

ENSINO:

O ELO MAIS FRACO DA  
CADEIA CIENTÍFICA

Renato José de Oliveira

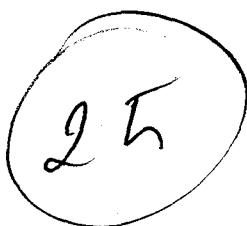
5

**ENSINO : O ELO MAIS FRACO DA CADEIA CIENTÍFICA**

**Renato José de Oliveira**

Dissertação submetida como  
requisito parcial para  
obtenção do Grau de mestre  
em Educação.

Orientador:  
Prof. José Américo Motta  
Pessanha



**Rio de Janeiro**

**Fundação Getúlio Vargas**

**Instituto de Estudos Avançados em Educação**

**1990**

Σ

'A Alice, com toda a paixão  
das construções em constante  
Devir.

# I N D I C E

LISTA DE QUADROS .....	p. vii
LISTA DE FIGURAS .....	p. viii
LISTA DE ANEXOS .....	p. ix
ABREVIATURAS .....	P. xi
RESUMO .....	p. xii
RESUME' .....	p. xiii
INTRODUÇÃO .....	p. 01

## I - CIÊNCIA E FILOSOFIA

### I.1 - O ENFOQUE RACIONALISTA

I.1.1 - O Racionalismo cartesiano .....	p. 06
---	-------

### I.2 - O ENFOQUE EMPIRISTA

I.2.1 - Bases da Ciência Moderna - O Legado de Galileu .....	p. 16
---	-------

I.2.2 - Bacon e a Catarse dos Idolos .....	p. 19
--	-------

I.2.3 - Hume e a Justificação da Inferência pelo Hábito .....	p. 28
--	-------

### I.3 - O ENFOQUE POSITIVISTA

I.3.1 - O Positivismo Comtiano .....	p. 34
--------------------------------------	-------

I.3.2 - Os Herdeiros de Comte .....	p. 46
-------------------------------------	-------

## II - A NOVA CIÊNCIA PRECISA DE UMA NOVA FILOSOFIA

II.1 - Considerações Iniciais Sobre a Epistemologia de Bachelard .....	p. 54
---	-------

### II.2 - A Filosofia do Não e a Ciência Contemporânea

II.2.1 - Por quê uma Nova Filosofia ? .....	p. 59
---	-------

II.2.2 - A Filosofia do Não não é uma Vontade de Negação .....	p. 62
---	-------



II.2.3 - O Não Substancialismo Reordena a Química Lavoiseriana .....	p. 68
Σ	
II.2.4 - A Filosofia do Não e o Kantismo .....	p. 74
II.2.5 - A Questão da Causalidade .....	p. 82
II.3 - O Saber Científico Deve Vencer Obstáculos	
II.3.1 - O Conceito de Obstáculo Epistemológico .....	p. 85
II.3.2 - O Realismo da Experiência Primeira .....	p. 87
II.3.3 - A Generalidade e o Conhecimento Comum .....	p. 94
II.3.4 - O Animismo e a Linguagem .....	p. 100
II.4 - A Ciência Contemporânea Requer um Racionalismo Aplicado	
II.4.1 - Crítica à Razão Monista e à Unicidade do Método .....	p. 108
II.4.2 - Contrapontos à Epistemologia Cartesiana .....	p. 114
II.4.3 - O Racionalismo Aplicado Enquanto Proposta de Construção Científica .....	p. 120
III - ENSINO, O ELO MAIS FRACO	
III.1 - Metáfora: ajudando a Pensar ou Instrumentalizando o Pensar ? .....	p. 131
III.2 - O Ensino Informal: novas Metas ou Velhos Mitos ? .....	p. 134
III.3 - O Ensino Formal: malabarismos de uma Arte Ilusionista .....	p. 146
III.4 - Análise Epistemológica da Visão de Ciência e do Enfoque Filosófico Dado Pelo Professor a Conceitos Básicos comuns ao Ensino da Química e da Física no Segundo Grau	
III.4.1 - Problematização .....	p. 156
III.4.2 - População Alvo e Amostragem .....	p. 159
III.4.3 - Metodologia .....	p. 159

III.4.4 - Apresentação dos Resultados da Pesquisa de Campo .....	p. 165
III.4.5 - Análise dos Resultados .....	p. 203
CONCLUSÕES .....	p. 210
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	p. 233
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS A JORNAIS E OUTRAS FONTES .....	p. 239
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS A LIVROS DIDÁTICOS DE SEGUNDO GRAU .....	p. 241

## LISTA DE QUADROS

- QUADRO 1 : Retorno Máximo de Questionários .....	p. 162
- QUADRO 2 : Retorno Estimado de Questionários .....	p. 163
- QUADRO 3 : Retorno Efetivo de Questionários .....	p. 163
- QUADROS REFERENTES ÀS RESPOSTAS DADAS PELO SUBGRUPO DE FÍSICA ÀS QUESTÕES APRESENTADAS NA PESQUISA DE CAMPO	
. Atividade Científica .....	p. 168
. Natureza do Conhecimento .....	p. 169
. Teoria Científica .....	p. 170
. Relação Sujeito/Objeto .....	p. 171
. Método Científico .....	p. 172
. Conceito de Massa .....	p. 173
. Conceitos de Matéria e Energia .....	p. 174
. Conceito de Substância .....	p. 175
. Conceito de Fenômeno .....	p. 176
. Conceito de Molécula .....	p. 177
. Quadro Geral do Subgrupo .....	p. 178
- QUADROS REFERENTES ÀS RESPOSTAS DADAS PELO SUBGRUPO DE QUÍMICA ÀS QUESTÕES APRESENTADAS NA PESQUISA DE CAMPO	
. Atividade Científica .....	p. 180
. Natureza do Conhecimento .....	p. 181
. Teoria Científica .....	p. 182
. Relação Sujeito/Objeto .....	p. 183
. Método Científico .....	p. 184
. Conceito de Massa .....	p. 185
. Conceitos de Matéria e Energia .....	p. 186
. Conceito de Substância .....	p. 187
. Conceito de Fenômeno .....	p. 188
. Conceito de Molécula .....	p. 189
. Quadro Geral do Subgrupo .....	p. 190
- QUADROS REFERENTES ÀS RESPOSTAS DADAS PELO SUBGRUPO DE QUÍMICA DA ETFQ - RJ ÀS QUESTÕES APRESENTADAS NA PESQUISA DE CAMPO	
. Atividade Científica .....	p. 192
. Natureza do Conhecimento .....	p. 193
. Teoria Científica .....	p. 194
. Relação Sujeito/Objeto .....	p. 195
. Método Científico .....	p. 196
. Conceito de Massa .....	p. 197
. Conceitos de Matéria e Energia .....	p. 198
. Conceito de Substância .....	p. 199
. Conceito de Fenômeno .....	p. 200
. Conceito de Molécula .....	p. 201
. Quadro Geral do Subgrupo .....	p. 202

## LISTA DE FIGURAS

- Triângulo Traçado Sobre Superfície Esférica .....	p. 64
- Trem Hipotético : Questionamento Relativístico ao Princípio de Simultaneidade .....	p. 65
- Diagrama de Densidades Eletrônicas Para a Molécula $Li_2$ .....	p. 79
- Situação Prevista por Rutherford Para o Comportamento de um Feixe de Partículas Alfa ao Atravessar uma Lâmina Delgada .....	p. 90
- Conclusão de Rutherford Acerca da Estrutura de uma Lâmina Metálica Delgada .....	p. 90
- Série de Balmer Para o Hidrogênio .....	p. 91
- Ilustração Sobre a Formação do Metano .....	p. 103
- Ilustração Sobre o Comportamento Químico do Néon .....	p. 103
- A Formação do Metano Segundo o Modelo de Hibridação Orbital .....	p. 121
- A Formação do CO Segundo a Teoria dos Orbitais Moleculares .....	p. 122
- Ilustração Sobre a Combinação Entre o Sódio e o Cloro .....	p. 141
- Ilustração Sobre a Lei de Boyle .....	p. 142
- Ilustração Sobre Calor de Vaporização .....	p. 150
- Ilustração Sobre a Refração Luminosa .....	p. 151
- Ilustração Sobre a Divisibilidade da Matéria .....	p. 152
- Ilustração Sobre Ligação Química e Nox .....	p. 153
- Ilustração Sobre a Atração Elétrica .....	p. 155
- Perfil Epistemológico Bachelardiano da Noção de Massa .....	p. 156
- Perfil Epistemológico Pessoal da Noção de Massa .....	p. 158
- Ilustração Sobre a Noção de Massa .....	p. 206

## LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1: Comparação Entre os Conteúdos Programáticos da Primeira Unidade de Dois Livros Didáticos de Física (Primeira Série) ..... p. 217
- ANEXO 2: Questionário Utilizado na Pesquisa de Campo ... p. 219
- ANEXO 3: Mapeamento da Distribuição de Questionários Nas Escolas de Segundo Grau do Município do RJ ..... p. 224
- ANEXO 4: Dados Obtidos Junto aos Núcleos Administrativos das Escolas de Segundo Grau da Rede Estadual do Município do RJ ..... p. 229
- ANEXO 5: Dados Obtidos Junto às Escolas de Segundo Grau da Rede Particular do Município do RJ ..... p. 231

## AGRADECIMENTOS

5

- Ao Professor José Américo pelo estímulo, solicitude e orientação
- A Professora Circe pela solicitude com que aceitou examinar a Dissertação
- Ao Dr. Constantino Tsallis por ter prontamente aceito o convite para compor a banca examinadora
- A Colega Joana Mara pela inestimável colaboração prestada no trabalho de pesquisa de campo
- A Professora Tânia Esteves pelos incentivos e colaboração prestada
- A minha irmã Rosane pelos contatos e revisão da versão francesa do Resumo
- Aos Colegas Professores da ETFQ-RJ que colaboraram na distribuição e recolhimento do material utilizado na pesquisa de campo
- Aos Diretores, Supervisores e Coordenadores dos Colégios de Segundo Grau que nos auxiliaram na execução da pesquisa de campo
- Aos Colegas Professores que responderam aos questionários
- A todos mais cujos nomes não estão aqui mas cujo apoio contribuiu para a elaboração do trabalho

## ABREVIATURAS UTILIZADAS

### 1) Das Obras de Gaston Bachelard

- AR : L'activité Rationaliste de la Physique Contemporaine
- DD : A Dialética da Duração
- ECA: Essai sur la Connaissance Approchée
- ER : L'engagement Rationaliste
- FES: La Formation de L'esprit Scientifique
- FN : A Filosofia do Não
- MR : Le Materialisme Rationnel
- NEC: O Novo Espírito Científico
- NES: Le Nouvel Esprit Scientifique
- PN : La Philosophie du Non
- RA : O Racionalismo Aplicado (Le Rationalisme Appliqué)

### 2) Gerais

- N.O. - Novo Organon
- TP - Tradução Própria

## RESUMO

Nesta Dissertação discutimos - com base na epistemologia de Bachelard - os problemas mais gerais que cercam atualmente o ensino das ciências físicas (química e física) no segundo grau.

Tivemos por meta examinar o papel cumprido pelas diversas correntes filosóficas que, a partir da modernidade, influenciaram amplamente a cultura científica, destacando as consequências mais significativas para o ensino da química e da física.

Para melhor compreender esses reflexos, fizemos também uma pesquisa de campo junto aos professores de química e física que lecionam no município do Rio de Janeiro. A partir daí foi possível evidenciar a situação de fragilidade do ensino secundário de tais ciências e propor alternativas para a modificação desse quadro tão negativo.



# RESUME

Dans cette étude, nous avons traité - en suivant l'épistémologie de Bachelard - des problèmes les plus généraux qu'on pose à l'égard de l'enseignement des sciences (chimie et physique) au deuxième cycle.

Nous avons dû donc examiner le rôle joué par les diverses philosophies qui, dès les temps modernes, ont influencé très fortement la culture scientifique, en montrant les conséquences les plus importantes pour l'enseignement de la chimie et de la physique.

Pour mieux saisir ces conséquences, nous avons fait aussi une enquête attenant aux professeurs de chimie et physique qui enseignent à Rio de Janeiro. A partir de ses résultats, nous avons pu mettre en évidence la faiblesse de l'enseignement de telles sciences, et proposer, à la suite, des alternatives pour changer ce tableau trop négatif.

La verité est fille de la discussion, non pas fille de la sympathie. (Gaston Bachelard. La Philosophie du Non)

Será que os professores sabem que trazem consigo o beijo da morte, o qual tornará insípido tudo o que eles tocarem, e que por isso eles são sensatamente relutantes em abordar ou a ensinar qualquer coisa de importância vital ? Ou será que eles trazem consigo o beijo da morte porque não ousam ensinar coisas tão importantes ? (Gregory Bateson. Natureza e Espírito)

## I N T R O D U Ç Ã O

Para desenvolver um estudo crítico sobre a atual situação do ensino de ciências, em especial de química e física, na escola de segundo grau, muitos caminhos podem ser trilhados. Muito se tem discutido nas áreas concernentes à metodologia, à psicologia da aprendizagem ou mesmo às diretrizes político-educacionais que norteiam o ensino das referidas disciplinas.

Sem negar a importância dos trabalhos feitos nesses campos de investigação, propusemo-nos, entretanto, a conduzir nossas reflexões por um caminho ainda pouco explorado, qual seja o da contextura epistemológica dos conhecimentos científicos transmitidos ao aluno.

A discussão proposta nos remete assim ao campo da filosofia da ciência, onde várias correntes de pensamento travam contundentes e apaixonadas polêmicas. Num fórum tão diversificado quanto complexo é evidentemente difícil participar do debate sem tomar posicionamentos claros com respeito às questões de natureza filosófica: seremos empiristas ou racionalistas, metafísicos ou anti-metafísicos, continuístas ou adeptos de que o conhecimento progride através de rupturas? Tal como em outros tantos campos da atividade humana, a neutralidade aqui é um mito, não cabendo avaliar posições conflitantes a partir de provas empíricas, mas pela força dos argumentos arrolados em defesa deste ou daquele ponto-de-vista. Também na filosofia da ciência, as "verdades" que iluminam os espíritos são filhas da sedução intelectual, ou seja, controem-se a partir do embate argumentativo e não da pura e simples dedução lógica.

Confessamo-nos, portanto, seduzidos pela visão de ciência desenvolvida na obra de Gaston Bachelard, autor cujas categorias epistemológicas embasam os instrumentos de análise utilizados nesta Dissertação.

Filósofo da ciência e da imaginação, da racionalidade e do devaneio, Bachelard foi, antes de tudo, um homem que sempre cultivou o espírito aberto do aprendiz, nunca as certezas definitivas do feiticeiro... Como assinala Dagognet (1986: 9):

"Diante da folha branca, sobre a sua mesa atalhufada, o filósofo realizava o sonho tantas vezes confessado: voltar a ser um estudante, empreender longas viagens, acompanhar a ciência nas suas dificuldades; em suma, o pensamento dinamizava a sua vida e não o inverso".

A construção do conhecimento científico, matéria de estudo constante do Bachelard epistemólogo, alia-se, por conseguinte, às reflexões pedagógicas do Bachelard educador, compondo assim o chamado campo do trabalho diurno. Já a poética e o simbolismo, alimentos espirituais do homo ludens, pertencem ao campo do trabalho noturno. Vão seria buscar a união fácil entre as duas vertentes da filosofia bachelardiana, ligação essa que o próprio

filósofo faz questão de desfazer:

§

"Assim os problemas do materialismo se colocarão de modo tão mais claro quanto mais realizarmos francamente uma separação total entre a vida racional e a vida onírica, aceitando uma dupla vida, a do homem noturno e a do homem diurno, dupla base de uma antropologia completa". (M.R., p.19 - TP) (1)

Trabalharemos pois com o Bachelard diurno, buscando discutir aspectos relativos à produção e à transmissão dos saberes pertencentes aos domínios da química e da física, ciências amplamente tratadas pela epistemologia bachelardiana e cujo ensino representa nosso campo de atuação profissional. Por essa razão, quando nos referirmos genericamente à ciência ou à atividade científica, estaremos sempre nos reportando à química, à física e a ciências correlatas (astronomia, por exemplo). Isso não significa um menosprezo pelas ciências biológicas e humanas ; ao contrário, acreditamos que estas requerem abordagens epistemológicas próprias e diferenciadas daquela aqui desenvolvida. Estender as categorias bachelardianas à economia, à história ou à biologia, na tentativa de criar uma epistemologia unitária, seria não só temeroso como representaria também traição ao filósofo francês, crítico ferrenho das pretensões universalistas da Razão.

Ao estudar as características da ciência atual, contrapondo-as às características da ciência dos séculos anteriores (ciência clássica ou tradicional), Bachelard dialoga com diversos autores e correntes filosóficas, discutindo principalmente com o empirismo, o racionalismo clássico e o positivismo, incluídas aí algumas de suas variantes contemporâneas (positivismo lógico, convencionalismo).

Assim sendo, o primeiro capítulo desta Dissertação tem por objetivo analisar os diferentes enfoques conferidos por tais correntes à natureza do conhecimento humano e à atividade científica. Nossa intenção não é resumir o pensamento de um Bacon ou de um Descartes, por exemplo, - mesmo porque essa seria uma tarefa inglória dada a riqueza filosófica que lhes é própria - mas extrair elementos capazes de subsidiar a discussão epistemológica desenvolvida por Bachelard.

Sendo o instrumental teórico escolhido para analisar as características do ensino secundário de química e física, a epistemologia bachelardiana é pois o objeto de estudo de nosso segundo capítulo. Tendo feito no primeiro capítulo, à guisa de contraponto, referências a posições defendidas por Bachelard, buscamos, pois, desenvolvê-las com maior profundidade, aproveitando para realçar as categorias utilizadas na crítica à ciência tradicional e suas influências no pensamento contemporâneo.

O terceiro capítulo constitui a análise epistemológica propriamente dita da situação de fragilidade por nós vislumbrada

no ensino científico de segundo grau. Trazemos, portanto, argumentos em defesa da afirmação que dá título à Dissertação.

Vale dizer que a "cadeia científica" é composta por uma seqüência de "elos", iniciando-se nos centros de pesquisa avançada e tendo como desfecho as salas-de-aula dos cursos primário e secundário (primeiro e segundo graus no âmbito da educação brasileira). Pesquisadores de ponta, engenheiros, técnicos, divulgadores, professores e alunos constituem então os segmentos humanos mais característicos da cadeia, embora não sejam os únicos nem se configurem enquanto grupos homogêneos.

No que se refere ao "elo mais fraco", discutimos inicialmente o chamado ensino informal da química e da física, o qual engloba diversas formas - situadas fora do âmbito escolar - de transmitir ao leigo informações ligadas a tais disciplinas. Esse campo de investigação é bastante amplo, constituindo mesmo, segundo Mostafa (1981), uma verdadeira "escola paralela". Não é nosso objetivo aprofundar o estudo acerca das inúmeras formas extra-escolares de transmitir conhecimentos científicos, mas tão somente discutir certas tendências, ilustrando os comentários com base em material extraído de veículos de divulgação escrita.

Sem dúvida, um estudo particular do ensino informal é necessário, não só por seus reflexos no ensino escolar como também pelo alcance social que possui. Esperamos apenas contribuir para o debate, estimulando com nossas ponderações o surgimento de novos trabalhos.

Em seguida, passamos a abordar o ensino formal (escolar), examinando a princípio a discussão entre a chamada educação verbalista e o ensino experimental. Nesse contexto, projetamos também certas apreciações sobre os livros didáticos, cuja influência no processo educativo é amplamente reconhecida.(2)

O eixo central do capítulo vem a ser, no entanto, a visão de ciência do professor. Isto, porque - estando diretamente ligado ao cotidiano das salas-de-aula - esse referencial permite avaliar, segundo a abordagem epistemológica bachelardiana, como são transmitidos ao aluno os conceitos científicos. Visando tal objetivo, realizamos pesquisa de campo junto a professores de química e física, no nível do segundo grau, no município do Rio de Janeiro. O instrumento escolhido foi um questionário através do qual buscamos aferir basicamente:

1 - Se a visão de ciência do professor se inclina para a ciência tradicional ou para o que Bachelard denomina o novo espírito científico

2 - Se noções de base tais como matéria, energia, massa, fenômeno, substância e molécula são veiculadas segundo um enfoque realista ou racionalista.

Reservamos a última parte do trabalho para expor nossas conclusões e apresentar algumas propostas com relação à problemática discutida.

## NOTAS

1 - A relação de abreviaturas usadas para indicar as obras de Bachelard se acham na p. xi desta Dissertação. A abreviatura TP indica que para a citação em questão recorreremos à tradução própria.

2 - A esse respeito, achamos oportuno reproduzir aqui o comentário feito em editorial pela Revista de Ensino de Ciências em junho de 1985:

"O livro didático está na televisão e nas manchetes: livros que fogem à rotina são atacados e defendidos com paixão ; discute-se o processo de escolha do livro didático (...); os editores acusam os professores de não serem receptivos a bons livros didáticos; os professores fazem suas opções em condições limitadoras ; o Ministério da Educação, transferindo a escolha dos livros didáticos das Secretarias de Educação para os professores, dá um passo importante, mas ainda insuficiente, no sentido de aperfeiçoar o processo de escolha."

Σ

## **CAPÍTULO I**

# **CIÊNCIA E FILOSOFIA**

### I.1.1 - O Racionalismo Cartesiano

Quando se fala em racionalismo, o nome de Descartes aparece sempre com destaque. Afinal de contas, a célebre frase **Penso, logo existo** é talvez tão conhecida quanto o sistema de coordenadas cartesianas, de larga utilização nas mais variadas ciências.

Se fôssemos historiar a trajetória da racionalidade ocidental, teríamos que percorrer um longo e sinuoso caminho, pois a história da razão constitui a história da própria filosofia. Interessa-nos, entretanto, no presente trabalho, enfocar a racionalidade moderna, discutindo as influências que teve sobre a evolução do pensamento científico do século XVII até os nossos dias.

Assim sendo, o cartesianismo será o ponto do qual partiremos em nossa análise. Sem dúvida, tal doutrina se situa, no século XVII, como importante marco de ruptura em relação ao pensamento antigo e medieval, representado principalmente pelas concepções de Aristóteles e São Tomás de Aquino.

Embora conceba, a exemplo de Aristóteles, a racionalidade como atributo fundamental do homem, Descartes não vê grande valor nos silogismos clássicos do tipo: "todo homem é mortal; Sócrates é homem, logo Sócrates é mortal". Segundo o filósofo francês, a lógica antiga revela-se insuficiente pois:

"(...) os seus silogismos e a maior parte de suas outras instruções servem antes para explicar a outrem as coisas sabidas, ou mesmo (...) para falar, sem julgamento, daquelas que se ignora, do que para aprendê-las. E ainda que ela encerre, de fato, muitos preceitos verdadeiros e bons, tem, entretanto, misturados outros tantos maus ou supérfluos, de modo que se torna quase tão difícil separá-los como tirar uma Diana ou Minerva de um bloco de mármore ainda não preparado". (*Discours de la Méthode*, p.67 - TP)

A questão crucial que coloca Descartes em oposição a Aristóteles remete-se à natureza da razão. Enquanto para o segundo esta é nitidamente de caráter argumentativo (como o demonstram não só os silogismos mas todo o arcabouço lógico dos **Argumentos Sofísticos**), para o primeiro o modelo a seguir é matemático. Afinal, Deus, o Grande Geômetra, criara o universo tendo por ferramenta básica a clareza dos números e das relações geométricas, não a ambigüidade das palavras. Estas poderiam ludibriar, engendrar saberes enganosos como as "promessas de um alquimista", as "predições de um astrólogo" ou "as imposturas de



um mago" (ibid, p.55 - TP).

A oposição ao tomismo se funda na diferença de enfoque em relação às essências e em como provar a existência de Deus. Tomás de Aquino defendia que as essências (como por exemplo as verdades matemáticas) não teriam sido criadas pelo divino, sendo, outrossim, parte integrante do seu Ser. Contemplando a si próprio, Deus as contemplaria. Para Descartes, entretanto, Deus criara não só o mundo sensível mas também as essências. Por isso, considerando como verdadeiro o fato de que a soma dos ângulos internos de um triângulo é igual a dois retos, tal ocorre porque Deus assim o desejou:

"As verdades matemáticas, às quais chamais eternas, foram estabelecidas por Deus, e dele dependem inteiramente, tanto quanto o resto das criaturas. Com efeito, dizer que essas verdades são independentes dele é falar de Deus como de Júpiter ou Saturno e sujeitá-lo ao Estige e aos destinos".  
(citado por Bréhier, 1977: 65)

E' preciso frisar ainda que São Tomás desenvolvera um conjunto de cinco provas, as cinco vias", pelas quais se poderia demonstrar a existência de Deus. Todas as cinco tinham em comum o mesmo esquema : partindo-se da realidade sensível e observável, construíam-se todo um encadeamento causal que teria, necessariamente, Deus por causa primeira. Descartes, para quem o depoimento dos sentidos era enganoso, decidiu seguir outros caminhos:

"Voltando a examinar a idéia que fazia de um ser perfeito, encontrei que sua existência estava nele compreendida do mesmo modo como na existência de um triângulo está compreendido que seus três ângulos são iguais a dois retos (...)." (Discours de la Méthode, p.96 - TP)

Mas como garantir ser a realidade sensível dotada de existência própria, isto é, algo concreto e não apenas mera ilusão? Nas *Meditações*, Descartes começa por duvidar de tudo que existe, creditando a realidade à arte ilusionista de um gênio malicioso e esperto (*malin génie*), cujo objetivo é tão somente nos enganar. Tal como os sonhos podem nos trazer fortes impressões de realidade, não poderia a realidade sensível ser, por sua vez, um grande sonho? E, assim sendo, que dizer então da física, da astronomia, da medicina e de tantas outras ciências senão que tratam de coisas incertas? Quem garante que tudo o quanto vemos e tocamos não é puro engodo, pura artimanha de um

gênio cuja diversão é iludir-nos ? Inicialmente, é preciso admitir a existência de coisas passíveis de escapar ao gênio pela própria clareza intrínseca:

"Esteja, pois, dormindo ou desperto, dois e três somarão cinco e o quadrado não terá mais que quatro lados. Não parece que verdades tão claras e nítidas possam ser suspeitadas de serem falsas ou incertas". (Meditações, p.19)

Prosseguindo, então, o exercício da dúvida, o filósofo francês busca ampliar as regiões de certeza e, ao final da Meditação quinta, após ter chegado ao pleno conhecimento de Deus (1), afirma categoricamente:

"E, assim, conheço muito claramente que a certeza e a verdade de toda a ciência dependem unicamente do conhecimento do verdadeiro Deus, de forma que, antes de conhecê-lo, nada me era possível, portanto, conhecer com perfeição. E agora, conhecendo-o, já possuo o modo de adquirir uma ciência perfeita sobre uma infinidade de coisas, não só das que estão em Deus, mas também das que pertencem à natureza corporal" (ibid, p.113-114)

Todavia, sem considerar a hipótese do "sonho" criado pelo "gênio", que outras provas podemos ter de que a realidade sensível é mutável e enganosa ? Descartes, com sua célebre experiência da cera, buscará demonstrar que a forma, o sabor, o odor e tantas outras impressões, mediante as quais julgamos poder dar um testemunho fiel sobre o real, são na verdade transitórias e esfumam-se. Na Meditação segunda é dito que os atributos de um pedaço de cera recém retirado da colméia - doçura, perfume, cor etc - desaparecem tão logo o aproximamos do fogo. Ao derreter, a cera perde as qualidades aparentes, contudo não deixa de ser cera:

"Que era, pois, que neste pedaço de cera se conhecia de distinto ? Certamente não pode ser nada do que notei por intermédio dos sentidos, visto como todas as coisas percebidas pelo gosto, pelo olfato, pela vista, pelo tato e pelo ouvido transformaram-se e, com todas essas transformações, a cera permanece a mesma" (ibid, p.39).

Mas por quê permanece a mesma ? Porque após a perda dos atributos aparentes, restará somente uma matéria extensa, amorfa, distensível, a qual não poderá ser compreendida senão pela razão que extrai, em meio ao transitório, a essência do ser. E', pois, pela atividade investigativa do espírito e não pelo depoimento dos sentidos que o conhecimento se produz. Assim, a garantia de permanência da cera é dada pela permanência do Cogito: é o mesmo eu pensante que a examina antes ou após a ação do fogo, a razão em nada se modifica nesse processo. Mas será a "experiência da cera" a prova definitiva de que a matéria é fugaz e o espírito perene ? (2)

Verificamos, assim, que as **Meditações** levam Descartes primeiro a duvidar e depois a retomar, passo a passo, o caminho das evidências claras. Tal exercício filosófico vem reafirmar, após longa jornada intelectual, os princípios outrora desenvolvidos nas **Regras Para Direção do Espírito** e no **Discurso**. Neste último, Descartes apresenta um conjunto de princípios que se configuram como seu **Método**. O primeiro deles consiste em não tomar por verdade aquilo que não se conhece como evidência de tal: trata-se, então, de considerar apenas o que se mostra claro ao pensamento, ou seja, tudo que não permita a permanência da dúvida. O segundo preconiza a divisão dos problemas em tantas partes quantas forem possíveis e necessárias para sua resolução. O terceiro assevera ser preciso ordenar os pensamentos, partindo sempre dos objetos mais simples em direção aos mais complexos, bem como estabelecer uma ordem entre aqueles que não precedem, de modo natural, os outros. O último, por sua vez, recomenda uma revisão geral de cada caso particular, de modo a se ter certeza de que nada foi esquecido.

De acordo com Alquié (1987), o primeiro princípio revela a preocupação cartesiana em evitar o erro, o qual pode ter sua origem na prevenção e na precipitação a que está sujeito nosso juízo. Tais atitudes, certamente danosas ao espírito, ligam-se ao que é incorporado a partir dos costumes, os quais, por vezes, levam a falsos julgamentos:

"Desse modo (...) passei a não crer com demasiada firmeza em nada do que fora inculcado por influência da exemplificação e do costume. E assim me libertei, pouco a pouco, de inúmeros erros que podem obscurecer nossa lucidez natural e tornar-nos menos capazes de entender a razão".  
(Discours de la Méthode, p. 57 - TP)

Mas não basta evitar os erros. E' preciso ter como meta a busca da Verdade. Disso se ocupam os demais princípios do **Método** que, ainda segundo Alquié, estão assentados sobre três noções genéricas: intuição, dedução e ordem. A primeira - que formaria as bases do conhecimento - apresenta inicialmente as dificuldades ou termos a serem examinados. A dedução (que na verdade tem mais propriamente o caráter de inferência) possibilita ir

gradativamente de uma dificuldade à outra. A ordem estabelece a relação hierárquica necessária para a resolução de cada problema proposto: é passando do simples ao complexo que o saber se constrói. (3)

Outra preocupação significativa em Descartes era estabelecer a justa distinção entre o absoluto e o relativo. Na Regra VI podemos destacar todo um corpo de definições bastante ilustrativas. Por **Absoluto**, o filósofo francês tomava tudo aquilo "que contém em si a natureza pura e simples que se investiga", tudo que é "universal, uno, igual, semelhante, etc" (Guia Espiritual, p.47 - TP). Já por **Relativo**, pode-se entender "tudo o que denominamos dependente, efeito, composto, particular, múltiplo, desigual, dessemelhante, etc" (idem, ibidem). Todavia ao **Absoluto** estão associados os conceitos de fácil e simples, é a ele que o espírito recorre para resolver as questões.

Mas para que tal possa se dar, é necessário supor a unidade das ciências. Na Regra Primeira é colocado que não se deve tomar o saber científico como algo a ser cultivado de modo igual às diversas atividades práticas desenvolvidas pelo homem. Assim, se para um mesmo indivíduo "tanger a lira" e "lavar a terra" são artes difíceis de serem praticadas ao mesmo tempo, estudar os objetos de conhecimento há de ser um trabalho unitário. Afinal,

"As ciências não são mais que a inteligência humana, que é sempre uma e sempre a mesma, por maior que seja a diversidade de seu objeto, como a luz do sol é uma, por múltiplas e várias que sejam as coisas que ilumina. Se a prática de uma arte impede que aprendamos outra, não ocorre o mesmo no campo das ciências ; o conhecimento de uma verdade, longe de ser um obstáculo, nos ajuda a poder descobrir outra" (ibid, p.18 - TP).

O desejo de unificar os mais diferentes ramos do saber tem sido, ao longo da história, um entrave ao desenvolvimento científico. A gravitação e a eletricidade foram, diversas vezes, propostas como princípios unificadores. Segundo aponta Bachelard :

"(...) a unidade é um princípio sempre desejado, sempre realizado sem maior dificuldade. Precisa apenas de uma maiúscula. As diversas atividades naturais se tornam, assim, manifestações variadas de uma mesma e única Natureza. Não se pode conceber que a experiência se contradiga ou mesmo que seja compartimentada. O que é verdadeiro para o Grande deve ser verdadeiro para o Pequeno e vice-versa." (F.E.S, p.86 - TP)

E', pois, dentro de uma filosofia da Unidade que o mecanicismo ganha força na física do século XVII. A doutrina mecanicista deriva do estudo do movimento, concebendo-se o universo como uma máquina perfeitamente regulada, um "relógio" na acepção de Voltaire. Sua influência se estende até o século XIX, onde físicos como Helmholtz buscam ainda compreender toda a realidade a partir de um reducionismo mecanicista:

"Acabamos finalmente por descobrir que o problema da ciência física consiste em reduzir os fenômenos naturais a forças invariáveis de atração e repulsão cuja intensidade depende inteiramente da distância. A solução deste problema é condição para uma inteligência completa da natureza". (citado por Rosmorduc, 1983: 124)

Costuma-se, muitas vezes, atribuir somente a Galileu a "paternidade" do mecanicismo. Entretanto, Beaude (1987: 59) nos revela que Descartes, numa carta a Plempius, escrevera: "a minha filosofia só considera grandezas, figuras e movimentos, à semelhança do que faz a mecânica". O mesmo autor assinala ainda, em defesa da tese de que o mecanicismo deve ao filósofo francês significativas contribuições, o seguinte:

"Mais do que Galileu, Descartes foi por vezes menosprezado no seu tempo e amiúde criticado em nome do próprio mecanismo (4); é contudo nele (...) que encontramos as fórmulas mais firmes e mais fortes para definir a teoria mecanicista, da qual muitos dos seus contemporâneos se reclamaram de modos bastante diversos e múltiplos" (p.64)

Sabemos que em 1633, na obra intitulada *Tratado do Mundo ou da Luz*, Descartes examina as teses heliocêntricas bem como a questão do movimento da Terra. Todavia, como aos vinte e dois de junho do mesmo ano o Santo Ofício condena o *Massimi Sistemi* de Galileu, acaba optando por não publicar seu trabalho, o qual só será editado de forma completa após sua morte. De qualquer modo é aí que podemos encontrar, dentro da produção cartesiana, as referências mais importantes que permitem situá-la com respeito ao mecanicismo. Descartes expõe o que entende por natureza, não atribuindo a ela nenhum caráter de divindade ou qualquer tipo de potencialidade criadora. Concebe-a, então, como palavra que designa a matéria (*res extensa*), a qual é sempre conservada por Deus conforme a criou. É justamente por se achar

sob a contínua conservação divina que o mundo, na concepção cartesiana, experimenta transformações em suas partes constituintes. O que, a princípio, pode parecer contraditório, explica-se da seguinte forma: as partes se modificam, mas como não podem mudar pela ação da deidade - que é imutável - alteram-se pela ação da natureza, a qual atua através de regras ou leis. Em síntese: o todo, a criação, é conservado a partir da alteridade das partes.

É importante notar, de acordo com Beaude (1987), que para o cartesianismo as leis naturais funcionam como regras cujo campo de atuação é o espaço homogêneo, geométrico, no qual o movimento foi criado, de uma só vez, para todo o sempre. Não existe recriação, mas tão somente transmissão do movimento quando os corpos mantêm contato entre si. A conclusão que disso se pode tirar é bem clara: a natureza não possui poder criador, ela é apenas a maestrina que rege - através de leis simples e imutáveis - a grande sinfonia da criação divina. Por conseguinte, Descartes não pode conceber Deus como um primeiro motor aristotélico que desconhece a tudo o quanto movimenta. Ao contrário, há de ser o sumo ser pensante, o compositor que conhece plenamente os fundamentos da partitura composta por si mesmo.

A idéia de conservação se tornará um componente importante da evolução científica pós-cartesiana. Uma vez que não se recria nem é destruído, o movimento deve ser conservado. A dinâmica estabelecerá que num sistema isolado haverá sempre conservação da quantidade de movimento  $Q$ . Assim, por exemplo, se tomarmos um sistema isolado constituído por um canhão e seu projétil tal que :

$m_c$  = massa do canhão  
 $V$  = velocidade do canhão e do projétil antes do disparo = 0  
 $m_p$  = massa do projétil  
 $v_p$  = velocidade do projétil após o disparo  
 $v_c$  = velocidade com que o canhão recua

Teremos:  $(m_c + m_p)V = m_c.v_c + m_p.v_p$

Como o primeiro termo da igualdade é nulo, pois  $V=0$ , verificamos que :  $m_c.v_c = -m_p.v_p$ , ou seja, o produto das respectivas massas pelas velocidades, igual em módulo, é definido como  $Q$  (quantidade de movimento), grandeza conservada antes e depois do disparo. A expressão "quantidade de movimento" é retirada da física cartesiana.

Se para a mecânica clássica a conservação da massa já era tida por evidência natural, com Lavoisier o conceito é estendido até as transformações químicas. No Tratado Elementar de Química (1789) o sábio francês escreve:

"Nada se cria, nem nas operações da arte, nem nas da natureza, e se pode elevar à categoria de princípio que em todo processo existe uma quantidade igual de matéria antes e depois do

mesmo". (citado por Papp & Prelat, 1950: 96 - TP)

Com o desenvolvimento da termodinâmica, principalmente a partir dos estudos de Carnot (1824), chega-se também ao princípio de conservação da energia. Todavia o ideal de conservação não pára aí. O homem quer vê-lo presente em todos os campos da realidade, devendo, pois, presidir tudo que existe. Assim, na *Astronomia Popular* de Mädler (1861), encontramos a seguinte passagem bastante representativa de tal tendência universalizante:

"O mecanismo inteiro de nosso sistema solar tende(...) para a preservação do que existe, para a sua existência prolongada e imutável. Do mesmo modo que nem um só animal e nem uma só planta na Terra se fizeram mais perfeitos, ou, em geral, diferentes desde os tempos mais remotos, do mesmo modo que em todos os organismos observamos unicamente estádios de contigüidade e não de sucessão, do mesmo modo que nosso gênero permaneceu sempre o mesmo corporalmente, a maior diversidade dos corpos celestes coexistentes não nos dá direito a supor que essas formas sejam meramente distintas fases do desenvolvimento; ao contrário, tudo o que foi criado é igualmente perfeito por si". (citado por Engels, 1976: 157-158)

Para a ciência clássica, a conservação é um princípio já estabelecido, cabendo ao homem tão somente reconhecê-lo e aceitá-lo como tal. Não é de estranhar, portanto, que as idéias de conservação e perfeição caminhem juntas e se constituam em elemento indispensável à intelegibilidade plena do Cosmo. Compreende-se aquilo que se conserva: o movimento, a matéria, a energia, a vida sobre a Terra. Como bem destaca Bachelard será preciso romper com esse "ideal de clareza" ou "força de convicção quase natural" para conferir à inteligência humana um novo status. A ciência do século XX, devido ao seu caráter probabilístico, atribuirá, então, primeiramente, "às idéias de conservação material e energética o caráter de problema: será preciso acostumar-se a considerar tais conservações como resultados estatísticos a estabelecer e não mais como dados imediatos e absolutos a registrar" (Lumière et Substance. in: *Etudes*, p.59 - TP). De outro modo, como se poderia compreender as variações relativísticas da massa ou as interações energéticas do mundo quântico?

Quanto à física cartesiana, é preciso lembrar que ela opera num mundo rigidamente geometrizado, o mundo euclidiano, no qual os corpos são bem definidos pelas formas e pelos movimentos a eles associados:

"(...) entendo por corpo tudo quanto pode terminar por uma figura, estar colocado em certo lugar e ocupar um espaço de modo que exclua qualquer outro corpo (...) ; que possa mover-se em vários sentidos, não certamente por si mesmo, mas por algum agente estranho que lhe toque e comunique movimento". (Meditações, p.32)

A forma e o lugar geométrico concretizam o objeto cartesiano, levando a noção de grandeza a aparecer como qualidade da extensão, não como produto de medições acuradas que se apóiam em equações algébricas. Assim, a física de Descartes é, como diz Bachelard (A.R.), uma física privada de matemática. Na microfísica contemporânea, uma ordem de grandeza tal como o raio

-14

do elétron (  $10^{-10}$  cm ) jamais poderia ser determinada a partir de propriedades extensíveis. Ela é produto do cálculo matemático e não deve ser compreendida como o segmento de reta que vai do centro a qualquer ponto de uma superfície esférica microscópica, pois não temos nenhuma indicação sobre a forma geométrica do elétron. A pequenina esfera elétrica pode ser uma imagem cômoda, mas nada tem a ver com a realidade dos fenômenos eletrônicos que podemos registrar.

Por outro lado, tendo como suporte a física mecanicista, a fisiologia cartesiana busca interpretar os fenômenos biológicos a partir de comparações diretas com as máquinas e demais engenhos mecânicos utilizados pelo homem. Beaude (1987: 66) frisa que em *O Homem*, Descartes propõe a adoção de alguns modelos como relógios e moinhos para explicar o funcionamento de determinados órgãos dos seres vivos. Na quinta parte do *Discurso*, em meio ao desenvolvimento de uma teoria da circulação sangüínea, embasada nos modelos de dilatação térmica dos líquidos, ele afirma:

"(...) desejo preveni-los que esse movimento [ do sangue ], o qual acabo de explicar, deriva necessariamente da disposição dos órgãos que podem ser vistos a olho nu no coração, do calor que nele existe e se pode sentir com os dedos, e da natureza do sangue que pode ser conhecida pela experiência, pela mesma razão que o movimento de um relógio é resultante da força, da disposição e da forma de seus contrapesos e rodas". (p.113 - TP)

A sedução mecanicista provém de um reducionismo simples e direto : sendo o homem uma pequena parte do universo físico, sua materialidade ou seu corpo deverão ser regidos pelas mesmas leis que governam o Grande Todo Universal.



Mas se o mecanicismo tende a considerar os seres vivos enquanto mecanismos biológicos, o animismo, tendência igualmente universalizante e perniciosa (da qual trataremos especificamente em II.3.4) tem também influência no pensamento científico da época. Na realidade, embora sigam caminhos distintos, mecanicismo e animismo têm origem comum: ambos nascem da necessidade humana em estabelecer analogias entre "os três grandes reinos da natureza" - animal, vegetal e mineral. Tal necessidade não é senão consequência de uma razão monista, a qual vê a realidade como fruto do planejamento único e universal, executado por um deus criador ou pela natureza. Contrapondo-nos a esse desejo fácil de totalidade, que ao afastar o múltiplo e o variável bloqueia o pensamento, fazemos nossas as palavras de Bachelard:

"A necessidade da unidade é tal que se fazem analogias e passagens entre os três reinos e se estabelece uma escala de perfeição que não tardam a causar as piores confusões". (F.E.S., p.152 - TP)

## **I.2 - O ENFOQUE EMPIRISTA**

### **I.2.1 - Bases da Ciência Moderna - O Legado de Galileu**

O período histórico que caracteriza a passagem do mundo medieval ao mundo moderno é marcado por profundas transformações no modo de vida do homem. A progressiva desestruturação do sistema feudal, o crescimento do comércio e das cidades, a expansão marítima ibérica foram fatores que contribuíram em larga escala para tais mudanças. Por outro lado, como assinala Berman (1987: 16) as grandes descobertas científicas alimentaram o "turbilhão da vida moderna", pois permitiram "a mudança da nossa imagem do universo e do lugar que ocupamos nele".

Sem dúvida, as teses heliocêntricas defendidas por Copérnico e abraçadas por Galileu revolucionaram o modo de pensar. A face da civilização ocidental se transforma, não só pelo advento de invenções como a bússola, a pólvora e a imprensa, mas sobretudo pelo questionamento da posição do homem no cosmos. O legado galileiano representa, assim, uma ruptura em relação ao pensamento aristotélico e lança as bases de uma nova ciência. Mas que ciência é essa? A que forja somente na atividade experimental seu estatuto científico, deixando em segundo plano as construções teóricas?

Segundo Koyré (1966: 147), a imagem corrente que se faz da ciência galileiana é a de que ela é a mesma ciência do engenheiro ou do artesão, ou seja, uma *scientia activa, operativa*, "que deveria tornar o homem mestre e senhor da natureza". Tal imagem simplista tende a considerar a ciência moderna como atividade essencialmente voltada para a aplicação tecnológica, sendo, pois, uma extensão das conquistas técnicas alcançadas nos fins da idade média. Na verdade, por trás disso se oculta uma visão histórica continuísta, a qual não admite que a evolução do pensamento humano possa se dar por saltos, apostando sempre na construção linear do conhecimento.

Entrementes, rompendo com a tradição continuísta, que apreciação podemos fazer acerca das contribuições galileanas? Que papel fica reservado à atividade experimental em nossa análise?

Não é objetivo nosso negar a importância adquirida pela observação e pela experiência na ciência moderna. Como bem destaca Koyré (1966: 149):

"É certo que nos escritos de Galileu encontramos inumeráveis apelos à observação e à experiência, e uma ironia amarga com respeito aos homens que não acreditavam no testemunho dos próprios olhos, pois o que observavam era contrário ao ensino dado pelas autoridades (...)" (TP).

É preciso ressaltar contudo, como faz Koyré, que a

experiência de olhar o céu pelo telescópio é bem diferente da experiência vivida no nível do senso comum, pois tem o caráter de **experimentação**. Mas como podemos evidenciar tais diferenças ?

