educational Psychology Review, 13 (4), December 2001.

SPELTINI, C.T.; CORNEJO, J. N. & IGLESIAS, A. N. La epistemología de Reichenbach aplicada al desarrollo de trabajos prácticos contextualizados (TPC). Ciência E Educação, 12 (1), 1-12, 2006.

STOCKER, M. & HEGEMAN, E. O valor das emoções. São Paulo: Editora Palas Athenas, 2005.

STRIKE, K.A. & POSNER, G. J. A conceptual change view of learning and understanding. In: Cognitive Structure and Conceptual Change. WEST, L. H. T. & PINES, A. L. (Eds.). Orlando: Academic Press,1985.

STRIKE, K.A. & POSNER, G.J. A Revisionistic theory of conceptual change. In: Philosophy os Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice. DUSCHL, R. A. & HAMILTON (Eds.).Albany (NY): SUNY Press, p.147-176,1992.

TIBERGHIEN, A. Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. Learning and instruction, Oxfors, 4 (1), 71-87, 1994.

THAGARD, P. Coherence, emotion, and practical inference. In E. MILGRAM (Ed.), Varieties of practical inference . Cambridge, MA: MIT Press. 355-371, 2001.

THAGARD, P. The passionate scientist: Emotion in scientific cognition. In P. CARRUTHERS, S. STICH & M. SIEGAL (Eds.), The cognitive basis of science. Cambridge: Cambridge University Press, 235-250, 2002.

THUILLIER, P. de Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica. Rio de Janeiro: Jorge Zahar editor, 1994.

TROUT, J. D. scientific explanation and the sense of understanding. Philosophy of science, 69, 212-233, 2002.

TYSON, L. M.; VENVILLE, G. J.; HARRISON, A. G. & TREAGUST, D. F. A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. Science Education, 81, p. 387-404, 1997.

UENO, M. H.; ARRUDA, S. M. & VILLANI, A. Uma reflexão sobre o gostar de Física segundo uma abordagem psicanalítica. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 4, 2003, Bauru. Atas...

VAN FRAASSEN, B. C. The scientific image. Oxford: Oxford University Press, 1980.

VAN FRAASSEN, B. C. The empirical stance.Londres: Yale Univesity Press, 2002.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. Recherches en Didactique des Mathématiques, v. 10, n. 23, 1990.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics. GUERSHON, H. & CONFREY J. (Eds.). NY: State University of New York Press, p. 1994.

VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. Eur. J. Sci Educ. 1(2), 205-222,1979.

VIGOTSKY, L. S. Pensamento e Linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

VILLANI, A. Conceptual change in science and science education. Science Education, 76, p. 223-237, 1992.

VILLANI, A. & CABRAL, T. C. B. Mudança conceitual, subjetividade e psicanálise. Investigações em Ensino de Ciências, 2 (1), 1997.

VILLANI, A., SANTANA, A. S & ARRUDA, S.M. Perfil subjetivo: estudos de caso. Caderno brasileiro de ensino de física, 20 (3), 336-371, 2003.

VOSNIADOU,E. & BREWER, W. Mental models of the day/night cycle. Cognitive Science, 18, 123-183, 1994.

VOSNIADOU, E. Conceptual change research: state of the art and future directions. In: New perspectives on conceptual change. SCHNOTZ, W; VOSNIADOU, S. & CARRETERO, M. (Eds.). New York: Pergamon, 1999.

ZAJONC, R. B. Feeling and thinking. American Psychologist, 35, 151-175, 1980.

ZYLBERZTAJN, A. Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. Revista de Ensino de Física, 5(2), 1982.

WADSWORTH, B. J. Inteligência e afetividade da criança na teoria de Piaget. São Paulo: Pioneira, 1998.

WATSON, D.; CLARK, L. A. & TELLEGEN, A. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scale. Journal of Personality and Social Psychology. vol. 54, n. 6, 1988, p. 1063-1070.
WATSON, D., & TELLEGEN, A. Toward a consensual structure of mood. Psychological Bulletin, *98*, 1985, p. 219–235.

WEINER, B. An atributtional theory of motivation and emotion. Nova York: Springer, 1986.

WEST, L. H. T. & PINES. An interpretation of research in 'conceptual understanding' whitin a source-of-knowledge framework. Research in Science Education, 14, p. 47-56, 1984.

WILLIANS, M. D.; HOLLAN, J. D. & STEVENS, A. L. Human reasoning about a simple physical system. In: Mental models. GENTNER, D. & STEVENS, A. L. (eds). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 131-153, 1983.

WONG, P. T. P. Frustration, exploration, and learning. Canadian Psychological Review, 20 (3), p. 133-144, 1979.

WOODY, A. In: International history, philosophy and science teaching conference, 3, Minneapolis. Procedings…Minneapolis: University of Minnesota, 1995.

WYKROTA, J. L. M & BORGES, O. Duas formas de acesso à afetividade de professores em procedimentos de ensino. Educação & Tecnologia, 11 (1), 13-21, jan./jun. 2006.

YALAKY, Y. Science Teachers' Worldviews: A Way to Understand Beliefs and Practices. In: International history, philosophy and science teaching conference, 8, Leeds, 2005.