Por **experimentação**, devemos entender uma atividade que pressupõe um **método** para fazer "perguntas" à natureza. Isso significa ser preciso utilizar uma linguagem adequada na formulação das questões, sem o que as "respostas" obtidas de nada servirão. Ora, a linguagem galilaica não é outra senão a linguagem dos números e das figuras geométricas. Assim sendo, não é a partir do empírico que Galileu conclui estar "o grande livro do universo (...) escrito em linguagem matemática", mas sim através desta que a atividade experimental ganha força e se impõe na ciência do século XVII.

A importância de Galileu não se resume, pois, em substituir certas teorias inadequadas - como, por exemplo, a teoria aristotélica do **impetus** - por outras mais consistentes, como a do princípio de inércia. O alcance de suas concepções é bem outro. De acordo com Koyré (1966: 152):

"Eles [os fundadores da ciência moderna] deveriam destruir um mundo e substituí-lo por outro. Eles deveriam reformar a estrutura de nossa inteligência, reformular e revisar seus conceitos, encarar o Ser de uma nova maneira, elaborar uma nova concepção de conhecimento, uma nova concepção de ciência - e mesmo opor ao ponto-de-vista tão natural do senso comum um outro que não é absolutamente natural". (TP)

E' certo que Galileu aperfeiçoou a luneta - instrumento já conhecido na Holanda - por via empírica, ou seja, testando associações de lentes convergentes e divergentes até obter um grau de resolução maior que o obtido pelos holandeses. E o fez sem conhecer fundamentos ópticos capazes de justificar o princípio teórico do aparelho. Do mesmo modo, foi após longas observações e repetidas experiências que chegou à determinação das clássicas leis do movimento pendular. Entretanto, se o sábio florentino não tivesse a forte convicção de que existe uma ordem matemática no universo, por que dispenderia tanto esforço em sua atividade experimental ? Por que ousaria insurgir-se contra o cosmos aristotélico, defendendo posições contrárias à autoridade da Igreja e ao bom senso dos homens ?

Antes de ser um experimentador, Galileu é um herdeiro da tradição pitagórico-platônica que concebe o universo construído sobre alicerces matemáticos. Em resposta a Rocco, conforme reporta Koyré (1966: 172), ele pede um julgamento dos dois métodos rivais: o matemático e o físico-empírico. São suas as seguintes palavras:

"Decidi quem raciocina melhor, Platão que afirma que sem as matemáticas não se poderia compreender a filosofia, ou Aristóteles, que reprovou este mesmo Platão por ter estudado demasiadamente a geometria". (TP)

Por sua vez, para estabelecer o princípio de inércia, Galileu teve que recorrer, de acordo com Abramo (1972: 84), às "experiências em pensamento", pois os testes empíricos haviam de esbarrar sempre no obstáculo constituído pelas forças de atrito. Assim, a experiência pode estabelecer, por aproximação, a validade do Princípio, pois quanto mais lisa for a superfície plana horizontal, maior será o tempo que uma esfera - animada de velocidade constante - rolará sobre ela sem deter seu movimento.

Também Bassalo (1983) ressalta que Galileu concebe a idéia de inércia por discordar que todos os movimentos pudessem ser enquadrados no modelo aristotélico, segundo o qual haveria movimentos naturais (em direção ao lugar natural) e forçados (em direção contrária ao lugar natural). O autor dos Discorsi julgava que pelo menos dois tipos de movimento - a rotação de um corpo em torno de seu eixo e o deslocamento de um móvel sobre um plano horizontal liso - escapavam à classificação de Aristóteles. Supõe, então, ser possível haver uma terceira categoria, a qual denominou de movimento neutro. Desenvolvendo tal idéia, chega finalmente às conclusões anteriormente referidas.

É importante levar tal discussão até os bancos escolares, onde ainda prevalece a visão de que Galileu destrói toda uma visão de mundo anterior apoiado tão somente na força da experiência, conforme podemos verificar no seguinte comentário de Ueno & Yamamoto (1982: 112), acerca do questionamento do princípio do Impetus:

"A concepção aristotélica (Aristóteles, 384-322 a.C.) do Universo, afirmando que um movimento retilíneo com velocidade constante só pode ser mantido pela ação de uma força constante, permaneceu durante quase 2000 anos. Foi somente no século XVII, através da introdução de métodos experimentais na Física, que Galileu provou o contrário".

A ciência galileana não é, portanto, uma ciência essencialmente experimental como afirmam as interpretações mais simplistas. Ao contrário, combina magistralmente - tendo em conta as possibilidades da época - a observação, a experiência e a interpretação racional dos fenômenos físicos.

## I.2.2 - Bacon e a Catarse dos Idolos

Se o ideal empirista, o qual alimentou por muito tempo a ciência clássica, é hoje questionado pelo novo espírito científico, ele ainda se mantém bastante vivo na formação escolar que recebemos. Veja-se, por exemplo, o comentário de Alcântara (1965: 20) acerca de como deve ser conduzida uma investigação científica:

"O estudo do fenômeno físico geralmente se inicia pela observação, em que o indivíduo, sendo um simples espectador, não interfere na realização do fenômeno (...).

Realizada a observação, o estudo do fenômeno vai se completar pela experimentação, que é a fase mais importante no estudo dos fenômenos naturais".

Tomando como referência Galileu, podemos dizer que o empirismo deita suas raízes mais na pena do filósofo que nas atividades do cientista. Koyré (1966: 148) se refere ao papel cumprido por Bacon na história da ciência como sendo diferente daquele cumprido por Galileu e Descartes: "Bacon é o arauto (...) da ciência moderna, não um de seus fundadores".

No prefácio do *Novum Organum*, obra na qual expressa bem o seu desejo de construir uma nova teoria do conhecimento, Bacon começa por criticar os que proclamaram ser possível tudo saber sobre a natureza e os que defenderam a "acatalepsia" (5). Deixa transparecer, também, certa boa vontade para com os filósofos gregos "cujos escritos se perderam". Mas quem são esses personagens que aparecem, a princípio anônimos, no teatro baconiano?

No aforismo 67 da referida obra, que doravante passaremos a designar por N.O., Bacon assinala:

"A Escola de Platão, de sua parte, introduziu a acatalepsia, a princípio como ardil e ironia, por desprezo com os velhos sofistas, Protágoras, Hípias e os demais, os quais nada tinham mais que aparentar terem algumas dúvidas a respeito de algo. Mas a Nova Academia transformou a acatalepsia em dogma e dela fez profissão" (p.43).

A única diferença encontrada pelo filósofo inglês entre os sofistas e a escola platônica é que os primeiros exigiam dinheiro em troca dos saberes ensinados, enquanto os membros da última eram mais solenes e comedidos, tendo aberto escolas e

lecionado gratuitamente a filosofia. No mais, eram todos retóricos cujo conhecimento professoral apenas servia para alimentar disputas e difundir heresias filosóficas.

Com relação àqueles que, no seu entender, se julgavam capazes de chegar ao pleno conhecimento das coisas, Bacon é ainda mais severo. Assim, no aforismo 63, são feitas as seguintes observações sobre Aristóteles:

"O mais conspicuo exemplo da primeira [fonte de erros e falsa filosofia] é o de Aristóteles, que corrompeu com sua dialética a filosofia natural: ao formar o mundo com base nas categorias (...); ao impor à natureza das coisas inumeráveis distinções arbitrárias, mostrando-se sempre mais solícito em formular respostas e em apresentar algo positivo nas palavras do que a verdade íntima das coisas (...). Pois Aristóteles estabelecia antes as conclusões, não consultava devidamente a experiência para estabelecimento de suas resoluções e axiomas. E, tendo ao seu arbítrio, assim decidido, submetia a experiência como a uma escrava para conformá-la às suas opiniões". (N.O., p.38-39)

Se os sofistas, Platão e Aristóteles são postos de lado, em que filósofos o pensamento baconiano irá buscar pontos de contato ? Sem dúvida, são os antigos jônios, à exceção de Pitágoras - condenado por seu misticismo - e os atomistas que merecem comentários até certo ponto elogiosos:

"Mas os mais antigos dos filósofos gregos (...), não abriram escolas, ao que saibamos: ao contrário, e no maior silêncio, com rigor e simplicidade, vale dizer, com menor afetação e aparato, se consagraram à investigação da verdade" (N.O., p.47).

Mas Bacon, crítico mordaz da argumentação - sustentáculo dos ídolos do foro, os quais, conforme veremos adiante, deverão ser combatidos -, não chega a poupar completamente esses pensadores :

"Contudo nem mesmo eles foram imunes aos vícios de seu povo (...) Os gregos, com efeito, possuem o que é próprio das crianças: estão sempre prontos a tagarelar, mas são incapazes de gerar, pois, a sua sabedoria é farta em palavras, mas estéril de obras" (ibid).

Qual seria, então, o ponto de vista baconiano no que tange à construção do conhecimento? Valendo-se de metáforas o autor do N.O. sustenta que os homens assumiram basicamente duas grandes posturas equivocadas: uns, à semelhança das formigas, teriam buscado unicamente acumular "provisões"; outros, analogamente às aranhas, teriam optado por extrair do raciocínio tudo o quanto lhes pudesse servir para a confecção de uma "teia de saberes". Os primeiros erraram por incorrer num empirismo utilitário, os outros por permanecer num racionalismo dogmático.

Bacon considera, assim, o termo médio - caracterizado pela abelha que "recolhe a matéria prima das flores do jardim e do campo e com seus próprios recursos a transforma e digere" (N.O., p.69) - representativo da posição filosófica adequada. Para ele o fundamental não é "abdicar dos sentidos, mas ampará-los"; nem tampouco "desprezar o intelecto, mas dirigi-lo" (N.O., p.91). Observa, ainda, que só pode haver dois caminhos a seguir se pretendemos descobrir a verdade: o primeiro se define pela passagem do sensível e particular aos axiomas de maior generalidade, descobrindo-se, a partir deles, os axiomas intermediários; o segundo consiste no ato de recolher os axiomas fornecidos pelas instâncias sensíveis e particulares, aumentando gradativamente o conhecimento até atingir os princípios gerais. No seu entender, a primeira via é a seguida atualmente, enquanto o segundo "é o verdadeiro caminho, porém ainda não instaurado" (N.O., p.22).

Não obstante essas considerações, Bacon procura expressar seu pensamento de forma ainda mais clara. Assim, nos aforismos 20, 21 e 22, afirma, que ao escolher o primeiro caminho, o intelecto fica abandonado a si mesmo, confiando plenamente nas "forças da dialética". O desejo de generalidade é tal que a experiência acaba por ser desdenhada. Como essa via de conhecimento é precária, o intelecto, não satisfeito, haverá de buscar maior sucesso seguindo o outro caminho. Entretanto, se não for convenientemente dirigido, mostrar-se-á "inábil para superar a obscuridade das coisas".

Como será possível, então, para a mente humana vencer os obstáculos que se antepõem à conquista do conhecimento verdadeiro? Bacon assinala ser preciso destruir as barreiras representadas pelo que chama de quatro grandes ídolos: os ídolos da caverna, da tribo, do foro e do teatro.

Os ídolos da caverna (*idola specus*) são próprios do indivíduo enquanto tal: representam, em termos atuais, toda a gama de aspectos psicológicos que envolve o homem ("aberrações da natureza humana" na linguagem de Bacon). Esse tipo de idolatria tem origem na constituição particular da alma de cada ser humano, para a qual contribuem a educação recebida, a convivência familiar e com outros indivíduos e até mesmo a leitura de livros ou a admiração e respeito à autoridade de certos homens. Cada um de nós possuiria "uma caverna ou cova que intercepta e corrompe a luz da natureza" (N.O., p.27), obscurecendo assim as trilhas do conhecimento.

Vale dizer que ao usar a imagem da caverna, Bacon não tem por objetivo reviver a alegoria platônica. Ao contrário, confere a tal metáfora um significado bastante distinto. Para ele os

objetos empíricos, cujo estudo pressupõe a mediação da experiência, são claros, sendo, porém, apreendidos de forma obscura devido à natureza do intelecto humano: "o intelecto humano não é luz pura, pois recebe influência da vontade e dos afetos, donde se pode gerar a ciência que se quer" (N.O., p.31).

Para Platão, o objeto empírico provoca apenas a reminiscência de uma forma ideal perfeita e transcendente, a idéia. Resumindo, diríamos que Bacon põe as sombras na razão não depurada da influência dos ídolos; Platão propõe uma cooperação estreita entre as faculdades racionais e sensíveis - sem que haja qualquer espécie de expurgo - como meio de deixar o fundo escuro da caverna:

"Assim, quando um homem tenta pela dialética, sem a ajuda de qualquer dos sentidos, mas só através da razão, atingir a essência de cada coisa, e não se detém antes de ter possuído só pela inteligência a essência do bem, ele chega ao termo do inteligível como aquele (6) há pouco chegava ao termo do visível". (A República, liv VII, 532 a-b - citado por Foulquié, 1978: 21)

Outro obstáculo para o conhecimento é representado pelos ídolos da tribo (*idola tribus*), os quais têm raízes na própria espécie humana. Bacon salienta que a "substância espiritual do homem" é uniforme, ou seja, existem certos preconceitos ou convicções íntimas, as quais não são fruto da individualidade, mas sim herança que as gerações humanas transmitem umas às outras. A superstição e o misticismo encontram-se entre tais ídolos mas, se quisermos ir mais longe, não apenas eles: a própria idéia de deus também! Bacon, que era crente, parece não se ter dado conta disso, reservando o expurgo apenas para os magos e profetas...

A convivência social dos homens dá lugar, por sua vez, à formação dos ídolos do foro (*idola fori*), cuja manifestação se dá através do discurso:

"E as palavras, impostas de maneira imprópria e inepta, bloqueiam espantosamente o intelecto. Nem as definições, nem as explicações com que os homens doutos se munem e se defendem, em certos domínios, restituem as coisas ao seu lugar. Ao contrário, as palavras forçam o intelecto e o perturbam por completo. E os homens são, assim, arrastados a inúmeras e inúteis controvérsias e fantasias" (N.O., p.28).



Para o autor do N.O. esse é o pior tipo de idolatria, o mais pernicioso e perturbador, pois difunde entre os homens a crença de que é a razão quem rege as palavras. Todavia, em muitas oportunidades, ocorre justamente o inverso: as palavras acabam por dominar o intelecto, opondo-se à investigação criteriosa e adequada da natureza. Resulta daí, então, "que as magnas e solenes disputas entre os homens doutos, com frequência, acabem em controvérsias em torno de palavras e nomes" (N.O., p.35).

As palavras que dominam o intelecto podem designar coisas fantásticas, inexistentes, ou coisas reais cujo significado é confuso e mal compreendido. Bacon situa entre elas o primeiro motor aristotélico e a riqueza, por exemplo. Afirma que "essa espécie de ídolos é a mais fácil de se expulsar, pois se pode exterminá-los pela constante refutação e ab-rogação das teorias que os amparam" (idem).

Há, contudo, outro tipo de dominação mais perigosa e difícil de destruir, devido ao fato de se ter "formado na abstração errônea e inábil" (idem). Trata-se das palavras que indicam, de forma indeterminada e dispersa, qualidades sensíveis: úmido, leve, denso, etc. (7)

Bacon desejava um conhecimento objetivo, neutro e sem controvérsias. Seus sucessores, os lógicos modernos, tentaram resumir o saber ao jogo limitado das sentenças verdadeiras e falsas. Mas a ciência contemporânea, escapando às algemas do formalismo, se forja tanto na demonstração quanto na persuasão. A comunidade científica é um auditório que precisa ser convencido, não só pelos cálculos e experimentos, mas também pelas palavras. Assim, para ser aceito pela comunidade, não basta que um novo modelo científico ou paradigma (8) seja demonstrável. Segundo assinala Kuhn (1987: 192):

"(...) afirmar que a resistência é inevitável e legítima e que a mudança de paradigma não pode ser justificada através de provas não é afirmar que não existem argumentos relevantes ou que os cientistas não podem ser persuadidos a mudar de idéia (...) Além disso, essas conversões não ocorrem apesar dos cientistas serem humanos, mas exatamente porque eles o são". (destaque nosso)

A última fonte de ilusão cognitiva é constituída pelos ídolos do teatro (*idola teatri*). Estes não são inatos, mas absorvidos pelo intelecto através das mais variadas doutrinas filosóficas e também das regras da demonstração. Na visão baconiana, a filosofia clássica descreve um mundo fictício no qual proliferam as mais fantásticas invenções. Trata-se de um mundo de fábulas ou representações teatrais, um mundo sem compromisso palpável com a realidade vivida. Tais ídolos existem em grande número e tendem a aumentar à medida que crescem as seitas e os dogmas filosóficos ou religiosos. Seu poder ilusório é grande, pois segundo Bacon:

"(...) acontece com as fábulas desse teatro o mesmo que no teatro dos poetas. As narrações feitas para a cena são mais ordenadas e elegantes e aprazem mais que as verdadeiras narrações tomadas da história" (N.O., p.37).

A filosofia é condenada, ainda, por ser construída sobre alicerces frágeis, ou seja, por basear-se mais na especulação que na coleta de dados em quantidade e qualidade desejáveis. Para tirar as máscaras dos ídolos teatrais é preciso abandonar os experimentos vulgares e dedicar-se ao exame diligente e seletivo da realidade. Só assim é possível destruir as interpretações fantasiosas e caminhar na direção do verdadeiro saber.

Além de defender um combate severo ao que considera as quatro fontes de ilusão cognitiva, Bacon entende ser preciso prescrever um método que aponte a retidão dos caminhos e dirija o intelecto para a busca da verdade. Em outras palavras, de acordo com o aforismo 61:

"Um coxo (...) no caminho certo, chega antes que um corredor extraviado, e o mais hábil e veloz, correndo fora do caminho, mais se afasta de sua meta" (p.36).

O método deve, pois, refletir a determinação e a paciência do coxo, deixando de lado tudo que saiba a erro ou, mais precisamente, tudo que se ligue à tradição filosófica, ao jogo argumentativo, às experiências vagas e mal reguladas.

Quando o espírito humano busca empreender uma investigação, a via mais familiar que se lhe apresenta é, segundo Bacon, a via da tradição. Trata-se, então, de recolher tudo o quanto já foi dito antes sobre aquilo que se investiga, acrescentando, em seguida, as próprias reflexões. Cumprida essa parte, cabe ao investigador, após grande esforço intelectual, generalizar e tirar as conclusões cabíveis. Todavia esse caminho é falho, pois se fundamenta tão somente sobre as bases frágeis da opinião.

Outra possibilidade seria a de "invocar o socorro da dialética". Esta, entretanto, não se reporta aos "princípios e axiomas fundamentais que sustentam as artes, mas apenas a outros princípios que com aqueles parecem estar de acordo" (N.O., p.57).

Por outro lado, Bacon considera também que a via da investigação experimental precisa ser judiciosamente dirigida, sob pena de ver-se reduzida a um mero tatear em meio à escuridão. Erra-se quando se busca ir em frente às cegas, desprezando o auxílio de um previdente archote. Bacon, aliás, salienta:

"Mas a verdadeira ordem da experiência, ao contrário, começa por, primeiro, acender o archote e, depois, com o archote mostrar o caminho, começando por uma experiência ordenada e medida - nunca vaga e errática -, dela deduzindo os axiomas e, dos axiomas, enfim, estabelecendo novos experimentos. Pois nem mesmo o Verbo Divino agiu sem ordem sobre a massa das coisas" (N.O., p.56).

O método preconizado consiste, então, numa progressão contínua: passa-se dos fatos particulares aos axiomas menores, destes aos médios e por fim aos de maior generalidade. Cabe ressaltar que Bacon sublinha a importância dos axiomas médios, considerando-os os mais sólidos e verdadeiros, pois sobre eles "repousam os assuntos e a fortuna do gênero humano" (N.O., p.74).

Como o número de fatos particulares a coletar é muito grande, "quase um exército" (aforismo 102), torna-se necessário evitar a dispersão do intelecto mediante a instituição de uma ordem investigativa adequada. Tal organização é feita através das tábuas de investigação, as quais podem ser de três tipos: presença, ausência e a de graus ou de comparação. Uma tábua de presença tem por objetivo arrolar toda a sorte de acontecimentos que estejam ligados a um dado fenômeno. Assim, tomando como exemplo a produção de calor, Bacon coleta, entre outros, os seguintes fatos:

- os raios do sol aquecem
- o ar fechado das cavernas, especialmente no inverno, é quente
- o espírito do vinho produz sensação de calor
- o esterco recente de cavalo e outros animais está sempre aquecido

Já uma tábua de ausência registra os casos em que o fenômeno em estudo não se manifesta. Assim, para cada caso anteriormente citado, dever-se-á buscar uma instância negativa capaz de lhe fazer oposição: se sabemos, por exemplo, que os raios solares aquecem, é preciso assinalar que os raios da lua, das estrelas ou dos cometas não produzem tal efeito.

A tábua dos graus ou de comparação tem como finalidade fazer, segundo Bacon:

"(...) citações perante o intelecto das instâncias cuja natureza, quando investigada, está presente em mais ou em menos, seja depois de ter feito comparação do aumento e da diminuição em um mesmo objeto, seja depois de ter feito comparação em objetos diversos" (N.O., p.120).

Assim, o filósofo inglês utiliza essa terceira tábua como

instrumento de mediação entre o que caracteriza a **Presença** e a **Ausência** num determinado fenômeno em estudo, como por exemplo o calor. No que tange ao aquecimento produzido pelos raios solares, é preciso ressaltar sua dependência em relação a certos fatores: a posição perpendicular do sol, a proximidade ao perigeu (9) e a conjunção astronômica com as estrelas. De acordo com as considerações baconianas:

"O sol mais aquece quanto mais se inclina na perpendicular ou no zênite(...)"

"Tudo leva a crer que o sol e os outros planetas aquecem mais quando atingem o seu perigeu, pela maior proximidade da Terra, que quando do seu apogeu".

"Supõe-se ainda que o sol, como os outros planetas, aqueça mais quando se aproxima das estrelas fixas maiores".

(N.O., p.123-124)

E' importante resgatar aí a preocupação demonstrada por Bacon em atestar a complexidade e a variabilidade de um fenômeno aparentemente simples como o calor. Desse modo, após ter comparado as diferentes formas e graus através dos quais este se manifesta, o autor do N.O. conclui:

"O calor, em relação ao tato e aos demais sentidos humanos, é coisa variável e relativa. Por isso a água tépida, se a mão que a toca está fria, parece quente ; se a mão está quente, parece fria" (N.O., p.128).

O empirismo baconiano tem na indução a mola mestra da sua prática investigativa. Entretanto, não se trata de um indutivismo simplista, preocupado tão somente em arrolar fatos e executar experimentos que busquem confirmá-los. Isso fica bem claro quando nos reportamos ao aforismo 105:

"Com efeito, a indução que procede por simples enumeração é uma coisa pueril, leva a conclusões precárias, expõe-se ao perigo de uma instância que a contradiga. Em geral, conclui a partir de um número de fatos particulares muito menor que o

necessário e que são também os de acesso mais fácil. Mas a indução que será útil para a descoberta e demonstração das ciências e das artes deve analisar a natureza, procedendo às devidas rejeições e exclusões, e depois, então, de posse dos casos negativos necessários, concluirá a respeito dos casos positivos" (p.75).

Esse método teve, sem dúvida, significativa influência na atividade científica, funcionando como uma espécie de guia da chamada ciência experimental que se desenvolveu nos séculos XVIII e XIX. Entretanto, ele não deixa de encontrar seus críticos. Segundo destaca Bachelard (F.E.S., p.58-59 - TP), Liebig (10) considera que Bacon se posiciona frente à natureza como um juiz num tribunal, conferindo à investigação científica o caráter de "inquérito civil e criminal". Liebig se apóia em certas afirmações feitas pelo filósofo inglês, derivadas da aplicação das tábuas investigativas ao estudo do calor: "(...) e o desafortunado calor, assim pressionado pelo juiz, se vê forçado a confessar que é um sujeito inquieto, tumultuoso e fatal para a existência civil de todos os corpos".

É importante salientar que a crítica de Liebig representa o questionamento do cientista àqueles que apenas se dedicam a prescrever como se deve fazer ciência. No Prefácio à Filosofia do Nã, Bachelard coloca muito bem como a filosofia da ciência se acha limitada tanto pelo descritivismo dos fatos quanto pelo prescritivismo das normas. De um lado, o cientista pensa muitas vezes que "a hora da filosofia só chega depois do trabalho efetivo", concebendo-a "como uma coleção de fatos importantes" (p.8). De outro, o filósofo coleciona normas e prescreve receitas para melhor conduzir o pensamento científico: "Assim, não é de se dar asas ao intelecto, mas chumbo e peso para que lhe sejam coibidos o salto e o voo" (N.O., p.74).

Não haverá, entretanto, uma epistemologia que possa refletir sobre a atividade científica sem submetê-la ao jugo das normas e sem tampouco ceder à dispersão dos fatos ?

Essa é justamente a busca empreendida por Bachelard, a qual teremos oportunidade de comentar no segundo capítulo deste trabalho.

### 1.2.3 - Hume e a Justificação da Inferência pelo Hábito

No século XVIII o pensamento empirista inglês encontrará em David Hume não só um adepto, mas sobretudo um filósofo preocupado em desalojar o racionalismo da confortável posição alcançada no século XVII e fortalecida, naquele momento, pelo iluminismo de Voltaire e Montesquieu.

Logo nas primeiras páginas de seu mais importante trabalho, a *Investigação sobre o Entendimento Humano*, o qual doravante passaremos a denominar *Investigação*, Hume inicia a discussão acerca do homem. Define-o como ser racional que deve receber da ciência "sua adequada nutrição e alimento" (p.44 - TP), mas também como ser social e ativo, igualmente devotado às atividades da vida prática. Por essa razão, de nada lhe serve dedicar-se apenas à filosofia mais profunda e abstrata, como também não lhe basta ficar limitado à filosofia fácil e imediata do cotidiano. É preciso haver um equilíbrio entre as duas tendências, equilíbrio esse que Hume busca demonstrar através de uma analogia envolvendo a anatomia e as artes plásticas:

"O anatomista põe frente aos olhos os objetos mais desagradáveis e repugnantes, mas sua ciência é útil ao pintor mesmo quando este desenha uma Vênus ou uma Helena" (*Investigação*, p.46 - TP).

A questão de fundo que leva os homens a se inclinarem por uma ou outra tendência é justamente o desejo de saber onde é possível encontrar a verdade: na realidade sensível ou na realidade pensada? Opondo-se a Descartes e mesmo a Bacon (11), que viam o depoimento dos sentidos como algo enganador, Hume irá apostar na veracidade das impressões sensíveis. No seu entender, o pensamento mais real é sempre menos verdadeiro que a sensação mais fugaz, pois o primeiro é apenas um reflexo, uma cópia a qual - por mais perfeita que seja - não reproduz o real em todo seu colorido:

"Quando refletimos sobre nossos sentimentos e impressões passadas, nosso pensamento, que é um espelho fiel, copia seus objetos tal como são, mas as cores que emprega são débeis e pálidas em comparação com aquelas que revestiam nossas percepções originais" (*Investigação*, p.54 - TP).

Assim sendo, ao espírito humano estão franqueados dois tipos de percepção: as menos fortes ou mais débeis constituem a classe

dos pensamentos ou idéias; as mais fortes formam o grupo das impressões, incluindo-se aí tudo que se pode ver, ouvir ou tocar e também os sentimentos (amor, ódio, etc).

Podemos verificar que Hume pretende atacar o racionalismo de frente. Afinal, para Descartes somente o cogito, após ter compreendido a natureza divina, pode garantir não ser ilusório o depoimento dos sentidos. Mas o cogito é pura atividade espiritual e, portanto, liga-se à alma, a qual, ao contrário do corpo, é infinita. Ora, é justamente a infinitude da substância pensante que o filósofo inglês quer limitar:

"Embora o pensamento pareça possuir esta ilimitada liberdade, veremos ao examiná-lo mais de perto que na verdade está aprisionado dentro de limites muito reduzidos, e que todo este poder criador do espírito não alcança mais que a faculdade de combinar, transpor, aumentar ou diminuir os materiais que nos são dados pelos sentidos e pela experiência" (Investigação, p.55 - TP).

A argumentação de Hume se funda, primeiramente, no fato do homem só conseguir pensar sobre algo inexistente ou fantástico, como uma montanha de ouro, quando combina os conhecimentos sensíveis de que dispõe acerca de um e outro objeto. Em segundo lugar, se o indivíduo nasce cego e surdo, jamais poderá dizer, por exemplo, o que é o verde ou o tanger de um sino. Entretanto, basta devolver-lhe a visão e a audição para vê-lo definir claramente as cores e os sons.

A nosso ver o racionalismo clássico, encastelado na supremacia da razão eterna, não pode responder de modo eficiente aos argumentos, aparentemente irrefutáveis, de um realismo fortemente apoiado nas evidências do senso comum. Somente uma razão que dialogue com o empirismo, apontando suas falhas e retificando a si mesma, poderá cumprir essa difícil missão.

Evidentemente quando se fala de ouro e montanhas, de árvores e florestas, enfim de objetos pertencentes à escala mediana de grandezas, o empirismo parece resistir ao diálogo com a razão. Todavia, quando penetramos no mundo dos microfenômenos a situação se inverte: que significado tem um elétron isolado do átomo? Sem os quatro quanta, sem a matemática atômica que é a marca de sua relação com o todo, não passa de um ponto, uma seta ou uma bolinha carregada de eletricidade negativa! (12)

Na concepção empirista de Hume, entretanto, as idéias - cópias desbotadas do real - obedecem a determinados princípios de associação. São eles a semelhança, a continuidade espaço-temporal e as relações de causa-efeito. O contraste pode, também, ser arrolado como tipo de conexão entre as idéias ou então como associação mista entre causa e semelhança. Assim, o filósofo inglês estabelece que perante à razão se apresentam duas classes distintas de objetos: as relações de idéias e os fatos.

A primeira categoria pertencem todas as afirmações que são verdadeiras e cuja veracidade se constata, quer por via intuitiva, quer por via demonstrativa. Hume se refere às matemáticas e, nesse ponto, concorda com Descartes quanto ao caráter evidente das verdades que afirmam, as quais carecem de comprovação empírica:

"Ainda que na natureza nunca tivesse existido um círculo ou um triângulo as verdades demonstradas por Euclides sempre conservarão certeza e evidência" (Investigação, p.63 - TP).

Veremos, no capítulo seguinte, como o não-euclidismo atacará essa noção de evidência natural das verdades geométricas.

A segunda classe de objetos é constituída pelos fatos, cuja verdade não se estabelece do mesmo modo que na classe anterior. Para Hume, a afirmação "o Sol não nascerá amanhã" não pode ser dita menos verdadeira que a afirmação contrária. Não há como provar logicamente a falsidade da primeira proposição e a veracidade da segunda, pelo menos nos termos de que dois mais dois somam quatro e não cinco. Surge aí uma questão filosófica importantíssima: como justificar a natureza da inferência?

Hume começa dizendo ser a relação de causa-efeito o fundamento de todos os raciocínios feitos acerca dos fatos. Utilizando situações do cotidiano, conclui ser todo fato dependente de outro anterior a ele. Assim, por exemplo, nos diz que ao encontrar relógios numa ilha deserta, um homem só poderia concluir pela presença de outros homens na ilha antes dele. A partir daí, Hume busca investigar a natureza da relação causal:

"Permitir-me-ei afirmar, como proposição geral que não admite exceção, que o conhecimento desta relação não é, em nenhum caso, alcançado por raciocínios a priori, mas surge inteiramente a partir da experiência, quando vemos que os objetos particulares de qualquer classe estão sempre ligados entre si" (Investigação, p.65 - TP).

A favor da afirmação feita, nos é fornecido o seguinte argumento: imaginemos que um homem receba objetos totalmente estranhos a sua cultura. Embora se esforce, ele nada poderá concluir sobre os objetos, pois não teve nenhuma experiência anterior com os mesmos. Analogamente, completa Hume, Adão jamais poderia ter inferido a possibilidade de afogar-se a partir da transparência e da fluidez da água, ou a possibilidade de queimar-se a partir da luminosidade e do calor produzidos pelo



fogo. A conclusão que o filósofo inglês então nos apresenta é taxativa: sem o concurso da experiência, a razão nada pode inferir sobre a natureza das coisas existentes. As leis naturais, por sua vez, só ficam bem estabelecidas quando, a partir da experiência, descobre-se a causa que produz determinado efeito. Mas se a todo efeito corresponde uma (ou mais de uma) causa, aplicando a regressão ao infinito não chegaremos, necessariamente, a uma causa primeira?

Frente à impossibilidade de conceber a experiência que permitiria à razão descobrir a causa primeira, Hume acena com a debilidade das faculdades humanas:

"As últimas causas e princípios que talvez possamos descobrir na natureza são: a elasticidade, a coesão das partes, a comunicação do movimento por meio do impulso. E podemos nos considerar suficientemente felizes se, mediante prolixa investigação e raciocínio, pudermos rastrear os fenômenos particulares até esses princípios gerais ou até bem perto deles.

A mais perfeita filosofia de tipo natural só afasta um pouco mais nossa ignorância (...) Deste modo, o resultado de toda filosofia é a observação da cegueira e debilidade humanas que se nos apresenta a cada instante, por mais que tratemos de iludi-la ou evitá-la" (Investigação, p.69 - TP).

Teremos oportunidade de comentar, no tópico seguinte, o quanto essa visão marcou o positivismo comtiano. É importante ressaltar, também, a influência exercida sobre o ensino da física. A esse respeito, muito ilustrativo é o comentário de Freitas (1955: 17) sobre a noção de causa:

"Há causas próximas ou imediatas, que se fazem sentir de maneira direta na produção do fenômeno (...)

As causas próximas (...) dependem, por sua vez, de causas gerais, que são em menor número que as primeiras, mas produzem maior cópia de fenômenos.

As causas gerais dependem por sua vez da causa primária, que determinaria por si só todos os fenômenos.

As especulações relativas à causa primeira escapam ao domínio da física".

As relações de causa-efeito são concebidas por Hume como fundamento dos raciocínios formulados acerca da natureza dos

eventos que nos cercam. Entretanto, o problema não se encerra aí. É possível levantar ainda a seguinte questão: se perguntarmos o que fundamenta as conclusões extraídas das relações causais, diremos ser a experiência; contudo, qual seria o fundamento das conclusões provenientes da experiência? A resposta fornecida é direta:

"Digo, pois, que mesmo após se ter experiência das operações de causa-efeito, nossas conclusões extraídas da experiência não se fundam em raciocínios nem em nenhum processo de entendimento" (Investigação, p.71-72 - TP).

Mas em que se baseia Hume para fazer afirmação tão categórica? Servindo-se ainda de exemplos bem práticos, ele nos diz que tendo constatado as propriedades nutritivas de um pão, não hesitaremos em comer, quando tivermos fome, outro pão semelhante ao primeiro. Todavia, por quê isto se dá?

Segundo Hume, não há nenhuma conexão lógica entre as informações prestadas pelos sentidos (acerca do cheiro, sabor e consistência do pão) e as faculdades nutritivas ocultas que o alimento possui. Por outro lado, a experiência, ou seja, o ato de comer o pão, informa-nos apenas sobre a passagem de um estado passado (fome) a um estado presente (saciedade). Repetindo a experiência várias vezes e obtendo os mesmos resultados, somos levados a crer que os pães se prestam a matar a fome. Assim, se amanhã estivermos famintos e alguém nos oferecer um pedaço de pão, não teremos dúvida em ingeri-lo avidamente. Concluimos, pois, que se um efeito é hoje produzido por determinada causa, sê-lo-á igualmente amanhã: a experiência está nos mostrando que o futuro se assemelha ao passado. Entrementes, qual princípio sustenta tal inferência? Hume dirá não se tratar de nenhum princípio lógico-racional, mas tão somente do hábito ou costume:

"As conclusões que [um homem] tira ao considerar um círculo são as mesmas que tiraria examinando todos os círculos do universo. Mas nenhum homem que tenha visto somente um corpo se mover após ter sido impulsionado por outro, poderia inferir que todos os demais corpos se moverão após receber um impulso igual. Portanto, todas as inferências derivadas da experiência são fruto do hábito e não do raciocínio.

O Costume é, pois, o grande guia da vida humana. É o único princípio que torna útil nossa experiência e nos faz esperar no futuro uma série de efeitos similares aos que ocorreram no passado" (Investigação, p.84-85 - TP).

As conclusões tiradas por Hume deixaram filósofos e homens de ciência perplexos. Se estabelecemos as leis científicas por meio da indução, como pode esta última estar fundada num princípio que nada tem de rigor lógico, mas, ao contrário, situa-se no campo da metafísica ?

Vale dizer que para a tradição cultural do ocidente, a ciência constitui um saber construído sobre bases sólidas, objetivas e mensuráveis, enquanto a metafísica representa a especulação acerca de problemas transcendentais à realidade material sensível. Coloca-se, portanto, desde Bacon, um claro divisor de águas entre o "científico" (aquilo que é diretamente observável) e o "metafísico" (aquilo que pertence ao domínio do imaginável).

Kant, sobre quem a influência de Hume é notória, buscou separar claramente a investigação científica das especulações metafísicas. Para ele a metafísica, ao tratar de objetos cuja apreensão empírica é impossível, não representa uma forma de conhecimento, mas apenas a atividade de pensar sobre coisas que não têm como ser enquadradas nas categorias do entendimento. Tais categorias são trabalhadas na *Crítica da Razão Pura*, obra que teremos oportunidade de comentar mais amplamente no próximo capítulo desta dissertação. Por outro lado, discutiremos também como as fronteiras traçadas por Kant entre o cognoscível e o incognoscível, quando tomadas numa perspectiva não-kantiana, perdem a rigidez e passam a ser vistas enquanto marcos provisórios a serem ultrapassados pelo espírito científico em seu progressivo processo de construção do saber.

### 1.3 - O ENFOQUE POSITIVISTA

#### 1.3.1 - O Positivismo Comtiano

As primeiras lições do "Curso de Filosofia Positiva", obra fundamental do pensamento positivista, foram dadas oralmente por Augusto Comte em sua própria casa aos dois de abril de 1826. Nessa época, a França vivia a restauração monárquica sob o reinado dos Bourbon, dinastia que subira ao poder após o término da era napoleônica. No período histórico iniciado com a Revolução de 1789, a Europa foi sacudida por forte efervescência social e política a qual teve, sem dúvida, influência decisiva no pensamento comtiano. É contra essa ordem social - no seu entender caótica, fruto da degradação moral de um Homem ainda presidido pelo espírito metafísico - que Comte irá direcionar o corpo de sua doutrina.

Em sua formação intelectual, Comte recebeu influência de vários historiadores e filósofos, todavia - como ele próprio assinala - tiveram papel relevante Condorcet (a quem se reporta como seu imediato predecessor), Galileu, Bacon e Descartes, estes últimos tendo lançado as bases do "verdadeiro espírito positivo".

A exemplo de outros filósofos que pretenderam fundar doutrinas terminais, também Comte "comtiana" o passado, isto é, busca afinidades no pensamento de outrem com vistas a demonstrar o caráter preparatório em relação ao sistema filosófico final então elaborado. Assim como Hegel "hegelianizara" Platão, afinando-se com um platonismo depurado da matemática pitagórica, Comte se apropria da filosofia de Descartes, dela retirando o caráter metafísico: é um cartesianismo depurado da comunhão com o divino que serve de alicerce ao edifício da filosofia positiva.

O positivismo começa por apregoar, enquanto tese fundamental, a impossibilidade humana em conhecer as causas ou razões que promovem os fenômenos, cabendo à ciência tão somente estabelecer as leis às quais estão sujeitos. Segundo Comte,

" (...) a revolução fundamental que caracteriza a virilidade de nossa inteligência consiste essencialmente em substituir em toda parte a inacessível determinação das causas propriamente ditas pela simples pesquisa das leis, isto é, relações constantes que existem entre os fenômenos observados. Quer se trate dos menores, quer dos mais sublimes efeitos, do choque ou da gravidade, do pensamento ou da moralidade, deles só podemos conhecer as diversas ligações mútuas à sua própria realização, sem nunca penetrar no mistério de sua produção. (Discurso Sobre o Espírito Positivo, p.49)

Assim, a lei da gravitação universal permitirá explicar a

queda de um corpo tanto quanto esta puder ser explicada, ou seja, em sua conexão de causa-efeito: se o corpo cai é porque a Terra o atrai. Os corpos se atraem na razão direta das massas e na razão inversa do quadrado das distâncias. A questão de determinar o que é a atração ou porque existe a gravidade é própria da especulação metafísica e deve ser abandonada, pois o espírito humano nunca poderá respondê-la.

Vale salientar, aqui, que a formulação relativa à impossibilidade em atingir a essência fenomênica não é criação própria de Comte. Conforme salientamos no tópico anterior, ela já se fazia presente no pensamento de Hume:

"Mas no que diz respeito às causas das causas gerais, seria em vão se tentássemos descobri-las, já que jamais ficaríamos satisfeitos com qualquer explicação particular delas. Estas últimas fontes e princípios estão totalmente fechados à curiosidade humana". (Investigação, p.69 - TP)

Também no século XVIII muitos cientistas manifestavam opiniões semelhantes, apesar da fé racionalista - sobretudo sustentada pelos filósofos iluministas - de que o homem poderia vir a conhecer os fundamentos de todas as coisas. E, pois, na transição da ciência predominantemente qualitativa que vigorou até a primeira metade do "século das luzes" para a ciência do século XIX, fortemente apoiada nas medidas experimentais e nas leis quantitativas, que Comte encontrará terreno fértil para semear sua doutrina.

Era procedimento comum, nos séculos XVII e XVIII, explicar a natureza última de fenômenos bem conhecidos como a luz, o calor, a eletricidade e o magnetismo pela concepção de que se tratavam de "emanações" de fluidos diversos: falava-se, então de fluido luminoso, fluido calorífico, fluido elétrico, fluido magnético. Entrementes, a origem de tais fluidos permanecia misteriosa. Atribuía-se, então, aos corpos qualidades humanas na tentativa de generalizar os fenômenos. Gilbert, por exemplo, referia-se aos efeitos magnéticos do seguinte modo:

"Assim que um pedaço de ferro se encontre na esfera de inércia de um ímã (...), sofre uma mudança imediata: a sua forma é renovada; ainda há pouco adormecida e inerte, ela retoma vida e saúde (grifo nosso), o que se manifesta por efeitos de orientação". (citado por Rosmorduc, 1983: 114)

No início do século XVIII, Dufay, ao estudar os fenômenos elétricos, reporta como um corpo eletrizado pode atrair aqueles

que não estão, repelindo os que foram eletrizados "pela comunicação da sua virtude" (ibid, p.113 - grifo nosso).

Bachelard irá, conforme veremos no capítulo seguinte, criticar essa visão ingênua e animista, destacando-lhe o caráter de obstáculo ao conhecimento (obstáculo epistemológico). Comte verá tais explicações como manifestações metafísicas a serem abandonadas. A ciência do século XIX avança na quantificação dos fenômenos, todavia não oferece subsídios mais consistentes para desfazer a idéia dos fluidos. Em 1817, Biot assinala que:

"Cada um dos dois princípios elétricos é um fluido (grifo nosso) cujas partículas perfeitamente móveis se repelem mutuamente e atraem as do outro princípio com forças recíprocas do quadrado da distância". (ibid, p.120)

No grande florescimento das leis físicas, sem o respectivo aprofundamento no que tange à natureza íntima dos fenômenos, Comte terá ao seu dispor várias "provas" para argumentar em defesa de sua doutrina. Tais características da ciência de seu tempo permitir-lhe-ão afirmar:

"A prova manifesta da impossibilidade de tais soluções (relativas aos porquês) reside em que, todas as vezes que se procurou dizer a esse propósito algo verdadeiramente racional, os maiores espíritos só puderam definir um dos princípios pelo outro, dizendo, no que respeita à atração, não ser outra coisa que a gravidade universal e, em seguida, no que respeita à gravidade, consistir simplesmente na atração terrestre" (Curso de Filosofia Positiva, p.7).

Se a ciência do século XIX deu armas a Comte, também o positivismo teve boa aceitação por parte de muitos cientistas, como por exemplo, Dumas e Berthelot. Estes, representantes de destaque da escola química francesa, assumiram posições francamente contrárias ao atomismo de Dalton e Berzelius por considerá-lo excessivamente especulativo. Berthelot, aliás, valendo-se de seu prestígio e ocupando uma cadeira no senado, atuou no sentido de suprimir dos programas de ensino toda e qualquer referência à teoria atômica. Já a teoria dos equivalentes, que possuía amplo suporte experimental, apresentava-se como alternativa mais "positiva" para explicar as leis das combinações químicas enunciadas por Gay Lussac e Proust.

Cabe destacar que Comte, embora não rechaçasse as concepções atomistas, elogiando, inclusive, os trabalhos de Dalton e

Berzelius , manifestava certo apreço pela transformação da teoria atômica na dos equivalentes químicos, "(...) que fornece um enunciado bem mais positivo e tende a evitar as questões radicalmente inacessíveis às quais a primeira pode dar lugar, quando não é judiciosamente dirigida" (Cours de Philosophie Positive, tome III, p.104 - TP).

Para o positivismo a ordem natural é imutável e traduz-se por leis gerais de caráter invariante, cuja manifestação se dá independente da interferência humana. Comte defende que por maiores que sejam nossas potencialidades, jamais poderemos modificar essa ordem estabelecida. Tal previsão, mais semelhante a uma profecia, evidentemente não resiste ao crivo da História: produtor de inúmeros fenômenos, senhor de fantásticas energias, o homem do século XX pode, sem dúvida, agir sobre a ordem física e biológica, mudar completamente a face do planeta se assim o desejar. Pode criar a vida e também destruí-la: o Homo Faber se converte quase em Homem-deus.

A busca da generalidade e constância das leis, com a conseqüente redução ao menor número possível, é postulada pelo positivismo pois o genérico é pleno de terminalidade: dá respostas e inibe as questões, tranqüiliza em vez de instigar o espírito. Nada, então, mais adequado a uma doutrina que pretende ser o estágio final da evolução humana (13).

Por outro lado, a tese central do pensamento positivista não poderia se sustentar se não estivesse apoiada numa lei geral e imutável. Esta última é, segundo Comte, a "lei dos três estados", cuja comprovação se pode fazer através do exercício da racionalidade ou a partir de verificações históricas resultantes de um exame acurado do passado humano.

O primeiro estágio da evolução do conhecimento, ou seja, o estado teológico, foi aquele em que as explicações relativas à ocorrência dos fenômenos naturais eram atribuídas à ação de divindades. Compreendeu, então, três momentos bem significativos: fetichismo, politeísmo e monoteísmo. O fetichismo consistiu na pura e simples animização dos corpos da natureza. Ao fogo, à água, ao Sol, à Lua, às estrelas era conferida uma espécie de força vital, mais poderosa que a humana, responsável pelas manifestações dos diversos fenômenos presenciados. Para Comte, esse momento chega ao ápice com a adoração dos astros. Em seguida, o espírito humano tende a retirar a vida que havia atribuído aos corpos materiais, transferindo-a para seres fictícios, deuses propriamente ditos, os quais não podiam ser vistos e cuja ação se estendia a todos os fenômenos, fossem eles naturais ou humanos. É, pois, o momento do politeísmo. Porém, com o avanço da razão, o homem desenvolve também o sentimento universal: aos fenômenos associam-se leis invariáveis que nada mais são do que a expressão da vontade e da capacidade criadora de um deus supremo. O monoteísmo representa a sublimação do estado teológico, o qual, de acordo com Comte, passa a declinar no mundo ocidental pois "as misteriosas investigações que tinham em vista foram progressivamente afastadas como radicalmente inacessíveis à nossa inteligência", a qual "se habituou gradualmente a substituí-las irrevogavelmente por estudos mais eficazes e harmonizados com nossas verdadeiras necessidades". (Discurso Sobre o Espírito Positivo, p.45)

Ao estado metafísico - que então sucede o teológico - é atribuído um papel intermediário e preparatório: ele surge como elo de ligação entre as concepções mais primitivas e a terminalidade do pensamento humano (estado positivo). Assim, também nesse estágio evolutivo, o homem ainda estava preocupado em explicar a razão de ser dos fenômenos, sua origem e destino final. A diferença, entretanto, reside no fato de que o espírito metafísico não mais recorre ao divino como fonte de explicação das causas últimas, mas sim a abstrações genéricas. Os fenômenos seriam produzidos por princípios naturais: o princípio da luz, do calor, do magnetismo etc. O traço evolutivo se estabelece, segundo a visão comtiana, na passagem do uso da simples imaginação ao exercício do raciocínio, o qual gradativamente vai se tornando menos confuso e mais científico.

O estado positivo, concebido como destino final da longa caminhada humana, é então atingido quando nosso espírito "renuncia de vez às pesquisas absolutas" e "circunscreve seus esforços ao domínio (...) da verdadeira observação, única base possível de conhecimentos verdadeiramente acessíveis, sabiamente adaptados a nossas necessidades reais". (ibid, p.48)

Vale salientar que a lei dos três estados pressupõe para a humanidade uma evolução contínua e irreversível, bem a gosto do princípio positivo de uma ordem que aponta para o progresso. A ruptura, a descontinuidade, o dinamismo históricos não são admitidos, porquanto representam fatores de desordem. O evolucionismo pacífico - afinado com uma visão do social sem turbulências - é ressaltado por Comte quando defende que o estado metafísico configurou uma transição necessária da infância teológica ao amadurecimento positivo. Para ele, a necessidade se deve à própria natureza da inteligência humana, "antipática a toda mudança brusca". (ibid, p.46)

O caráter harmônico da lei que serve de suporte ao positivismo se acha em pleno acordo com o mecanicismo dominante na ciência da época. O universo parecia estável e bem regulado, a física de Galileu e Newton podia abranger toda a realidade conhecida. As leis invariáveis estavam bem estabelecidas e permitiam prever com precisão os mais variados fenômenos astronômicos e terrestres. A certeza de que existe uma ordem soberana, presente em todo o universo como no mecanismo de um relógio, é, pois, a tônica do século XIX. Mesmo quando não se pode recorrer à mecânica clássica, como no caso da teoria eletromagnética da luz, proposta por Maxwell em 1864, o mecanicismo não é facilmente abandonado pelo cientista. Lord Kelvin, por exemplo, aceitava a teoria de Maxwell mas não conseguia compreendê-la:

"Nunca estou satisfeito enquanto não tiver conseguido fazer um modelo mecânico do objeto; se posso fazer um modelo mecânico, compreendo, enquanto que se não puder fazer esse modelo mecânico, não compreendo. É por isso que não compreendo a teoria eletromagnética da luz". (citado por Rosmorduc, 1983: 207)



A positividade pretendida por Comte tem, assim, uma base firme no espírito científico do século XIX que buscava, conforme assinala Bachelard, fazer uma representação geométrica e mecânica do mundo. O mecanicismo tem ainda, como salienta o mesmo autor (E.C.A.), tendência em professar a simplicidade como característica essencial dos fenômenos, os quais - uma vez decompostos em seus elementos mecânicos - fornecem a ilusão de terem sido inteiramente explicados. A insuficiência de tal pretensão só ficará, entretanto, nítida com o advento das teorias relativísticas de Einstein e da física quântica no século XX.

Ao empregar, portanto, o termo positivo para qualificar sua doutrina, Comte expõe claramente as diversas acepções que, a seu ver, ele possui. Assim, "positivo" se opõe frontalmente a "quimérico", designação conferida "aos mistérios insondáveis", os quais são objeto das elucubrações teológicas e metafísicas. Representa, também, o sentido do "útil" (aquilo que é proveitoso para o desenvolvimento do indivíduo e da espécie) em oposição ao "ocioso" (tudo que pertence ao campo da "curiosidade estéril"). Pode ser, ainda, entendido como "certeza", isto é, tudo o quanto possui consistência lógica e harmônica, contrastando com a "indecisão", lugar comum de "dúvidas indefinidas" e "debates intermináveis", típicos do "antigo regime mental". Uma quarta acepção seria a de "preciso", quer dizer, o que permite obter "o grau de precisão compatível com a natureza do fenômeno e conforme as exigências de nossas verdadeiras necessidades". Neste sentido, opõe-se a "vago" que comporta "uma indispensável disciplina (...) apoiada numa autoridade sobrenatural". Por fim, "positivo" faz frente a "negativo", pois o objetivo do conhecimento é construir e organizar, nunca destruir.

É preciso destacar, porém, que o conhecimento científico não é uma construção harmônica: muitos conceitos devem ser destruídos, sobretudo aqueles que se ergueram sobre as bases do senso comum e da experiência cotidiana. Conforme salienta Bachelard, o homem conhece "contra uma consciência anterior, destruindo os conhecimentos mal feitos" (F.E.S., p.47 - TP) ou ainda devolvendo à razão "sua função de turbulência e agressividade" (Le Surrationalisme. In: E.R., p.7 - TP).

Será preciso, conforme veremos no capítulo seguinte, desenvolver uma filosofia que corresponda às novas necessidades do espírito científico.

O sistema comtiano, porém, rejeita a efervescência em prol da calma: tudo deve ocorrer placidamente, cada coisa a seu tempo e lugar. Assim, as diversas ciências chegam ao estado positivo em ritmos diferentes. Por isso, é perfeitamente possível que a astronomia e a física (dado o caráter mais "simples" e "geral" dos fenômenos que estudam) tenham atingido a positividade enquanto a fisiologia e a física social (termo cunhado pelo próprio Comte) ainda permaneçam no estado metafísico. Mas como a universalidade é a meta final, quando tais ciências (especialmente a última) alcançarem o estado positivo, a humanidade completará sua "grande missão"...

Baseado nessa profissão de fé, Comte propõe uma classificação geral das ciências. Julgando que todas as classificações anteriores mostraram-se falhas devido à

"incompetência dos filósofos" e ao "caráter prematuro de suas tentativas", organiza, então, o seguinte esquema:

- 1- MATEMÁTICA
- 2- ASTRONOMIA
- 3- FÍSICA
- 4- QUÍMICA
- 5- FISILOGIA
- 6- FÍSICA SOCIAL

A classificação segue uma ordem hierárquica, na qual parte-se sempre dos fenômenos considerados mais simples e gerais para os mais complexos e organizados. As leis que regem estes últimos são influenciadas por aquelas cujo grau de generalidade é maior, de modo que o estudo dos fenômenos sociais, por exemplo, pressupõe o conhecimento prévio das leis físicas. Tal hierarquia, justifica Comte, permite compreender melhor a lei dos três estados e explica porque é possível ter o estado positivo de uma dada ciência coincidindo com o estado metafísico de outra que lhe é subordinada.

Verifica-se aí a presença do princípio cartesiano de ascensão do simples ao complexo, ou seja, o conhecimento humano deve primeiro compreender aquilo que é mais claro e universal: as relações matemáticas. Estas não comportam quaisquer dúvidas, pois conforme já dissera Descartes, "não parece possível que verdades tão claras e nítidas possam ser suspeitadas de serem falsas ou incertas" (*Meditações*, p.19).

A regularidade de movimentos dos corpos celestes faz o espírito amante da ordem pensar um cosmos estático, governado pela simplicidade da gravitação e pleno de generalidade. A astronomia ocupa então o segundo posto na hierarquia comtiana,

"(...) caracterizando o meio geral de todos os nossos fenômenos, quaisquer que sejam, e manifestando, sem outra complicação, a simples existência matemática, isto é, geométrica ou mecânica, comum a todos os seres reais". (*Discurso Sobre o Conjunto do Positivismo*, p.89).

Se a proposta parece sólida, tendo em vista o referencial do século passado, a história se encarrega, entretanto, de retirá-lhe a consistência e a funcionalidade: a ciência do século XX vê o conhecimento simples e geral como algo a ser complicado e acrescido de inúmeras particularidades. A moderna cosmologia trocou a passividade contemplativa pelos desafios de tudo o quanto o olhar não pode atingir. E', pois, um universo de buracos negros e brancos, de deformações espaço-temporais, descontínuo e heterogêneo, onde a geometrização e o mecanicismo perdem a função diretora, que se apresenta hoje perante o espírito humano.

Por outro lado, a hierarquia estabelecida por Comte tem por objetivo garantir a homogeneidade necessária ao pensamento positivo, capacitando-o, assim, a completar sua "grande missão histórica", qual seja, tornar positiva a ciência social. Muitas vezes coloca-se que o positivismo nutre um certo desprezo pelo social, valorizando sobretudo as ciências da natureza. Isso não passa, a nosso ver, de uma análise precária e descuidada da doutrina de Comte. Todo o seu esforço filosófico se concentra justamente na tentativa de tornar o homem apto a conquistar o progresso social. Tal conquista se acha, segundo seus princípios, bloqueada pelo forte domínio do espírito metafísico no campo da moral, da ética, da política etc. O fato das injustiças sociais estarem diretamente ligadas às formas de dominação econômica geradas na sociedade, as quais, por sua vez, não derivam de concepções teológicas ou metafísicas, mas das relações de produção engendradas pelos homens, permite apenas questionar o positivismo sob o ponto-de-vista gnoseológico (compreensão da realidade). Não permite, entretanto, imputar-lhe menosprezo com respeito à vida social.

Portanto, se a "grande missão" humana é compreender positivamente os complexos fenômenos que se dão no seio da sociedade, a preparação do espírito cognoscente deve ser convenientemente orientada para esse fim. Assim, a educação assume um papel fundamental no sistema comtiano. A instrução positiva manifesta forte rejeição pela especialização, a qual acaba por direcionar a formação do indivíduo apenas para a profissão que este pretende exercer. Defende, em contrapartida, uma educação de características universais, pois aquele

"(...) que não quer vir a ser nem geômetra, nem astrônomo, nem químico, etc, sempre carece simultaneamente de todas as ciências fundamentais, cada uma reduzida a suas noções essenciais" (Discurso Sobre o Espírito Positivo, p.81).

Vale dizer que o universal, aí, limita-se à classificação geral das ciências proposta por Comte. Não comporta, portanto, nada além de um ensino voltado para os 'seis grandes ramos do conhecimento humano'. A educação letrada representa tão somente o reduto da metafísica: trata-se de uma instrução "irracional" e "perigosa" feita "na base de palavras, depois de entidades, e em que se perdem ainda tantos anos preciosos de nossa juventude" (ibid, p.87).

Tal universalidade vê no estudo das letras apenas a função de formar "professores de retórica" e "sofistas". Aliás, ao condenar o jogo argumentativo à desrazão, à metafísica irracional, o positivismo pretende construir um discurso voltado para o campo das especulações acessíveis. Mas em que consistiriam tais especulações? Sem dúvida, nas interrogações do homem comum, as quais são representativas do bom senso universal. Aliás, segundo Comte, a filosofia positiva é o bom senso

possuem

"(...) o mesmo ponto-de-partida experimental, o mesmo fim de ligar e prever, a mesma preocupação contínua da realidade, a mesma extensão final de utilidade" (ibid, p.63).

Encontramos aí traços bem característicos da escola empirista inglesa e pontos de contato estreitos com o pensamento de Hume:

"Que seja satisfeita tua paixão pela ciência (...) mas que tua ciência seja humana e de um modo tal que tenha imediata referência à ação e à sociedade. Proíbo o pensamento obscuro e a investigação profunda (...) Sê filósofo, mas em meio a toda tua filosofia sê ainda homem". (Investigação, p.45 - TP)

Tal como o empirismo, a filosofia positiva é realista, ou seja, parte daquilo que é dado diretamente pela natureza. Assim sendo, confere à observação dos fenômenos um papel de destaque, mas não abdica da faculdade de abstrair e racionalizar. Em outras palavras, não acumula fatos empíricos sem procurar estabelecer uma conexão racional entre eles. Não se reduz, portanto, a um indutivismo puro e simples, desprovido de todo instrumental lógico-dedutivo. Aliás, considera como verdadeira ciência aquela que

"(...) tende a dispensar, quanto possível, a exploração direta, substituindo-a por essa previsão racional que constitui, sob todos os aspectos, o principal caráter do espírito positivo (...)" (Discurso Sobre o Espírito Positivo, p.50).

"Ver para prever" é, portanto, a regra geral a ser adotada em toda pesquisa científica.

A lógica do senso comum, das observações imediatas e primeiras é, para Comte, a base de toda construção intelectual positiva. A seu ver, na sabedoria do homem da rua encontra-se a 'pedra bruta', a matéria fundamental que o pensamento filosófico deve lapidar a fim de adquirir o brilho da generalidade, as formas perfeitas da consistência. Assim, o positivismo pretende

ser uma extensão elaborada do senso comum, um trabalho de aprimoramento contínuo da consciência individual e coletiva. Teremos oportunidade de comentar no segundo capítulo o quanto Bachelard investe contra o realismo fácil das noções primitivas, as quais se configuram em primeiras ilusões a serem abandonadas pelo espírito científico na busca do conhecimento.

Por outro lado, quando se fala da interpretação positiva dos diversos fenômenos, naturais ou sociais, não se deve pensar que o positivismo os concebe enquanto manifestações diferenciadas de um princípio único. Mesmo considerando a gravitação como a lei mais geral descoberta pelo espírito humano - aplicável à física do céu e a uma boa parte da física terrestre, sendo inclusive, segundo Laplace, passível de explicar as reações químicas - Comte expressa grandes reservas quanto a conferir-lhe o caráter de princípio único que rege toda a realidade fenomênica. Mas por que a filosofia positiva condena a busca do Absoluto ? Sem meias palavras, Comte afirma "que os meios do espírito humano são muito fracos, o universo muito complicado para que tal perfeição científica esteja um dia ao nosso alcance". (Curso de Filosofia Positiva, p.19).

Nesse ponto, o positivismo se retira do debate filosófico acerca da existência de um princípio universal, que para Aristóteles seria "o primeiro motor", para Descartes o deus bondoso, incapaz de enganar o homem, para Hegel o próprio espírito Absoluto. Comte atribui a tais considerações um caráter metafísico compatível apenas com a antiga forma de pensar. Justifica, então, sua ausência nesse fórum de discussão pela fraqueza do espírito cognoscente, o qual foi tão somente capaz de descobrir a própria incapacidade para responder a essas questões. O relativismo comtiano é, portanto, fruto de uma razão que se julga limitada e não de uma razão pluralista, contrária aos ditames do Uno, do Eterno, do Absoluto. Por isso, como foi apenas ocasionalmente deixado de lado, o Absoluto não hesita em reaparecer no método:

"A única unidade indispensável é a unidade do método, que pode e deve evidentemente existir e já se encontra, na maior parte, estabelecida. Quanto à doutrina, não é necessário ser una, basta que seja homogênea" (ibid, p.20).

Assim sendo, o método positivo de investigação da realidade combina a observação e a experimentação, a indução e a dedução, servindo-se, em alguns casos, da analogia. Dependendo da natureza de cada ciência, um aspecto pode ser predominante em relação a outro, de modo que o método - embora único - deve adaptar-se ao estudo das diferentes classes de fenômenos. Seu conhecimento efetivo, aliás, só pode se dar par e passo com sua aplicação.

Verificamos que a base metodológica do positivismo, ou seja, observação dos fatos, formulação de hipóteses, experimentação e estabelecimento de leis é típica da ciência do século XIX. Na

verdade, ela permitiu um grande avanço do conhecimento humano, mas, em contrapartida, acabou por cristalizar-se em receituário inquestionável a ser seguido em toda investigação. Tudo que fugir a essa seqüência - e porventura vier a produzir saber científico - será complacentemente taxado de pesquisa sem ordem, fruto da atividade ímpar de alguma inteligência genial. Veja-se, por exemplo, o seguinte comentário extraído de um compêndio de física:

"O valor do método é incontestável e podemos mesmo repetir: se fosse preciso escolher seria preferível mais método e menos talento, conquanto não se pretenda com isso negar a possibilidade de espíritos verdadeiramente geniais obterem grandes resultados após estudos desordenados, porém, os gênios são, por sua própria natureza, exceções".  
(Alcântara, F.G.F. , Física, p.20)

Entretanto, para Bachelard "todo descobrimento real determina um método novo, ele deve arruinar um método anterior. Dito de outro modo, no reino do pensamento a imprudência (14) é um método". (Le Surrationalisme. In: E.R., p.11 - TP)

Mas se a construção do conhecimento é um processo complexo e polêmico, o que dizer do próprio saber em si ? Qual é sua finalidade última ? Em outras palavras, por que o homem faz ciência ?

Numa visão pragmática, fazer ciência seria simplesmente obter o conhecimento necessário à transformação da realidade imediata, ou seja, dominar a natureza em proveito das vontades humanas. Tal concepção utilitarista é, por vezes, erroneamente associada ao positivismo. Todavia, embora a doutrina de Comte adotasse o lema : "Ciência, daí previdência ; previdência, daí ação", não se pode atribuir-lhe nenhuma veneração pelo pragmatismo. Ao contrário, condena-o e ressalta na atividade científica o caráter de satisfazer as necessidades da inteligência humana em saber como se processam os fenômenos. Evidentemente os porquês, conforme já discutimos amplamente, estão vedados à investigação positiva. Comte destaca, pois, o papel importante de várias teorias as quais foram desenvolvidas "com simples intenção científica" e que durante séculos não produziram "resultado prático algum". (Curso de Filosofia Positiva, p.23)

De fato, a história da ciência está repleta de casos assim. A afirmação do heliocentrismo copernicano sobre o geocentrismo ptolomaico em nada contribuiu, por exemplo, para aperfeiçoar a navegação, todavia marcou uma ruptura definitiva entre os pensamentos moderno e antigo. Representou, por assim dizer, uma revolução tão profunda no campo teórico quanto o foi, no campo prático, a máquina a vapor de James Watt.

É importante salientar, ainda, que embora atualmente o positivismo seja quase sinônimo de heresia filosófica, muitos

de seus aspectos influenciaram e ainda influenciam, de forma mais ou menos direta, os passos da ciência contemporânea.

### I.3.2 - Os Herdeiros de Comte

No início do século XX, a corrente instrumentalista (ou convencionalista) mostra-se fortemente marcada pelos princípios positivistas. Para o instrumentalismo - que teve como representantes notáveis Poincaré, Duhem, Meyerson e outros - as teorias físicas não devem ser explicações metafísicas acerca da existência dos fenômenos. Pierre Duhem, por exemplo, sustentava a tese de que as teorias astronômicas, assim como o conjunto das teorias físicas, constituem-se em instrumentos de cálculo e previsão, tendo por objetivo dar conta do observável sem entrar no mérito da natureza íntima do real.

É interessante notar que no livro-texto de Moore (1976: 1-2), bastante difundido nos cursos universitários de química, encontramos algumas referências ao convencionalismo. Juntamente com o empirismo baconiano e com a visão de Popper, ele é destacado como boa opção para responder à questão "O que é Ciência":

"Sob o ponto de vista do convencionalismo, o cientista era como um artista criativo, trabalhando não com tintas ou mármore, mas com as sensações desorganizadas de um mundo caótico".

Entretanto, não é preciso escavar muito o solo em que florescem essas belas palavras para encontrar a raiz positivista. Por trás da ação criativa do cientista e das "sensações desorganizadas", desponta a mesma impossibilidade, outrora defendida por Comte, do homem investigar os porquês dos fenômenos. Em seu conhecido *Ensaio Sobre a Noção de Teoria Física de Platão a Galileu*, Duhem (1984: 47) escreve:

"Em todas as épocas encontram-se pessoas que se crêem capazes de penetrar a própria natureza dos corpos e, tocando essa natureza, descobrir certas verdades de onde a Física pudesse ser deduzida como se fosse de seus verdadeiros princípios."

Posteriormente, os representantes do Círculo de Viena (Carnap, Neurath, Schlick e outros) buscarão resgatar a crítica comtiana à metafísica, a qual bem se expressa no manifesto intitulado "Concepção Científica do Mundo". Afirmarão eles que, primeiramente,



"(...) ela é empirista e positivista: há apenas o conhecimento empírico, baseado no imediatamente dado. Com isso delimita o conteúdo da ciência legítima. Em segundo lugar, a concepção científica do mundo se caracteriza pela aplicação de um método determinado, o da análise lógica" (1986: 13).

O movimento fica conhecido como positivismo lógico e tem por meta principal promover a unificação da ciência, incorporando a lógica simbólica ao empirismo clássico. Tal tarefa só será possível se "se remover do caminho o entulho metafísico e teológico dos séculos" (ibid, p.18). Por conseguinte, a lógica utilizada não é a aristotélica, mas a matemática e simbólica desenvolvida por Russel e Whitehead.

Segundo as posições dos integrantes do Círculo de Viena, as proposições metafísicas não podem ser caracterizadas como verdadeiras ou falsas, pois são equívocos de linguagem. É proposto, então, o critério de verificabilidade como meio de demarcação entre o que é e o que não é científico. A verificabilidade se constitui numa apreensão da sintaxe e da semântica do discurso científico. Os enunciados metafísicos não são passíveis de verificação, logo não podem ser considerados científicos. Mas por que não o são? De acordo com os positivistas lógicos, um enunciado pode ser dito verdadeiro ou falso, isto é, se torna verificável, quando possui conteúdo empírico. Entretanto a Metafísica trata genericamente do Ser enquanto ente abstrato, mergulhando no mundo do que pretensamente existe, não na realidade factual. Por conseguinte, seus enunciados não possuem significado cognitivo, o qual se constitui a partir do que é passível de comprovação empírica. Conforme assinala Schlick:

"O primeiro passo de todo filosofar, e o fundamento de toda reflexão, consiste em constatar que é simplesmente impossível assinalar o significado de um enunciado se não se é capaz de descrever o fato que deve existir para que o enunciado seja verdadeiro." (citado por Oliva, 1989: 21)

Observamos, então, que à filosofia é concedido apenas o papel de analisar se um enunciado é ou não científico, obviamente dentro dos critérios propostos. Entretanto, apesar de tal reducionismo, os empiristas lógicos não deixam de procurar seus pares na história da filosofia. Identificam-se, pois, com os sofistas e revivem Protágoras ao defender que "o homem é a medida das coisas"; em oposição a Platão e à escola pitagórica, invocam o epicurismo.

No que tange à construção do saber, Schlick e seus colaboradores são partidários da acumulação gradual dos

conhecimentos. Segundo suas concepções, as teorias são aperfeiçoadas, de modo que a passagem de um sistema teórico a outro que o sucede se dá não por ruptura, mas pela pacífica e contínua evolução do conhecimento humano. Bachelard criticará, conforme veremos no próximo capítulo, tal perspectiva – que por se prender à linearidade histórica – não percebe que "o fio do tempo é cheio de nós". (D.D., p.66)

Por outro lado, as posições do Círculo de Viena são criticadas por Popper, o qual busca se afastar do ideal empirista-positivista de ciência, sem, no entanto, chegar a uma ruptura total. Se caracterizássemos o positivismo como um "comboio", cuja "locomotiva" fosse representada por Comte, Popper seria, certamente, um dos últimos "vagões".

No que se refere à questão da metafísica, o pensamento popperiano difere do empirismo lógico pelo fato de considerar os enunciados metafísicos **significantes**, embora não os considere científicos. Popper salienta não ser possível deixar de reconhecer que muitas idéias metafísicas, como por exemplo o atomismo grego e as antigas teorias relativas ao movimento da Terra, tiveram importância crucial para o desenvolvimento da ciência. Destaca, também, a contribuição fecunda de algumas crenças na construção de certas teorias científicas: a astrologia teria dado origem à teoria lunar das marés e influenciado fortemente os estudos de Kepler sobre o movimento planetário. Conclui-se, então, que a metafísica pode ser uma das matrizes do conhecimento científico, existindo, inclusive, crenças imprescindíveis ao homem. A idéia de que a natureza não é caótica, havendo, por conseguinte, ordem no universo, é fundamental para que possa haver investigação científica.

Popper irá investir contra o critério de verificabilidade proposto pelo positivismo vienense, afirmando sua falsidade na medida em que é impossível indicar a experiência capaz de torná-lo verificável. Usa, pois, os próprios critérios do empirismo lógico para contradizê-lo. A partir daí, questiona a tese de que um enunciado só deve ser considerado científico quando é passível de verificação. Dirá, ao contrário, que um enunciado é científico quando é refutável. Tal formulação preenche, no seu entender, as lacunas deixadas pelo critério de verificabilidade, sobretudo no que concerne ao estatuto científico das leis naturais. Devido a sua grande amplitude, estas últimas não são passíveis de atender à proposição lógica:  $\forall x (Fx \rightarrow Gx)$ . Existe pelo menos um  $x$  que possui a propriedade F e não possui a propriedade G.

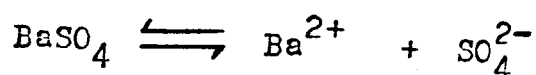
A tese popperiana da refutabilidade, afirma, portanto, que uma teoria será científica se puder ser submetida a provas ou contra-exemplos que permitam falseá-la. Não se trata, contudo, de substituir simplesmente a evidência positiva pela negativa como pode parecer à primeira vista. O que embasa o critério de cientificidade proposto é o fato de não se conceder legitimidade à indução. Conforme o próprio Popper (1980: 14) assinala:

"Ora, em minha concepção não existe alguma coisa tal como a indução. Portanto, é logicamente inadmissível a inferência de teorias a partir de

enunciados singulares que são 'verificados pela experiência' (...) As teorias nunca são, portanto, empiricamente verificáveis (...) Deve ser possível refutar pela experiência um sistema científico empírico" (grifos do autor).

Entretanto, ao negar a legitimidade dos procedimentos indutivos, a proposta popperiana sugere apenas um atalho fácil para a razão deixar de lado o problema. De acordo com Bachelard (E.C.A.), indução e formalização do conceito estão intimamente ligadas. Se, à maneira de Hume, levantarmos por exemplo a suspeita de que amanhã o chumbo não mais fundirá a 327 °C, não teremos como construir, hoje, o conceito de chumbo ! O princípio de identidade  $A \text{ é } A$  só será válido se  $A$  permanecer enquanto  $A$ . Tal verificação ultrapassa a prova empírica, pois corresponde a uma necessidade da razão. Do contrário, não haveria como definir o que quer que fosse. Aliás, como bem salienta Lalande (citado por Bachelard), na ausência de indicações contrárias, deveremos considerar que os eventos submetidos a determinada lei continuarão a transcorrer de igual modo no futuro.

Evidentemente tal consideração se aplica ao conhecimento não apurado, chamado por Bachelard de **conhecimento de primeira aproximação**, o qual nos permite estabelecer as características mais gerais dos fenômenos. Se descermos, porém, ao nível do detalhe (**conhecimento de segunda aproximação**) teremos forçosamente que refinar o raciocínio. Vejamos um exemplo. Ao adicionarmos ácido sulfúrico puro a uma solução de água de barita preparada com água e hidróxido de bário puros, ambos os reagentes em quantidades estequiométricas, teremos a precipitação total do cátion bário. Eis aí um conhecimento de primeira aproximação, já que, num segundo momento, é preciso definir o critério de pureza adotado e o que se entende por precipitação total. Esta última, aliás, nunca deixará de ser uma referência aproximada, pois o equilíbrio :



interdita a possibilidade de se remover completamente o bário da solução. Como afirma Bachelard :

"A indução não pode sair [dos limites] do fenômeno simples ou ao menos simplificado. Não se tem nenhuma regra para formar redes indutivas capazes de inserir a experiência de detalhe nos conjuntos complexos ou simplesmente numerosos. A indução conserva toda sua pureza apenas numa organização de símbolos puros". (E.C.A., p.136 - TP)

Segundo salienta Santos (1980), o refutacionismo popperiano se liga necessariamente ao reconhecimento de que existe uma verdade prévia, já que algo só pode ser considerado falso na medida em que se desvia do Verdadeiro. O fato de tal Verdade não ser diretamente acessível ao homem não autoriza ninguém a supor sua inexistência.

Portanto, o critério refutacionista também tem por objetivo aperfeiçoar gradativamente as teorias científicas de modo a aproximá-las cada vez mais da Verdade, que se coloca, assim, como uma espécie de "ideal regulador" ou guia da atividade investigativa. De acordo com Popper (1980: 28):

"As teorias são redes que lançamos para capturar o que chamamos 'o mundo': para racionalizá-lo, explicá-lo e dominá-lo. Esforçamo-nos para deixar as malhas cada vez menores".

Aperfeiçoar progressivamente um saber é pressupor a continuidade, não a ruptura. Se entendemos - como faz Bachelard - o conhecimento enquanto "reforma de ilusões", enquanto "desengano do espírito", constatamos que a verdade não é algo único, algo definitivamente dado por um deus ou pela natureza para todo o sempre. O verdadeiro não traz a marca do uno, do universal, do perene; ao contrário, caracteriza-se pelo múltiplo, pelo particular, pelo transitório. Não adianta estreitar as malhas da rede, pois o real não deve ser capturado, mas sim construído. Não pensamos, portanto, em dádivas distantes a atingir, porém em possibilidades presentes a realizar.

## NOTAS

1 - O pensamento cartesiano, no que tange a essa questão, se apóia no chamado **Argumento Ontológico** (outrora já desenvolvido por Santo Anselmo, 1033-1109), o qual tem como pressuposto a idéia de Deus como ser perfeito e, por conseguinte, possuidor de qualidades perfeitas. Da perfeição divina é possível deduzir a existência do Ser Supremo, pois se Deus não existisse não haveria perfeição alguma, o que estaria contrariando sua própria definição. As provas de que a perfeição existe são, como já destacamos, encontradas por Descartes nas matemáticas.

2 - Bachelard (N.E.C. cap.5) propõe repensar as categorias cartesianas a partir de uma "nova experiência da cera", a qual revela a imensa gama de possibilidades que um enfoque epistemológico não-cartesiano poderá nos oferecer, conforme veremos em II.4.2 .

3 - A inversão dessa perspectiva será, também, amplamente discutida no âmbito da epistemologia não-cartesiana.

4 - A tradução portuguesa prefere mecanismo a mecanicismo.

5 - Literalmente o termo significa impossibilidade de compreender. Segundo a tradução de J.A.R. Andrade, trata-se "do estado resultante do princípio cético de dúvida à possibilidade da verdade".

6 - Platão se refere ao homem que tem a visão ofuscada quando tenta observar, de forma direta e imediata, a luz do Sol.

7 - O empirismo lógico - movimento que trataremos em maiores detalhes no tópico I.3.2 deste capítulo - buscará retomar a crítica baconiana aos ardis do discurso, propondo para a ciência uma linguagem unitária e isenta de qualquer idolatria metafísica.

8 - Em seu livro **A Estrutura das Revoluções Científicas**, T.S. Kuhn apresenta 21 possibilidades de emprego do termo paradigma. Utilizamos aqui o sentido de modelo teórico explicativo para determinada ordem de fenômenos: o geocentrismo e o heliocentrismo são, nesta acepção do termo, paradigmas conflitantes.

9 - Na astronomia ptolomaica o termo se refere ao ponto da órbita , descrita por um astro em torno da Terra, no qual esse astro se encontra mais próximo do centro terrestre.

10 - Justus Von Liebig (1803-1873). Químico alemão que aperfeiçoou as técnicas de destilação, tendo também se dedicado ao estudo dos compostos orgânicos e à pesquisa no campo da agricultura e da fisiologia.

11 - No aforismo 50 do N.O., Bacon assim se refere ao depoimento

dos sentidos:

"Na verdade os sentidos, por si mesmos são algo débil e enganador, nem mesmo os instrumentos destinados a ampliá-los e aguçá-los são de grande valia. E toda a verdadeira interpretação da natureza se cumpre com instâncias e experimentos oportunos e adequados, onde os sentidos julgam somente o experimento e o experimento julga a natureza e a própria coisa" (p.32).

12 - Na verdade não há nenhuma razão para pensar o elétron enquanto esfera ultramicroscópica, pois a forma geométrica não é atributo pertencente aos entes quânticos.

Por outro lado, é igualmente absurdo afirmar que o elétron é um corpo carregado de eletricidade. Em termos físicos, um corpo fica carregado eletricamente quando a ele são acrescentados ou dele retirados elétrons. De acordo com Wilson, "não podemos supor que um elétron está carregado negativamente porque adicionar um elétron a outro daria dois elétrons. Elétrons e prótons são precisamente átomos de eletricidade (...), de modo que não tem sentido algum falar dessas diferentes partículas como se fossem constituídas por duas partes: eletricidade e matéria". (citado por Bachelard: A.R. p.77 - TP)

13 - A ciência de nosso tempo rompe com esse princípio na medida em que nos mostra que as leis se multiplicam e os limites da constância se estreitam: não é mais o fenômeno ideal que sofre perturbações, é a perturbação que produz uma multiplicidade de fenômenos.

14 - É preciso salientar que tal afirmação não pode ser vista isoladamente, ou seja, fora do contexto de uma razão aberta e plural, tônica da epistemologia bachelardiana. Um racionalismo aberto pressupõe, conforme comentaremos no capítulo seguinte, o combate ao método único, o abandono das certezas previamente cristalizadas, o arrojo capaz de tornar o espírito científico flexível às agudas transformações que a nova ciência impõe às antigas formas de ver e pensar o mundo.

## **CAPÍTULO II**

**A NOVA CIÊNCIA PRECISA  
DE UMA NOVA FILOSOFIA**

## II.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE A EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD

No capítulo anterior, tivemos por meta realizar uma análise das interrelações existentes entre o pensamento científico e as principais correntes filosóficas que marcaram o pensamento ocidental no curso dos últimos séculos. Ao longo da explanação fizemos algumas pontuações apoiando-nos em posições de Bachelard. Buscaremos agora desenvolver os principais aspectos de seu pensamento epistemológico.

Em primeiro lugar, o que diferencia a proposta bachelardiana com respeito às demais propostas existentes no campo da filosofia da ciência é o seu caráter claramente não positivista. Segundo Dominique Lecourt (1980), as diversas vertentes epistemológicas que surgem no século XX conservam, apesar das diferenças internas, um traço comum, ou seja, concebem a epistemologia como a "Ciência da Ciência". A tarefa do epistemólogo consistiria, então, em tecer um discurso sobre a ciência, um discurso de segunda ordem cuja função seria normatizar a atividade científica, a qual é vista como processo contínuo, seguidor de uma linha evolutiva bem definida.

Lecourt (1980: 10) classifica as correntes que assim procedem como positivistas por considerarem "o conjunto das práticas científicas uma realidade homogênea, que constitua, pelo menos de direito, a unidade dum todo indiferenciado".

De fato, conforme vimos anteriormente, a homogeneidade era tida por Comte como condição necessária à doutrina positivista, sendo a unidade do método indispensável ao estudo das ciências.

Para Bachelard, o continuísmo e a unidade da razão são condições impostas à ciência pelo filósofo e não partes integrantes de seu processo construtivo. Veja-se, por exemplo, a crítica feita a Von Baader, o qual rejeitava a teoria corpuscular (newtoniana) da luz por ferir a tese filosófica da continuidade:

"A filosofia das ciências deve seguir o trabalho efetivo do pensamento científico. Não deve levar em conta os temas demasiado generosos da filosofia primeira" (A.R. , p.39 - TP).

Quando Bachelard afirma ser preciso "seguir o trabalho efetivo do pensamento científico", deixa claro que ao epistemólogo não cabe prescrever ou normatizar, mas refletir sobre o conjunto de fatores capazes de agir sobre os cientistas no dia a dia de suas atividades:

"Perguntaremos, pois, aos cientistas: como pensais, quais são as vossas tentativas, os vossos ensaios, os vossos erros? Que motivação vos leva a mudar de opinião? Por que sois tão suscintos quando



falais das condições psicológicas de uma nova investigação ? Dai-nos sobretudo as vossas idéias vagas, as vossas contradições, as vossas idéias fixas, as vossas convicções não confirmadas" (P.N., p.13 - TP).

Não é esse, naturalmente, o caminho trilhado pelos epistemólogos da linha positivista. Segundo Magee (1973), Popper não leva em consideração, por exemplo, o que se passa na mente de um cientista quando elabora determinada teoria. No seu entender, isso deve, quando muito, ser do interesse dos biógrafos e historiadores, não dos membros da comunidade científica.

Mas o que é a comunidade, senão o conjunto de homens que pesquisam sob a influência de condicionantes comuns ? Acaso podemos considerar o realismo e o determinismo perspectivas filosóficas puramente individuais ? Quando ataca uma noção de base bem estabelecida, o cientista sabe o quanto deverá investir contra o saber cristalizado na comunidade sábia de seu tempo. Bachelard nos fala, por exemplo, da solidão de pensamento de um Einstein ao atacar a simples e óbvia noção de que dois eventos físicos, cuja ocorrência é simultânea num dado sistema de coordenadas, ocorrerão também simultaneamente em outro sistema de referência (princípio da simultaneidade). "Para os grandes espíritos, as grandes solidões" (R.A., p.61), todavia o cientista tem plena consciência de que não pode permanecer imerso em seu próprio silêncio. Precisa correr o risco da divulgação, bater-se contra o desdém dos cépticos, empenhar-se obstinadamente para persuadir a comunidade científica. Uma vez vencidos seus próprios obstáculos, deverá lutar para vencer a resistência dos outros homens, tornando o novo saber um produto social. Poderia, então, o epistemólogo fechar os olhos a tudo isso, considerando apenas uma objetividade desencarnada do contexto da própria ciência ?

E' preciso destacar que a cultura científica contemporânea reúne três caracteres fundamentais: objetividade racional, objetividade técnica e objetividade social. Essa tríplice caracterização nos mostra que a antiga objetividade em si é um pressuposto filosófico idealista, não uma necessidade da ciência. A razão e a técnica cooperam, travam um diálogo tal que o teórico não mais se encastela no delírio das idéias nem o experimentador na certeza dos fatos. Tampouco a construção do conhecimento científico ocorre sem a socialização do saber, a qual se dá, conforme dissemos, mediante o aval da comunidade científica. Assim, como bem frisa Bachelard:

"Uma filosofia das ciências que não queira ser utópica deve tentar formular uma síntese dos três caracteres. Em particular, é sem dúvida a ela que pertence a tarefa de mostrar a importância do caráter inter-subjetivo, do caráter histórico e social, em oposição aos próprios costumes do pensamento filosófico. A filosofia das ciências

está encarregada de pôr em evidência os valores da ciência" (A.R., p.10 - TP).

A bem dizer, uma epistemologia que se proponha a refletir sobre a atividade científica não pode prescindir da análise histórica. Por sua vez, tal análise, contrariando a tradição positivista, deve emitir juízos de valor, buscando separar o que foi ou não válido para o progresso do saber.

E' interessante notar que muitos filósofos, desde Bacon, tentaram assumir a postura de quem apenas orienta o trabalho científico para o bom caminho, sem, no entanto, efetuar qualquer tipo de julgamento:

"A glória dos antigos, como a dos demais, permanece intacta, pois não se estabelecem comparações entre engenhos e capacidades, mas de métodos. Não nos colocamos no papel de juiz, mas de guia" (N.O., p.25).

Contudo, ao condenar os antigos gregos por possuírem o "vício da tagarelice", ao afirmar que Aristóteles submetia a experiência aos seus desígnios como quem "submete uma escrava", que fazia Bacon senão julgar o passado ?

Também os empiristas lógicos alegaram não estar emitindo juízos de valor ao pôr de lado as proposições metafísicas. Tratava-se, tão somente, diziam eles, de separar o campo da ciência do campo do puro especulativismo. Mas onde ficam a isenção pretendida, a neutralidade decantada quando se assevera, conforme já destacamos, que a concepção científica do mundo deve "remover o entulho metafísico dos séculos" ?

Bachelard defende que, ao historiar o passado, o epistemólogo deve julgá-lo à luz dos conhecimentos do presente. Essa tomada de posição, por ele chamada *recorrência histórica*, investe contra uma prática descritivista cuja pretensão é arrolar os fatos científicos, deixando-os falar por si mesmos. Desse modo, é preciso frisar que:

"(...) a história das ciências é essencialmente uma história julgada, julgada no detalhe de sua trama, com um sentido que deve ser incessantemente afinado em seus valores de verdade. A história das ciências não poderia ser simplesmente uma história que registra. As atas das academias contêm, naturalmente, numerosos documentos para a história das ciências. Todavia, essas atas não constituem verdadeiramente uma história das ciências. E' preciso que o historiador das ciências trace nelas

linhas de progresso". (L'actualité de l'Histoire des Sciences. In: E.R., p. 141-142 - TP)

Fica claro que tal abordagem epistemológica combate a tradicional visão histórica continuísta, a qual pretende que a construção do conhecimento seja um processo de acúmulo gradual dos saberes.

Um dos grandes perigos do continuísmo é, sem dúvida, fomentar a crença de que muitos conhecimentos atuais já existiam no passado de forma mais ou menos desenvolvida. Assim, não é raro achar quem defenda, por exemplo, terem os antigos celtas antecipado a terapêutica da dor de cabeça por usarem extratos de casca de carvalho no tratamento deste mal. O fato de hoje utilizarmos comprimidos de ácido acetil salicílico, substância também existente na casca daquele vegetal, não autoriza ninguém a tomar os celtas por nossos precursores. Afinal de contas, séculos de racionalidade e técnica separam as poções célticas dos comprimidos modernos. Outro exemplo ainda mais comum diz respeito ao atomismo. Costuma-se considerar os atomistas gregos verdadeiros videntes por terem antecipado, de modo "genial", as concepções que temos atualmente sobre a estrutura da matéria. Realizar tal ligação imediata e simplista significa não só desconhecer a ciência moderna, como também ignorar a filosofia antiga. Aliás, no que se refere a tal interpretação, é importante salientar as observações de uma autoridade em física quântica como Heisenberg (1987: 59):

"Talvez possa parecer, à primeira vista, que os filósofos gregos tenham chegado, por uma intuição genial, a conclusões idênticas ou muito semelhantes àquelas que chegamos em tempos modernos, após muitos séculos de trabalho duro em experiências e no uso da matemática. Essa interpretação (...) seria, no entanto, um engano completo".

A História recorrente, ao propor que o passado não explica o presente, mas justamente o contrário, suprime as relações diretas e fáceis, permitindo ao epistemólogo fazer um julgamento sobre os fatores de progresso científico e os entraves ao seu desenvolvimento.

A proposta bachelardiana vem, assim, dinamizar o estudo histórico da ciência, conferindo-lhe o caráter polêmico inerente a todo saber que se renova:

"Seguindo o ideal de tensão modernista que proponho para a história das ciências, será necessário que esta seja frequentemente refeita, reconsiderada (...). É essa obrigação de aclarar a historicidade

das ciências mediante a modernidade da ciência que faz da história das mesmas uma doutrina sempre jovem, uma das doutrinas científicas mais vivas e mais educativas". (L'actualité de l'histoire des Sciences. In: E.R., p. 144 - TP)

## II.2 - A FILOSOFIA DO NÃO E A CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA

### II.2.1 - Por quê Uma Nova Filosofia ?

Já na introdução ao *Novo Espírito Científico*, livro lançado em 1934, Bachelard deixa clara sua pretensão em empreender uma crítica tenaz ao que se poderia chamar de "filosofia dos filósofos". Trata-se, pois, de mostrar que as vertentes filosóficas clássicas, como por exemplo o racionalismo e o realismo, não podem dar conta da ciência de nosso século. Assim, logo de início é colocado que :

"(...) para a filosofia científica, não há nem realismo nem racionalismo absolutos e que não é necessário partir de uma atitude filosófica geral para julgar o pensamento científico" (N.E.C. p.12).

Sem dúvida, a própria natureza da ciência atual, caracterizada pelos desafios relativistas e quânticos, leva Bachelard a rejeitar a filosofia tradicional. Para poder compreender o que se passa no macro e no micromundo, o cientista se vê obrigado a romper com noções bem estabelecidas no nível do senso comum. Assim, noções intuitivas como espaço, tempo, forma, massa, trajetória, etc adquirem novos significados. Por isso, homens como Bohr não tiveram o menor constrangimento em afirmar que "quem não se sentir chocado com a teoria quântica é porque a não compreendeu" (1). Tal afirmativa representa o reconhecimento do quanto as categorias usadas para descrever o que ocorre na escala mediana de grandezas físicas tornam-se obscuras, falhas, inúteis quando se penetra nos domínios microfísicos.

A filosofia clássica, de Aristóteles a Comte, sempre teve por objeto o mundo no qual o homem dá a justa medida das coisas. Quer fosse pela afirmação da razão sobre os sentidos (Descartes), quer pelo contrário (Hume), o conhecimento se produzia no espaço físico em que o homem estava inserido. Por conseguinte, a filosofia e a ciência falavam a mesma linguagem: a mecânica de Newton, a geometria de Euclides e a filosofia de Kant estavam perfeitamente irmanadas.

Todavia, a ciência do século XX impõe outras categorias filosóficas. Como bem salienta Bachelard:

"Haveria pois interesse, acreditamos, em tomar a filosofia científica em si mesma, em julgá-la sem idéias pré-concebidas, fora mesmo das obrigações demasiado estritas do vocabulário filosófico tradicional. A ciência cria, de fato, filosofia".

Alguns comentadores da obra de Bachelard, como por exemplo Lecourt, observam que, após ter sido apontada a inadequação das filosofias tradicionais com respeito à ciência atual, não é apresentada nenhuma nova filosofia.

Para Lecourt (1974), Bachelard faz apenas o anúncio do que viria a ser esta nova filosofia mas não chega a concretizá-la. Segundo seu ponto-de-vista, isso se dá porque a epistemologia bachelardiana se desenvolve sob uma contradição insolúvel: se, por um lado, projeta a construção do conhecimento científico a partir de teses materialistas, mantém acesa, por outro, a velha "quimera idealista" de construir uma filosofia que seja o espelho fiel da ciência de seu tempo. Lecourt, portanto, discorda que as filosofias clássicas idealistas tenham refletido as conquistas científicas de suas épocas. Considera tal reflexo simples "mistificação", da qual se vale o idealismo burguês para justificar os valores ideológicos por ele defendidos.

A abordagem feita por Lecourt, com base nas categorias do materialismo histórico, é, a nosso ver, bastante questionável pois pretende analisar a epistemologia de Bachelard a partir de referenciais estranhos a ela. No fundo, permanece presente a crença monista de que o materialismo histórico é a "chave universal" capaz de abrir todas as portas, permitindo esclarecer tudo que compõe os mais diversos campos da atividade humana. Assim procedendo, Lecourt acaba por conferir-lhe o papel de "Ciência da Ciência", o qual ele mesmo condena...

Entretantes, poderemos mesmo dizer que Bachelard se mantém preso a quimeras idealistas? Se examinarmos seus textos sem a preocupação de enquadrá-los em moldes teóricos pré-concebidos, veremos que a filosofia do novo espírito científico (subtítulo, aliás, dado à Filosofia do Não, obra de 1940) deve considerar o conhecimento como processo de construção. A partir daí, não é possível tratar do mesmo modo os diferentes objetos cognoscíveis. Para Bachelard devemos

" (...) definir a filosofia do conhecimento científico como uma filosofia aberta, como a consciência de um espírito que se funda trabalhando sobre o desconhecido, procurando no real aquilo que contradiz conhecimentos anteriores" (F.N., p.13).

Se a filosofia do não é, por princípio, aberta, por que deveríamos atribuir-lhe categorias definitivas? Por que pensá-la como filosofia que desaba sobre si mesma, qual castelo de areia, e não como algo flexível cujo objetivo é acompanhar o pensamento científico em toda sua mobilidade?

A nosso ver, o "anúncio não concretizado" é, na verdade, um

projeto cuja plasticidade de elaboração exige o abandono das categorias muito rígidas, as quais - se adotadas - trairiam a perspectiva bachelardiana de defender uma razão sempre disposta a retificar os próprios erros.

## II.2.2 - A Filosofia do Não não é uma Vontade de Negação

Ao deparar-se com o termo **filosofia do não**, o leitor que desconhece a obra de Bachelard pode ter a impressão de se tratar de uma espécie de niilismo, ou seja, de um desejo obstinado em negar e destruir o saber edificado pela humanidade. Embora faça, em alguns textos, referências a Nietzsche, Bachelard não exhibe posições semelhantes às dele com respeito à atividade de conhecer. Segundo Dagognet (1986: 50-51), a **filosofia do não** nega mas também ordena os conhecimentos anteriores, manifestando "a necessidade que tem a razão de romper com seu passado, em rejuvenescer-se ao contacto com uma ciência cada vez mais completa e complexa". O próprio Bachelard afirma textualmente:

"A filosofia do não não é uma vontade de negação. Não procede de um espírito de contradição que contradiz sem provas", buscando, ao contrário, empreender "uma reorganização do saber numa base alargada" (F.N., p.127).

Romper com o saber de ontem, negá-lo mas também reagrupá-lo, hierarquizá-lo num contexto de conhecimento ampliado, eis o desafio da ciência contemporânea. Mas como é possível construir sobre aquilo que se nega, por ordem naquilo que se ultrapassa? Quais lições filosóficas podem nos trazer, por exemplo, o não-euclidismo e o não-newtonismo? Examinemos os temas mais de perto.

Conforme mencionamos no capítulo anterior, a geometria euclidiana funcionou, durante séculos, como espécie de espelho da verdade divina. Sua simplicidade, generalidade e perfeição serviram a Descartes para demonstrar a existência de Deus e a Kant, segundo frisa Bachelard (N.E.C., p.26), para fundar a própria "arquitetura da razão". Afinal de contas, como imaginar que o postulado das paralelas não fosse universalmente válido e aplicável a quaisquer sistemas de referência?

A evidência das verdades geométricas era tal que, segundo salientam Davis e Hersh (1985 :372), o adjetivo euclidiano só passou a ser usado quando se reconheceu a possibilidade de se construir outras geometrias:

"Até esse reconhecimento, a geometria era simplesmente a geometria - o estudo das propriedades do espaço. Estas existiam absoluta e independentemente, eram objetivamente dadas, sendo o exemplo supremo de propriedades do universo que eram exatas, eternas e cognoscíveis com certeza pela mente humana."



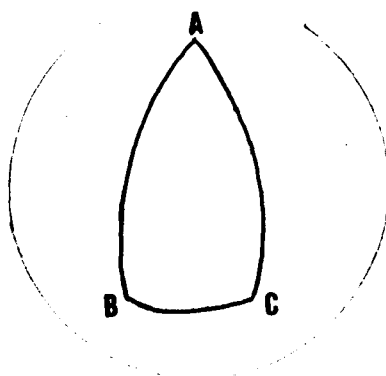
Não foi, portanto, sem embaraços e dificuldades que os sistemas não-euclidianos puderam se desenvolver ao longo do século XIX. Matemáticos como Lobatchevsky, Bolyai e Riemann estavam "subvertendo" uma ordem natural e clara, estavam "virando o mundo pelo avesso". O choque e a conseqüente ruptura com as categorias do senso comum eram inevitáveis, assim como o constrangimento produzido pela "estranha novidade":

"Pelo amor de Deus, por favor desista. Tema-a [a nova geometria] tanto quanto as paixões sensuais, pois ela, também, poderá consumir todo seu tempo e roubar-lhe a saúde, a paz de espírito e a felicidade na vida". (trecho de uma carta que Bolyai recebeu do próprio pai - citado por Davis & Hersh, 1985: 254)

Quando Lobatchevsky "abre" o conceito de paralelismo, afirmando ser possível ter, num sistema hiperbólico, pelo menos duas retas paralelas a uma terceira, passando por um mesmo ponto P exterior a esta, ele está, na realidade, fazendo muito mais que apenas construir um novo sistema matemático. Está, como acentua Bachelard, convidando o espírito humano a abrir a própria razão:

"Lobatchevsky criou o humor geométrico ao aplicar a sutileza ao espírito geométrico; promoveu a razão polêmica ao nível de razão constituinte; fundou a liberdade da razão com respeito a si mesma, abrandando a aplicação do princípio de contradição". (Le Surrationalisme. In: E.R., p.9 - TP)

A maior contribuição filosófica do não-euclidismo reside, justamente, no fato de quebrar o universalismo da geometria plana. A negação, aí, não tem o caráter de rejeição ao sistema euclidiano por considerá-lo falso: nega-se, sim, o absoluto que este até então representava. Portanto, se o referencial adotado for uma superfície plana, os ângulos internos do triângulo somarão 180 graus. Todavia, se o referencial for uma superfície esférica, isso não mais será verdadeiro, conforme ilustramos a seguir:



$$A + B + C \neq 180^\circ$$

### TRIÂNGULO TRAÇADO SOBRE SUPERFÍCIE ESFÉRICA

De gerais e absolutas, as verdades euclidianas passam a ter um domínio de aplicação, restringem-se, são ordenadas e ocupam um lugar específico no quadro de uma geometria ampliada.

Após os trabalhos de Poincaré (final do século XIX), ficou demonstrada a equivalência lógica das diferentes geometrias. Isto significa que é possível "traduzir" um sistema geométrico na linguagem de outro. A reta lobatchevskiana converte-se, por exemplo, num semicírculo de Euclides. É interessante como essa equivalência, a qual nos mostra haver, por trás do realismo das formas geométricas, uma correspondência racional e algébrica, foi suficiente para levar Poincaré a proclamar a maior comodidade da geometria euclidiana sobre as demais. Em se tratando da escala mediana de grandezas físicas, tal comodidade é inquestionável. Entretanto, destaca Bachelard, Poincaré vai mais longe em seu "comodismo", alegando que "em caso de conflito desta geometria [a de Euclides] com a experiência física, preferir-se-ia sempre modificar a teoria física a mudar a geometria elementar" (N.E.S., p.40 - TP).

Se Einstein tivesse seguido esse conselho, jamais teria desenvolvido a teoria da relatividade. A geometria de Riemann é o suporte dos pressupostos relativísticos, como por exemplo a questão da curvatura do espaço-tempo.

O século XX assistirá, portanto, a novas e profundas transformações no campo do conhecimento científico. Desta feita será a mecânica de Newton que perderá o atributo da universalidade.

Tal como a geometria de Euclides, a mecânica clássica representava um dos pilares inabaláveis do saber constituído. Ambas revelavam a regularidade de um universo construído sobre leis simples e gerais, verdadeiro espelho da harmonia presente na natureza, conforme bem destaca o poeta-filósofo Paul Valéry:

"Newton e Galileu reinavam em paz; a física era feliz e absolutos os seus pontos de referência. O tempo fluía em dias tranquilos: todas as horas eram iguais perante o universo. O espaço folgava com ser infinito, homogêneo, e perfeitamente indiferente a tudo o que se passava no seu augusto seio..."

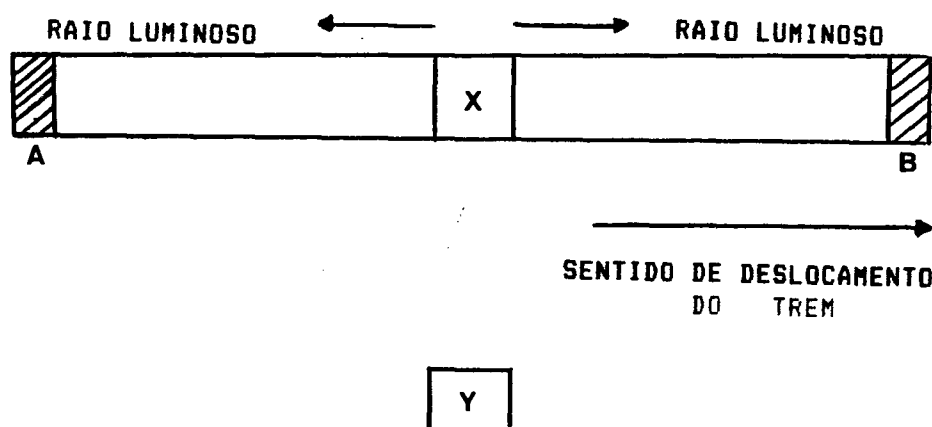
(citado por Rosmorduc, 1983: 125-126)

A lei da gravitação universal se mostrava como um dos princípios mais gerais que o homem pudera descobrir, princípio essencialmente positivo, conforme já discutimos, no entender de Augusto Comte. Para explicar o universo bastava, tão somente, a representação geométrico-mecânica, os fenômenos pareciam serenamente arranjados num baile de movimentos previsíveis. Mas se tudo assim se passava, por quê colocar em questão o óbvio e engendrar "loucuras" do calibre da teoria da relatividade?

A resposta pode não ser tão óbvia, mas a história das ciências nos revela que o espírito cognoscente se alimenta da polêmica: quanto mais reina a calmaria, mais se anuncia a tempestade... Assim como o paralelismo foi desdobrado e reduzido a um caso particular das retas sobre o plano, também a simultaneidade de dois eventos físicos foi posta em xeque pela inquietude do pensamento humano. A esse respeito, Bachelard nos informa:

"A Relatividade atacará (...) a primitividade da idéia de simultaneidade, como a geometria de Lobatchevsky atacou a primitividade da idéia de paralelismo. Por uma súbita exigência, o físico contemporâneo pedir-nos-á para associar à idéia pura de simultaneidade a experiência que deve provar a simultaneidade de dois acontecimentos. É desta exigência inaudita que nasceu a Relatividade". (N.E.C., p.44)

Mas que fantástica experiência poderia ser feita para satisfazer tal exigência? Einstein recorrerá às "experiências de pensamento" (as quais também não eram estranhas a Galileu, conforme salientamos no capítulo anterior), concebendo trens de comprimento quase infinito se movendo a velocidades próximas à da luz. Uma versão simplificada dos "experimentos" einsteinianos pode ser ilustrada tomando-se como referência o esquema abaixo:



Consideremos um trem de grande comprimento a deslocar-se, no sentido indicado, com velocidade bem próxima à da luz. Supondo que um observador situado no vagão central (X) dispare, simultaneamente, dois raios luminosos em direções opostas, os quais poderão abrir as portas A e B ao atingi-las, teremos que:

- 1) O observador X verá as portas se abrirem ao mesmo tempo
- 2) Um observador colocado numa estação hipotética Y, situada à margem da "ferrovia", verá a porta A se abrir primeiro que a porta B.

A mecânica clássica não pode explicar isso, pois se um evento é simultâneo para um dado sistema de coordenadas em movimento (o trem), deverá sê-lo, também, para outro sistema de coordenadas que se desloque em relação a ele (estação). Assim, X e Y deveriam ver, no mesmo intervalo de tempo, as mesmas coisas. Entretanto, como a velocidade da luz é constante em qualquer sistema de coordenadas, o observador Y vê a porta A se abrir primeiro porque esta se aproxima dele enquanto a porta B, por sua vez, se afasta. Já para o observador X, cujo deslocamento se dá praticamente à velocidade da luz, a porta A se aproxima à mesma velocidade com que a porta B se afasta, permitindo-lhe visualização simultânea do evento.

Por outro lado, a constância da velocidade da luz levou Einstein a fazer considerações ainda mais insólitas. Assim, por exemplo, à medida que a velocidade de um móvel aumenta, seu comprimento deve progressivamente diminuir na direção relativa ao movimento, de tal sorte que ao atingir a velocidade da luz o comprimento será nulo. Já a massa, ao contrário, cresce com o aumento da velocidade, devendo tornar-se infinita quando o móvel atingir a velocidade da luz.

Se essas considerações, pertencentes ao domínio do relativismo einsteiniano, são suficientes para chocar o senso comum, maior ainda será o espanto quando Minkowski unir o espaço e o tempo num contínuo, desfazendo as antigas noções apriorísticas de um espaço e de um tempo absolutos em si. Concebe-se, então, a quarta dimensão, o contínuo de espaço-tempo, a partir do qual fatos científicos bem estabelecidos, como as leis da gravitação, recebem novas interpretações. Assim, quando as forças gravitacionais forem fracas, as leis formuladas por Newton serão válidas; quando forem fortes, aparecerão desvios - como o avanço no periélio de mercúrio (2) - que só o tratamento relativístico poderá, convenientemente, explicar.

Tudo isso nos mostra que a passagem do sistema de Newton ao de Einstein não se dá linearmente: a mecânica clássica era um sistema acabado, fornecendo, para determinado nível de exigência, respostas plenamente satisfatórias. Como diz Bachelard:

"Vivíamos, aliás, no mundo newtoniano como numa residência espaçosa e clara. O pensamento newtoniano era de saída um tipo maravilhosamente transparente de pensamento fechado; dele não se

podia sair a não ser por arrombamento" (N.E.C, p.43).

A Relatividade constitui outro sistema de referência, exige que o pensamento se situe noutra patamar teórico. Ela não nasce de dentro do sistema antigo, ao contrário, representa um corte, uma ruptura em relação a ele. Nega-o ao contradizer a validade absoluta de suas verdades ; reordena-o ao limitar o campo de sua aplicação. Sobre este ponto, Bachelard é ainda mais enfático:

"Não há, portanto, transição entre o sistema de Newton e o sistema de Einstein. Não se vai do primeiro ao segundo acumulando conhecimentos, redobrando os cuidados nas medidas, retificando ligeiramente os princípios. É preciso, ao contrário, um esforço de novidade total. Segue-se, pois uma indução transcendente e não uma indução amplificante, indo do pensamento clássico ao pensamento relativista. Naturalmente, após esta indução pode-se, por redução, obter a ciência newtoniana" (ibid, p.44).

A mecânica relativística não é , porém, o único exemplo de mecânica não-newtoniana. Conforme já tivemos oportunidade de comentar e ainda comentaremos ao longo deste trabalho, a mecânica quântica abandona os referenciais clássicos, constituindo-se num sistema que cria suas próprias noções. Aqui, porém, o problema parece ser mais delicado: seria possível, por redução, tomar o mundo newtoniano como um caso particular do mundo quântico ? Tal como Poincaré estabeleceu a equivalência lógica das diferentes geometrias, existem trabalhos que buscam estabelecer uma equivalência entre as diferentes mecânicas. A polémica prossegue e promete trazer, sem dúvida, novos e palpitantes desafios à razão humana.

### II.2.3 - O Não Substancialismo Reordena a Química Lavoisieriana

Na esteira dos movimentos científicos que abraçam o não, Bachelard propõe discutir as características de uma química não substancialista. Dada a riqueza da temática (bastante explorada ao longo de sua obra epistemológica) e ao interesse que, enquanto professores de química, temos por ela, achamos por bem dedicá-lhe, dentro deste capítulo, um tópico especial.

Começemos por analisar o papel desempenhado pelo substancialismo no curso da ciência química. Vale dizer, primeiramente, que não é preciso traçar uma linha cronológica dos eventos, descrevendo literalmente os fatos acumulados ao longo do tempo, desde a pré-história até os dias de hoje. A recorrência histórica nos permite vislumbrar, no passado, os valores epistemológicos norteadores do pensamento químico, delimitar com clareza as rupturas, bem como destacar os fatores que serviram de entrave ao desenvolvimento científico.

No quadro de uma história química julgada, o substancialismo se coloca enquanto fator de entrave ao progresso, um obstáculo muitas vezes difícil de ser combatido. Bachelard assinala que para o espírito pré-científico (3) "a substância tem um interior : melhor, a substância é um interior" (F.E.S, p.99 - TP). Essa crença levou os alquimistas a tentar "abrir" as substâncias na perspectiva de alcançar e desvendar qualidades ocultas. Tratava-se, pois, de buscar a chave que permitiria ao homem esclarecer os mais recônditos segredos da matéria, como se esta fosse um cofre ou espécie de "caixa de Pandora às avessas" a qual, uma vez aberta, inundaria o mundo com benesses.

Segundo Bachelard, o século XVIII é pródigo em exemplos que atestam tais convicções. Em 1722 (apenas vinte e um anos antes do nascimento de Lavoisier), Crosset de la Heaumerie afirmava:

"A prata viva, ainda que branca em seu exterior, é vermelha por dentro... A coloração vermelha aparece quando a precipitamos e calcinamos ao fogo".  
(citado por Bachelard: F.E.S., p.100-101 - TP)

Tal substancialismo ingênuo, ainda preso às concepções mágicas dos alquimistas, vai perdendo terreno à medida que a ciência química vence obstáculos, entre os quais podemos citar a teoria flogística, derrubada por Lavoisier. O flogístico (princípio do fogo), na verdade uma reminiscência do aristotelismo, deu suporte a idéias inteiramente falsas sobre os fenômenos da combustão. Posteriormente, a identificação do oxigênio enquanto gás componente do ar atmosférico e responsável direto pela queima representou, sem dúvida, o grande marco do que poderíamos chamar a revolução química de Lavoisier. Entretanto, é preciso frisar que nem por isso a cultura pós-lavoisieriana rompeu com o substancialismo em si.

Ilustrando a permanência da visão substancialista, Bachelard sublinha a surpresa evidenciada por um filósofo como De Maistre ao constatar que o oxigênio, a despeito de significar literalmente "gerador de ácidos", não possui propriedades ácidas. A esse respeito, lembra-nos que:

"Para um tal substancialismo, a substância mantém em toda propriedade as suas próprias propriedades e se é tido por prudente quando se faz sempre referência à definição predicativa da substância. Então as definições de designação são tomadas por definições do ser. A análise material é uma análise gramatical" (M.R. , p.77 - TP).

As definições predicativas são parte integrante da filosofia do senso comum e, sem nos darmos conta, acabamos por incorporá-las à linguagem científica. Aliás, como salienta Bachelard, não é raro encontrar autores de nosso século, como por exemplo M. Martinet, afirmando que "o mentol, a mentona e o acetato de mentila sabem a menta" (F.E.S. , p.114 - TP). Tal afirmação, a princípio, nada tem de estranho para o juízo do homem comum. Todavia, o químico deve raciocinar de modo justamente inverso: as substâncias citadas não possuem as qualidades da menta, mas esta última exhibe as qualidades daquelas ! A menta só tem cheiro de menta porque existe o mentol. Basta o químico intervir, alterando a estrutura do grupamento osmóforo responsável, e o agradável odor que inalamos desaparecerá prontamente... Modificando o mentol, a menta deixará de ser menta...

O substancialismo é uma crença tão enraizada que o educador em química não vê a menor dificuldade em transpor para o micromundo aquilo que se faz presente no macromundo. Assim, características substanciais são transferidas para a molécula, definida como "a menor parte da substância capaz de guardar todas as suas propriedades", sem o menor constrangimento. Autores como Politi (1986: 14) fazem ainda questão de observar:

"Seja uma gota de água ; ela contém milhões de moléculas. No entanto, todas as moléculas de água são quimicamente iguais entre si. Além disso, verificamos que a água terá sempre as mesmas propriedades químicas, qualquer que seja a grandeza da amostra. (grifo nosso)

A idéia transmitida ao estudante é a de que o constituinte isolado (molécula) deve encerrar os atributos do todo. Nada, entretanto mais falso ! Não poderemos nunca dizer que uma única

molécula de água (uma amostra ínfima da substância, contudo ainda uma amostra !) possui densidade, viscosidade, pressão de vapor, tensão superficial, pontos de fusão e ebulição, propriedades que só existem como fruto de relações entre as moléculas, ou seja, propriedades da multidão, não do indivíduo isolado (4).

Se aprofundarmos a discussão sobre o substancialismo químico, veremos que ele se apóia numa ciência realista, fortemente apegada ao concreto e receosa do abstrato. Conforme frisa Bachelard:

"A química tornou-se assim o domínio de eleição dos realistas, dos materialistas, dos antimetafísicos. Químicos e filósofos trabalhando sob o mesmo signo, acumularam neste domínio uma tal quantidade de referências, que existe uma certa temeridade em falar, como nós falaremos, de uma interpretação racional da química moderna" (F.N. , p.49).

O realismo, filosofia que permeia toda a química lavoisieriana, se consolida no empirismo da balança. A massa, atributo diretamente mensurável da matéria, se apresenta como espelho fiel da realidade química: transformam-se as substâncias mas a massa, enfim, se conserva... Se é possível pesar, então é possível compreender a natureza íntima da substância.

Uma vez mais, se percebe não haver distinção entre a experiência comum que revela o caráter extenso, contínuo e inerte da matéria e a experiência científica: no fundo, a balança do laboratório e a balança da mercearia falam a mesma linguagem ! Bachelard aponta tal uniformidade ao colocar que:

"Na química de Lavoisier, pesa-se o cloreto de sódio como na vida comum se pesa o sal de cozinha. As condições de rigor científico, na química positivista, nada mais fazem senão acentuar as condições de rigor comercial. De uma precisão a outra não se altera o pensamento da medida" (R.A., p.122).

Mas a química lavoisieriana, senhora absoluta de uma realidade monótona e passiva, começa a ter seus alicerces abalados quando, de meras coadjuvantes, as trocas energéticas passam a ter papel fundamental nos fenômenos que envolvem as transformações materiais.

Sem dúvida, é com o desenvolvimento da atomística no final do século XIX e com o advento das teorias quânticas no século XX que o pensamento químico é forçado a deslocar-se do realismo imediato da massa em direção ao racionalismo da energia. Vejamos



um exemplo bem característico.

A química clássica sempre tratou as reações como fenômenos restritos ao âmbito das trocas materiais. Descendo-se ao nível atômico-molecular, uma reação de síntese do tipo:



podia ser facilmente explicada admitindo-se que moléculas de A se chocavam com moléculas de B produzindo a união entre os

constituintes A e B. A idéia de choque é tomada de empréstimo à mecânica newtoniana, sendo as moléculas vistas como microscópicas bolas-de-bilhar. Todavia, uma reação como a síntese do gás clorídrico a partir de hidrogênio e cloro:



só se produz em extensão apreciável se a mistura reagente for submetida à ação da luz.

Isso coloca o químico clássico diante de uma questão delicada: se as reações se dão porque as moléculas se chocam como bolas-de-bilhar, quanto mais bolas houver por unidade de volume (maior concentração dos reagentes) ou quanto maior for a temperatura do sistema, maior será também o número de colisões efetivas (5), conseqüentemente maior deverá ser a taxa de conversão de reagentes em produtos. Por quê, então, altas concentrações de cloro e hidrogênio a altas temperaturas, mas no escuro, não produzem praticamente nenhum HCl ? Por quê, ao contrário, baixas concentrações daquelas substâncias, à temperatura ambiente, mas submetidas à ação da luz, apresentam uma taxa de conversão em gás clorídrico elevada ?

Para sair do impasse que o bilhar clássico lhe impôs, o químico contemporâneo precisa romper com o realismo da quantidade: as moléculas de cloro devem absorver energia quantizada, ou seja, fótons de frequência definida para romperem suas ligações covalentes e então entrarem em reação.

Os fenômenos fotoquímicos levaram cientistas como Perrin a abandonar a idéia de colisão molecular, condicionando as transformações materiais não a choques cinéticos, mas a ações rítmicas geradas pela energia radiante. Segundo Bachelard, a hipótese de Perrin considera

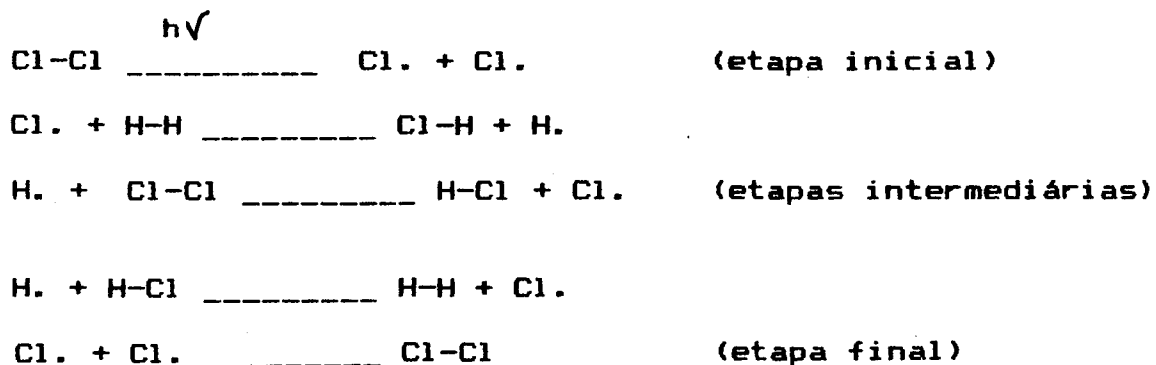
"(...) que todas as reações químicas são reações fotoquímicas, ou seja, não se pode ter modificação estrutural a não ser por intermédio de uma energia radiante, energia necessariamente quantizada, posta sob forma rítmica, como se as simetrias não pudessem ser modificadas senão por meio dos ritmos" (Lumière et Substance. in: Etudes, p.72 -TP).

Não seria, entretanto, tal procedimento a simples substituição de um absoluto por outro ? Ao dogmatismo do choque não se estaria opondo o dogmatismo do ritmo ?

E' interessante notar, ainda reportando-nos a Bachelard, que o próprio Perrin, em 1926, restabeleceu o choque como causa possível de reação, pois a hipótese fotoquímica, por mais fascinante que fosse, não podia explicar satisfatoriamente a totalidade dos fenômenos químicos.

Nem por isso, entretanto, devemos nos deixar prender pela sedutora imagem do bilhar molecular! E' preciso repensar o modelo choquista, substituindo a idéia primária das colisões mecânicas pelo conceito de interações moleculares. Trata-se de desconcretizar o choque, adequando-o a uma realidade em que os corpúsculos não são as miniaturas desejadas dos corpos que estamos habituados a ver e tocar.

Assim, ao interpretarmos uma reação como a síntese do gás clorídrico, devemos combinar os aspectos rítmicos e cinéticos, valendo-nos da noção bem mais racional de mecanismo:



A energia radiante ( $h\nu$ ) quebra as ligações covalentes Cl-Cl, dando origem a radicais livres ( $\text{Cl.}$ ) extremamente reativos. Tais radicais produzem perturbações nas funções orbitais das moléculas H-H, formando ligações heteropolares H-Cl. A sequência de passos intermediários representa toda a sorte de interações entre as espécies químicas envolvidas, detonando uma gama de possibilidades que o bilhar clássico não ousaria supor ! O passo terminal explica, por fim, a permanência de certa quantidade de Cl em equilíbrio no sistema.

2

Concluimos, pois, que um fenômeno químico não pode mais ser estudado sem se levar em conta a profunda cooperação entre os fatores materiais e energéticos. Esse é o grande ponto de ruptura entre o não substancialismo e a química clássica. Bachelard, inclusive, acentua que as reações devem ser pensadas como verdadeiro Devir Substancial:

"Ora este devir não é nem unitário nem contínuo. Apresenta-se como uma espécie de diálogo entre a matéria e a energia. As trocas energéticas

determinam modificações materiais e as modificações materiais condicionam trocas energéticas. E é aqui que vemos aparecer o tema novo da dinamização, verdadeiramente essencial da substância. A energia é parte integral da substância ; substância e energia são igualmente ser" (F.N. , p.62).

A partir daí, verifica-se que o não substancialismo se apresenta como proposta capaz de estender as fronteiras da química tradicional, não como instrumento de negação pura e simples. Trata-se de uma filosofia que, transcendendo ao realismo imediato, retira os atributos plácidos da substância, ampliando as perspectivas do saber:

"Está sempre subentendido - nunca é demais repeti-lo - que uma química não-lavoiseriana, como todas as atividades científicas da Filosofia do Não, não despreza a utilidade passada e atual da química clássica. Ela tende apenas a organizar uma química mais geral, uma panquímica, tal como a pangeometria tende a fornecer o plano de todas as possibilidades de organização geométrica". (F.N., p.61)

#### II.2.4 - A Filosofia do Não e o Kantismo

As diversas filosofias científicas que surgem no século XIX e também no século XX são marcadas, em maior ou menor grau, pelos princípios epistemológicos do Kantismo.

Segundo estudos realizados por Loparic (1983), o físico e filósofo alemão Ernst Mach, o qual teve significativa influência sobre Carnap e os positivistas lógicos, deu destaque a vários temas kantianos no curso de sua obra. Também Popper revela, no prefácio à 2a. edição alemã da *Lógica da Pesquisa Científica* (1963), ter sido influenciado por Kant:

"A teoria do conhecimento ainda hoje está sob influência da grande corrente que se associa aos nomes de Locke, Berkeley, Hume e Mill (...). De minha parte, oponho-me a essa tradição porque aceito contribuições kantianas para a teoria do conhecimento, contribuições que tenho por decisivas". (citado por Mendonça, 1984: 14)

Bachelard, por sua vez, não deixa de dialogar com o filósofo criticista, cujo aparato epistemológico é discutido em várias de suas obras. Assim, achamos oportuno tecer, inicialmente, algumas considerações acerca do pensamento kantiano.

A filosofia kantiana é um instrumento poderoso de crítica ao racionalismo e ao empirismo clássicos, buscando, em contrapartida, estabelecer qual o alcance do conhecimento humano. Nesse sentido, na *Crítica da Razão Pura* (1781) e nos *Prolegômenos a Toda Metafísica Futura Que Poderá Se Apresentar Como Ciência* (1783), Kant coloca perante a razão a difícil tarefa de conhecer a si própria, utilizando o método da análise reflexiva: se o conhecimento científico existe é porque está ao alcance do homem produzi-lo. Caberá, então, à filosofia investigar em que condições tal produção é possível.

No caso de ciências como as matemáticas e a física, é possível dizer que as verdades de que tratam são sempre necessárias e universais, não estando fundadas nos dados da experiência sensível, contingentes e particulares. Assim, por exemplo, conhecimentos do tipo todos os pontos situados sobre a superfície de uma esfera são eqüidistantes do centro não podem ser considerados saberes empíricos, fato aliás já admitido por Hume, para quem as verdades matemáticas constituíam, conforme vimos anteriormente, uma classe especial de objetos (relações de idéias).

Kant parte do princípio de que toda verdade científica leva a razão a refletir sobre a natureza dos juízos através dos quais tal verdade pode ser expressa. Estabelece, então, três tipos de juízos: analítico, sintético a posteriori e sintético a priori.

Um juízo analítico é aquele cujo predicado já se acha contido no próprio sujeito, tratando-se, portanto, de processo

de análise no qual o atributo é apenas destacado. A afirmativa "todos os corpos têm extensão" é um exemplo de juízo analítico pois a extensão é qualidade necessária e universal de todo corpo. Segundo observa Kant, juízos desse gênero carecem de maior interesse para o conhecimento científico na medida em que apenas evidenciam o óbvio, ou seja, são de natureza tipicamente tautológica.

Nos juízos sintéticos *a posteriori* os predicados são ligados ao sujeito por operações de síntese efetuadas a partir de constatações empíricas. Quando dizemos "os pássaros voam", estamos associando ao sujeito (pássaros) o atributo do voo, o qual é comprovado por via empírica (através do ato de olhar) e não intuitivamente. Tais juízos, por dependerem do concurso das faculdades sensíveis, não podem ser considerados necessários nem tampouco universais.

Já os juízos sintéticos *a priori* são aqueles que acrescentam ao sujeito qualidades necessárias e universais, constituindo-se assim nos únicos capazes de contribuir para o avanço do conhecimento científico. O princípio de causalidade (todo acontecimento tem uma causa) é exemplo bastante característico de juízo construído a partir de uma operação de síntese na qual a razão elabora efetivamente saber. Mas qual seria a origem da elaboração?

Vimos que para o empirismo, particularmente o de Hume, o princípio de causalidade é extraído da experiência e consolidado por força do hábito ou costume. Kant, entretanto, irá se contrapor a essa concepção por considerar que aquilo que existe de absolutamente necessário e universal no saber humano é oriundo da própria razão ou, melhor dizendo, de estruturas a ela inerentes, as quais se configuram em condições *a priori* do conhecimento: a Sensibilidade e o Entendimento.

A Sensibilidade é, na concepção kantiana, definida enquanto faculdade da intuição que permite ao sujeito apreender os diferentes objetos materiais que o cercam. Todavia, para poder apreender um objeto qualquer, é absolutamente necessário inseri-lo em relações de distância e proximidade, bem como estimar sua grandeza. Torna-se, portanto, impossível fazer o registro de um corpo sem conferir-lhe caracteres espaciais.

Vale dizer, contudo, que para Kant o espaço não se configura enquanto algo independente, exterior ao sujeito e aos objetos, mas como forma apriorística da Sensibilidade, capaz de receber os estímulos provenientes do mundo que nos cerca:

"O espaço não é um conceito empírico abstraído de experiências externas. Pois a representação de espaço já tem que estar subjacente para certas sensações se referirem a algo fora de mim (...). Logo, a representação do espaço não pode ser tomada emprestada, mediante a experiência, das relações do fenômeno externo, mas esta própria experiência externa é primeiramente possível só mediante a referida representação". (Crítica da Razão Pura, v.1, p. 41)

Na concepção kantiana, assim como o espaço, o tempo é também uma forma a priori da Sensibilidade, não representando, por conseguinte, nenhuma realidade em si nem tampouco simples conjunto de relações de sucessão que venham a se processar independentemente do sujeito cognoscente:

"O tempo não é um conceito empírico abstraído de qualquer experiência. Com efeito, a simultaneidade ou a sucessão nem sequer se apresentaria à percepção se a representação do tempo não estivesse subjacente a priori. Somente a pressupondo pode-se representar que algo seja num e mesmo tempo (simultâneo) ou em tempos diferentes (sucessivo)". (ibid, p.44)

Embora a Sensibilidade seja uma estrutura da razão imprescindível à elaboração dos saberes científicos, Kant não a considera suficiente para, por si só, produzir conhecimento. A seu ver, o espírito cognoscente deve pensar o dado, ou seja, formar conceitos acerca dos objetos apreendidos por meio dos sentidos. Mas, para tanto, é preciso que o espírito possua a faculdade do Entendimento (Verstand). Segundo assinala ainda o filósofo criticista, é indispensável haver estreita colaboração entre as duas estruturas da razão, pois, em caso contrário, não haverá produção de conhecimento:

"Nenhuma destas duas propriedades é preferível à outra. Sem a sensibilidade, nenhum objeto nos seria dado; e sem o entendimento nenhum seria pensado. Pensamentos sem conteúdo (Inhalt) são vazios, intuições sem conceitos são cegas". (ibid, citado por Vancourt, 1987: 22)

O Entendimento, por sua vez, se estrutura a partir de uma tábua de categorias, a saber:

#### 1. DA QUANTIDADE

Unidade - Pluralidade - Totalidade

#### 2. DA QUALIDADE

Realidade - Negação - Limitação

### 3. DA RELAÇÃO

Inerência e Subsistência (substância e acidente)

Causalidade e Dependência (causa e efeito)

Comunidade (ação recíproca entre agente e paciente)

### 4. DA MODALIDADE

Possibilidade - Impossibilidade

Existência - Não-Ser

Necessidade - Contingência

Segundo Kant, essa tábua de categorias contém "todos os conceitos elementares do entendimento" e pode "projetar completamente o plano do todo de uma consciência na medida em que repousa sobre conceitos a priori" (op.cit, p.71).

A partir daí, é possível estabelecer limites para o Entendimento, pois este só pode aplicar seus princípios apriorísticos ao estudo dos fenômenos. Para o kantismo, o fenômeno não constitui uma realidade em si, mas representa o fruto da colaboração necessária entre a Sensibilidade e o Entendimento:

"As imagens sensíveis (Erscheinungen), enquanto as pensamos a título de objetos segundo a unidade das categorias, chamam-se 'fenômenos' (Phaenomena) (...)" (ibid, citado por Vancourt, 1987: 67)

Estando referidos ao modo de representação do sujeito, os fenômenos só podem ser estudados se as categorias empregadas pelo Entendimento estiverem fundadas nas intuições sensíveis. Isso leva Kant a demarcar nitidamente a fronteira entre o conhecimento científico e a metafísica: a segunda não pode utilizar os instrumentos do primeiro. Um claro exemplo é fornecido na Crítica da Razão Pura, quando é discutida a tendência humana em buscar demonstrar ser a alma uma substância simples, de natureza espiritual e eterna. Vancourt (1987) salienta bem o ponto central do questionamento kantiano: a categoria de substância está referida à intuição sensível da permanência, todavia aquilo que se refere à alma é mutável, oscilante. Assim, ao afirmarmos seu caráter simples e eterno estamos fazendo uso ilegítimo de uma categoria do Entendimento, recaindo em conceituação vazia (Inhalt).

A demarcação kantiana não tem por objetivo desvalorizar a metafísica frente à ciência ; ela busca tão somente separar o que a razão humana pode conhecer cientificamente daquilo que efetivamente não pode. Ao campo do incognoscível pertencem as coisas-em-si as quais, como frisa Kant, podem ser dadas à intuição sem no entanto estarem referidas à intuição sensível, devendo pois serem denominadas noumenos (Intelligibilia):

"É verdade que nós não podemos apresentar, fora de toda a experiência possível, um conceito determinado do que podem ser as coisas em si. Contudo, não temos a liberdade de nos abstermos inteiramente de toda a pesquisa a seu respeito (...) Devemos conceber um ser imaterial, um mundo inteligível, e um ser supremo entre todos os seres (puros noumenos), porque a razão só nesses seres encontra, como coisa em si, a perfeição e a satisfação que ela jamais pode esperar derivando os fenômenos dos seus princípios homogêneos (...)". (Prolegômenos a toda metafísica futura que possa vir a ser considerada como ciência - citado por Vancourt, 1987: 72-73)

Feita essa panorâmica inicial do kantismo, passemos a comentar como Bachelard se posiciona frente a ele. Em primeiro lugar, lembremos que Kant construiu sua teoria do conhecimento apoiado no instrumental científico da mecânica de Newton, a qual tem por base, conforme já abordamos, a geometria euclidiana. Se a geometria e o mecanicismo clássico se abrem em função do jogo dialético propiciado pela filosofia do não, o kantismo não poderia permanecer intocável enquanto aparato epistemológico, por mais portentoso que seja. Esse é o ponto central da reflexão bachelardiana.

Segundo Bachelard, o objeto kantiano pretende ser um objeto genérico, ou seja, um objeto do qual foram suprimidos todos os caracteres que o tornavam contingente, não guardando, pois, qualquer especificidade. Tal objeto pertence ao domínio da lógica transcendental, edificada por Kant para dar conta do todo e não apenas dos casos particulares, conforme fazia, no seu julgamento, a lógica aristotélica:

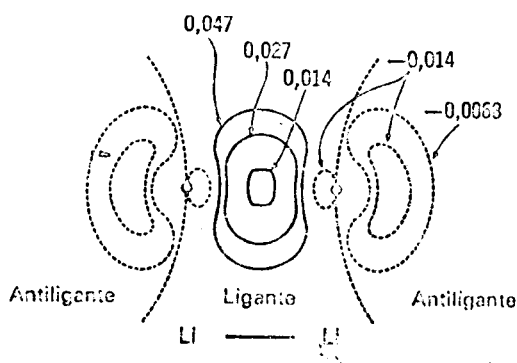
"A procura desses conceitos fundamentais [as categorias do entendimento] constituiu um plano digno de homem perspicaz como Aristóteles. Entretanto, por não possuir nenhum princípio, catou-os como se lhe deparavam, reunindo primeiramente dez, que denominou categorias (predicamentos). A seguir, creu ter encontrado ainda mais cinco conceitos que acrescentou sob a



denominação de pós-predicamentos" (Crítica da Razão Pura, p.70).

Em vista disso, a questão que se coloca é saber se as categorias kantianas cumpriram a função à qual se destinavam. Bachelard ressalta que o objeto genérico do kantismo guarda ainda duas especificidades: a da localização geométrica euclidiana e a especificidade substancial.

Para Kant, evidentemente, o lugar geométrico definido não representava uma especificidade, pois para a ciência clássica a posição espacial determinada era condição inerente à própria existência do objeto. Bem sabemos, todavia, que o objeto microfísico rompe com o postulado da localização, visto não possuir um lugar geométrico definido. O princípio de incerteza de Heisenberg jogou por terra as esperanças de limitar o corpúsculo a uma região específica do espaço: no mundo quântico os entes não possuem zonas de permanência, mas zonas de influência. O objeto não existe por estar em alguma parte, mas por atuar em determinada região do espaço físico. O diagrama de densidades eletrônicas fornecido abaixo, retratando a molécula  $Li_2$  ilustra bem como a função de presença é substituída pela de probabilidade de presença:



FONTE: Pimentel, G.C. & Spratley, R.D. , 1977: 424

Outra categoria kantiana a ser posta em xeque é a de substância. Ao defender a tese do devir substancial, o não substancialismo rompe com o kantismo, na medida em que este último afirmava ser a substância nada mais nada menos que a própria permanência do real no tempo. Conforme destaca Bachelard:

"A substância continha suas qualidades como um volume ou uma superfície contém seu interior. O Kantismo se beneficiou assim de um acordo quase

miraculoso entre os princípios da intuição e os princípios do entendimento ; uma homogeneidade inicial facilitou o jogo dos esquemas intermediários entre conceitos puros e intuições puras. Seguro, há muito, da coerência entre sensibilidade e entendimento, o filósofo kantiano não podia ser perturbado na unidade espiritual do eu penso pela diversidade fenomenal" (P.N., p.108 - TP).

Quando se considera a classe de objetos pertencentes à escala média de grandezas físicas, na qual o conhecimento científico clássico se forjou, o kantismo fornece um instrumental epistemológico mais eficiente que o racionalismo de Descartes ou o empirismo de Hume. Entretanto, como diz Bachelard:

"(...) na medida em que as ciências clássicas acabam de ser abaladas nos seus conceitos iniciais afirmados a propósito de um microobjeto que não segue os princípios do objeto, o criticismo tem necessidade de uma reformulação profunda" (ibid, p.107 - TP).

Tal reformulação pressupõe, naturalmente, a revisão dos limites rígidos estabelecidos por Kant entre o cognoscível e o incognoscível. O espírito científico pode, segundo Bachelard, responder às limitações impostas pelas categorias kantianas do entendimento na medida em que vier a refletir sobre a natureza da própria limitação:

"Um problema insolúvel é um problema mal posto, uma experiência descrita como irrealizável é uma experiência em que se coloca a impossibilidade nos dados. Inúmeras vezes o enunciado de uma limitação implica uma condenação ao fracasso porque o problema impossível impõe já um método de resolução defeituoso". (Concept de Frontière Epistémologique. in: Etudes , p.78-79 - TP)

Assim, é preciso encarar as impossibilidades presentes do saber não como impossibilidades em si, mas como possibilidades de conhecimento futuro. O incognoscível não se coloca enquanto alvo distante que a inteligência humana se limita a contemplar do alto de sua impotência, mas como marco transitório a ser transposto pelo espírito cognoscente ! Trata-se, pois, de inverter o ideal

kantiano, já que "para o espírito científico, traçar claramente uma fronteira é, desde já, ultrapassá-la" (ibid, p.80).

Para efetivar tal inversão epistemológica, é preciso reformular também a noção que o kantismo tem de fenômeno. Bachelard dirá que o fenômeno é uma construção racional mediada pela técnica experimental (fenomenotécnica), conforme teremos oportunidade de comentar em outro tópico deste mesmo capítulo. A observação científica, por sua vez, terá sempre caráter polêmico: reconstruirá o real após ter reconstruído seus esquemas teóricos. Assim, o fenômeno será "filtrado, depurado, vazado no molde dos instrumentos", os quais, por sua vez, "não são senão teorias materializadas" (N.E.C., p.19).

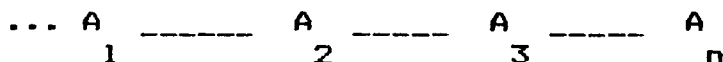
Contrapondo-se uma vez mais a Kant, Bachelard revela também uma concepção de noumeno bastante distinta:

"(...) Este noumeno não é um simples postulado metafísico nem um símbolo convencional de reunião. De fato, pela reflexão, encontramos nele uma estrutura complexa; é propriamente a esta complexidade harmônica que ele deve sua objetividade discursiva, esta objetividade que sozinha pode expor, provar e confirmar sua universalidade. Poderíamos então dizer que a física matemática corresponde a uma noumenologia bem diferente da fenomenografia onde pretende se acomodar o empirismo científico". (Noumène et Microphysique. in: Etudes, p.18-19, TP)

O noumeno bachelardiano é, portanto, essencialmente de natureza matemática e, em sua complexidade, aparece de forma mais clara que o próprio fenômeno. Vejamos um exemplo. A mecânica quântica relativística de Dirac nos indica que, matematicamente, um objeto possui duas massas, uma positiva e outra negativa. Não conhecemos, porém, nenhum fenômeno que possa ser associado ao conceito de massa negativa: esta última permanece como puro noumeno à espera de sua realização fenomênica ! É preciso, pois, construir pela técnica o fenômeno oculto sob a clareza matemática, ou, como diz Bachelard, "forçar a natureza a ir tão longe quanto nosso espírito" (F.N., p.35).

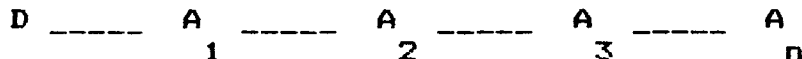
## II.2.5 - A Questão da Causalidade

Conforme já tivemos oportunidade de comentar, vários pensadores buscaram tratar filosoficamente a questão da causalidade. Hume apontara a limitação humana em estabelecer a origem da chamada **Causa Primeira** ou **Causa das Causas**, concluindo pela impossibilidade de sua determinação. Kant considerou, como condição necessária e universal (juízo sintético a priori), que a todo acontecimento (A) observável correspondesse pelo menos uma **causa determinada**, a qual o precederia no tempo. Teríamos, por assim dizer, um encadeamento causal do tipo:



-----  
FLUXO TEMPORAL

O problema que daí deriva é saber se tal cadeia recua, no passado, indefinidamente ou se existe um acontecimento que pode ser tomado como o princípio de tudo. Tal questão, anterior, inclusive, a Hume e Kant, já fora tratada por Aristóteles e São Tomás, os quais viam claramente a necessidade de introduzir um termo inicial (D) na cadeia:



-----  
FLUXO TEMPORAL

Aristóteles chamou-o **O Primeiro Motor** e São Tomás concluiu tratar-se de Deus:

"Ora, se eliminarmos a causa, eliminar-se-ão também os efeitos, de modo que não se poderá ter uma causa última, nem uma intermédia, sem ter havido uma causa inicial. Se, pois, não se puser fim à série de causas e não houver, por isso, uma causa primeira, não haverá também causas intermédias e nenhum efeito final, o que seria um erro crasso. Somos assim levados a admitir uma causa primeira, a que todos dão o nome de 'Deus'" (Suma Teológica - citado por Davies, 1988: 47).

A visão aristotélico-tomista é conhecida como o argumento cosmológico que prova a existência de Deus. Kant questionará tal argumento, contrapondo que a existência de um primeiro termo na cadeia de causalidade não é, do ponto de vista lógico, necessária:

"Com efeito, suponha-se que ele [o mundo] tenha um início. Visto que o início é uma existência à qual precede um tempo no qual a coisa não é, deve ter precedido um tempo em que o mundo não era, ou seja, um tempo vazio. Ora, num tempo vazio é impossível o surgimento de qualquer coisa, porque nenhuma parte de um tal tempo possui em si, preferencialmente a outra, uma condição distintiva da existência antes que a do não ser (...)" (Crítica da Razão Pura, v.II, p.53).

A discussão levantada pelo kantismo representa, sem dúvida, um choque para as concepções criacionistas da origem do universo. Entretanto, o problema da causalidade exige que se aprofunde ainda mais a ruptura com as noções do senso comum. É preciso destacar que os juízos kantianos das relações de causa-efeito são ainda juízos positivos: se um corpo qualquer, por exemplo, uma pedra, se torna aquecido quando exposto ao sol, a única conclusão a princípio possível é que "o sol o está aquecendo". Contudo, como dirá Bachelard:

"Só distinguimos um fenômeno por meio de suas diferenciações. Estabelecer a eficácia de uma causa é constatar a ineficácia de muitas causas supostas. Assim, afirmar que o sol esquentava esta pedra é demonstrar:

- 1) que ela não se esquentava sozinha, por atividade substancial;
- 2) que ela não é esquentada por uma outra fonte de calor" (D.D., p.55).

Verificamos, pois, que a proposta bachelardiana - indo além dos juízos positivos de Hume e Kant - introduz a polêmica, quebra a monotonia do óbvio, prepara o progresso do saber:

"É mesmo pelo absoluto da negação que o Princípio de Causalidade recebe seu caráter de necessidade: só se está seguro daquilo que se nega" (ibid).

A negação revela-se, uma vez mais, enquanto instrumento que busca ampliar o domínio do conhecimento humano. Fica aí, portanto, novamente evidenciado todo o potencial construtivo que a Filosofia do Não confere ao espírito científico contemporâneo.

## II.3 - O SABER CIENTÍFICO DEVE VENCER OBSTÁCULOS

### II.3.1 - O Conceito de Obstáculo Epistemológico

Já tivemos oportunidade de mencionar, anteriormente, que o conhecimento científico deve superar certos entraves, os quais Bachelard denomina obstáculos epistemológicos, para poder se desenvolver.

Um obstáculo epistemológico não se caracteriza enquanto barreira estática que, uma vez vencida, passa tão somente a pertencer a um passado distante, a uma pré-história do espírito científico. Ao contrário, por estar enraizado no inconsciente humano, o obstáculo permeia a atividade cognoscente e deve ser constantemente combatido:

"Mesmo no homem novo, restam vestígios do velho homem. O século XVIII mantém, dentro de nós, sua vida surda ; ele pode desgraçadamente reaparecer" (F.E.S., p.7 - TP).

"Como diz Maine de Biran (...), 'os obstáculos da ciência' (e isto é digno de nota), os obstáculos, repito, 'fazem parte da ciência'. Mas uma psicanálise do conhecimento objetivo e racional não poderia ser definitiva: não se supera definitivamente o psicologismo. Se se deve aplicar o racionalismo a um problema novo, os antigos obstáculos à cultura não demoram a se manifestar". (R.A., p.23)

A existência de elementos capazes de prejudicar o conhecimento objetivo, levando-o ao erro, fora também apontada por Bacon, para quem as fontes de ilusão cognitiva ou idola deveriam ser expurgadas. A proposta bachelardiana segue, porém, caminhos diversos pois se caracteriza como uma psicanálise do conhecimento objetivo, ou seja, como processo que não apresenta caráter completo e definitivo. Por outro lado, os conceitos de objetividade em Bacon e Bachelard são por demais distintos para que se possa estabelecer qualquer paralelo mais estreito.

Quando propõe uma psicanálise do conhecimento objetivo, Bachelard utiliza algumas categorias freudianas, como por exemplo as de eu e superego. Entretanto, é preciso frisar que as funções emprestadas a tais categorias são bastante distintas daquelas conferidas pelo psicanalista alemão:

"A psicanálise cultural que tentaremos desenvolver

tem por fim despersonalizar as potências do superego, ou, o que será a mesma coisa, intelectualizar as regras da cultura. Essa despersonalização nos permitirá apresentar ao sujeito meios para reassumir as próprias forças de seu superego em que estão capitalizadas todas as forças do instinto social(...)

Em outros termos, impõe-se contribuir para substituir o superego de formação histórica - contingente e arbitrário - por um superego coerente, um superego aberto à cultura. É preciso, também, que esse superego cultural seja bem nitidamente distinto dos vínculos sociais gerais. Esse superego que aceitamos como juiz deve ser julgado por nós mesmos. (R.A., p.85-86, destaques do autor)

Feitas essas observações preliminares, passemos a comentar os principais obstáculos epistemológicos destacados por Bachelard, ressaltando que o obstáculo substancialista já foi por nós abordado no tópico referente ao Não Substancialismo.



### II.3.2 - O Realismo da Experiência Primeira

Ao longo deste trabalho, fizemos alusão a algumas críticas movidas por Bachelard contra a filosofia realista. Cabe-nos agora explicitar porque o realismo, sobretudo aquele que se apóia nas experiências da vida comum, representa um entrave para o progresso do conhecimento científico.

O realista entende por realidade tudo aquilo cuja presença no universo independe da existência humana. Para ele, quer existamos ou não, o Sol aquecerá e iluminará a Terra, as águas dos rios fluirão para o mar, os vulcões despejarão torrentes de lava, enfim, a matéria que compõe o universo seguirá seu ciclo de transformações completamente alheia ao elemento humano.

Um tal realismo, fundado nas evidências que os sentidos captam do mundo macroscópico, é qualificado por Bachelard de *ingênuo*, na medida em que considera o fenômeno um acontecimento monótono, onde tudo transcorre de acordo com um plano previamente estabelecido pela natureza.

Encastelado num pólo diametralmente oposto, surge também, no campo da filosofia, um idealismo igualmente *ingênuo* que concebe a realidade material como produto das sensações humanas. Esta é, por exemplo, a posição defendida por Berkeley:

"Pois que representam os objetos, senão objetos percebidos por nossos sentidos ? Ora, que percebemos senão nossas idéias e nossas sensações ? E não é simplesmente absurdo crer que combinações de idéias e de sensações possam existir sem serem percebidas ?" (citado por Lefévre, 1983: 57)

Entre os dois extremos há toda uma rede de nuances filosóficas que os defensores ortodoxos de uma e outra corrente não conseguem perceber. Como bem frisa Bachelard, a ciência contemporânea deve rejeitar essas duas metafísicas intuitivas, pois não é mais possível "(...) confrontar um espírito solitário com um universo indiferente. Impõe-se agora colocar-se no centro em que o espírito cognoscente é determinado pelo objeto preciso de seu conhecimento, e onde, em compensação, ele determina com mais precisão sua experiência". (R.A., p.10)

O realismo *ingênuo* ou realismo da *experiência primeira* é um obstáculo bastante enraizado na cultura científica, transformando evidências aparentes em certezas cristalinas. Podemos tomar como exemplo as primeiras teorias astronômicas. O geocentrismo surge do que se apresenta como uma constatação óbvia: a Terra é um corpo imóvel e os astros se movem ao seu redor. Aparente é o repouso terrestre, aparentes são os movimentos do Sol, todavia não é esse o testemunho da experiência primeira ! Os dados concretos e imediatos mostram justamente o contrário... Será preciso, pois, ter a audácia de apostar, como Copérnico, no "absurdo" para poder contradizê-los:

"Assim (...), comecei também eu a especular acerca da mobilidade da Terra. E embora a idéia parecesse absurda, eu sabia que a outros antes de mim fora concedida a liberdade de imaginar os círculos que quisessem para salvar os fenômenos celestes. Pensei, portanto, que também me fosse facilmente permitido experimentar se, uma vez admitido algum movimento da Terra, poderia encontrar demonstrações mais seguras do que as deles a respeito das revoluções dos orbes celestes". (citado por Evora, 1988: 57)

A experiência primeira está, portanto, fortemente apoiada na observação. O testemunho do olhar parece absoluto, o que se vê é sempre tomado como aquilo que realmente acontece. A visão não argumenta, impõe. A ciência da observação é a ciência dos dados, a doce e serena atividade de uma razão acostumada a aceitar de pronto as evidências que a natureza oferece. Será esse, contudo, o caminho mais adequado para o progresso do saber ? Contrapondo-se a tal perspectiva, Bachelard afirma:

"Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada está dado. Tudo é construído".  
(F.E.S. , p.14 - TP)

Ao realismo das observações imediatas, que julga dar um testemunho fiel sobre os fatos, alia-se também o realismo das intuições primeiras. Muitas vezes a razão humana se crê capaz de conhecer determinado evento baseando-se apenas naquilo que atestam suas convicções mais íntimas. Um caso típico, o qual tivemos pessoalmente a oportunidade de constatar, diz respeito ao fenômeno da queda dos corpos. Numa aula em que falávamos sobre a atividade científica, perguntamos aos nossos alunos da primeira série do segundo grau qual dos corpos, uma bola de chumbo ou uma pena de ave, chegaria primeiro ao solo após serem soltos do alto de um edifício. Sem duvidar, eles apontaram a bola de chumbo. Perguntamos, então, se fosse possível repetir a mesma experiência na lua, onde não existe ar, qual dos dois chegaria ao chão primeiro. Novamente a bola de chumbo foi indicada. Quando indagamos a razão, eles estranharam a pergunta, achando-a óbvia: afinal a bola de chumbo é mais pesada !

Verificamos que o tempo de queda estava sendo intuitivamente associado ao peso do corpo. Difícil seria afirmar coisa diferente. Mostramos, então, através de uma experiência simples, como um lápis e um livro, abandonados de uma mesma altura  $h$ , chegavam praticamente juntos ao chão. Interpretando o fenômeno matematicamente, comentamos que o tempo de queda  $t$  independe da

massa do corpo, pois :

$$t = \sqrt{2h/g}$$

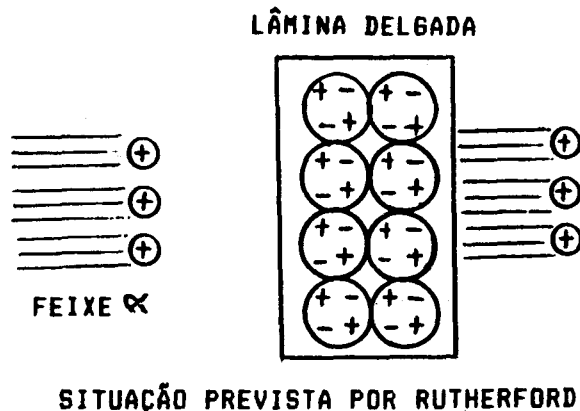
Como  $h$  e  $g$  são constantes, o livro e o lápis, a pena e a bola chegam invariavelmente juntos ao solo desde que nenhum outro fator, como por exemplo a resistência do ar, interfira. Entretanto, o aluno está tão convencido do peso da bola e da leveza da pena que permanece incrédulo quanto à igualdade dos tempos de queda. Isso exemplifica, portanto, em que medida as intuições primeiras são obstáculos para a construção do saber.

Até aqui comentamos como a experiência imediata, quer se apóie na observação, quer na intuição, entrava o conhecimento científico, mesmo no campo em que o realismo se julga soberano: o mundo macroscópico. Todavia, é no domínio do infinitamente pequeno que a filosofia realista se revelará ainda mais inadequada para a compreensão dos eventos.

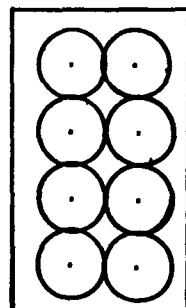
Reportemo-nos, pois, à teoria atômica. Com a descoberta do elétron por Thomson (1897), obteve-se a confirmação de que o átomo não poderia mais ser tomado como o menor constituinte material existente. Tratava-se, então, de discutir sua organização interna. Thomson propôs um modelo no qual o átomo seria uma esfera minúscula, carregada positivamente, em cuja superfície estariam dispostos os elétrons (partículas negativas) de modo a garantir o equilíbrio elétrico. Os vulgarizadores não tardaram a conferir ao modelo um grau de realismo maior do que ele na verdade possuía, visualizando o átomo como um bolo ou pudim de passas (plum pudding) microscópico, imagem da qual ainda muito se servem os livros didáticos:

"Thomson baseado em suas pesquisas propôs em 1898 um primeiro modelo mais detalhado do átomo. Ele supôs que o átomo fosse uma esfera de cargas positivas, na qual os elétrons estivessem espalhados como se fossem passas num pudim".  
(Novais, 1983: 34)

Entre 1907 e 1911, Rutherford - que fora assistente de Thomson - realiza várias experiências, submetendo finas lâminas metálicas (de ouro ou alumínio) à ação de feixes de partículas alfa. Estas, como já se sabia, possuem cargas elétricas positivas. Pela distribuição de massas e cargas prevista pelo modelo de Thomson, as partículas alfa (emitidas a grandes velocidades) deveriam atravessar a lâmina delgada sem problemas, isto é, praticamente não deveriam sofrer desvios de trajetória. A figura seguinte esquematiza a situação previsível:



A experiência, entretanto, revelou que algumas partículas sofriam consideráveis desvios de trajetória, levando a crer que os átomos formadores da lâmina possuíam sítios mássicos e positivos circundados por regiões de baixíssima densidade mássica, nas quais estariam dispostos os elétrons:



. SÍTIO MÁSSICO

Deste modo, as partículas que fossem de encontro a um sítio mássico positivo sofreriam grandes desvios ; as que passassem pela região de baixa densidade mássica e carga elétrica negativa praticamente não se desviariam.

Os resultados surpreenderam a comunidade científica e o próprio Rutherford, anos mais tarde, afirmaria:

"Foi de fato o mais incrível evento que ocorreu para mim em toda a vida. Foi quase tão incrível como se você atirasse uma granada de quinze polegadas contra uma folha de papel de seda e ela retornasse e o atingisse". (citado por Trifonov & Petryanov, 1984: 44 - TP)

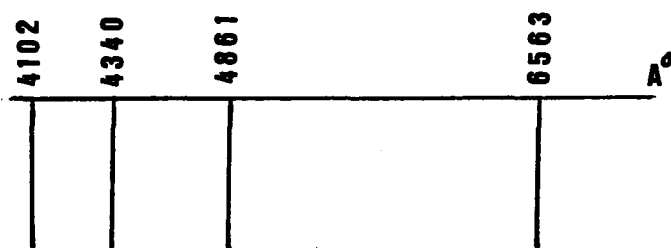
A partir daí, Rutherford construiu um modelo que propunha serem os átomos constituídos por núcleos maciços e positivos, ao redor dos quais girariam os elétrons. O modelo explicativo rutherfordiano é também vulgarizado e o realista se regala de proclamar aos quatro ventos que o coração da matéria é um sistema solar em miniatura... A sedução é tão forte que alguns autores de livros didáticos, como por exemplo Lembo & Sardella (1987: 128), não vacilam em usar o subtítulo modelo interplanetário de Rutherford para introduzir o tema.

Mas o sistema solar microscópico não tardaria a oferecer problemas, pois, conforme assinala Heisenberg (1987: 33) "percebia-se (...) repetidamente que a tentativa de descrever os fenômenos atômicos dentro dos conceitos da física tradicional, conduzia a contradições". Nos meios científicos a discussão não se trava ao nível dos pudins de passas ou dos microsistemas solares, mas sim no âmbito da validade de se utilizar um tratamento clássico (elétrico-mecânico) para explicar os complexos fenômenos do micromundo.

Bohr é o primeiro a romper com a física clássica, postulando que o elétron, quando permanece numa órbita estacionária, não perde nem ganha energia. Por outro lado, as órbitas de Bohr, aplicadas ao átomo de hidrogênio, revelam mais um compromisso matemático que uma imagem realista. Aliás, como diz Bachelard:

"A física matemática de Bohr prescreve, como sabemos, fixar como órbitas possíveis do elétron que gira ao redor do núcleo de hidrogênio, apenas órbitas separadas. Tal separação envolve uma razão matemática clara e nítida, porque é ela que fornece a explicação da fórmula do espectro de Balmer". (A.R., p.68 - TP)

A descontinuidade das linhas espectrais do hidrogênio, ou seja, o espectro de raias revelado pela luz emitida por esse elemento, mostra que existem estados energéticos definidos para o elétron, aos quais estão associadas radiações de comprimentos de onda característicos:



A SÉRIE DE BALMER PARA O H

As linhas espectrais obedecem à relação matemática:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left[ \left( \frac{1}{2} \right)^2 - \left( \frac{1}{n} \right)^2 \right]$$

onde  $\lambda$  é o comprimento de onda da radiação, R uma constante (6) e n um número inteiro. Foi justamente esse número inteiro que Bohr relacionou às órbitas estacionárias, as quais aparecem, portanto, como expressão verbal de um parâmetro matemático.

O modelo de Bohr não é, como sabemos, o ponto final da teoria atômica. Inúmeras questões ainda permaneceram em aberto e somente a interpretação quântica, rompendo com o determinismo da localização geométrica e com o dogma da não interferência do observador sobre o objeto de estudo, pôde retirar-lhes a conotação de paradoxos insolúveis. O átomo quântico não admite, por conseguinte, representações próximas ao senso comum, deixando o realista atônito. Descrevê-lo, abrindo mão das complexas funções matemáticas que o caracterizam, significa mergulhar num mundo nebuloso, num reino de trevas onde os fantasmas da imaginação alimentam toda a sorte de fantasias sobre a natureza da matéria. É preciso promover, como salienta Bachelard, a inversão da perspectiva realista, pois, no mundo do infinitamente pequeno,

"(...) não é mais a coisa que nos poderá instruir diretamente, como proclamava a fé empírica. Não aumentaremos o conhecimento acerca de um objeto ultramicroscópico isolando-o (...). Tomado em seu papel físico, ele é antes um meio de análise que um objeto para o conhecimento empírico. É um pretexto para o pensamento, não um mundo a explorar".  
(Noumène et Micropysique. in: Etudes, p.13 - TP)

A microfísica é, sem dúvida, um campo em que o filósofo realista se sente pouco à vontade, pois não pode manipular o átomo como manipula uma pedra, não pode aprisionar o fenômeno sem cercear a liberdade de seu próprio espírito:

"Freqüentemente, o filósofo que reclama o caráter concreto de sua experiência não se dá conta de que as primeiras caracterizações do real não passam de pobres abstrações. A impressão concreta primeira é finalmente uma prisão, uma prisão estreita onde o espírito perde sua liberdade, onde a experiência se priva da extensão necessária ao conhecimento acurado da realidade". (M.R., p.15 -TP)

O realismo se caracteriza, portanto, enquanto obstáculo epistemológico não só por impedir o refinamento do saber, como por gerar conceitos falsos que impedem o livre desenvolvimento do espírito científico, habituando-o ao comodismo das crenças ingênuas e à simplicidade das imagens grosseiras.

### II.3.3 - A Generalidade e o Conhecimento Comum

Descobrir princípios gerais que possam explicar o maior número possível de fenômenos tem sido, ao longo dos séculos, uma espécie de destino a cumprir. Vimos, no tópico referente ao positivismo, como, para Comte, estabelecer leis gerais que pudessem dar conta dos eventos físicos, biológicos e sociais representava o objetivo maior e a plena consagração do espírito positivo.

Mais que uma necessidade inerente ao próprio desenvolvimento científico, a busca da generalidade se constituiu em profissão de fé filosófica e, como tal, adquiriu destaque entre os mais diversos pensadores e homens de ciência:

"Duvi quando os filósofos falam da ciência entre si. Tereis logo a impressão que E. Mach não dispensou a malícia quando - à afirmação de W. James: 'todo sábio tem sua filosofia' - opôs a comprovação recíproca: 'todo filósofo tem sua própria ciência'. Com mais gosto ainda, diríamos: a filosofia tem uma ciência que lhe é própria, a ciência da generalidade". (F.E.S., p.55 - TP)

Seguindo o curso da crítica bachelardiana, é preciso ressaltar que, ao invés de contribuir para o avanço do saber, o culto à generalidade pode embotar o pensamento por prender-se a soluções fáceis, desprovidas de maior rigor investigativo:

"As filosofias mais ingênuas se cobrem de generalidades que as colocam ao abrigo das exigências da prova. Não se tem razão em cada exemplo preciso e se crê tê-la na lei que se extrai inconscientemente de fatos mal definidos. Postula-se uma lei clara sobre uma experiência confusa, um pensamento científico sobre experiências ingênuas". (M.R., p.69 - TP)

Verificamos que o apelo cego e imediato à generalidade se configura em obstáculo epistemológico a ser vencido pelo espírito científico no processo de construção do conhecimento. Naturalmente, quanto menor é a base racional da ciência e mais rudimentar a técnica experimental utilizada, mais forte é a tendência em se fazer generalizações precipitadas. O espírito pré-científico dos séculos XVII e XVIII mostrou-se particularmente pródigo em patrocinar procedimentos desse tipo. A



eletricidade, por exemplo, conquistou facilmente um lugar privilegiado no panteão da universalidade. Quer fosse pela capacidade ímpar do bastão de âmbar em atrair pedacinhos de papel quando atritado, pela pujança dos relâmpagos em cortar os céus e aterrorizar as almas tementes ao desconhecido ou pela sedutora distribuição de beijos que davam pequenos choques (7), o fluido elétrico seria caracterizado como um princípio onipresente:

"A eletricidade sopra por uma ponta [terminal] como um homem sopra por um tubo. O 'vento elétrico', como se dizia então, é um dos fenômenos que parecem designar uma atividade global (...). Assim, cosmologia elétrica, biologia elétrica, física elétrica se misturam numa história natural da eletricidade. Se adiantam intuições gerais que põem o fluido elétrico na raiz de todos os fenômenos da natureza". (A.R., p.94-95 - TP)

Reportando-nos ainda ao século XVII, encontramos nas tábuas baconianas fartos exemplos de generalizações mal feitas, com as quais se pretendia relacionar os eventos mais diversos. Se a crença na generalidade não tivesse alimentado seu pensamento filosófico, Bacon por certo não teria buscado estabelecer, numa tábua de presença, paralelos entre o tepor do esterco recente de cavalo e o aquecimento produzido pelos raios solares...

Com base numa visão histórica recorrente, podemos então perguntar: em que a reunião de fatos tão díspares contribuiu para um estudo criterioso do calor? Ao contrário, não teria ela gerado grandes confusões, obstaculizando, assim, o caminho do espírito cognoscente?

Testemunhando "a influência nefasta do baconismo com 150 anos de intervalo", Bachelard nos mostra como o abade Bertholon (1786) desenvolveu uma "teoria elétrica do temperamento", tendo por base uma tábua de tipo baconiano:

"O temperamento de Milton resplandescia desde o mês de setembro até o equinócio de primavera, período no qual a eletricidade do ar é mais abundante e mais contínua, enquanto que, no resto do ano, já não mais se encontrava Milton nem em Milton mesmo". (F.E.S, p.59-60 - TP)

Poder-se-ia objetar que se as conclusões tiradas por investigadores do porte de um abade Bertholon, que não foi nenhuma celebridade científica, nada representaram para o avanço da ciência, também não chegaram a prejudicá-lo. É preciso lembrar, porém, que esses autores - aos quais Bachelard se

reporta como sendo de "segundo escalão" - eram geralmente professores e escreviam a maioria dos livros de ciência da época. O abade Bertholon, por exemplo, lecionava física experimental nos Estados Gerais do Languedoc além de ser membro de várias Academias científicas, tanto na França como no estrangeiro.

Isso revela, portanto, que a influência desses homens não pode ser menosprezada pelo fato de não terem sido célebres como Newton ou Lavoisier. Mesmo "obscuros" e ausentes das enciclopédias ilustradas, contribuíram de modo decisivo para a formação da mentalidade científica.

A ciência contemporânea, recusando a simplicidade e o marasmo com que as leis gerais entorpecem o espírito, busca, ao contrário, diversificar a experiência, deixando sempre aberto o questionamento a todo saber que se pretenda definitiva e irreversivelmente consolidado. Sublinhemos, novamente, o caso típico da lei newtoniana da gravitação: outrora reverenciada pelo positivismo como princípio de máxima generalidade, se mostra, hoje, após o advento do relativismo einsteiniano, rigorosamente aplicável apenas em determinadas circunstâncias.

Se, por um lado, o culto à generalidade é um obstáculo epistemológico, a crença de que o conhecimento científico representa uma versão elaborada do conhecimento comum também se constitui enquanto tal. É sempre oportuno lembrar que Comte considerava a sabedoria vulgar o patamar do qual o espírito deve partir para chegar ao estado positivo:

"Desse modo (...), as sãs especulações filosóficas devem sempre tomar emprestado à razão comum suas noções iniciais, para lhes fazer adquirir, graças à elaboração sistemática, um grau de generalidade e de consistência que não poderiam obter espontaneamente". (Discurso Sobre o Espírito Positivo, p.63)

A existência de uma ligação orgânica entre o saber comum e o saber científico é postulada por muitos cientistas e filósofos. Kneller (1980: 119) assinala que Planck não considerava a existência de diferenças de fundo entre o raciocínio científico e o pensamento comum. Para ele o segundo era apenas um refinamento do primeiro, tal como um exame ao microscópio se revela mais preciso que um outro feito a olho nu. Também o filósofo e educador brasileiro Rubem Alves (1983: 14) manifesta concordância com esse ponto de vista ao afirmar que a ciência "não é uma forma de conhecimento diferente do senso comum. Não é um novo órgão. Apenas uma especialização de certos órgãos e um controle disciplinado do seu uso".

O princípio filosófico que permeia tal convicção é o continuísmo, ou seja, a crença de que o conhecimento humano se desenvolve harmonicamente, sem cortes ou rupturas de vulto. É justamente contra tal visão continuísta que Bachelard se opõe. Em vários de seus trabalhos epistemológicos é feita uma crítica

severa à visão de que o conhecimento científico representa um estágio mais aprimorado do conhecimento cotidiano.

Sendo um processo de construções racionais mediadas pela técnica, a ciência exige que as primeiras intuições e imagens formadas por nós acerca do mundo - geralmente apoiadas em fortes convicções realistas - sejam abandonadas. Não se trata de lapidar um conhecimento tosco para transformá-lo em "diamante", mas de alterar profundamente a estrutura do próprio ato de conhecer. A ruptura com o pensar corriqueiro, com as certezas evidentes do dia a dia é condição indispensável para levar o espírito ao questionamento, mola mestra da evolução de todo esforço cognoscente:

"(...) enraizado nos valores elementares o conhecimento vulgar não pode evoluir. Não pode deixar o seu primeiro empirismo. Tem sempre mais respostas que questões. Ele responde a tudo."  
(R.A., p.127)

No curso da história das ciências, numerosas situações demonstram o quanto o conhecimento comum pode entravar o conhecimento científico. Bachelard nos cita, por exemplo, as pesquisas de Priestley com o bom ar e com o ar viciado (que hoje sabemos ser, respectivamente, oxigênio e gás carbônico). O primeiro fora assim denominado por ser próprio para a respiração, enquanto o segundo era irrespirável. Priestley sabia que o bom ar era exalado pelas plantas e o outro podia ser obtido após a morte de cobaias colocadas em recipientes fechados. Com o intuito de "melhorar" o ar contido em tais recipientes, ele usou o ar exalado pela menta. Fica patente aí um juízo de valor bem próprio do senso comum: a menta, por possuir odor agradável, deveria purificar o ar viciado.

Uma vez realizada a experiência, constatou-se a melhoria da qualidade do ar, fato capaz de levar a crer que os eflúvios aromáticos dos vegetais tinham a propriedade de transformar o ar viciado em ar bom. Todavia, quando ao invés de ar de menta se utilizava o ar de tasneirinha (erva daninha de odor desagradável), o ar infectado pelos animais mortos era igualmente purificado. Segundo Bachelard, a constatação a que chegamos é bastante clara:

"A oposição do ar bom ao ar viciado não pode dar uma classificação química profunda e durável. Os falsos problemas, segundo tal divisão, apresentam-se a cada passo. Mesmo que o pesquisador tenha um germe de idéias sãs, não pode determinar o crescimento delas". (ibid, p.130-131)

De fato, o julgamento da qualidade do ar não se mostrou um critério eficiente para fazer avançar os estudos acerca das propriedades químicas dos gases. É Lavoisier e não Priestley (ferrenho defensor da teoria flogística) quem reconhece no bom ar ou ar desflogisticado um gás de características bem definidas, dando-lhe o nome de oxigênio devido à faculdade de formar diferentes óxidos. Poder-se-ia argumentar que foi Priestley o primeiro a lidar com o fato científico, ou seja, a descobrir o oxigênio. Entretanto, que alcance epistemológico, que progresso de conhecimento representaria uma tal "descoberta" ? A esse respeito, Bachelard salienta:

"Diz-se, de bom grado, que os antigos poderiam ter se enganado quanto à interpretação dos fatos, mas que, pelo menos, teriam visto - e visto bem - os fatos. Ora, para que um fato seja definido e preciso é necessário um mínimo de interpretação. Se esta interpretação mínima corresponde a um erro fundamental, que resta do fato ?" (F.E.S., p.44 - TP)

Se a construção do saber científico pressupõe um rompimento claro com o conhecimento comum, por quê a maioria dos filósofos e cientistas defende com tanta obstinação a tese da evolução contínua e gradual ? Por quê, para eles, é tão confortável ver numa atividade o prolongamento necessário e natural da outra ?

Bachelard nos fornece algumas razões para isso. Em primeiro lugar, o continuísmo do saber é defendido porque a formação histórica da cultura humana é vista enquanto processo contínuo: "já que se faz um relato contínuo dos eventos, se crê facilmente revivê-los na continuidade do tempo, conferindo-se insensivelmente a toda história a unidade e a continuidade de um livro" (M.R., p.209 -TP).

Em segundo lugar, como no decorrer da história das ciências os progressos do saber foram, via de regra, processos muito lentos, o fio invisível do continuísmo parece ligar o modo de pensar das diferentes épocas: "(...) como a ciência abandona lentamente o corpo de conhecimentos comuns, acredita-se possuir a certeza definitiva da continuidade entre o saber comum e o saber científico" (ibid, p.210).

Em terceiro lugar existe o argumento pedagógico: o saber acumulado pelo homem a partir das experiências cotidianas e paulatinamente aprimorado permite passar a idéia de que a ciência é uma atividade elementar, onde tudo é muito simples e fácil. Julga-se, assim, ser possível despertar o gosto do estudante, quebrar os mitos, aproximar o cientista do homem comum.

A nosso ver os três fatores apontados acima têm, como pano de fundo, a perspectiva de acomodar o espírito cognoscente numa racionalidade passiva que crê ser o mundo um mistério a desvendar e não um projeto a construir. Ao negar a turbulência ensejada

pelas rupturas epistemológicas, o continuísmo pensa fazer da práxis científica um processo de serena convergência intelectual. Crê enaltece-la quando na verdade a embota. Sem a polêmica, a consciência se converte em mera aquiescência, o conhecimento em reconhecimento de verdades absolutas estabelecidas para todo o sempre. Por isso, concordamos com Santos (1989: 32) quando afirma:

"O senso comum é um 'conhecimento' evidente que pensa o que existe tal como existe e cuja função é a de reconciliar a todo custo a consciência comum consigo mesma. É, pois, um pensamento necessariamente conservador e fixista. A ciência, para se constituir, tem de romper com essas evidências e com o 'código de leitura' do real que elas constituem (...)"

É importante frisar, porém, que quando defendemos a tese da ruptura entre conhecimento científico e conhecimento comum, buscamos, tal como Bachelard, realizar um julgamento de cunho epistêmico, isto é, criticar o saber cotidiano enquanto obstáculo ao desenvolvimento do saber científico. Não estamos querendo com isso valorizar o cientista frente ao homem comum nem dizer que todo o pensamento humano deve estar subordinado ao pensamento científico. Assim como não é preciso calcular, por meio de equações cinemáticas, a trajetória dos veículos para atravessar a rua, ninguém deve achar ser possível compreender as complexas interações atômico-moleculares a partir do choque entre duas bolas de bilhar.

#### II.3.4 - O Animismo e a Linguagem Também são Obstáculos

O termo latino *animia* significa alma, princípio que desde os tempos mais remotos da cultura humana é associado à vida. Filosoficamente, o animismo representa a tendência em atribuir vida a todos os corpos da natureza, tornando-a uma propriedade generalizada, a qual, segundo assinala Bachelard, se apóia "numa simpatia obscura que une todos os seres do universo" (F.E.S., p.155 - TP). Para o animista, portanto, a vida é uma palavra mágica, espécie de fluido universal presente em tudo que existe:

"(...) em 1787, um médico de Bordeaux, Deséze, atribui sem precaução os fenômenos mais diversos 'a uma substância viva (e que) circula através de toda a natureza', mais ou menos como a substância ígnea da qual havia falado Buffon. Entretanto, este último via em sua substância ígnea apenas uma capacidade essencial para gerar a vida; não lhe atribua a vida propriamente dita. Em contrapartida, Deséze pretende que uma substância viva por si mesma, exercendo sua propriedade em maior ou menor grau conforme os organismos em que atua, circule em toda a natureza, como a substância do fogo, como o calórico". (ibid, p.153 - TP)

Já discutimos como o espírito pré-científico dos séculos XVII e XVIII empregava amplamente a idéia de fluido para explicar os mais variados fenômenos. Somando a isso a forte tendência às generalizações precipitadas, compreendemos bem porque a crença de que a vida é um sopro onipresente adquire com facilidade o estatuto de conhecimento científico. Assim, não é de espantar que as mais exóticas teorias, tais como as de nutrição e reprodução mineral, se multipliquem nas academias e ganhem destaque nas publicações de ciência da época. Veja-se, por exemplo, o que reportam Robinet e Hecquet (8):

"Os minerais têm todos os órgãos e todas as faculdades necessárias à sua conservação, isto é, à sua nutrição. Não possuem a faculdade locomotora, a exemplo das plantas e de alguns animais providos de concha, como a ostra (...). Isso, porque não têm necessidade dela para ir buscar o alimento, que vem ao seu encontro". (ibid, p.159 - TP)

"Os minerais crescem e renascem à maneira das plantas, pois se os galhos destas geram raízes, os

restos de pedras ou diamantes talhados, uma vez enterrados, reproduzem outros diamantes e pedras no fim de alguns anos". (ibid, p.158 - TP)

No curso do século XIX, o desenvolvimento das ciências físicas e químicas leva o espírito científico a abandonar esse animismo ingênuo. Sendo crítico implacável da metafísica, o positivismo de Auguste Comte irá bater-se contra tais concepções, buscando, inclusive, retirar dos fenômenos vitais o caráter mágico-religioso:

"Com respeito, sobretudo, aos fenômenos vitais, não só o conhecimento dos elementos a partir dos quais a substância dos corpos vivos é formada, mas o conjunto do exame químico de suas principais funções - ainda que seja um tanto grosseiro - têm permitido revelar, perante a todos, a evidência acerca do princípio geral de economia presente na natureza viva, demonstrando que não pode haver matéria orgânica radicalmente heterogênea à inorgânica, e que as transformações vitais são subordinadas, como todas as outras, às leis universais dos fenômenos químicos". (Cours de Philosophie Positive, tome III, p.49 - TP)

Embora promova uma desmistificação da vida e suas manifestações, o positivismo mantém o biológico num grau de complexidade superior ao físico. Lembremos que na hierarquia comtiana, o estudo da fisiologia pressupõe o domínio prévio da matemática, astronomia, física e química. A vida é agora valorizada não mais por sua essência metafísica, mas pela complexidade maior que a filosofia positiva deseja conferir aos fenômenos a ela relacionados. Será absolutamente necessário, porém, considerar os fenômenos biológicos mais complexos que os químicos ? Reportando-se a um pensamento de Gerhardt (9), segundo o qual os "corpos químicos provêm de seres dessemelhantes", Bachelard inverte a perspectiva comtiana, assinalando:

"Os corpos vivos têm um destino mais monótono [ que os corpos não vivos ]: eles se reproduzem. Não podem dar senão origem a seres semelhantes a si mesmos. Não seguem senão uma química parcial, muito menos variada que a química racionalista (10) do químico contemporâneo". (M.R., p.33 - TP)

E' preciso ressaltar que o julgamento bachelardiano é estritamente epistemológico, não implicando em qualquer tipo de menosprezo pela vida ou pelas atividades a ela ligadas. A inversão tem, outrossim, o objetivo claro de abrir o pensamento, suscitar a polêmica e assim permitir um combate constante às mais diversas manifestações do animismo. Aliás, por se achar profundamente enraizado no inconsciente, o obstáculo animista aflora com frequência maior do que a princípio se poderia supor. Veja-se, por exemplo, a infeliz comparação feita pela educadora Maria Montessori acerca da dissolução de uma pedra quando em contato com a água que absorveu gás carbônico:

"A água é pois ativa, gulosa, capaz de conter uma enorme quantidade desse gás do qual está ávida e que é seu colaborador nesta importante tarefa de devorar a pedra". (citada por Bachelard: M.R., p.30 - TP)

O ensino é seguramente o elo mais fraco da cadeia científica, constituindo-se em terreno fértil para a proliferação dos obstáculos epistemológicos. Na tentativa de tornar determinados conceitos mais fáceis de serem assimilados pelo estudante, criam-se, na verdade, barreiras cuja superação é muito difícil. No próximo capítulo discutiremos melhor essa questão, já que abordaremos o problema das simplificações conceituais e das imagens impróprias (metáforas, segundo a designação bachelardiana). Entrementes, com o objetivo de ressaltar a influência nefasta do obstáculo animista, nos limitaremos a comentar por ora um caso bem típico, o do conceito de valência.

Com o avanço da química, sobretudo a partir da segunda metade do século passado, discute-se muito a questão das combinações entre os átomos, sendo a valência geralmente tomada como a capacidade dos elementos em se ligarem entre si. Kekulé, por exemplo, estabeleceu o postulado da tetravalência do carbono após ter estudado compostos como o metano ( $\text{CH}_4$ ) em que se pode facilmente verificar que um átomo de carbono se liga a quatro de hidrogênio. Desde então, a valência é encarada como atributo natural e inalienável do elemento, o qual a vulgarização científica concretiza num "fraternal aperto de mãos entre átomos". Vejamos como Freeman (1968: 32) passa o conceito num livro de divulgação destinado ao público juvenil:

"O átomo de hidrogênio tem a valência 1, o que significa que ele só tem uma única mão (...). O sódio e o cloro são ambos átomos 'de uma só mão'. Podem formar cloreto de sódio,  $\text{NaCl}$ , no qual um átomo de sódio se combina com um de cloro (...). Pouquíssimos elementos, tais como o hélio e o néon

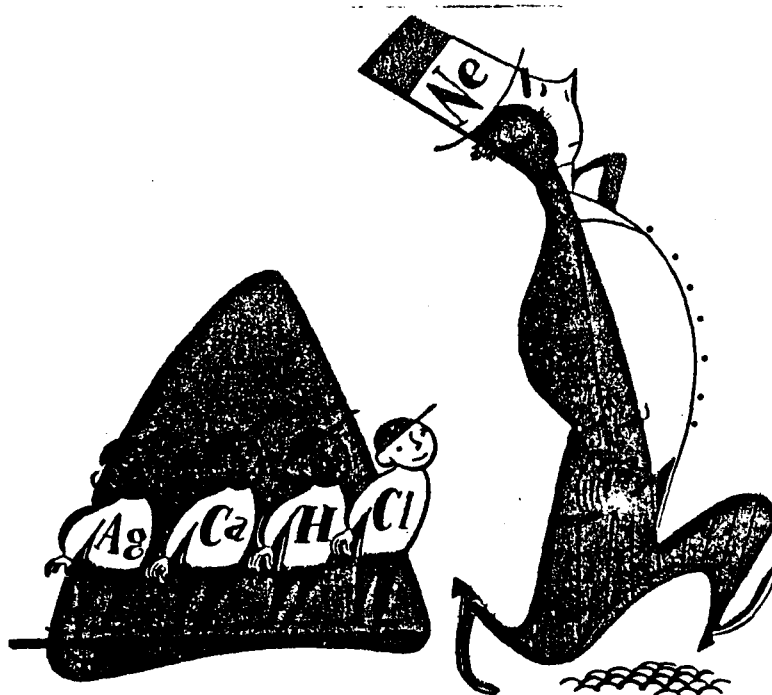


dizem 'não me toque' a todos os outros átomos. Eles têm valência zero, e não se combinam com coisa alguma".

Sem entrar no mérito de que a valência não é uma propriedade *a priori*, mas fruto da relação entre átomos ( voltaremos adiante a isso), fixemo-nos na imagem animista. O autor não acredita, evidentemente, nessa construção grosseira, como aliás salienta em seguida (11), todavia crê ser ela o modo mais prático de tratar a questão, tanto que ilustra com destaque a formação do metano e a "resistência" do néon em formar compostos:



A FORMAÇÃO DO METANO



Um átomo de néon diz "não me toque!" a todos os outros átomos.

A RESISTÊNCIA DO NEON

A força das imagens é tal que dispensa maiores comentários. Será preciso insistir ainda sobre o quanto o apelo surdo às ilusões animistas do inconsciente entorpece o espírito em vez de despertá-lo para a atividade cognoscente?

Invariavelmente, os obstáculos são tão mais difíceis de serem vencidos quanto maior "naturalidade" aparentam ter. Quanto mais forte a ligação com o senso comum, mais penosa é a ruptura... Este é também o caso dos obstáculos relativos à linguagem.

Um obstáculo verbal se constitui numa caracterização imprópria do conceito científico e geralmente tem origem nos hábitos desenvolvidos pelo linguajar comum. Assim, por exemplo, quando alguém associa os cometas a bolas de fogo, certamente duvidará que a incandescência provém da queima de material congelado (água, amônia e metano) provocada pela aproximação do núcleo cometário em relação ao Sol. Sagan (1982: 80) nos conta que quando em 1957 era estudante do observatório de Ierkes (Chicago), atendeu, certa noite, a um chamado telefônico no qual era feita alusão a um estranho fenômeno celeste. Sabendo que havia no céu um cometa visível, o jovem astrônomo reportou-se a ele, acrescentando: "um cometa é uma bola de neve com uma milha de extensão". Após uma breve pausa, seu interlocutor retrucou: "deixe-me falar com um astrônomo de verdade..."

Conforme já destacamos, o saber científico não progride pelo aperfeiçoamento gradual do conhecimento cotidiano, mas rompendo com este. Desse modo, como bem assinala Bulcão (1981: 50-51):

"(...) faz-se necessário que a linguagem também se 'retifique' a fim de se tornar adequada à ciência contemporânea. Sendo mais lento o processo de renovação da linguagem do que da ciência, surgem muitas vezes palavras que em lugar de expressarem os fenômenos vão ser obstáculos à explicação científica".

Um caso típico de obstáculo verbal é analisado por Bachelard na *Formação do Espírito Científico* e diz respeito ao uso indiscriminado da palavra *esponja* como objeto explicativo. Desta feita, não encontraremos referências apenas a autores de segundo escalão: importantes cientistas como Franklin e Reaumur atestam claramente a relevância dada aos raciocínios desenvolvidos a partir de tal recurso de linguagem. Para o primeiro, a matéria funcionaria como espécie de *esponja* capaz de absorver o fluido elétrico. Assim como uma esponja comum tem poros através dos quais as partículas de água penetram, a matéria apresentaria uma porosidade tal que lhe possibilitaria manter-se *embebida* pelo fluido elétrico. A esponja é tomada, então, como destaca Bachelard, enquanto "verdadeira categoria empírica" (p.76 - TP).

Reaumur, por seu turno, apoiado no modelo explicativo da esponja, contesta a teoria da dissolução dos gases em água proposta por Mariotte. No seu entender, como o ar apresentava a

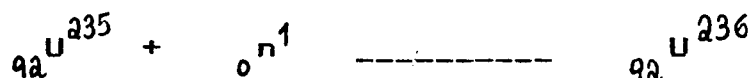
estrutura de um corpo esponjoso, seria a água a substância que penetraria em seu interior, embebendo-o por completo. Tal caso, aliás, revela claramente como uma teoria errônea pode bloquear raciocínios corretos, evidenciando bem o papel cumprido pelo obstáculo verbal.

Outro aspecto a ser realçado é o de que os obstáculos relativos à linguagem reforçam a crença nas explicações imediatas: da palavra ao fato a ligação é contínua, o que se diz ser ganha o estatuto daquilo que é. Descartes, por exemplo, não via razões para se buscar explicar a natureza rarefeita de um corpo a partir de propriedades distintas do seu caráter esponjoso. Isso denota a forte convicção de que a atividade cognoscente deve sempre partir de princípios simples e gerais. Como diz Bachelard:

"A confiança de Descartes na clareza da imagem da esponja é muito sintomática da impotência em instalar a dúvida ao nível dos detalhes do conhecimento objetivo, em desenvolver uma dúvida discursiva que desarticulasse todas as ligações do real, todos os ângulos das imagens. A dúvida geral é mais fácil que a dúvida particular". (F.E.S., p.79 - TP)

A ciência é uma atividade que precisa trabalhar constantemente a linguagem utilizada. Inúmeras vezes, sobretudo no campo da microfísica, muitas palavras são esvaziadas de seu conteúdo semântico tradicional e empregadas com fins determinados. Segundo Bachelard, "a linguagem científica se acha em estado de revolução semântica permanente" (M.R., p.215 - TP), o que requer do epistemólogo uma atenção especial a fim de evitar apreensões inadequadas. Um termo mal interpretado se converte, sem sombra de dúvida, num obstáculo verbal.

Com o avanço da física de partículas e o estudo mais detalhado do núcleo atômico, muitos termos convencionais foram sendo esvaziados de seus conteúdos semânticos originais de forma a servir como meio de expressar os novos fenômenos. Uma nova linguagem foi progressivamente desenvolvida com as velhas palavras. Bachelard destaca, por exemplo, a utilização da expressão temperatura do núcleo atômico, a qual, evidentemente, não se refere a nenhuma medição termométrica. Quando se diz que a temperatura de um núcleo aumentou, quer-se indicar a elevação da energia interna, possivelmente pela entrada de mais um núcleon:



Como sabemos, o isótopo 236 do urânio não suporta esse "aumento de temperatura" e sofre fissão, dando origem a outros elementos e a notáveis quantidades de energia, caracterizando uma

explosão nuclear.

Mais recentemente, os físicos quânticos se valeram das expressões **sabor** e **cor** para melhor representar as combinações entre os quarks na constituição dos núcleons. Assim, admite-se que um próton é formado pela associação de dois quarks de **sabor** **u** (do inglês **up**) e um de **sabor** **d** (**down**). Já um **neutron** é constituído por dois quarks **d** e um **u**. Essa designação permitiu aos cientistas explicar certas diferenças entre prótons e neutrons, todavia, conforme assinalam Mignaco e Shellard (1984: 45), foi necessário refinar ainda mais a linguagem para poder compreender melhor os complexos fenômenos intranucleares:

"(...) se os quarks estão associados às interações fortes (12), eles devem ter alguma qualidade que seja sensível a esta interação. A descoberta desta qualidade demorou muito tempo, sendo identificada apenas em 1973 e batizada com o termo **cor** (que não tem nada a ver com as cores do arco-íris ou do espectro de radiação, e é apenas uma terminologia usada para designar os diferentes estados que um **sabor** de quark pode assumir)".

Observa-se que entre o **sabor** (sensação fisiológica) e o "**sabor**" quarkiano há uma nítida descontinuidade de pensamento ou ruptura epistemológica. Longe de representarem apenas um recurso gráfico, as aspas ou o reforço em **negrito** adquirem, segundo Bachelard, uma conotação bem mais profunda:

"O termo entre aspas realça o tom. Ele coloca o tom científico acima da linguagem comum. A partir do momento em que uma palavra da língua antiga é colocada entre aspas pelo pensamento científico, ela se torna o sinal de uma mudança de método de conhecimento que toca um novo domínio da experiência. Podemos bem dizer que do ponto de vista epistemológico, é o indício de uma ruptura, de uma descontinuidade de sentido, de uma reforma do saber". (M.R., p.216-217 - TP)

Há, portanto, diferenças significativas entre o emprego, pela ciência de ponta, de palavras cujo conteúdo semântico foi intencionalmente alterado e a má utilização da linguagem, caracterizando um obstáculo verbal. Veremos a seguir, que essa mesma ciência, pautada numa racionalidade capaz de traçar com clareza os eixos da investigação, prepara progressivamente as condições de superação desses obstáculos epistemológicos

cristalizados na cultura. Entretanto, isso não nos exime da tarefa de efetuar constantemente, conforme dissemos, uma psicanálise do conhecimento objetivo, pois o obstáculo - é sempre bom frisar - não é um "tumor que se extirpa pela cirurgia", mas um mal sempre passível de embotar o espírito cognoscente.

## II.4 - A CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA REQUER UM RACIONALISMO APLICADO

### II.4.1 - Crítica à Razão Monista e à Unicidade do Método

A existência de uma razão única, universal e estável há muito tem sido postulada pela metafísica ocidental. Desde Parmênides - que em seu célebre poema *Sobre a Natureza* invocava a clara e acolhedora morada da deusa Razão - as mais diversas filosofias têm buscado, em diferentes épocas e por diferentes meios, levar o homem ao conhecimento da Verdade. Perelman (1979) salienta que o objetivo das filosofias monistas tem sido sempre reduzir o pluralismo das opiniões, impondo uma verdade única alicerçada na razão divina, fonte de toda justiça e sabedoria e da qual a razão humana seria tão somente um reflexo.

Como vimos no capítulo anterior, o racionalismo cartesiano era uma filosofia de natureza monista, tendo Deus - ser de suprema generosidade e perfeição - como garantia da verdade. O empirismo, por seu turno, mesmo advogando a supremacia da experiência sobre a razão humana, admitia a existência de uma ordem universal, fruto da vontade e da inteligência divinas. Na *Investigação*, Hume deixa isso bem claro quando afirma que sobre nossas ações atua sempre "o Criador do Mundo", a quem atribui o poder de ter posto em movimento pela primeira vez o universo. No aforismo 70 do *Novum Organum*, Bacon não dispensa o comentário de que para se achar o verdadeiro caminho da experiência é de bom alvitre "tomar como exemplo a sabedoria e a ordem divinas", pois o criador dedicou um dia inteiro à criação da luz, só iniciando qualquer outra obra material no segundo dia...

Por condenar a metafísica, o positivismo comtiano não poderia atribuir ao divino a garantia da razão absoluta. Entretanto, nem por isso seu caráter monista deixa de ficar evidenciado, já que se não é uma entidade metafísica a detentora de toda a verdade, esta última será alcançada, tanto quanto puder ser, pelo espírito positivo.

Não é de estranhar, portanto, que a ciência clássica, tendo florescido sob a influência dos monismos, tenha construído um padrão de racionalidade estático e universalizante.

Tal racionalismo permanece fechado em si mesmo, não dialoga e conseqüentemente não evolui, podendo aproximar-se do solipsismo (13) ou fazer coro ao realismo vulgar. No primeiro caso, a consciência se torna, como bem assinala Lefébvre (1987: 60), "uma mônada consciente apenas de si", convertendo tudo que existe numa simples extensão do eu pensante. No segundo, a razão pretende encarnar os princípios de organização da realidade, refletindo o chamado consenso universal, o que a leva a adquirir, de acordo com Bachelard, caráter fixista:

"Esse racionalismo fixista formula as condições de um consenso dos homens de todos os países e de todos os tempos diante de qualquer que seja a

experiência. Isso equivale a estudar o movimento dos espíritos no ponto morto, designando os fatores de inércia que se opõem à mudança". (R.A., p.154)

O kantismo é um exemplo de racionalidade fixista magnificamente arquitetada, tendo por coluna vertebral, como vimos, o sistema euclidiano-newtoniano. A razão kantiana, segundo aponta Deleuze (1983), supõe a existência de uma unidade sistemática da natureza, a qual é fixada como limite a ser alcançado e para onde são dirigidos todos os esforços do saber. Embora não afirme que os objetos cognoscíveis encerrem a totalidade e a unidade das condições necessárias ao conhecimento, a razão considera esses objetos capazes de nos permitir alcançar tal unidade sistemática, fazendo-nos chegar então ao mais alto grau de nossa atividade cognoscente. Isso nos mostra um fato importante: a razão kantiana se devota muito mais à contemplação de um mundo a ser conhecido que à construção de um mundo a conhecer. Como diz Bachelard:

"(...) a razão polêmica, situada por Kant num papel subalterno, não pode deixar a razão arquitetônica entregue por muito tempo as suas próprias contemplações. Deveremos, então, chegar a um kantismo aberto, a um kantismo funcional, a um não kantismo, fazendo uso do mesmo estilo que se utiliza para falar de uma geometria não-euclidiana". (La Psychologie de la Raison. In: E.R., p.28-29 - TP - destaques do autor)

Já destacamos como, ao questionar o universalismo da geometria euclidiana, Lobatchevsky introduziu na ciência matemática um tipo de razão polêmica, relativizando verdades dogmáticas como o princípio do paralelismo entre duas retas. Tal como num jogo a mudança de regras altera as consequências previsíveis, na ciência a mudança de axiomas modifica as conclusões a que se pode chegar. A razão monista só admite, evidentemente, um único conjunto de regras para o jogo do conhecimento, fora do qual não há saber possível. Entretanto, a ciência contemporânea tem demonstrado ser preciso abrir os sistemas de racionalidade fechada para fazer avançar a atividade cognoscente.

Quando a física quântica estabelece que para se estudar um corpúsculo devem ser abandonados os atributos clássicos do corpo material (forma, dimensão, localização espacial), ela estabelece um novo jogo axiomático, sem o qual qualquer progresso efetivo do saber ficaria comprometido. É claro que tais mudanças não se dão sem causar profundas crises na racionalidade instituída, mas, como acentua Bachelard, o pensamento científico não deve temê-las, pois somente as crises da razão podem instruí-la.

Temos insistido sobre a importância da polémica e do questionamento na construção do conhecimento científico. Polemizando contra o já estabelecido, contra as certezas cristalizadas que conferem "sabor escolar" ao pensamento, o espírito se engrandece e não se deixa acomodar. A resposta a um problema posto não pode ser nunca terminal, devendo, outrossim, abrir caminho para novas questões. Em termos bachelardianos, isto significa que:

"(...) Se agora nos encontrarmos frente a uma cultura racionalista, deveremos liquidar velhos sistemas. Sem isso não teríamos trabalho: a ciência teria acabado. Evidentemente, sentir-nos-íamos todopoderosos, sem problemas; não teríamos problemática. Ora, um racionalista sem problemática é uma razão que não pode respirar; se afoga, cai no dogmatismo (...)" (De la Nature du Rationalisme. In: E.R., p.51 - TP)

O racionalismo contemporâneo deve ter, portanto, características bastante diversas daquelas apresentadas pelos sistemas de racionalidade fechada e fixista. Deve sempre recomençar ou, melhor dizendo, reorganizar-se para poder dar conta dos progressos da cultura científica. Tal reorganização passa pelas redefinições conceituais e sobretudo pela construção de novos conceitos. O tempo relativístico e o átomo quântico não possuem, respectivamente, o mesmo estatuto ontológico que o tempo newtoniano-kantiano e o átomo indivisível. De uma noção a outra, em ambos os casos, há ruptura de pensamento caracterizando razões qualitativamente diversas.

O tempo clássico, de natureza apriorística, absoluta e independente se funde ao espaço, constituindo, como já salientamos, o contínuo de espaço-tempo. O fracionamento deste contínuo nos componentes espaço + tempo é uma consideração restrita e arbitrária, sendo aplicável aos eventos que ocorrem em dada vizinhança e segundo os referenciais de um observador determinado. O mundo cotidiano pode representar tal vizinhança, mas não o conjunto do universo. Em escala cosmológica, como reporta Novello (1988), há entretanto um limite, um "raio crítico", além do qual o fracionamento é impossível.

O átomo quântico se constitui, por sua vez, em algo bem diferente dos "bloquinhos formadores da matéria" imaginados no século passado. É um conceito profundamente desrealizado, cuja descrição, como já discutimos, perturba profundamente o realista. No mundo atômico os atributos substanciais se esfumam, das "chamas infernais" o átomo de enxofre nada retém ou, como diz Bachelard, "ao atomizar-se, o enxofre perde seus aspectos satânicos" (A.R., p.76 - TP). Para pensar atualmente a partícula é preciso dispensar a idéia de que ela representa a parte pequena de um todo, é preciso reorganizar uma razão acostumada ao reducionismo fácil e imediatista.



Reordenando-se, o racionalismo prepara indubitavelmente os caminhos de construção do saber, pois tem sempre a capacidade de multiplicar os sistemas de racionalidade (não-euclidismo, não-substancialismo etc), apresentando-se assim como filosofia aberta e pluralista.

Para tornar-se, contudo, uma filosofia pluralista, o racionalismo não pode cultivar a unicidade do método investigativo. É interessante notar que logo no começo do Discurso, Descartes assinalava não ser propósito seu ensinar "o método que cada um deveria seguir para bem orientar a razão", mas tão somente demonstrar como buscou conduzir a própria.

Apesar da ressalva, o método cartesiano universalizou princípios dos quais toda boa razão jamais poderia abdicar. Bachelard destaca bem esse aspecto em seu pronunciamento de abertura do Congresso Internacional de Filosofia das Ciências, realizado em Paris em outubro de 1949:

"(...) hoje as regras gerais do método cartesiano são óbvias. Representam, por assim dizer, a cortesia do espírito científico ; são para um congresso como o nosso os hábitos comuns do homem bem educado. Seria um sábio quem aceitasse algo como certo antes de conhecê-lo enquanto tal ? Teria público, num congresso de cientistas, aquele que não conduzisse seus pensamentos segundo uma ordem, mesmo não tendo presente no espírito as verdades básicas da ciência que cultiva ?" (Le Problème Philosophique des Méthodes Scientifiques. In: E.R., p. 38-39 - TP)

A questão que se coloca em discussão, porém, é outra: seria cabível tecer um discurso sobre o método científico no qual figurassem passos formais a serem sempre obedecidos ? Se lembrarmos a comparação feita por Bacon entre o coxo que segue o caminho certo e o corredor extraviado, veremos também a importância atribuída pelo empirismo à organização de um método (único, pois só haveria um caminho) capaz de dirigir toda e qualquer investigação científica. Por sua vez, o positivismo reverenciava a unidade do método como condição indispensável à boa pesquisa, tanto que Comte vislumbrou "na ação combinada dos preceitos de Bacon, das concepções de Descartes e das descobertas de Galileu", o ponto de inflexão a partir do qual a filosofia positiva teria começado a se impor sobre o espírito metafísico. (Curso de Filosofia Positiva, p.8)

A despeito de possuírem diferentes concepções do mundo, cartesianismo, empirismo e positivismo legaram à ciência clássica o monismo do método investigativo. Forjou-se assim, como já mencionamos, uma espécie de receituário inquestionável, que muitos livros didáticos enfatizam como sendo o método experimental ou método científico. Ramalho, Ivan, Nicolau e Toledo (1977) estabelecem por exemplo a seguinte sequência:

**observação - medição das grandezas - indução das leis gerais**

Novais (1983) introduz algum refinamento, incluindo a criação de modelos explicativos:

**observação - formulação do problema - experimentação - formulação de hipóteses - criação de modelos**

Seguindo genericamente esses esquemas, verificamos que retratam a investigação científica enquanto atividade monótona: percorre-se as etapas estabelecidas como se fossem estações pelas quais o viajante deve obrigatoriamente passar ao longo de um mesmo trajeto. Entretanto, a ciência contemporânea alterou o "curso da viagem" em muitos aspectos. Em microfísica é a experiência (construção racional materializada pela técnica) que prepara a observação, a qual não é uma ação contemplativa, mas a interpretação dos registros fornecidos pelos aparelhos. Em física relativística são comuns, como vimos, as experiências de pensamento e não a manipulação direta: o laboratório de Einstein foi tão somente a própria razão !

Tudo isso nos aponta o monismo metodológico enquanto prática que em nada contribui para o avanço do saber. Por conseguinte, um receituário padrão ou discurso sobre o método científico só pode ser provisório e circunstancial. Como assinala Bachelard:

"Os conceitos e os métodos, tudo é função do domínio da experiência; todo o pensamento científico deve mudar ante uma experiência nova, um discurso sobre o método científico será sempre um discurso de circunstância, não descreverá uma constituição definitiva do espírito científico".  
(N.E.C., p.121)

Se não representa nenhum receituário fixo, é natural que o método investigativo seja sempre posto à prova, não só quanto à aplicação, mas sobretudo quanto aos princípios por ele advogados. A partir daí, podemos compreender melhor o significado da afirmação bachelardiana de que "no reino do pensamento a imprudência é um método", cuja referência foi feita no capítulo anterior. A imprudência, aí, caracteriza a rejeição aos hábitos preguiçosos que o método único cristaliza, uma forma de alertar o espírito contra os perigos do comodismo intelectual. Uma razão fecunda nunca teme arriscar as certezas mais consolidadas pois está em estado de reorganização permanente. Por que iria, então, se furtar ao questionamento dos métodos ?

"Precisamente todos os métodos científicos ativos se refinam . Não são o resumo dos costumes adquiridos durante a prolongada prática de uma

ciência. Não se trata de prudência intelectual adquirida. O método é verdadeiramente uma astúcia adquirida, um estratagema novo, útil à fronteira do saber. Em outras palavras, um método científico é um método que busca o risco. Seguro quanto ao adquirido, se arrisca em uma aquisição". (Le Problème Philosophique des Méthodes Scientifiques. In: E.R., p.39 - TP)

Uma objeção comumente levantada pelos espíritos mais conservadores é a de que as mudanças, até serem plenamente assimiladas, geram desconforto e quebram a ordem necessária ao bom andamento dos trabalhos científicos. Teme-se, por questionar o método, perder a segurança que este proporciona e assim ingressar no campo da anarquia metodológica, isto é, ver instituída uma espécie de "vale tudo" ou caos investigativo. Bachelard rebate tal argumento, afirmando:

"(...) a condenação de um método leva imediatamente, na ciência moderna, à proposição de um método novo, de um jovem método, de um método de jovens (...). Não há hiato no desenvolvimento dos métodos científicos modernos. Ao mudar de métodos a ciência se torna cada vez mais metódica. Achamo-nos em estado de racionalismo permanente". (ibid, p.43)

Em síntese, podemos dizer que tal como um filtro óptico monocromático, colocado frente aos nossos olhos, nos faz ver tudo da mesma cor, também o método único filtra a atividade cognoscente, tornando a investigação menos rica.

## II.4.2 - Contrapontos à Epistemologia Cartesiana

Já tivemos oportunidade de comentar, no capítulo anterior, o quanto Descartes valorizava as chamadas idéias simples, ou seja, aquelas relacionadas aos objetos que se apresentam perante à razão com o máximo de clareza possível. Os objetos matemáticos se enquadravam perfeitamente nessa categoria, enquanto sobre os demais - relativos a outras ciências (física, astronomia, medicina etc) - poderia sempre recair a sombra da dúvida.

Entretanto, se a partir da dialetização do pensamento geométrico, o mundo deixa de ser visto sob a transparência dos números e das formas simples, o ideal cartesiano não pode permanecer sem ser posto em xeque: a tranquilidade trazida por uma evidência clara não é mais tomada enquanto fator de progresso, mas sim como prisão para o intelecto que, ao invés de avançar no questionamento, acaba por se deter diante das primeiras respostas. De acordo com Bachelard:

"As idéias simples proporcionam convicções sólidas, convicções sempre seguras de suas bases. Diante da menor obscuridade queremos reencontrá-las; recebemos de todos os lados o conselho de voltar a elas como a um núcleo de luzes, como a provas que nunca podem falhar. Retomando sem cessar as idéias simples e claras, admirando-as como as mais belas jóias do conhecimento, o filósofo diz para si mesmo: 'pelo menos isto, eu sei, compreendi para sempre'". (A.R., p.50 - TP)

Tendo por princípio que clareza e simplicidade são condições indispensáveis para se chegar à Verdade, os filósofos empiristas e racionalistas partilhavam uma certeza comum: para bem conhecer é preciso não errar. Vimos como Bacon execrava os desvios do chamado bom caminho e não é nenhuma novidade que para Descartes, como bem coloca Alquié (1987: 44), o método tinha enquanto objetivo maior "evitar o erro, retendo o juízo nos estritos limites das idéias claras (...)". Tal convicção acompanha, por sua vez, todo o desenvolvimento da cultura científica do século XVII até hoje. Todavia, é preciso repensar esse preceito filosófico. Se a condenação ao erro é fruto de um ideal de perfeição, outrora cultivado pelo espírito cognoscente (14), cuja base de apoio era, naturalmente, uma razão fechada, fica evidente que quando a razão se abre a função do erro precisa ser examinada sob novos ângulos. Esse é justamente um dos contrapontos centrais de Bachelard à epistemologia cartesiana.

Invertendo o julgamento culturalmente cristalizado de que o erro constitui um mal irremediável, a epistemologia bachelardiana o toma enquanto estímulo para o pensamento:

"Jamais o deslumbramento do espírito é tão grande quando na ocasião em que percebe estar enganado. Tal deslumbramento, tal despertar intelectual é a origem de uma nova intuição, totalmente racional, totalmente polêmica, que se anima na derrocada do que foi uma certeza primeira, na doce amargura de uma ilusão perdida". (Idéalisme Discursif. in: Etudes, p.80 - TP)

Predisposto a evitar o erro por representar simplesmente a negação do acerto, o espírito científico tradicional resiste em abandonar o que lhe parecem ser as primeiras verdades, as primeiras vitórias alcançadas na árdua luta travada com o objetivo de forçar a natureza a confessar seus segredos ocultos. Todavia, se concebemos o conhecimento científico enquanto processo construtivo e não como revelação, vemos a necessidade de transformar a consciência cognoscente: em vez de descobrir o que não se sabe, deve-se retificar tudo o quanto se pensa saber. Assim sendo, como frisa Bachelard, não existem verdades primeiras, "mas primeiros erros", de sorte que "é preciso errar para concluir" (ibid, p.89 - TP).

A partir dessas considerações é possível destacar outro fato importante: quando a razão não teme o erro, mas, pelo contrário, se mostra capaz de extrair dele elementos instrutivos, não tem mais motivos para permanecer fiel ao terceiro princípio do método cartesiano. É preciso, aliás, promover a ruptura, realizando uma inversão epistemológica: ao invés de atingir o complexo pela reunião das simplicidades aparentes, deve-se buscar, no simples, toda a gama de complexidades antes não pensadas !

Ao discutirmos o racionalismo cartesiano, reportamo-nos à experiência da cera, através da qual Descartes tentava provar a permanência do eu pensante. Frente ao objeto cognoscível, o espírito cognoscente há de manter-se o mesmo, ou seja, a experiência em nada pode alterar a razão. No Novo espírito Científico, Bachelard propõe, entretanto, repensar tais certezas a partir de outro experimento. Convida-nos a tomar não um pedaço recém extraído da colméia, mas uma cera purificada pelas mais modernas técnicas físico-químicas. Bastará, então, utilizar um minúsculo fragmento e submetê-lo a processos de aquecimento e resfriamento termicamente controláveis. Teremos, pois, uma gotícula regular cuja estrutura molecular poderá ser investigada mediante difração de raios X. Os espectrogramas obtidos revelarão particularidades diversas: próximo à superfície, as moléculas estarão dispostas em arranjos geométricos bem definidos; no interior da gota, imunes às ações superficiais, estarão imersas na desordem estatística. Verifica-se, posteriormente, que ao ser submetida a variados tipos de tração mecânica, a gotícula revela variações notáveis nos diagramas de raios X. Fascinado pela possibilidade de agir sobre a matéria, o espírito se inquieta e começa a questionar a natureza das propriedades em estudo: serão elas atributos inalienáveis do objeto ou construções materiais realizadas pela técnica ?

A experiência simples, a qual teria por objetivo confirmar um saber, se desdobra em complexidades que determinam a reforma do espírito cognoscente. De antigo interrogatório, onde o investigador aguardava tão somente um sim ou um não, a experiência se converte em atividade dialogada cuja consequência é a retificação dos erros primeiros (não mais a afirmação das primeiras verdades!). Vejamos, por exemplo, a discussão acerca da estrutura molecular.

Para a química substancialista, a forma geométrica constitui-se em atributo inquestionável, pertence à molécula como as impressões digitais a um dado indivíduo. O tetraedro regular há muito é a carteira de identidade do gás metano ! Entretanto, a partir de 1977, com os trabalhos de Woolley, a química de ponta passa a pôr em xeque conceitos tão bem cimentados como a geometria molecular. Weininger (1984: 939) reporta alguns dos questionamentos feitos:

"A estrutura molecular é uma propriedade intrínseca cuja existência é independente das condições experimentais ?" (TP)

"O conceito de estrutura molecular é uniforme através da química e independente das condições experimentais ?" (TP)

Seria, portanto, contrasenso dizer que a razão, por meio da técnica, é capaz de criar fenômenos sobre a matéria, os quais, por sua vez, modificarão toda uma antiga forma de pensar ? Ou contrasenso seria prender-se à permanência do Cogito, às idéias simples, ao negativismo do erro, acreditando assim projetar o progresso do saber ?

Outro ponto importante a ser abordado, embora não seja um princípio particular da epistemologia cartesiana, é a crença no determinismo. Como bem frisa Bachelard no *Novo Espírito Científico*, "o determinismo desceu do Céu à Terra", instalando-se no espírito humano enquanto verdade primeira. Sem dúvida, é na antigüidade, com os fundamentos da astronomia, que o homem estabelece as primeiras formas de aproximação entre o céu e a Terra. Os fenômenos celestes servem, então, de referência para as medidas de tempo, orientam a agricultura, a navegação e ainda regem os destinos dos povos: a astrologia caminha par e passo com a astronomia. Paralelamente, pode-se notar que o determinismo se apóia sobre as noções claras de ordem e simetria. Assim, as formas perfeitas dos sólidos pitagóricos direcionam o pensamento astronômico e alimentam a crença num universo onde tudo segue o princípio da regularidade, estando sempre sujeito a leis matemáticas simples. Kepler, por exemplo, relutou muito em admitir que os planetas descrevessem órbitas elípticas em vez de circulares, as quais seriam mais simples e perfeitas.

Vemos aí a estreita correspondência com o ideal cartesiano. Afinal, se o divino é a garantia da Verdade, o

universo não pode ser senão uma máquina cujas funções estejam claramente determinadas. Uma vez descartada a hipótese do malin génie (gênio malicioso), como não pensar serem todos os fenômenos passíveis de descrições exatas ?

Segundo Bachelard, esse "determinismo universal" se apóia na convicção filosófica de que, por ter existência infinita, o espaço pode abraçar toda a realidade, conferindo-lhe a faculdade da determinação ilimitada. A partir daí, o filósofo determinista não se cansa de afirmar:

"(...) tudo está em tudo - nada sai de nada - o vazio não tem realidade - o Ser não pode ser limitado pelo nada - o universo é um todo solidário". (A.R., p.212 - TP)

A solidariedade postulada implica na certeza de que tudo no universo se processa com um fim determinado. Em outras palavras, todos os fenômenos se prenderiam a relações causais bastante rígidas, estando o curso dos acontecimentos previamente traçado, seja por obediência ao "plano de ação do Criador" ou à "vontade da natureza". Assim, tanto a vibração de um átomo quanto uma explosão estelar já estariam "decididos" de antemão, devendo ocorrer naturalmente a seu tempo e lugar. Baseando-se em tal visão determinista, Laplace chegou a considerar a hipótese de um calculador universal. Julgava ele que se alguém pudesse, em dado momento, conhecer as posições e os movimentos relativos a cada uma das partículas componentes do cosmo, não teria dificuldade em calcular a história passada e futura do mesmo.

O ponto central a ser debatido aí não é a viabilidade ou não de um dia se construir o calculador laplaciano. O cerne da discussão reside num problema mais amplo: estariam todos os seres no universo sujeitos a cumprir funções preliminarmente estabelecidas, quais peças de um mecanismo bem regulado ? É justamente a partir daí que o indeterminismo buscará atacar filosoficamente a questão.

Já no final do século XIX, com o advento da teoria cinética dos gases, ficou demonstrado que certas grandezas como velocidade e energia cinética não poderiam ser determinadas numa partícula (molécula de gás) isoladamente, mas apenas levando em consideração o conjunto. Ocorre, portanto, uma situação interessante: qualidades não pertencentes aos componentes individuais aparecem no todo. Isso faz despontar, conforme salienta Bachelard, contradições lógicas, ou seja, "o objeto individual é indeterminado, a classe determinada" (N.E.C, p.103). O fenômeno deixa de ter descrição exata, sendo melhor estudado por meio da interpretação probabilística. Em outras palavras, o que antes era seguro e preciso agora se torna provável. A predição fica sujeita a uma margem de flutuação: determina-se mais como não será o fenômeno do que propriamente como ele será...

No século XX, a mecânica quântica acirra o debate ao estabelecer a impossibilidade de medição exata e simultânea de

duas variáveis como a posição e a velocidade do elétron (princípio de incerteza). Entrementes, o fundamental é que a impossibilidade não provém de limitações técnicas, mas é fruto da interferência do investigador sobre o objeto de estudo! Ao "iluminar" um elétron para se fazer uma medição qualquer, promove-se a interação entre este e o fóton incidente, isto é, cria-se um novo fenômeno! Por essa razão, cientistas como Wheeler defendem que a investigação contemplativa deve ceder lugar à investigação participativa:

"Nada é mais importante acerca do princípio quântico do que isso, ou seja, que ele destrói o conceito do mundo como 'algo que existe lá fora', com o observador em segurança e separado dele por uma chapa de vidro de 20 cm de espessura. Até mesmo para observar um objeto tão minúsculo como um elétron, ele precisa despedaçar o vidro. Precisa poder atingi-lo. Precisa, então, instalar seu equipamento de medida (...). Depois disso, o universo jamais será o mesmo. Para descrever o que aconteceu, temos de cancelar a velha palavra 'observador', substituindo-a por 'participante'. Num estranho sentido, o universo é um universo participante". (citado por Capra, 1983: 111)

O pensamento determinista, contudo, não depõe as armas tão facilmente... Einstein, por exemplo, alimentou extensa polêmica com Bohr acerca do indeterminismo microfísico, propondo, inclusive, uma interpretação realista da mecânica quântica. Todavia, a interpretação indeterminista defendida por Bohr, Heisenberg e outros, chamada interpretação de Copenhague, tem se mostrado mais consistente. Segundo Davies (1988: 117), as experiências realizadas nos últimos anos permitem dizer que "Bohr ganha, Einstein perde", ou seja, a incerteza é a tônica do microcosmos.

A mecânica quântica nos leva, sem dúvida, a pensar os fenômenos de forma bastante diversa daquela proposta pela epistemologia cartesiana. A mudança de enfoque na relação sujeito-objeto é, pois, condição indispensável para conduzir com êxito a investigação: as entidades microfísicas são inseparáveis do pensamento que as concebe. E', portanto, necessário desfazer a clássica distinção entre o eu e o mundo projetada pelo cartesianismo. Nas palavras de Heisenberg (1987: 64):

"A ciência natural não se restringe simplesmente a descrever e explicar a natureza ; ela resulta da interação entre nós mesmos e a natureza, e propicia uma descrição que é revelada pelo nosso método de questionar. Essa foi uma possibilidade que não



poderia ter ocorrido a Descartes mas que torna impossível uma separação bem nítida entre o mundo e o 'eu'".

Acompanhando Bachelard, diremos ser o mundo o resultado, a construção nunca acabada de um racionalismo que sempre se renova e se aplica.

#### II.4.3 - O Racionalismo Aplicado Enquanto Proposta de Construção Científica

Temos comentado que o novo espírito científico se diferencia do espírito científico dos séculos anteriores pela postura assumida frente ao objeto de estudo. Enquanto a ciência tradicional concebia a realidade como fonte de dados a priori para o conhecimento, a ciência contemporânea a toma como conjunto de construções racionais mediadas pela técnica, estando, por assim dizer, condicionada à interferência humana. Entretanto, como seriam interpretados os chamados fenômenos naturais, ou seja, aqueles cuja ocorrência independe do homem ? Examinemos mais de perto essa questão.

Para que os eventos cuja ocorrência se dá a nossa revelia - como por exemplo a queda de uma maçã ou a síntese da água a partir da ação de um relâmpago sobre os gases atmosféricos - sejam retirados da "capa de mistério" a eles emprestada pela observação empírica, é preciso um esforço de racionalização. Como diz Bachelard, referindo-se em particular à química:

"O químico pensa e trabalha a partir de um mundo recomçado (...)

Desde já devemos reconhecer ser por um abuso de palavras que se chama o fenômeno químico de natural (...). A química científica, o racionalismo das leis intermateriais lançaram sobre o 'reino mineral' uma rede de relações que não se apresentam na natureza". (M.R., p.22 - TP - destaques do autor)

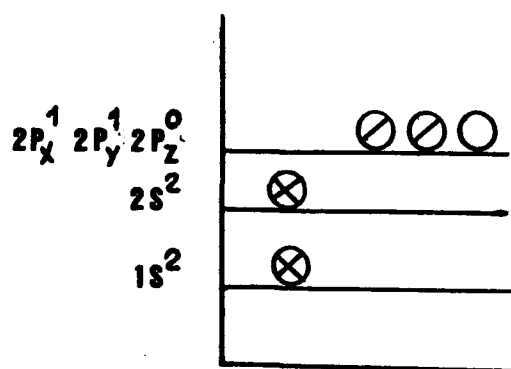
Quando anteriormente abordamos o conceito de valência, discutindo a influência do obstáculo animista, afirmamos não se tratar de nenhuma propriedade apriorística dos elementos. A dita "capacidade de combinação dos átomos", como todo fenômeno, é um tecido de relações bem mais complexas do que a química empirista do século passado poderia supor. Vejamos, a esse respeito o comentário de B. Cabrera (1928):

"A valência é alguma coisa de mais complexo cuja origem está em relação com a estabilidade das novas configurações dinâmicas dos elétrons superficiais produzidas por causa das perturbações mútuas dos átomos em contato. É evidente que os detalhes desta configuração e o grau de sua estabilidade dependerão da estrutura dos átomos que intervêm, de sorte que estritamente falando a valência não é uma propriedade de cada elemento isolado, mas do conjunto de átomos ligados". (citado por Bachelard, N.E.C., p.139)

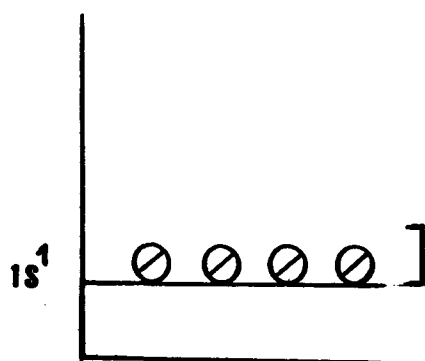
Considerando a valência enquanto produto da relação entre átomos, é possível compreender porque o carbono se mostra tetravalente no  $\text{CH}_4$  e trivalente no CO. No primeiro caso, a teoria da hibridação orbital oferece uma interpretação satisfatória. Note-se, porém, que os orbitais híbridos  $\text{sp}^3$  não existem no átomo de carbono isolado, formando-se apenas no momento da ligação, ou seja, a partir das "perturbações mútuas" citadas por Cabrera. Já no caso do CO é preciso recorrer à teoria dos orbitais moleculares (TOM), segundo a qual não apenas os elétrons periféricos, mas o conjunto de elétrons dos dois átomos interage de modo a permitir a ligação. Os esquemas a seguir ilustram os casos citados:

a) A MOLÉCULA  $\text{CH}_4$

Átomo de Carbono (6e)



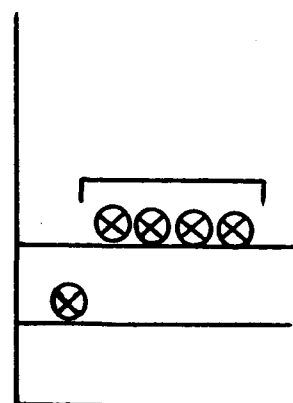
4 Átomos de Hidrogênio (4e)



INTERAÇÃO

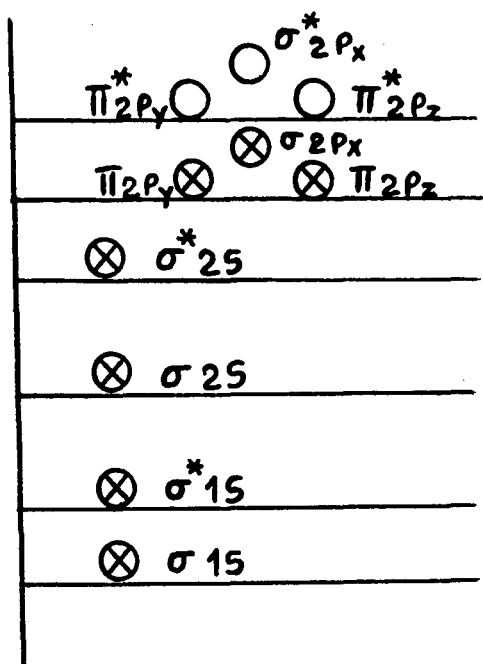
ELETRÔNICA

4 ORBITAIS MOLECULARES  
3  
SP - S



b) A MOLECULA CO

Os 14 elétrons interagem, formando orbitais moleculares ligantes e antiligantes (\*)



(no conjunto de orbitais mais externos os orbitais antiligantes estão vazios e os orbitais ligantes alojam três pares eletrônicos, concordando com a ordem de ligação 3 e a trivalência  $C \equiv O$  indicada pelos métodos experimentais)

A partir desses exemplos, fica demonstrado que a antiga afirmação "o carbono é tetravalente" é preciso opor a de que "o carbono pode estar tetravalente", a qual indica não um atributo, mas um estado constituído na relação entre os átomos.

Abrindo mão de todo esse esforço racionalizante, os fenômenos da ligação não ultrapassam a fronteira das misteriosas afinidades entre os átomos, tão presentes no pensamento químico de outrora. Por conseguinte, poderíamos dizer, não sem uma ponta de orgulho, a exemplo de Bachelard, que "desejando fazer verdadeiramente química, a natureza finalmente criou o químico" (M.R., p.33 - TP).

A ciência contemporânea se debruça sobre o mundo material e o transforma. Há muito se foi o tempo em que estudar um evento consistia em primeiramente observá-lo para depois descrevê-lo com exatidão: o fenômeno científico é hoje inseparável da técnica investigativa, constituindo pois, segundo Bachelard, uma fenomenotécnica:

"Assim, de todos os corpúsculos da física moderna, não podemos fazer senão um estudo fenomenotécnico. O filósofo deverá registrar aqui a grande diferença entre a fenomenologia naturalista e a fenomenotécnica com que trabalham os físicos contemporâneos. Na fenomenotécnica nenhum fenômeno

aparece naturalmente, nenhum fenômeno é de primeiro aspecto, nenhum está dado. É preciso construí-lo e ler os caracteres indiretamente (...), sem que o espírito jamais se divida em pensamento experimental puro e em teoria pura". (A.R., p. 92 - TP - destaques do autor)

Os adeptos da fenomenologia naturalista, por certo, defenderiam que muito antes do homem do século XX e suas sofisticadas técnicas existirem, os corpúsculos já se achavam encerrados no coração da matéria, logo as propriedades por eles exibidas são atributos próprios e não resultantes do processo investigativo.

Tomemos, então, como exemplo, um elétron. É possível preparar experimentos nos quais este age como corpúsculo e experimentos onde atua como onda. Dir-se-ia, então que o elétron é um corpúsculo-onda, possuindo obviamente as propriedades de ambos. Entretanto, a solução não parece ser assim tão simples. Em seu trabalho intitulado *Princípios Físicos da Teoria dos Quanta*, Heisenberg desenvolve, primeiramente, o questionamento à natureza corpuscular do elétron utilizando argumentos da física ondulatória. Em seguida, faz justamente o inverso. Isto nos mostra que o elétron pode manifestar comportamento corpuscular embora não seja uma partícula no sentido clássico e vice-versa. Os atributos ontológicos se convertem em possibilidades de realização experimental, ou conforme assinala ainda Heisenberg (1987: 140):

"Nas experimentações com fenômenos atômicos, temos que lidar com coisas e fatos, com fenômenos que são tão reais quanto aqueles da vida cotidiana. Mas os próprios átomos e partículas elementares não exibem o mesmo tipo de realidade: eles dão lugar a um universo de potencialidades ou possibilidades ao invés de um mundo de coisas e fatos".

Longe de serem objetos da ficção científica, as criações materiais conduzidas pela técnica moderna têm papel de destaque no curso da ciência. Os elementos químicos artificiais, obtidos pelas transmutações nucleares dão uma prova incontestada de como podemos construir fenômenos anteriormente inexistentes na natureza. Por outro lado, os poderosos aceleradores de partículas em uso atualmente são perfeitamente capazes de realizar interconversões de partículas elementares, bem como de criar antipartículas.

Mas a fenomenotécnica não diz respeito apenas aos objetos do micromundo. Podemos encontrá-la em artefatos cotidianos como uma simples lâmpada elétrica. Enquanto os lampiões a gás e outros utensílios do gênero buscavam reproduzir o princípio natural de

que se houver queima haverá luz, a lâmpada de Edison inverte a perspectiva: para iluminar, é preciso evitar a queima... De fato, a técnica de construção desse instrumento está subordinada a uma lei racional, ou seja, à lei de Joule:  $W = R I^2 t$

Verificamos, portanto, ser a energia dissipada (W) uma função da resistência (R) oferecida pelo material utilizado na confecção do filamento, o qual se tornará incandescente com a passagem da corrente elétrica (I). Apurando os fatores que governam a resistência (comprimento, seção reta e resistividade do fio metálico) é possível desenvolver uma técnica capaz de materializar o fundamento racional em fenômeno controlável. Por essa razão, Bachelard destaca:

"Podemos, pois, afirmar com certeza que a ampola elétrica é um objeto de pensamento científico. Sob esse título, é para nós um exemplo bem simples mas muito claro de objeto abstrato-concreto. Para compreender o seu funcionamento é preciso fazer um contorno que nos leva ao estudo das relações dos fenômenos, isto é, à ciência racional, expressa algebricamente". (R.A., p.129 - destaques do autor)

O trabalho fenomenotécnico da ciência contemporânea é ainda um nítido fator de distinção entre a razão dogmática e a razão polêmica. Quando o real deixa de ser objeto de ação contemplativa, convertendo-se em objeto de construção, verifica-se uma mudança qualitativa na atividade racional: o mundo não é mais a mera representação do eu pensante, mas um projeto de verificação executado pelo eu operante; o racionalismo deve, pois, aplicar-se.

Na aplicação surgem, evidentemente, as questões mais variadas. As anomalias, os resultados discrepantes em relação às previsões teóricas iniciais não hão de ser tomados como pedras no caminho da razão. Pelo contrário, tornarão a investigação mais cerrada: discutir-se-ão as condições experimentais, avaliar-se-ão os métodos, modificar-se-ão, por fim, as próprias construções racionais. O racionalismo aplicado se funda na mais ampla cooperação entre atividade experimental e atividade pensante:

"O contato experiência e matemática revela-se numa solidariedade que se propaga. Quando é a experimentação que contribui com a primeira mensagem de um fenômeno novo, o teórico não pode eximir-se de modificar a teoria em vigor para que ela assimile o fato novo. Com essa modificação - sem dúvida morosa - o matemático mostra que a teoria, um tanto abrandada, deveria ter previsto a novidade (...).

Quando é o teórico que anuncia a possibilidade de

novos fenômenos, o experimentador debruça-se sobre essa perspectiva, caso a perceba na linha da ciência moderna." (ibid, p.8 - destaques do autor)

Por outro lado, tal cooperação só é possível se vislumbrarmos a atividade científica enquanto fruto do trabalho de uma comunidade que dialoga e não como resultado das elucubrações de indivíduos isolados. O saber é um produto cultural e se constrói no interior da cidade científica, segundo a terminologia bachelardiana. Lá são anunciadas as novidades e travadas as polêmicas mais contundentes, caracterizando o dinamismo da ciência contemporânea. A figura do velho sábio que varava as madrugadas rabiscando coisas na agenda para depois, durante o dia, atirar-se ao trabalho experimental febril num laboratório montado no porão de sua casa está definitivamente aposentada. Na cidade científica o trabalho também é árduo, às vezes muito mais intenso e exaustivo que as atividades do "cientista louco de outrora", pois os detalhes não cuidados, os refinamentos técnicos inseridos a posteriori podem resultar em extensos debates, os quais por sua vez darão origem a variados artigos e relatórios sobre um mesmo assunto.

Sendo, portanto, a construção do conhecimento científico uma atividade social, não há mais lugar, na cultura de racionalismo aplicado, para a antiga dúvida universal de inspiração cartesiana. Como a clássica divisão entre o eu e o mundo está definitivamente superada, a dúvida se torna, por conseguinte, operante e diz respeito a noções determinadas. Pode-se, por exemplo, duvidar da existência dos grávitons (partículas quantizadas do campo gravitacional), cuja emissão se daria quando estrelas de grande massa entram em colapso, transformando-se em buracos negros. Geradas a inimagináveis distâncias da Terra, tais partículas - teoricamente postuladas - exigiriam uma técnica de detecção ultra-refinada. Na década de 60 o físico norte-americano Joseph Weber construiu um equipamento com o objetivo de registrar ondas gravitacionais (propagação de grávitons). Seus registros instrumentais não foram, entretanto, obtidos em experimentos realizados por vários outros físicos. A cidade científica mantém aberto o debate acerca da questão e podemos verificar, neste caso como em muitos outros, que a dúvida aplicada adquire, como bem destaca Bachelard, um estatuto bem distinto da dúvida cartesiana:

"A pesquisa científica exige, em vez da pausa da dúvida universal, a constituição de uma problemática. Ela tem seu ponto de partida real num problema, o problema mal colocado. O eu científico é então programa de experiências (...) Em física moderna, jamais se trabalha com o desconhecimento total". (ibid, p.51 - TP - destaques do autor)

Temos discutido o quanto a construção do saber científico implica no redimensionamento da atividade pensante: razão renovada, consciência retificada, racionalismo aplicado significam o próprio devir do espírito cognoscente. Assim sendo, frente à diversidade do mundo e à multiplicidade das técnicas investigativas, não estaria a razão obrigada a especializar-se para melhor compreender aquilo que estuda? E, procedendo dessa maneira, não correria o risco de perder a noção de conjunto, tal como quem, ao observar detidamente uma árvore, perde a visão da floresta?

Bachelard nos fala da dialética entre o racionalismo integrante e os diversos racionalismos setoriais, de sorte que o primeiro corresponderia "a uma espécie de escritório central de uma fábrica que encontrou uma racionalização" (ibid, p.156), enquanto aos demais caberia multiplicar os axiomas, refinar o pensamento, variar as experiências. O racionalismo integrante não se pretende universal como o racionalismo mecanicista dos séculos anteriores, não proclama uma verdade única sobre a qual estaria assentado o Cosmos. Os racionalismos setoriais, por seu turno, não são especializações desconexas e limitadas às particularidades de seus campos de estudo.

Quando a mecânica clássica se mostrou imprópria para explicar os fenômenos atômicos e cosmológicos, as epistemologias de cunho positivista se viram obrigadas a admitir que o macro e o micromundo comportam racionalidades distintas. De fato, o relativismo einsteiniano e a mecânica quântica restringiram a antiga "pedra filosofal" do saber unificado à escala mediana de grandezas físicas. Talvez por esse motivo, o velho espírito científico, órfão da universalidade, não veja com bons olhos a especialização decorrente das novas doutrinas e julgue as razões setoriais limitadas. Assim, não é incomum ouvirmos críticas ao físico quântico, esse "especialista" cuja única função é despedaçar a matéria em gigantescos aceleradores de partículas...

Existe aí, porém, um grande equívoco. Para especializar-se, a razão precisa abrir seus horizontes! Os estudos quânticos nos levam a pensamentos cada vez mais amplos, a polêmicas cada vez mais abrangentes. Seriam, por exemplo, as antipartículas indicativos de que o nosso é apenas um entre muitos universos paralelos possíveis? Terá tido o Cosmos um início e virá ele a ter um fim?

Como se vê, as questões em debate não se resumem a tal ou qual pormenor de um estudo restrito, ainda que os "pormenores" possam obrigar o espírito cognoscente a retificações profundas... O racionalismo dialético aponta invariavelmente os eixos de progresso da cultura humana. Nas palavras de Bachelard:

"Se seguirmos, então, a história das ciências tão somente a partir dos dois últimos séculos, dar-nos-emos conta de que se trata ao mesmo tempo de uma história das especializações do saber e uma história de integração numa cultura geral das culturas especializadas. Este poder de integração é tão grande que o temor com respeito às



especializações é um belo exemplo de temor em vão".  
(Le Problème Philosophique des Méthodes  
Scientifiques. In: E.R., p.41 - TP)

## NOTAS

1 - Citado por Davies (1988: 111)

2 - A anomalia registrada na órbita de mercúrio, isto é, um certo avanço do periélio (ponto em que o planeta se acha mais distante do Sol), só pôde ser explicada convenientemente pela teoria da relatividade geral. A partir das equações gravitacionais relativísticas foi possível determinar que não só mercúrio descreve uma órbita elíptica em torno do Sol, mas a própria elipse gira, ainda que lentamente, perfazendo uma rotação completa em três milhões de anos.

3 - Em seu livro *La Formation de L'esprit Scientifique*, Bachelard caracteriza o espírito pré-científico como próprio da antiguidade clássica, da renascença e dos séculos XVI a XVIII. Pode parecer estranho que épocas historicamente tão distintas estejam agrupadas, todavia o balizamento é feito a partir de uma história recorrente e não de uma história da ciência factualista. É possível vislumbrar no passado da cultura científica um estado comum em que "o espírito se entretém com as primeiras imagens do fenômeno e se apóia sobre uma literatura filosófica que glorifica a Natureza, cantando curiosamente ao mesmo tempo a unidade do mundo e sua rica diversidade" (p.8 - TP).

4 - O tema é também abordado por Casimiro Lopes (1990).

5 - Pela termodinâmica nem todos os choques moleculares são efetivos, isto é, permitem a combinação química dos reagentes. Para que duas moléculas se combinem é necessário terem energia cinética compatível e colidirem segundo uma orientação espacial adequada.

6 - A constante de Rydberg vale  $109.737 \text{ cm}^{-1}$  e pode ser obtida pela expressão :

$$R = \frac{2 \pi^2 m e^4}{c h^3}$$

onde: m = massa do elétron

e = carga do elétron

c = velocidade da luz no vácuo

h = constante de Planck

7 - Entre os inúmeros fenômenos capazes de deixar os homens encantados e perplexos, Bachelard relata a experiência do "beijo elétrico". Tratava-se de uma situação em que duas pessoas subiam num tamborete coberto com material isolante, sendo que uma delas tocava o terminal positivo da garrafa de Leyde (versão primitiva de condensador elétrico) enquanto a outra tocava o terminal negativo. No momento da descarga, ambas encostavam os lábios e o beijo se tornava "picante e ardente" (F.E.S, p.237 - TP)

8 - J.B. Robinet escreveu "De la Nature", cuja 3a. edição

(1766) publicada em Amsterdã é citada por Bachelard. Já Hecquet publicou em Paris (1712) a obra: "De la digestion et des maladies de l'estomac suivant le système de la trituration e du broyement, sans l'aide des levains ou de la fermentation, dont on fait l'impossibilité en santé et en maladie".

9 - Charles Gerhardt (1816 - 1866). Químico francês que, entre outros importantes trabalhos, determinou com maior precisão os pesos atômicos dos elementos químicos.

10 - No Materialismo Racional, Bachelard discute amplamente como a química contemporânea deixa de ser simplesmente uma "ciência natural" para ser a ciência das construções racionais. O químico moderno vai além da natureza, sintetizando substâncias cujas propriedades ele determina previamente. Um caso típico é a fabricação de corantes sintéticos: conhecendo a racionalidade inerente à estrutura dos grupamentos cromóforos, o químico produz os matizes que bem desejar.

11 - Na página 33 do mesmo trabalho, Freeman faz a seguinte ressalva: "Naturalmente o químico não há de pensar que os átomos sejam de fato anêzinhos de mãos dadas. Hoje em dia, ele sabe que todos os átomos contêm minúsculas partículas de eletricidade, chamadas elétrons, e pode entender a valência como a união dos átomos pela atração dos elétrons (...)".

12 - As chamadas interações fortes são aquelas existentes entre determinadas partículas componentes dos núcleos atômicos, como os prótons e os nêutrons. O adjetivo forte diz respeito a uma escala relativa de intensidade, onde essas interações são comparadas a outras às quais as partículas também estão sujeitas. Eisberg & Resnick (1983) atribuem o valor 1 às interações fortes,

$1 \times 10^{-2}$  às interações eletromagnéticas e  $1 \times 10^{-40}$  às interações gravitacionais. Isso equivale, portanto, a dizer que a atração gravitacional entre um próton e um nêutron é incrivelmente menor que a atração devida às interações fortes.

13 - O solipsismo representa a exarcebação do idealismo, de modo que todo o mundo exterior é encarado como projeção do eu. O pensamento de Berkeley é caracterizado por autores como Lefebvre (1983) enquanto exemplo típico de solipsismo.

14 - Para a ciência dos séculos XVII e XVIII os fenômenos encerravam, em maior ou menor grau, a própria perfeição divina. Veja-se, por exemplo, o que Chevalier de la Chambre, conselheiro e primeiro médico do rei de França, escreve em 1662: "a luz anima e alegra toda a Natureza e onde ela não está presente não há alegria, nem força, nem vida; há somente o horror, a fraqueza e o nada. A luz é, portanto, a única dentre as criaturas sensíveis que se mostra mais semelhante e conforme à Divindade". (citado por Bachelard, F.E.S., p.85)

### **CAPÍTULO III**

**ENSINO,**

**O ELO MAIS FRACO**

### III.1 - METÁFORA: AJUDANDO A PENSAR OU INSTRUMENTALIZANDO O PENSAR?

Quando discutimos os obstáculos epistemológicos, fizemos menção ao uso indevido de certas ilustrações no tratamento de temas científicos. A epistemologia bachelardiana freqüentemente se reporta às metáforas ou imagens de cunho explicativo utilizadas na ciência, recursos esses que - à luz da recorrência histórica - não poderiam deixar de ser julgados:

"As imagens, como as línguas cozidas por Esopo, são ao mesmo tempo boas e más, indispensáveis e daninhas ; é preciso saber usá-las quando são boas e desvencilhar-se delas tão logo se tornem inúteis. Toda imagem empregada para descrever um mundo que não se vê, fenômenos que não aparecem, deve sempre permanecer , como instância de redução". (A.R. , p. 68 - TP)

Desse modo a imagem representa o momento transitório, a "luz efêmera", como salienta Bachelard (M.R., p. 29), sobre a qual o espírito científico deve manter vigilância permanente a fim de não se deixar seduzir pela facilidade de compreensão oferecida. Por isso, é sempre importante frisar, as imagens são instâncias redutivas, ou seja, ilustram de forma parcial e precária os objetos do conhecimento científico, cuja construção se dá efetivamente no campo da abstração, no às vezes árido e pouco atraente domínio das relações matemáticas.

Para a ciência clássica a matemática sempre foi vista enquanto meio de expressão do fenômeno, ou, nas palavras de Bachelard, como "a tinta vermelha de um desenho" (Noumène et microphysique. - TP). A abstração não era, portanto, nada mais que o simples contorno da forma bruta concreta, real e absoluta constituída pelo fato em si. A ciência contemporânea, como vimos, promove a inversão do ideal realista: o "contorno" passa a ser o centro de irradiação a partir do qual o fenômeno é construído ! Por conseguinte, o eixo epistemológico muda de sentido, orientando-se do abstrato para o concreto.

Já comentamos sobre o modelo atômico planetário, imagem capaz de fascinar o realista pela facilidade de ligação entre os mundos macro e microscópico. Para Bohr, nunca é demais repetir, o modelo funcionava como meio de expressão verbal das relações algébricas que regem a espectroscopia (série de Balmer, por exemplo). As órbitas estacionárias representavam, pois, a realização de um compromisso matemático. Todavia, tão logo o princípio de incerteza interdita a possibilidade de se conceber uma localização definida para o elétron, a idéia de trajetória é imediatamente abandonada. A razão se retifica e, como consequência, a imagem planetária perde todo seu valor explicativo. Eis aí um típico exemplo do duplo caráter da

metáfora apontado por Bachelard.

Assim sendo, as metáforas - traduções realistas de construções racionais - só podem se mostrar úteis quando desenvolvidas a posteriori, isto é, após a compreensão matemática e tendo sempre em vista a natureza circunstancial, efêmera, provisória que lhes é inerente: nesse caso podem ajudar o pensamento a estruturar-se:

"As vezes repousar as idéias nas imagens pode dar à linguagem científica certa comodidade. A química quântica fala assim de elétrons livres, de pares de elétrons de spins inversos. Mas estas imagens encontram sua função após as idéias. Os filósofos existencialistas põem às vezes, ao contrário, as imagens antes das idéias. Enquanto falam da matéria aparecem como alquimistas retardados". (A.R., p. 192 - TP - grifos do autor)

Entretanto não deixamos de encontrar na atividade científica, inclusive com certa frequência, um grande número de analogias mal feitas ou más ilustrações, as quais, visando tornar as idéias mais simples, acabam por entrar o raciocínio, aprisionando-o na sedutora e confortável morada do realismo ingênuo.

Questionando Whitehead por abusar das imagens imediatas, Bachelard pergunta:

"Em que um espírito ávido de instrução é ajudado pela página onde Whitehead nos diz que o elétron clássico é um cavalo que galopa livremente na pradaria, enquanto o elétron de Bohr é um auto-ônibus guiado por um trolley? Em que esta imagem de um átomo de hidrogênio constituído por um núcleo central ao qual foram ligados trilhos circulares poderia ser educativa?" (ibid, p. 68-69 - TP)

As analogias mal feitas constituem campo fértil para a proliferação dos obstáculos epistemológicos: realismo, animismo, substancialismo e outros entraves ao saber se manifestam de modo claro e indiscutível. Por conseguinte, de mero meio de expressão, a imagem se converte em substituto do conceito, amarrando, qual fio de Ariadne, o saber científico ao senso comum. Tal continuidade tão facilmente estabelecida não pode, conforme já discutimos, preparar o avanço da atividade cognoscente; pelo contrário, projeta um conhecimento ilusório cuja desconstrução é particularmente trabalhosa e ingrata.

Não é difícil, então, perceber o quanto as más

ilustrações conduzem ao adestramento do pensar, convertendo o hábito sadio da polêmica em desinteresse e velada aquiescência. Nada é pior para o espírito do que uma certeza placidamente consolidada, porquanto a impressão do saber definitivo transforma a consciência crítica em consciência preguiçosa. Quantas vezes nós, educadores, não nos deparamos com a resistência do aluno em rever determinados conceitos? Quantas vezes não ouvimos: "mas professor, isso eu já sei, isso eu já aprendi"? A nosso ver, o ensino de ciências físicas - seja ele formal ou informal como discutiremos a seguir - ao empregar toda a sorte de metáforas impróprias, contribui para a formação de um pensamento puramente instrumentalizado: o educando está apto a resolver exercícios e a repetir definições, podendo, portanto, até obter graus satisfatórios nos exames... Mas terá compreendido os conceitos?

### III.2 - O ENSINO INFORMAL: NOVAS METAS OU VELHOS MITOS ?

A diversificação é uma característica marcante do chamado ensino informal. Múltiplos são os meios de veicular informações científicas e atingir um vasto e heterogêneo auditório o que, por sua vez, confere a esse tipo de ensino, no entender de Mostafa (1981), caráter mais democrático que a educação oficial (ensino formal), dirigida a um público restrito. Na verdade, a "escola paralela" é capaz de atrair tanto o adolescente (normalmente escolarizado e, ao menos em princípio, acostumado aos termos técnicos mais usuais) quanto o adulto que, embora não tenha tido na escola ensinamentos científicos ou deles não se lembre bem, guarda certo interesse pela ciência. Trata-se, pois, de um público leigo para quem o universo da química e da física (como também de outras ciências não discutidas neste trabalho) representa uma grande incógnita.

A educação informal seria, então, uma tentativa de promover a aproximação entre o cientista e o homem comum, de modo que este último pudesse se apropriar dos bens culturais produzidos na cidade científica. Entretanto, a partir daí surge, conforme salienta Mostafa (1981), uma questão crucial: como poderia a população leiga apropriar-se culturalmente de um dado saber se não domina os instrumentos básicos que permitiriam consolidar tal apropriação ?

Sem dúvida a ciência contemporânea, cujo trabalho se orienta do racional para o real, cria códigos próprios (a comunicação por meio da linguagem matemática, por exemplo) através dos quais somente os iniciados se entendem. Para que um conceito de ponta se torne acessível ao leigo é necessário fazer sua descodificação, ou seja, traduzi-lo em linguagem capaz de ser compreendida fora da cidade científica. Quanto a isso, cientistas e divulgadores parecem concordar, todavia é justamente no processo de tradução que os problemas se avolumam.

Se já no campo da literatura um texto traduzido dificilmente reproduz fielmente o original, no campo da ciência as dificuldades são ainda maiores, de sorte que entre o conceito construído e o conceito traduzido restará sempre um hiato intransponível. Na verdade a descodificação implica numa mudança qualitativa do objeto cognoscível, transformação essa nem sempre admitida. Autores como Bronowski (1977) sustentam, por exemplo, ser necessário desenvolver uma linguagem universal única capaz de ligar o leigo ao cientista, fazendo-os compartilhar do mesmo conhecimento. Trata-se, sem dúvida, de uma visão monista alicerçada na unidade do real: existindo uma única realidade, apreendida por uma Razão Única, não há porque não se buscar a unidade das razões apartadas por um punhado de equações e símbolos secundários...

Entretanto, como bem frisa Bachelard (N.E.C.), se anteriormente à era matemática, o real designava ao físico a idéia a generalizar, constituindo-se o pensamento no resumo de experiências completas, hoje em dia, para a nova ciência, um único símbolo matemático designa mil traços de uma realidade noumenal que dita ao investigador o programa de experiências a realizar.



A nosso ver, quanto mais os trabalhos de divulgação se pautarem por dizer ao leigo que o objeto do conhecimento científico e a tradução veiculada não representam a mesma coisa, mais o ensino informal se converterá em processo realmente democratizante no sentido destacado por Mostafa (1981). Salientando as diferenças, é possível tornar o grande público consciente daquilo de que se apropria, evitando o engodo e a ilusão proporcionados pelas ligações fáceis e imediatas vendidas às dúzias por divulgadores ingênuos ou mesmo de má fé.

Pelo contrário, quanto mais a informação científica buscar esconder ou secundarizar seu caráter de objeto decodificado, mais se converterá em artigo de vulgarização sujeito a fatores capazes de torná-la não um estímulo, mas um entrave para o conhecimento. Dentre esses fatores podemos destacar:

1. Dramatização ou Sensacionalismo
2. Mistificação
3. Banalização

#### 1. Dramatização ou Sensacionalismo

De acordo com Mostafa (1981), as informações científicas devem disputar na imprensa (televisada ou escrita), juntamente com outros assuntos, espaços para serem transmitidas, só podendo concorrer em igualdade de condições se forem dramatizadas. Obviamente, nas economias de mercado, o assassinato de personalidades famosas ou grandes catástrofes são temas cuja exploração comercial é muito mais fácil do que seria em relação às pesquisas em física de alta energia, por exemplo. Como os noticiários de televisão ou os jornais diários são produtos de consumo imediato, a mídia selecionará, dentre os assuntos científicos, os que julgar de melhor aceitação pelo público, ou seja, aqueles capazes de gerar fascínio.

Em apoio a essas observações, podemos trazer o depoimento de Sagan (1982) sobre o descaso da imprensa norte-americana com respeito à missão Viking de exploração espacial:

"No verão e outono de 1976, como membro do Viking Flight Team, engajei-me, com vários outros colegas cientistas, na exploração do planeta Marte. Pela primeira vez na história da humanidade, fizemos aterrisar duas espaçonaves na superfície de um outro mundo. Os resultados, descritos detalhadamente no capítulo 5, foram espetaculares, os significados históricos da missão inegavelmente visíveis, embora o público não tenha conhecimento de quase nada destes importantes acontecimentos. A imprensa foi, em sua maior parte, desatenta; a televisão também ignorou a missão. Quando tornou-se claro que uma resposta definitiva sobre a questão da vida em Marte não viria, o interesse diminuiu

ainda mais. Há pouca tolerância para a ambigüidade. Quando descobrimos que o céu em Marte era de uma coloração amarelo-róseo e não azul como tinha sido erroneamente noticiado, o fato foi saudado por um coro de vaia pelos repórteres reunidos - eles queriam que Marte, até mesmo nesse aspecto, fosse semelhante à Terra. Acreditavam que os índices de audiência se desinteressariam progressivamente quando fosse revelado que aquele planeta era diferente do nosso, embora as paisagens marcianas fossem desconcertantes". (grifos nossos)

Este longo trecho da Introdução de *Cosmos*, na verdade um justo desabafo, nos mostra claramente a intenção dos vulgarizadores em reforçar as certezas do senso comum: se Marte é um mundo arenoso e cheio de crateras, se não possui nem o céu semelhante ao nosso, como manter o grande público interessado no que ocorre por lá?

Na valorização do idêntico, no descaso pelo diferente, cristaliza-se o continuísmo do pensar, consolida-se o obstáculo animista: a vida, esta "dádiva do Criador", precisa ter o homem e seu mundo como modelos universais. Escudados na monotonia da similitude, os vulgarizadores poderiam dar asas à imaginação e contar as mais fantásticas histórias, as quais certamente dariam mais lucro que as discussões sobre a química do solo marciano...

O sensacionalismo é, portanto, um dos recursos mais danosos à comunicação científica séria. Com a mesma facilidade que, em dado momento, cria expectativas altamente positivas acerca de determinados acontecimentos científicos, em outros faz justamente o inverso. Acompanhemos, por exemplo, como o *Jornal do Brasil* fez, nos meses de abril e maio de 1989, a cobertura dos experimentos de Fleischmann e Pons acerca da fusão nuclear a frio:

- 11/04/89 : CIENTISTAS REPETEM COM ÊXITO FUSÃO NUCLEAR EM LABORATÓRIO
- 14/04/89 : MIT SOLICITA PATENTE DE TEORIA DA FUSÃO A FRIO
- 16/04/89 : CIENTISTA ACHA QUE FUSÃO PODE SUBVERTER FÍSICA
- 20/04/89 : STANFORD REFORÇA A HIPÓTESE DA FUSÃO
- 22/04/89 : CIENTISTAS DO INPE MEDEM HÉLIO-3 E COMPROVAM FUSÃO
- 28/04/89 : PAULING SUGERE QUE ENERGIA DA FUSÃO FRIA É APENAS SONHO
- 02/05/89 : CIENTISTAS DESCARTAM A FUSÃO NUCLEAR A FRIO
- 03/05/89 : CIENTISTAS NOS EUA ACHAM QUE FUSÃO A FRIO É PERDA

07/05/89 : UMA FUSÃO DE ERROS E ENGANOS

Examinando a seqüência apresentada, verificamos como, num intervalo de tempo inferior a trinta dias, o que despontava como evento altamente promissor foi reduzido a pura perda de tempo. Na verdade, desejava-se vender a idéia de que se descobrira, enfim, a fórmula mágica capaz de resolver os problemas energéticos da humanidade, quando apenas uma investigação inicial estava em curso ! Apreciemos o exercício de futurismo desenvolvido na matéria publicada pelo referido jornal em 11/04/89, a qual tem por subtítulo a sugestiva afirmação:

### A energia nasce num copo d'água

Se o domínio da fusão nuclear for conseguido, isso pode significar que todos os problemas de energia da humanidade estarão resolvidos. No deutério contido em um copo de água existe o mesmo potencial de energia de um tanque de gasolina de automóvel. A fusão permitirá, por exemplo, usar a água dos mares como combustível.

A água do mar é composta de moléculas formadas por átomos de oxigênio e hidrogênio. Alguns desses átomos de hidrogênio são de uma variedade pesada, o deutério, que serve de combustível para a fusão nuclear. Um processo de filtragem simples permitiria retirar esses átomos pesados da água e usá-los como combustível. Isso já foi feito na pesquisa para a produção das bombas nucleares. A água formada de deutério e oxigênio tem o nome de água pesada.

No mundo da fusão nuclear controlada, usinas term nucleares situadas à beira-mar substituirão com vantagem as atuais centrais termoeletricas e barragens. Automoveis e aviões poderao circular com alguns copos de água pesada no tanque. As viagens espaciais serao revolucionadas e os foguetes decolarao com os tanques cheios de água. O reabastecimento sera em Europa, uma lua de Jupiter coberta por um oceano de água congelada. No romance de ficção científica 2061, de Arthur Clarke, recentemente publicado, uma nave movida a fusão nuclear enche seus tanques com água retirada do cometa de Halley. Como ha milhoes de cometas grande-em torno do sistema solar, os astronautas poderao partir da Terra com o combustível só de ida. Sera facil encher os tanques no primeiro cometa disponivel.

Já na matéria de 07/05/89, sob o título "Uma fusão de erros e enganos", Fleischmann e Pons são despojados da condição de redentores da humanidade para se tornarem suspeitos de charlatanismo. Levantam-se casos de fraude científica, como por exemplo a "obtenção" da fusão nuclear a partir de matéria-prima barata (Argentina, década de 50), para por fim exibir a conclusão de que:

"A fusão era uma ilusão. Se a mesma coisa acontecer com Pons e Fleischmann, o governador de Utah pode ter o consolo de não ser o primeiro a cair no conto

da fusão. Até Perón já entrou nessa". (grifo do articulista)

Não nos cabe discutir aqui se é ou não possível realizar a fusão a frio. O assunto se acha em franco debate na cidade científica a exemplo de tantos outros aos quais os meios de comunicação não fazem qualquer referência. Podemos dizer que Fleischmann e Pons foram pouco cuidadosos por terem anunciado os trabalhos na imprensa leiga antes de publicá-los nos veículos especializados, permitindo assim a exploração sensacionalista dos mesmos. Contudo, a suspeita de charlatanismo é igualmente precipitada. A cidade científica fará o julgamento certo no tempo certo sem se preocupar com as opiniões dos que buscam, pela dramatização, converter a ciência em artigo de consumo fácil.

## 2. Mistificação

Outro filão muito explorado pelos vulgarizadores é a exacerbação do mistério. As pesquisas científicas são muitas vezes tratadas como se fossem investigações policiais, nas quais o cientista-detetive busca incansavelmente as pistas para decifrar o grande enigma do universo. Tal como nas tramas de suspense, acredita-se que tudo pode ser subitamente desvendado pelo acesso do "detetive" a uma "pista-chave". Afinal, o determinismo, fortemente enraizado em nossa tradição cultural, exige que os problemas científicos tenham soluções definitivas. Entretanto, a ciência contemporânea de ponta não caminha nessa direção. Segundo salienta Novello (1986: 16), a moderna cosmologia se orienta cada vez mais no sentido de duvidar sobre a possibilidade de se chegar a um modelo completo do universo. Isso implica na substituição do padrão determinista (o qual estabelece que o cosmos teve necessariamente um momento de criação), por uma cosmologia "contextualizada", de "fronteiras conceituais não fechadas", a exemplo da física quântica.

O "enigma" parece, portanto, não ter exatamente uma "solução" no sentido esperado pelos leitores dos livros de suspense... É o que atestam, por exemplo, Einstein e Infeld (1976: 14):

"O cientista que lê o livro da natureza deverá, caso se nos permita repetir a expressão batida, encontrar ele próprio a solução, pois não pode, como o fazem frequentemente os leitores impacientes das histórias, consultar o fim do livro".

No contexto da ciência contemporânea, conforme já discutimos, "encontrar a solução" significa construir, por meio da dialética entre razão e experiência, os eixos de progresso do

saber. Mas se as investigações científicas não são histórias de mistério, como estimular a curiosidade do público ?

A tal questão podemos, no entanto, contrapor outra: será a curiosidade um fator positivo para a obtenção do conhecimento ? Segundo salienta Bachelard:

"Dando uma satisfação imediata à curiosidade, multiplicando as ocasiões de curiosidade, longe de favorecermos a cultura científica, entravamo-la. Substituímos o conhecimento pela admiração, as idéias pelas imagens". (F.E.S., p.29 - TP)

Sem dúvida, para o senso comum a curiosidade é a mola mestra que sempre impulsionou, impulsiona e impulsionará qualquer esforço investigativo. Não importa, por exemplo, quão diferentes sejam as visões de mundo do homem pré-histórico e do homem contemporâneo, pois a curiosidade humana segue sendo, ontem como hoje, o elo fácil de ligação entre as culturas:

"Embora separados por uma eternidade no tempo e na inteligência, o homem primitivo, com sua simples pedra, e o homem moderno, com o seu complexo síncroton, empenhavam-se no mesmo esforço: a investigação da matéria. Diferiam eles apenas na intenção. O primeiro buscava somente usar a matéria; o seu sucessor civilizado procura compreendê-la". (Lapp, 1971: 9)

Com que facilidade um apenas rege toda a sinfonia do continuísmo ! Com que tranqüilidade primitivos e modernos são ligados a partir da continuidade dos esforços ! Pobre hominídeo pré-histórico, ao qual não se dá sequer o direito de devanear, pois o pensamento continuísta o vê essencialmente como ser pragmático, preocupado tão somente em vencer os flagelos impostos pela natureza. Entretanto, conforme salienta Bachelard:

"A utilidade de navegar não é suficientemente clara para determinar o homem pré-histórico a entalhar uma canoa. Não há utilidade alguma que legitime o risco imenso de partir sobre as ondas. Para enfrentar a navegação são precisos poderosos interesses. Ora os verdadeiros interesses poderosos são os interesses quiméricos. São os interesses sonhados não são aqueles que se calculam". (citado por Dagognet, 1986: 13)

Muitas vezes o homem moderno é seduzido pelas sínteses fáceis, sendo levado a acreditar que a fusão entre racionalidade e misticismo aponta o caminho para se chegar ao verdadeiro entendimento do universo:

"Sentado na praia, senti que minhas experiências anteriores adquiriam vida. Assim, 'vi' cascatas de energia cósmica provenientes do espaço exterior (...) 'vi' os átomos dos elementos - bem como aqueles pertencentes ao meu próprio corpo - participarem desta dança cósmica de energia. Senti o seu ritmo e 'ouvi' o seu som. Nesse momento compreendi que se tratava da Dança de Shiva, o Deus dos dançarinos, adorado pelos hindus". (Capra, 1984: 13 - grifo do autor)

Como se vê a mistificação da atividade científica pode se dar de inúmeras formas e conforme os mais distintos interesses. De qualquer modo, acaba sempre transmitindo uma imagem distorcida da ciência, favorecendo interpretações fantasiosas que em nada contribuem para o desenvolvimento do saber.

### 3. Banalização

As simplificações conceituais, normalmente apoiadas em metáforas mal colocadas, são, via de regra, outra característica marcante da vulgarização científica. O fato comentado, não importa o grau de complexidade que possua, deve ser sempre passível de assimilação instantânea, pois em caso contrário poderá causar desinteresse e enfado. Como consequência, o apelo às imagens familiares é imediato: o realismo ingênuo, o animismo, o substancialismo e de resto toda a sorte de obstáculos epistemológicos têm lugar privilegiado no contexto da má divulgação.

Há algumas décadas, coleções juvenis e enciclopédias utilizam fartamente textos e gravuras inadequados, conforme discutiremos nos exemplos que se seguem:

#### EXEMPLO 1 : Natureza da eletricidade

FONTE : Freeman, 1957: 9

"A eletricidade está em tudo que nos cerca. Ela faz parte de todas as folhas e todas as pedras. Está no solo que pisamos e no ar que respiramos. Os cientistas sabem que tudo o que vemos e tocamos é

na realidade formado por nuvens rodopiantes de eletricidade, mas isso só foi descoberto em época bem recente".

**EXEMPLO 2 : Combinações químicas**

**FONTE** : Freeman, 1963: 27

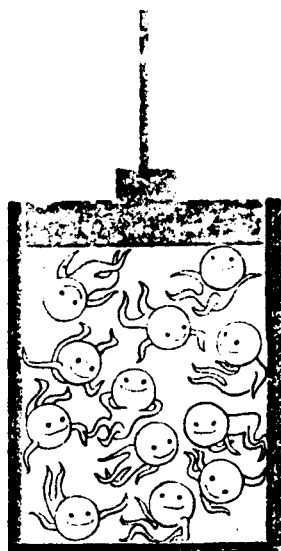


O sódio (metal) e o cloro (metalóide) combinam-se para formar o sal.

### EXEMPLO 3 : Pressão e volume dos gases

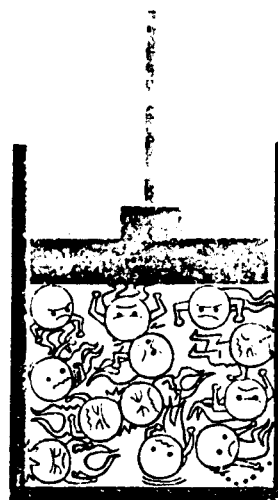
FONTE : WILSON, 1971: 55

AUMENTANDO A PRESSÃO DO  
GÁS PELA DIMINUIÇÃO  
DO ESPAÇO



CALMOS E CONTROLADOS

1



QUANDO O APERTO É APLICADO

#### COMEÇA A FALTAR ESPAÇO

*A uma temperatura fixa, que acontece à pressão de um gás se o seu volume é diminuído? Robert Boyle descobriu que se o volume de um gás é reduzido à metade, a pressão dobra. As moléculas, embora se movam com a mesma velocidade, agora têm só metade do espaço, e portanto forçam duas vezes mais as paredes.*

2

No primeiro exemplo, temos a presença do obstáculo substancialista. A eletricidade é apresentada como atributo universal da matéria, bem ao estilo do espírito pré-científico do século XVIII. Trata-se de uma qualidade oculta, a qual, como salienta ainda o autor, "não se revela espontaneamente" sendo preciso "trazê-la à luz" através de uma ação qualquer, como por exemplo "pentear os cabelos". Ao posicionar o pente sobre pedacinhos de papel, o jovem verifica serem estes atraídos por aquele. Que poderá pensar então acerca disso? Que a matéria, qual lâmpada maravilhosa, é capaz de libertar estranhas forças quando atritada? Nesse caso, que terá restado do fenómeno?



Segundo observa Bachelard:

"Que os corpos leves aderem a um corpo eletrizado, eis aí uma imagem imediata - por outro lado incompleta - de certas atrações. Desta imagem isolada (...) o espírito pré-científico fará um meio absoluto de explicação, e, portanto, imediato. Dito de outro modo, o fenômeno imediato será tomado como símbolo de uma propriedade substancial ; em seguida toda investigação científica será travada; a resposta substancialista sufoca todas as perguntas". (F.E.S., p.102 - TP)

Já no segundo exemplo, o obstáculo realista aparece em toda sua plenitude. A combinação entre sódio e cloro é sobrecarregada por uma concretização que chega às raias do absurdo. Preocupado em apresentar a transformação material como algo concreto, evitando assim maiores discussões, o realista acaba por projetar nas substâncias em jogo seus desejos mais recônditos: afinal, quão cômodo seria, a partir de pedregulhos de sódio e frascos de cloro, obter o sal já refinado e acondicionado para o uso ! Tal característica é sublinhada por Bachelard quando afirma:

"Ora, o melhor meio de evitar as discussões objetivas é refugiar-se atrás das substâncias, é carregar as substâncias com as mais diversas nuances, tornando-as espelhos de nossas impressões subjetivas. As imagens que o realista forma, admirando as mil nuances de suas impressões pessoais estão entre as mais difíceis de dispersar". (ibid, p.148 - TP)

O terceiro exemplo nos revela a facilidade com que se apela às metáforas animistas para evitar um maior esforço de racionalização. O contraste entre "criancinhas calmas" e "criancinhas inquietas", imagem tão cômoda quanto infeliz, traz pelo menos três grandes inconvenientes:

1. reforça a idéia de que o corpúsculo é uma miniatura do corpo macroscópico
2. Confere qualidades humanas (calma, controle, irritação) ao movimento molecular
3. Concretiza desnecessariamente o conceito de transformação isotérmica, dificultando a compreensão da constância do produto

PV que a caracteriza.

Se a representação usual das moléculas como bolas-de-bilhar já é imprópria (pois acentua o realismo do choque em prejuízo do conceito de interação, conforme já discutimos), os molequinhos ainda pioram a situação pela sobrecarga de infantilismo com que golpeiam o espírito aprendiz. Por sua vez, a cinética molecular, uma propriedade fundamentalmente estatística, é traduzida através de sentimentos, retendo o espírito no nível do realismo ingênuo. Finalmente, a efetiva compreensão da lei de Boyle ( $PV = K$ ) é mascarada. Que sucederia à pressão do sistema se, ao invés de reduzido à metade, o volume em 1 fosse dobrado? Como explicar, nesse caso, a transformação isotérmica se os molequinhos já se achavam calmos e controlados?

Sem dúvida, esses livros foram muito populares nos anos sessenta e setenta. Mas e quanto aos dias de hoje?

Buscando um público consumidor mais amplo e diversificado, as grandes editoras têm lançado no mercado brasileiro várias revistas de divulgação: Superinteressante, Novaciência, Pop Science etc.

Em Superinteressante, um dos veículos de maior penetração junto ao público interessado em ciência (1), podemos encontrar, por exemplo, matérias como "A Relatividade em Quadrinhos" (editada sob a forma de poster), da qual extraímos a seguinte passagem:

"Quando 1 quilo de urânio se desintegra, nas bombas atômicas, produz uma energia equivalente à queima de três mil toneladas de carvão. Normalmente, essa energia está quieta, na forma de matéria comum, como os átomos. Mas, quando é estimulada, a matéria se dilui em energia, isto é na forma de fragmentos que subitamente ganham velocidades formidáveis, ou na forma de radiação, como a luz, movimento puro. É essa transformação que é descrita na fórmula famosa,  $E = mc^2$ ." (SI, janeiro/1990 - grifos nossos)

O texto em questão é marcado pelos obstáculos verbais, de modo que a simplicidade pretendida só faz por mascarar a compreensão da Teoria da Relatividade Geral. Senão, vejamos. A expressão "energia quieta" é não só uma metáfora animista como também claro exemplo de péssima linguagem, pois esvazia a noção em jogo de qualquer sentido físico: dissociada do movimento, a energia é um conceito mutilado. Além disso, referir-se aos átomos como "matéria comum" é conferir-lhes um grau de realismo que não possuem: a cômoda idéia de que o corpúsculo é um corpo pequeno se manifesta aí novamente. Além disso, a fissão nuclear é implicitamente comparada à reação repentina de um organismo sujeito a estímulos: fica subentendido que - tal como o ser vivo reage a certo tipo de estimulação - também a matéria explode quando estimulada, "diluindo-se" em

energia. O verbo diluir é, por sua vez, bastante impróprio, pois empresta ao processo uma noção comum inteiramente inadequada: a desintegração radioativa de um quilo de urânio, com a conseqüente conversão em energia, nada tem a ver com o sentido de perda ou de rarefação que este termo adquire na linguagem vulgar. Por fim, que auxílio ao conceito de propagação ondulatória pode trazer a expressão "movimento puro" ? Quais diferenças guardaria ele em relação ao movimento descrito pelos "fragmentos que alcançam velocidades formidáveis" ? Seria este último um movimento impuro ?

Como se vê os obstáculos verbais enredam o pensamento numa teia de imagens e imprecisões da qual não se sai tão facilmente. Todas essas dificuldades não são gratuitas, mas fruto da herança substancialista: em última instância, a energia é concebida como algo que está contido na matéria, esperando a oportunidade de se libertar. Nas palavras de Bachelard:

"Outrora se dizia: a matéria tem uma energia; atrelava-se uma energia à matéria como se atrela um cavalo a um arado". (M.R., p.177 - TP)

Assim procedendo, o substancialista acredita conferir um caráter coisista à energia; crê concretizá-la mas não faz senão atribuir-lhe aspectos ilusórios:

"Armazenando-se, a energia torna-se latente, potencial, fictícia como uma soma de dinheiro roubada dos guichês dos bancos (...)" (N.E.S., p.69 - TP).

### III.3 - ENSINO FORMAL : MALABARISMOS DE UMA ARTE ILUSIONISTA

É interessante notar que os estudos desenvolvidos sobre o ensino de ciências no Brasil, particularmente no que se refere ao ensino de segundo grau, são ainda incipientes. Tomando por base os catálogos da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (ANPED), no período de 1981 a 1987, registramos a existência de apenas 11 Dissertações, em nível de Mestrado, sobre ensino de Física, 4 sobre ensino de Química e 7 sobre ciência em geral. Desse total de 21 teses, somente 3 eram de cunho epistemológico (2).

Apesar da escassa produção acadêmica, as críticas ao divórcio existente entre o ensino de ciências e o aprendizado das mesmas têm sido numerosas nas últimas décadas. Particularmente alimentada pelo chamado "efeito sputnik" (3), a crença numa reformulação profunda da educação científica ganhou força, sobretudo nos Estados Unidos e na Europa Ocidental, de onde se difundiu amplamente para outros países.

Em artigo destinado a discutir a situação do ensino secundário de ciências no Brasil, Lessa (1964) destaca a surpresa evidenciada por muitos educadores estrangeiros ao constatar que nossos estudantes mostravam grande facilidade em expor princípios científicos mas nenhuma capacidade de relacioná-los com eventos cotidianos. Assim, por exemplo, um aluno poderia perfeitamente falar com desenvoltura sobre o eletromagnetismo e desconhecer por completo o funcionamento de uma simples campainha. Dentro desse contexto, crescem as críticas à chamada educação verbalista, à qual é atribuída a responsabilidade maior pelo divórcio entre o ensino e a aprendizagem. Em contrapartida, fortalece-se a tendência de enfatizar a atividade experimental, vista então como espécie de panacéia capaz de dar vida nova a um ensino fracassado e entregue às dores da própria agonia.

A educação científica secundária no Brasil recebe, então, a influência do que Hodson (citado por Perez, 1986) qualifica de "projetos baseados na aprendizagem por descoberta" - PSCS, BSCS, CBA etc (4) - nos quais o eixo pedagógico se desloca do verbal para o experimental: ao aluno é oferecida uma situação-problema (a combustão de uma vela, por exemplo) a partir da qual se pretende desenvolver a capacidade de observar e registrar dados, estimulando assim o interesse pela atividade científica. Não iremos aqui discutir esses projetos, amplamente analisados por Hodson (1985) e Perez (1986) entre outros. Nossa intenção é abordar o problema sob outro ângulo: até que ponto a disparidade entre o ensinado e o aprendido pode ser superada levando-se em conta apenas a metodologia de ensino ? Dito de outro modo, até que ponto a contenda entre a metodologia tradicional (centrada no descritivismo) e as metodologias reformistas (centradas geralmente na observação) não se converte em algo secundário, na medida em que não põe em xeque o estatuto epistêmico da ciência ensinada ?

Quando os educadores debatem os fracassos da aprendizagem científica, preocupam-se fundamentalmente com as questões referentes a como ensinar ciência, deixando de lado a discussão acerca da própria ciência que se ensina. Assim os métodos - os

quais são invariavelmente conseqüências - acabam por constituir o centro da problemática pedagógica: se um conteúdo não é compreendido é porque os meios pelos quais foi veiculado são falhos. Por conseguinte, não se discute se o conceito científico e o conceito escolar possuem ou não a mesma contextura epistemológica. Teriam, por exemplo, o químico de ponta e o professor de química a mesma concepção de átomo?

Vale dizer que mesmo quando buscam realçar as diferenças existentes entre o cientista e o professor de ciências, os autores de livros didáticos falam apenas genericamente de uma defasagem entre a filosofia da ciência ensinada e da ciência produzida:

"Desde os princípios da década passada que os cientistas de todo o mundo vêm se preocupando com uma reforma no ensino de ciências, por julgar este ensino muito distanciado da própria filosofia das ciências em nosso século, tão diferente da que nos precedeu. Em muitos países, novos programas se organizaram e ainda vêm se organizando, com o fim de sanar esta falha e resolver outros problemas, como, por exemplo, o desinteresse pela experimentação". (Máximo & Alvarenga, 1972)

Aponta-se, assim, a existência de visões de ciência diferenciadas mas não se explicita o teor das diferenças... Por outro lado, a problemática retorna à questão do desinteresse do professor pela atividade experimental, ou seja, é na mudança metodológica que o educador vislumbra a possibilidade de melhorar a qualidade do ensino:

"A importância do ato de experimentar no ensino de ciências tem sido destacada por muitos autores. A essas manifestações por um ensino mais experimental somam-se importantes contribuições das teorias de aprendizagem, corroborando a concepção de que a experimentação está na origem do próprio processo de elaboração de conhecimento científico." (Axt & Guimarães, 1985: 39 - grifos nossos)

Isso nos mostra que a educação formal, embora pretenda solucionar os problemas relativos à aprendizagem científica, busca fazê-lo sem abandonar o suporte empirista-realista característico da ciência clássica. Desse modo, independente das novas roupagens metodológicas com as quais possa se apresentar, é ainda a velha matriz epistemológica que rege o ensino de ciências. Como já destacava Bachelard:

"E' ainda esta ciência para filósofos que ensinamos às crianças. E' a ciência experimental das instruções ministeriais: pesem, meçam, contem; desconfiem do abstrato, da regra; liguem os espíritos jovens ao concreto, ao fato. Ver para compreender, este é o ideal desta estranha pedagogia. Pouco importa se o pensamento segue do fenômeno mal visto em direção à experiência mal feita (...)" (Noumène et Microphysique. In: Etudes, p.12 - TP)

A partir daí, percebemos não ser o verbalismo um mal em si nem o experimentalismo necessariamente proveitoso para o ensino das ciências. E' tanto possível ministrar boas aulas centradas na exposição verbal quanto péssimas aulas centradas na atividade experimental. Ao professor cabe, antes de tudo, conforme assinala Bachelard (F.E.S), superar o obstáculo pedagógico que o impede de compreender as razões pelas quais o aluno não compreende.

Tal superação envolve o ato de repensar constantemente o saber ensinado, evitando que no espírito aprendiz se consolide a imagem do fazer ciência como processo de descoberta (ou redescoberta) de verdades estabelecidas para todo o sempre. Um conceito não deve adquirir contornos de certeza a ser assimilada e repetida por uma razão preguiçosa, mas ser tratado enquanto objeto de retificação. Por conseguinte, como afirma Bachelard, "continuar sendo estudante deve ser o voto secreto de todo professor" (R.A., p. 31).

Outro aspecto importante a ressaltar, acerca do tipo de ciência que se deseja ensinar, é o papel cumprido pelo livro didático. Não pretendemos desenvolver um estudo detalhado do tema, mas tão somente apontar tendências gerais manifestadas ao longo das últimas décadas, discutindo-as à luz da epistemologia bachelardiana. Estudos mais detalhados deverão ser conduzidos (5) a fim de que o debate possa então frutificar.

No início dos anos 60, embora as discussões sobre reformas no ensino de ciências, inspiradas principalmente nas críticas à educação verbalista, estivessem na ordem do dia, os autores brasileiros de livros didáticos não se mostraram particularmente influenciados por elas. No prefácio de seu livro destinado ao primeiro ano do curso colegial, Alcântara (1965) salienta:

"Apresentamos esta série de Física para o curso colegial, de acordo com um programa capaz de atender à atual orientação da Lei de Diretrizes e Bases de Educação Nacional e na esperança de facilitar aos alunos o estudo de assuntos pertinentes a esta ciência tão vulgarizada em nossos dias.

De um modo geral, estes livros são adaptações dos anteriores com a transposição dos capítulos segundo a nova seriação (...)" (grifos nossos)

Comparando os conteúdos programáticos da primeira unidade dos livros de Alcântara (1965) e de Freitas (1955) (vide anexo 1), verificamos que a ordenação dos tópicos é praticamente a mesma, com pequenas diferenças apenas na forma de introduzir os assuntos, sem no entanto caracterizar mudanças de vulto. Isso nos mostra bem a permanência das concepções pedagógicas tradicionais, independente do fato da LDB/61 ter extinto a obrigatoriedade de se seguir um programa único no ensino da física (bem como das demais disciplinas) no curso secundário.

O livro de Alcântara (1965) representa bem o modelo de ensino ministrado, ou seja, centrado no descritivismo que trata os fenômenos de forma monótona, passando a imagem de uma ciência de "instrução ministerial", como salienta Bachelard.

Em termos metodológicos, não é dada nenhuma ênfase ao trabalho experimental direto, todavia para o autor a experiência segue sendo "a grande demolidora das teorias", o que evidentemente confere à física o estatuto de "ciência essencialmente experimental", cujos "raciocínios teóricos só têm valor enquanto não são contrariados pela experiência" (p.21).

Já a partir de 1964 surgem no Brasil as primeiras traduções de livros didáticos orientados segundo a metodologia da "aprendizagem por descoberta". A universidade de Brasília publica, em edição preliminar, uma tradução do CBA. Conforme afirma Lutfi (1988), educadores latino-americanos foram treinados nos Estados Unidos com o objetivo de implantar em seus países os programas didáticos concebidos segundo a nova orientação metodológica. Em 1967 teve início o treinamento de professores da rede escolar, sendo que o material didático disponível no mercado brasileiro já existia em quantidade suficiente para adoção nos cursos secundários. Barra & Lorenz (1986) destacam, por exemplo, que no período de 1965 a 1972 foram publicados cerca de 209.000 exemplares do volume 1 do BSCS versão azul.

Publicado no Brasil no início da década de 70, o Curso de Química de Cotton & Lynch, traduzido por uma equipe de professores, representa talvez uma das últimas tentativas de incentivar a proposta do aprender fazendo a nível do livro didático. Da introdução do referido trabalho, destacamos o seguinte comentário:

"Além de se tratar de um método que parece prático, os conceitos e os fatos da Química, assim como sua sensação e gosto, são introduzidos por meio de experiências. Essas experiências são realizadas pelo estudante antes que o texto aborde as idéias que o ilustrem. Destarte, é posta em destaque a noção de que idéias e fatos científicos surgem pela primeira vez da experiência". (grifos dos autores)

Percebe-se claramente aí a intenção de fazer da química uma ciência observacional, onde a racionalização aparece como desdobramento da atividade empírica, perspectiva essa

diametralmente oposta à química de ponta, para a qual a experiência não é mais o instrumento que interroga a realidade para instruir o espírito ; ao contrário, retifica-o quando media sua intervenção sobre o real. Como frisa Bachelard:

"A química moderna - e a fortiori a química contemporânea - não pode nem deve deixar nada em seu estado natural. Como temos dito, ela deve purificar tudo, retificar tudo, recompor tudo".  
(M.R., p.209 - TP)

Muitos foram os fatores que contribuíram para frear a difusão do aprender fazendo no ensino secundário brasileiro. Barra & Lorenz (1986) destacam a influência da lei 5692/71 que reestruturou todo o sistema escolar, estabelecendo, inclusive, a obrigatoriedade do segundo grau em habilitar profissionalmente o estudante ao término do curso. A carência de recursos para implantação dos projetos bem como a resistência dos professores em abandonar a metodologia tradicional podem também ser apontados como fatores restritivos. Desse modo, a maior parte dos livros didáticos publicados por autores nacionais não seguiu aquela linha metodológica.

Buscando fugir ao descritivismo tradicional, outros recursos vêm sendo buscados, sobretudo o apelo às ilustrações (com a consequente simplificação e redução dos textos explicativos) de cunho humorístico e às metáforas. Examinemos, pois, essas iniciativas a partir de alguns exemplos bem característicos.

#### EXEMPLO 1 : Calor de vaporização

FONTE : Máximo & Alvarenga, 1972: 60



A energia cinética média das moléculas de uma substância é maior no estado gasoso do que no líquido. Então, um líquido ao se vaporizar, retira calor do meio ambiente.



O objetivo dos autores é evidentemente ilustrar um princípio abstrato (a absorção de calor pela substância que se vaporiza, com o conseqüente aumento de energia cinética de suas moléculas) a partir de um referencial cotidiano. A ilustração oferecida, entretanto, tem o grave inconveniente de embotar a racionalização do princípio físico, fortalecendo, em contrapartida o realismo sensível: a relação calor-dor é fixada imediatamente, de sorte que quanto mais quente estiver o líquido do frasco, maior será o desconforto experimentado pelo menino. Conseqüentemente, a absorção de calor por parte do líquido no processo de vaporização é intuitivamente associada à intensidade da dor sentida, representando um obstáculo à aprendizagem, pois leva o espírito aprendiz a relacionar fatos desprovidos de qualquer ligação entre si. Tal como a água fervente, o éter igualmente retiraria calor da mão do menino, produzindo, ao contrário, uma agradável sensação de frescor...

#### EXEMPLO 2: Refração luminosa

FONTE : Máximo & Alvarenga, 1972: 94



Fig. VII-2: Este homem não conseguiu pegar a moeda que caiu no aquário porque ele a vê deslocada de sua posição real.

Neste exemplo, o princípio da refração - caracterizado pela mudança da direção de propagação do raio luminoso devido à mudança de meio refringente - é introduzido a partir da valorização do que é registrado pelos sentidos: deixando de encontrar a moeda na exata posição em que a vê, o homem se "irrita"; seu olhar, testemunha fiel da realidade, foi traído pela água que deslocou a moeda do lugar correto. E não será com a facilidade sugerida pelo texto sob a figura que o espírito se convencerá do contrário; o realismo da imagem primeira terá, pela força das convicções ingênuas, levantado barreiras difíceis de vencer:

"E' aliás bastante fácil demonstrar que a matematização da experiência é entravada e não auxiliada pelas imagens familiares (...). A refração da luz encontra assim imediatamente sua 'imagem material' que deterá por muito tempo o pensamento, interditando as 'exigências matemáticas' (...).

Tive freqüentemente oportunidade de constatar, no ensino elementar da física, que esta 'imagem material' fornece uma pronta e desastrosa satisfação aos espíritos preguiçosos. Mesmo quando a demonstração precisa é feita, retorna-se à imagem primeira". (F.E.S., p.226 - TP)

### EXEMPLO 3 : A divisibilidade do átomo

FONTE : Braga & Silva, 1982: 19



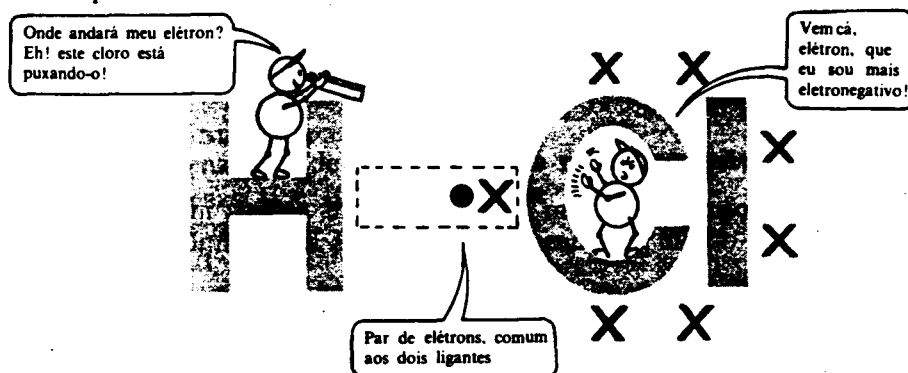
A figura, usada como ilustração introdutória ao capítulo de estrutura atômica, leva o estudante a concretizar extremamente a noção de átomo. Trata-se de uma metáfora realista que põe inevitavelmente o macro e o micromundo em relação de continuidade: tal como o carro é formado por partes distintas, as quais podem ser desmembradas, também o átomo pode ser fracionado em constituintes ainda menores, prótons, nêutrons e elétrons. Não importa quão diferenciados sejam o elétron e a roda, pois para o realista a concretude é atributo invariável do objeto: a realidade do ser se converte em consequência monótona de sua própria existência. Entretanto, perguntar-lhe-íamos como faz Bachelard:

"No momento mesmo em que a noção moderna de átomo se define como noção mais e mais abstrata, mais e mais secreta, como é possível continuar a abrigá-la sob um manto de fenômenos usuais? Como podemos propor estender nossas intuições sensíveis a seres que escapam a nossa intuição?" (A.R., p.83 - TP)

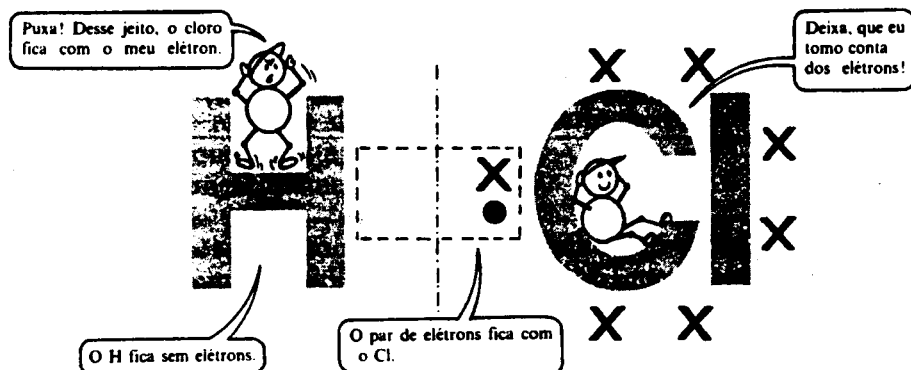
#### EXEMPLO 4 : Ligação química e Nox

FONTE : Sardella & Mateus, 1983: 100

Examinemos, agora, o caso da ligação covalente (carga aparente).  
Suponhamos a estrutura da molécula HCl:



E, como você aprendeu na classificação periódica, o cloro é mais eletronegativo que o hidrogênio, porque tem mais elétrons na última camada. Conseqüentemente, o par de elétrons ficará mais próximo do cloro, de tal modo que, se você imaginar uma divisão da molécula ao meio, notará o seguinte: o hidrogênio perderá o seu elétron, adquirindo carga positiva, e o cloro ganhará esse elétron, adquirindo carga negativa.

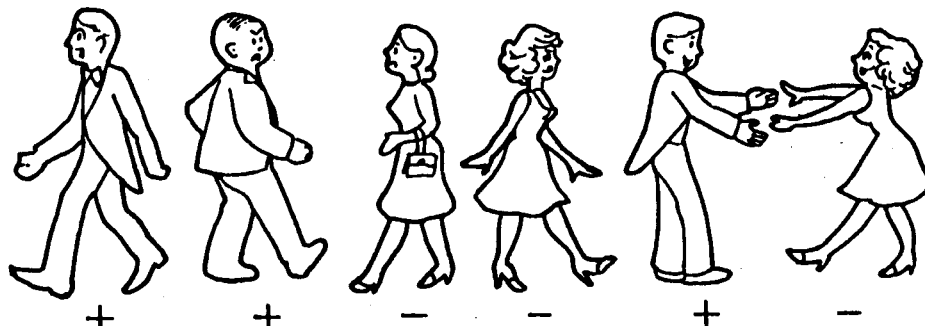


A insólita situação aí oferecida peca, primeiramente, por utilizar uma metáfora animista na qual a sobrecarga de infantilismo é evidente. Uma vez mais o educador realista subestima a capacidade de abstração do estudante, julgando que concretizações desse tipo auxiliam a compreensão das relações entre o tipo de ligação química e o número de oxidação. Entretanto, tudo que se consegue é levar o aluno a ter uma concepção estática de um processo dinâmico: com o hidrogênio "procurando" seu elétron, perde-se completamente a noção de densidade eletrônica, a qual é substituída pela localização forçada do par ligante. Desejando explicar o conceito de Nox na ligação covalente, confina-se os elétrons arbitrariamente, como se o fenômeno se restringisse a um simples "toma-lá-dá-cá" a nível microscópico.

Tendo cedido ao indeterminismo quântico no que tange aos átomos isolados (o livro em questão trabalha o conceito de orbital atômico), o pensamento realista não hesita em buscar na molécula um pouso confortável para suas ilusões deterministas...

## EXEMPLO 5 : Atração elétrica

FONTE : Ueno & Yamamoto, 1982: 158



A metáfora animista, empregada nesse caso, busca estabelecer a analogia fácil entre o senso comum e o fato científico. Os fenômenos elétricos e a sexualidade são, assim, colocados em relação de continuidade direta pela simples e cômoda utilização dos verbos atrair e repelir. Trata-se aí, conforme salienta Bachelard, de uma situação em que o símbolo metafórico é a própria representação do desejo sexual, constituindo autêntica "descarga da libido" (F.E.S., p. 194 - TP).

A associação imediata tende a dificultar a abstração do fenômeno, pois confere à atração e à repulsão um caráter realista ingênuo em prejuízo da noção racional de interação elétrica: as cargas envolvidas são compreendidas apenas enquanto impulsos que levam os corpos a se aproximarem ou a se afastarem, tal como o instinto sexual promove a aproximação entre princípios diferentes (masculino-feminino) e a rejeição entre princípios semelhantes (masculino-masculino ou feminino-feminino).

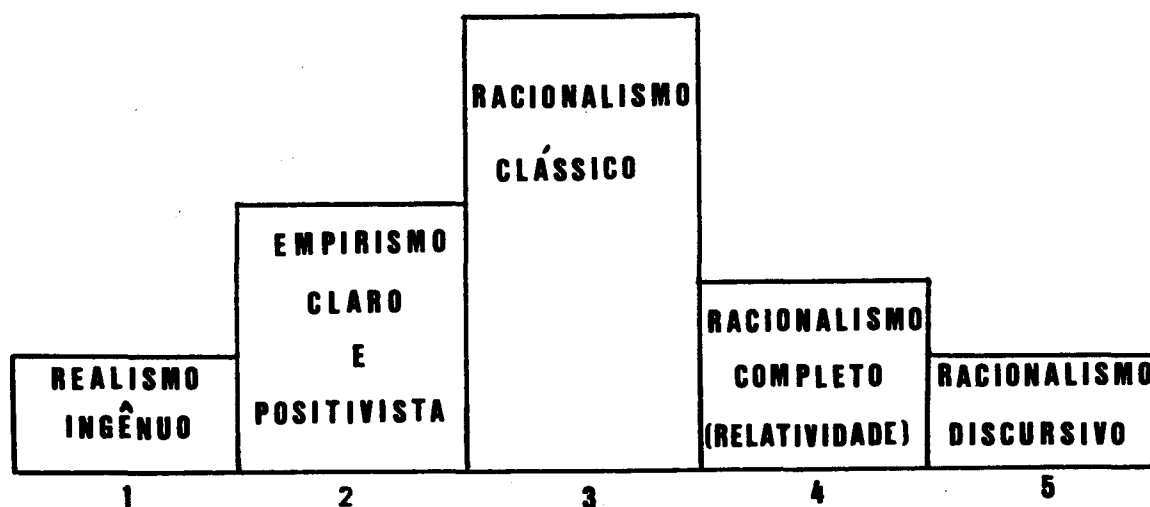
Mas se a sexualidade humana não é redutível a esquemas tão simplistas, também as interações elétricas exigem interpretações menos ingênuas... A propósito, vale dizer que no século XVIII associava-se a neutralidade elétrica dos corpos à "neutralidade" sexual dos eunucos: se um eunuco fizesse parte de uma cadeia humana composta por homens e mulheres de mãos dadas, em cujas extremidades se ligavam os terminais positivo e negativo da garrafa de Leyde, o fluxo elétrico, segundo se imaginava, seria interrompido...

### III.4 - ANÁLISE EPISTEMOLÓGICA DA VISÃO DE CIÊNCIA E DO ENFOQUE FILOSÓFICO DADO PELO PROFESSOR A CONCEITOS BÁSICOS COMUNS AO ENSINO DA QUÍMICA E DA FÍSICA NO SEGUNDO GRAU

#### III.4.1 - Problematização

Para desenvolver a análise ora proposta, tomamos como ponto-de-partida a categoria bachelardiana de PERFIL EPISTEMOLÓGICO.

Segundo Bachelard, a influência das diversas correntes filosóficas na formação de um dado conceito científico pode ser avaliada, em termos individuais, ainda que de forma limitada, a partir de um gráfico de barras construído do seguinte modo: nas abcissas são lançadas as filosofias tradicionais, orientadas do Realismo Ingênuo para o Racionalismo Discursivo (ou dialético); nas ordenadas fica expresso o peso relativo ou influência de cada filosofia na composição do conceito. Tal diagrama constitui assim o Perfil Epistemológico do indivíduo com respeito a determinada noção, conforme podemos verificar a propósito do perfil bachelardiano de massa:



(P.N. , p.43 - TP)

Resumidamente, podemos destacar como cada uma dessas

filosofias constrói a referida noção:

**REALISMO INGÊNUO** - A massa é tomada como a quantidade de matéria visivelmente contida num corpo, ficando intimamente relacionada ao tamanho do mesmo: o fruto maior parece ser, por exemplo, o mais substancioso, indicando ao olhar da criança gulosa a possibilidade de satisfazer imediatamente seu desejo de comer.

**EMPIRISMO-POSITIVISMO** - A massa é concebida enquanto propriedade mensurável da matéria, a qual se obtém pelo uso da balança. O conceito é portanto esvaziado dos caracteres metafísicos, ganhando uma interpretação puramente intrumental. Conforme frisa Bachelard, no âmbito da conduta empírico-positivista da balança, "pesar é pensar. Pensar é pesar". (P.N. p.26 - TP)

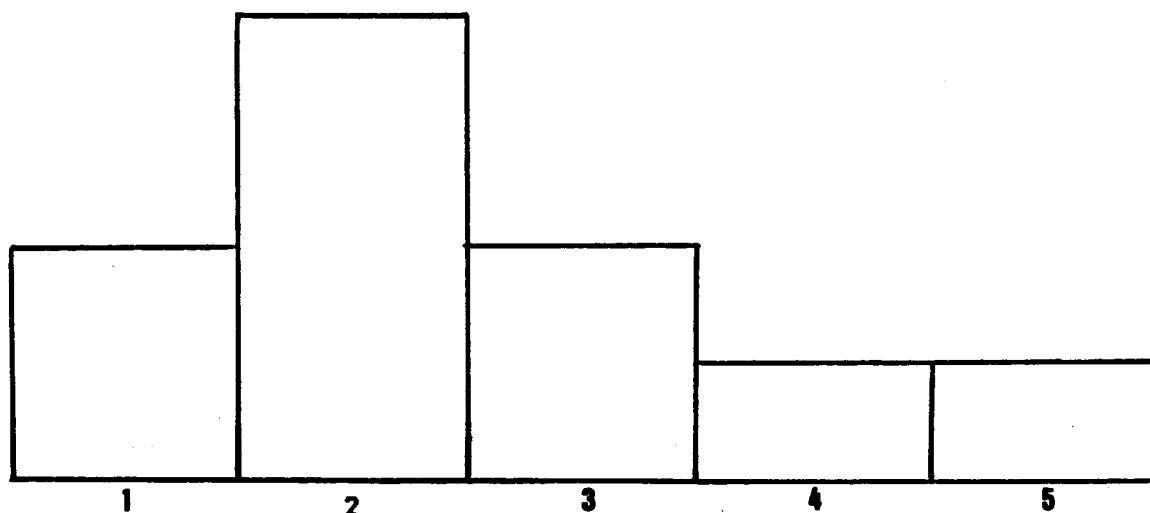
**RACIONALISMO CLÁSSICO** - A massa constitui-se em grandeza de caráter absoluto, tal como o espaço e o tempo. Representa, de acordo com a mecânica newtoniana, a resistência de um corpo ao movimento quando lhe é aplicada uma força:  $m = F/a$ . Tal relação indica a proporcionalidade direta entre a resistência oferecida pelo corpo (caracterizada por sua massa) e a força necessária para deslocá-lo.

**RACIONALISMO RELATIVISTA** - A noção de massa é desdobrada, perdendo o absolutismo que a mecânica racional de Newton lhe havia conferido. Converte-se pois, em função complexa da velocidade, sujeita a variações: à medida que a velocidade de um corpo se aproxima da velocidade da luz sua massa aumenta, tornando-se infinita ao se atingir esta última.

**RACIONALISMO DISCURSIVO** - A partir do enfoque relativístico conferido por Dirac às partículas subatômicas surge, através do cálculo matemático, a possibilidade de termos duas massas para caracterizar um mesmo objeto: uma positiva e outra negativa. A primeira corresponde à massa tradicionalmente tratada pelas filosofias precedentes. A segunda, conforme já comentamos, é um noumeno à espera da realização fenomênica. Por conseguinte, como frisa Bachelard, a noção de massa negativa "suscita uma dialética externa, uma dialética que jamais teria sido encontrada meditando sobre a essência do conceito de massa, penetrando mais profundamente na noção newtoniana e relativista de massa". (ibid, p.35 - TP)

E' importante deixar claro que o perfil epistemológico de uma dada noção constitui-se em esforço de representação empreendido pelo indivíduo acerca das influências filosóficas que marcaram sua formação intelectual. Não pode, portanto, ser estendido a outros indivíduos nem tampouco ser apontado como típico da ciência de determinada época. Assim, por exemplo, o grande peso atribuído por Bachelard ao racionalismo clássico em seu perfil epistemológico do conceito de massa se deve, fundamentalmente, aos longos anos dedicados ao ensino de física na escola secundária.

Se fôssemos traçar nosso perfil particular do mesmo conceito, teríamos:



Diferentemente de Bachelard, a formação técnica-industrial, ligada à rotina do trabalho em laboratório nos leva a conferir um peso maior ao empirismo-positivismo. Já as noções relativística e diracniana constituem para nós um campo recente de estudo, representando, portanto, parcelas menos significativas do perfil.

Sendo os perfis epistemológicos construções estreitamente ligadas à história de vida do indivíduo, se desejássemos avaliar, dentro de uma amostra selecionada, como os professores de química e física encaram certas noções, não teríamos outra alternativa senão pedir a cada pesquisado para traçar os pretendidos perfis. Tal procedimento nos pareceu inviável face às dificuldades a ele inerentes e também aos objetivos visados nesta Dissertação (6). Optamos então por extrair da categoria bachelardiana elementos que pudessem ser úteis a uma análise epistemológica do ensino da química e da física. Para tanto, elaboramos um questionário (vide Anexo 2) que permite aferir, por meio de questões objetivas:

- 1 - Para que campo epistemológico tende a visão de ciência do professorado (Ciência Tradicional ou Novo Espírito Científico)
- 2 - As contribuições do empirismo, do racionalismo clássico, do



positivismo e do racionalismo discursivo na composição dessa visão

- 3 - Em que medida o realismo e o racionalismo influenciam o enfoque pedagógico conferido a alguns conceitos de base (massa, matéria e energia, fenômeno, substância e molécula) comumente tratados no segundo grau
- 4 - As contribuições das diferentes vertentes realistas (realismo ingênuo / empirismo-positivismo) e racionalistas (racionalismo clássico / racionalismo relativista / racionalismo discursivo) na composição desses conceitos.

#### III.4.2 - População-Alvo e Amostragem

A população-alvo desta pesquisa é constituída por professores regentes de química e física, no nível de segundo grau, tomando-se como campo de investigação o município do Rio de Janeiro.

Foram recebidos 152 questionários, ou 10.1 % da população-alvo estimada e 29.9 % do total distribuído.

#### III.4.3 - Metodologia

##### 1 - Levantamento do Número de Escolas de Segundo Grau

Para chegar à população-alvo fizemos a distribuição de questionários em diferentes escolas das redes federal, estadual e particular de ensino, buscando abranger as várias regiões geográficas do município (vide anexo 3).

Com o objetivo de tornar a amostragem o mais representativa possível do todo, buscamos realizar primeiramente um levantamento do número de escolas de segundo grau em atividade no ano de 1990, obtendo os seguintes dados:

##### a) Rede Federal

Número de Estabelecimentos : 10

Fonte : Sindicato Nacional de Docentes do Ensino Federal (ANDEF)

##### b) Rede Estadual

Número de Estabelecimentos : 100

Fonte : Secretaria Estadual de Educação

##### c) Rede Particular

Número de Estabelecimentos : 409 (total relativo a

fevereiro/1989)

Fonte: Conselho Estadual de Educação

OBS: Foram contabilizadas apenas as escolas que ministram ensino regular de segundo grau nas três séries letivas, ficando excluídas as escolas de ensino supletivo.

Chegamos, pois, a um total de 519 escolas, das quais 74 ou 14.3 % receberam questionários para serem distribuídos aos professores (vide anexo 3).

## 2 - Estimativa do Número de Professores Regentes de Química e Física

O levantamento das escolas de segundo grau teve como objetivo apenas orientar a entrega dos questionários. Entretanto, a grande maioria dos professores não trabalha num único estabelecimento, lecionando em mais de uma rede e em localidades diferentes. Se por um lado essa característica do profissional de ensino torna possível atingir um contingente representativo da população-alvo a partir da distribuição dos questionários em um número relativamente restrito de escolas, por outro dificulta a quantificação do total de docentes em atividade. Somando a isso a carência de dados numéricos disponíveis (sobretudo nas redes estadual e particular), não tivemos outra alternativa a não ser estimar (admitindo erro por excesso) o total buscado. Tal estimativa teve por base os seguintes referenciais:

### a) Rede Federal

Total de Vagas Preenchidas em Química e Física: 200

Fonte : secretarias das escolas

Período da Pesquisa : Março a Maio de 1990

OBS: o total levantado é maior que o número de professores regentes pois um docente pode ter duas matrículas de 20 horas em instituições diferentes ou lecionar em mais de uma escola da mesma instituição (caso do Colégio Pedro II).

### b) Rede Estadual

Total Aproximado de Vagas Preenchidas em Química e Física : 670

Fonte: Núcleos Administrativos da Secretaria Estadual de Educação e secretarias de algumas escolas

Período da Pesquisa: Fevereiro a Maio de 1990

OBS: Consultando a Coordenadoria de Ensino de Segundo Grau, órgão pertencente à Secretaria Estadual de Educação, recebemos a sugestão de procurar os núcleos administrativos. Mantivemos contato com os dez núcleos existentes no município do Rio de Janeiro, obtendo dados referentes a 55 escolas. Fizemos contato com mais 25 escolas (vide anexo 4), perfazendo então um total de 80 estabelecimentos pesquisados (80% do universo de pesquisa). Com base nesse patamar, estimamos o número total de vagas preenchidas, adotando uma relação de proporcionalidade direta, chegando finalmente ao valor acima indicado. É preciso salientar ainda que o número real de docentes em atividade é seguramente inferior a esse total pois muitos professores possuem duas matrículas em escolas diferentes (figurando, portanto, duas vezes no levantamento) e outros tantos entram com pedidos de licença ou exoneração durante o ano, conforme nos informaram alguns núcleos.

### c) Rede Particular

Total Aproximado de Vagas Preenchidas em Química e Física: 2130

Fonte: secretarias das escolas

Período da Pesquisa: Fevereiro a Maio de 1990

OBS: Consultamos o Sindicato dos Professores do Município do Rio de Janeiro, o qual não dispunha de qualquer dado referente ao número de professores de química e física em atividade. Consultamos também o Sindicato dos Estabelecimentos de Ensino de 1º e 2º graus do Município do Rio de Janeiro, não obtendo, igualmente, nenhum dado a esse respeito. Face à carência de informações disponíveis, optamos por realizar um levantamento do número de vagas preenchidas nas 409 escolas registradas no Conselho Estadual de Educação. Dadas as dificuldades em obter individualmente informações referentes a tão elevado número de estabelecimentos, fizemos uma amostragem, pesquisando 54 escolas (vide anexo 5) ou 13.2 % da rede particular de ensino. Com base nesse patamar, fizemos uma projeção do total de vagas preenchidas multiplicando o número de escolas pela média de vagas por escola, obtendo assim o valor acima indicado. É importante destacar que esse número é de 3 a 4 vezes maior que o número real de docentes em atividade, dado o elevado índice de interseção entre as escolas dessa rede de ensino.

Somando os valores brutos levantados nas 3 redes e supondo, com base nos fatores de redução apontados, que cada professor ocupe em média duas vagas, chegamos finalmente a :

$$N = \frac{F + E + P}{f}$$

onde : N - número estimado de professores de química e física  
F - total bruto relativo à rede federal  
E - total bruto relativo à rede estadual

P - total bruto relativo à rede particular  
f - fator médio de redução

$$\text{Portanto, } N = \frac{200 + 673 + 2130}{2} = 1503$$

Desse modo, foram distribuídos 508 questionários, o que representa 33.9 % da população-alvo estimada. Foram recebidos 152 questionários ou 10.1 % dessa mesma população-alvo.

### 3 - Índice de Mortalidade da Pesquisa

Dada a amplitude do campo de pesquisa, tivemos que trabalhar com a perspectiva de recolher, pessoalmente ou por meio de colaboradores, no máximo 50 % da massa de questionários distribuída. O restante, encaminhado à população-alvo juntamente com envelopes selados e sobrescritados para nosso endereço, ficou de ser remetido pelo correio. Os quadros abaixo fornecem os índices máximo, estimado e efetivo de retorno:

QUADRO 1 : RETORNO MÁXIMO

FORMA DE RETORNO	N Q	% DO TOTAL
RECOLHIMENTO PESSOAL	143	28.1
RECOLHIMENTO FEITO POR COLABORADOR	104	20.5
REMESSA POSTAL	261	51.4

**QUADRO 2 : RETORNO ESTIMADO**

FORMA DE RETORNO	N Q	% DO TOTAL MAX.
RECOLHIMENTO PESSOAL	86	60
RECOLHIMENTO FEITO POR COLABORADOR	52	50
REMESSA POSTAL	78	30

**QUADRO 3 : RETORNO EFETIVO**

FORMA DE RETORNO	N Q	% DO TOTAL MAX.
RECOLHIMENTO PESSOAL	71	49.7
RECOLHIMENTO FEITO POR COLABORADOR	49	47.1
REMESSA POSTAL	32	12.3

O alto índice de mortalidade (70 % do total distribuído) pode ser atribuído a diversos fatores, como por exemplo à paralisação de quase 30 dias dos profissionais da rede particular entre os meses de abril e maio do corrente ano. Em vários colégios as pessoas encarregadas de recolher os questionários respondidos (diretores, supervisores, coordenadores) nos informaram que muitos professores haviam perdido o material. Nas redes estadual e federal muitos docentes alegaram falta de tempo ou simplesmente se negaram a colaborar na pesquisa.

Tivemos oportunidade de constatar , também, certo incômodo dos colegas em responder às questões propostas (talvez por julgarem se tratar de um "teste de conhecimento") bem como certo ceticismo em relação a pesquisas: afirmações do tipo "ai vem mais um formulário prá responder" não foram incomuns.

De qualquer modo, apesar dos contratemplos e dificuldades, consideramos a experiência válida e o material recolhido bastante significativo.

### III.4.4 - Apresentação dos Resultados da Pesquisa de Campo

#### 1 - Considerações Iniciais

Conforme mencionamos anteriormente, um questionário foi o instrumento escolhido para colher os dados necessários à análise epistemológica que pretendemos fazer nesta Dissertação.

Naturalmente esse tipo de pesquisa de campo apresenta inúmeras limitações, sobretudo por ser estruturada sob a forma de questões objetivas (do tipo múltipla escolha) as quais nem sempre são capazes de traduzir integralmente o pensamento do indivíduo pesquisado. De todo modo, acreditamos ser possível aferir tendências gerais indicativas da visão de ciência e do enfoque dado aos conceitos de base apresentados.

O primeiro bloco, composto de cinco questões, busca investigar para qual campo epistemológico (Ciência Tradicional ou Novo Espírito Científico) tende predominantemente a visão do professorado. São propostos os seguintes temas: atividade científica, natureza do conhecimento, teoria científica, relação sujeito-objeto e método científico. As alternativas oferecidas (vide Anexo 2), elaboradas de modo a refletir tendências características (as quais chamamos Orientações Epistemológicas), estão situadas num ou noutro campo de acordo com referenciais extraídos da epistemologia de Bachelard. Inicialmente é feita uma tabulação particularizada visando aferir se há ou não predomínio de uma dada orientação. Posteriormente, compilamos os dados particulares de modo a obter indicação do campo epistemológico predominante.

O segundo bloco, também constituído por cinco questões, busca investigar se conceitos básicos comuns ao ensino da física e da química são transmitidos segundo um enfoque realista ou racionalista. Selecionamos as seguintes noções: massa, matéria e energia, substância, fenômeno e molécula. As alternativas apresentadas (vide Anexo 2) procuram refletir tendências características (Orientações Epistemológicas) dentro de cada enfoque genérico. Seguindo a metodologia adotada no primeiro bloco, realizamos uma tabulação particularizada visando aferir se há ou não predomínio de alguma orientação. Posteriormente, compilamos também os dados de modo a obter indicação do enfoque filosófico preponderante.

Dos 152 questionários recebidos, 55 correspondem a professores de física, 85 a professores de química e 12 foram rejeitados por não se enquadrarem nas mesmas condições dos demais (7).

A desproporção entre professores de química e de física na amostragem poderia indicar, em primeira instância, maior receptividade dos primeiros com relação à pesquisa. Contudo, é preciso frisar que a composição da população-alvo não é homogênea: em várias escolas das três redes de ensino foi constatada maior carência de professores de física. Isso nos leva a concluir pela existência de um menor número de docentes em exercício na referida disciplina. Por outro lado, no caso específico da Escola Técnica Federal de Química do Rio de Janeiro (escola na qual lecionamos), teríamos forçosamente que receber

mais questionários de professores de química, presentes em número muito superior devido aos fins inerentes à própria instituição.

Assim sendo, dividimos os 140 questionários a analisar em três subgrupos:

Primeiro Subgrupo : Professores de Física

Segundo Subgrupo : Professores de Química

Terceiro Subgrupo : Professores de Química da ETFQ-RJ

A separação entre professores de física e química é naturalmente óbvia na medida em que desejamos investigar semelhanças e diferenças entre um e outro grupo. A não inclusão dos docentes da ETFQ-RJ no segundo subgrupo se deve aos seguintes fatores:

1 - 76 % dos questionários recebidos terem sido respondidos por professores que não lecionam em outra escola de segundo grau

2 - A química, ministrada em diversas cadeiras, estar voltada para a formação profissional do aluno (técnico em química, alimentos ou biotecnologia), diferindo das demais escolas onde tem caráter de disciplina de educação geral.

3 - 68 % dos questionários recebidos terem sido respondidos por professores formados pela própria escola, ou seja, com formação técnica-industrial.

Buscando avaliar se tais fatores permitem ou não diferenciar esse conjunto de professores com relação ao segundo subgrupo, desenvolvemos, portanto, um tratamento à parte. As conclusões a que chegamos a partir dos dados colhidos são apresentadas em III.4.5, na Análise de Resultados.



## **2 - Apresentação dos Resultados**

**PRIMEIRO SUBGRUPO : PROFESSORES DE FÍSICA**

**NÚMERO DE QUESTIONÁRIOS ANALISADOS : 55**

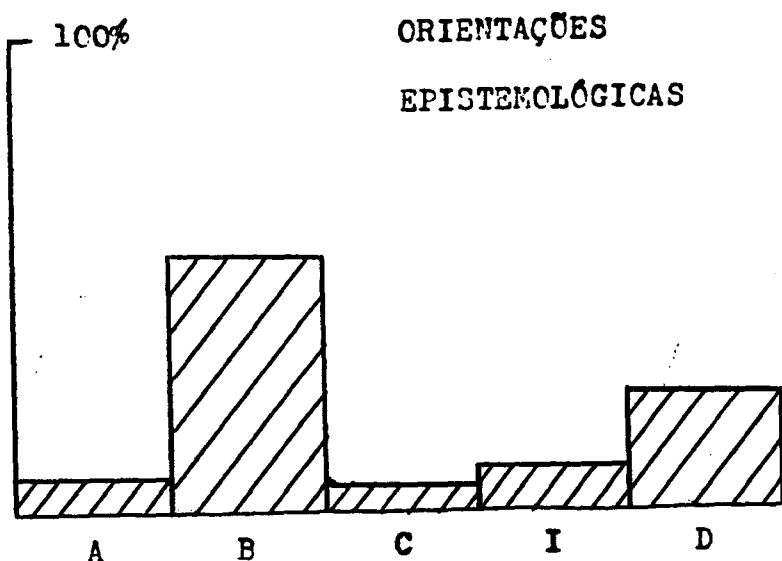
# QUESTÃO 1 : A ATIVIDADE CIENTÍFICA

## QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	04
	B	31
	C	05
	OC	-
	OR	02
N.E.C.	D	15
	OR	-
INTERSEÇÃO		03
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



- (A) Empirismo - 7%
- (B) Positivismo - 56%
- (C) Rac. Clássico - 9%
- (D) Rac. Discursivo - 27%
- (I) Interseção - 5,5%

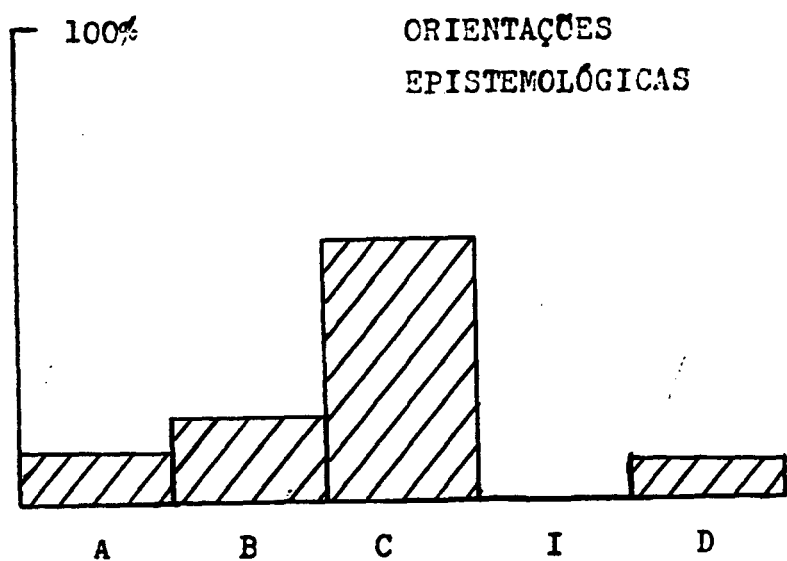
## QUESTÃO 2 : NATUREZA DO CONHECIMENTO

### QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	06
	B	10
	C	32
	OC	-
	OR	01
N.E.C.	D	05
	OR	-
INTERSEÇÃO		-
SEM RESPOSTA		01

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



- (A) Empirismo - 11%
- (B) Positivismo - 18%
- (C) Rac. Clássico - 58%
- (D) Rac. Discursivo - 9%
- (I) Interseção - -

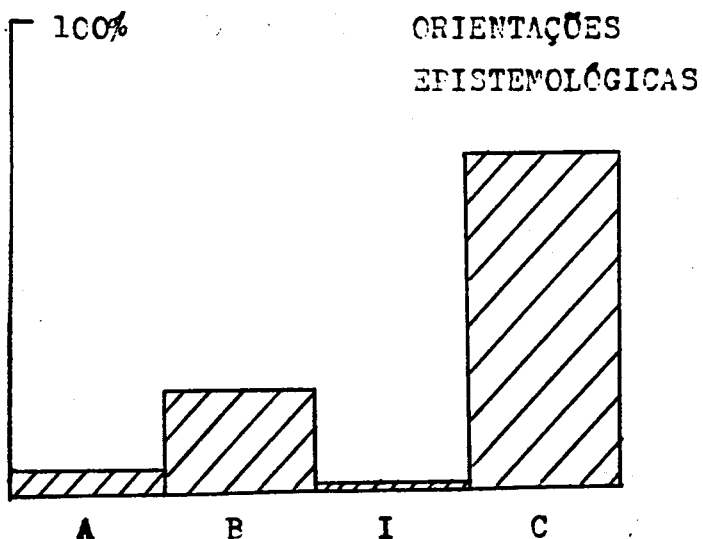
### QUESTÃO 3 : TEORIA CIENTÍFICA

#### QUADRO DE RESPOSTAS

C A M P O	O P Ç Ã O	I N C I D Ê N C I A
C I Ê N C I A T R A D I C I O N A L	A	02
	B	12
	OC	-
	OR	01
N.E.C.	C	39
	OR	-
I N T E R S E Ç Ã O		01
S E M    R E S P O S T A		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A) Rac. Clássico - 3,5%

(B) Positivismo - 22%

(C) Rac. Discursivo - 71%

(I) Interseção - 2%

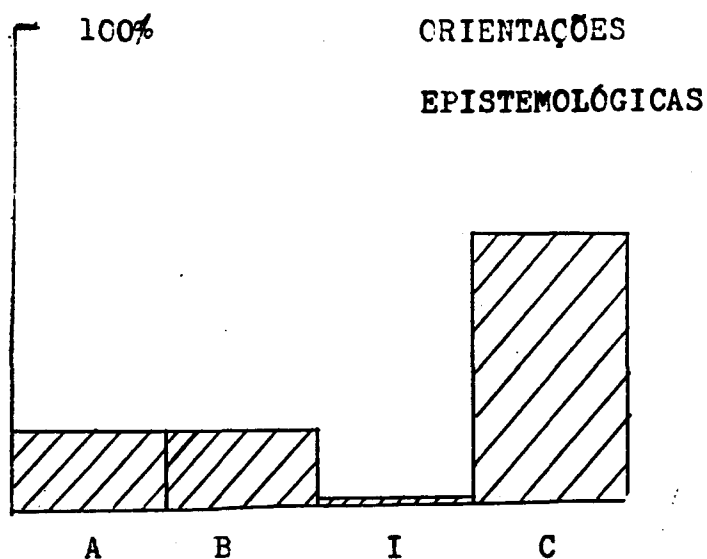
# QUESTÃO 4 : RELAÇÃO SUJEITO/OBJETO

## QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	09
	B	09
	OC	02
	OR	01
N.E.C.	C	32
	OR	-
INTERSEÇÃO		01
SEM RESPOSTA		01

CC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A) Empirismo - 16,5%

(B) Rac. Clássico - 16,5%

(C) Rac. Discursivo - 58%

(I) Interseção - 2%

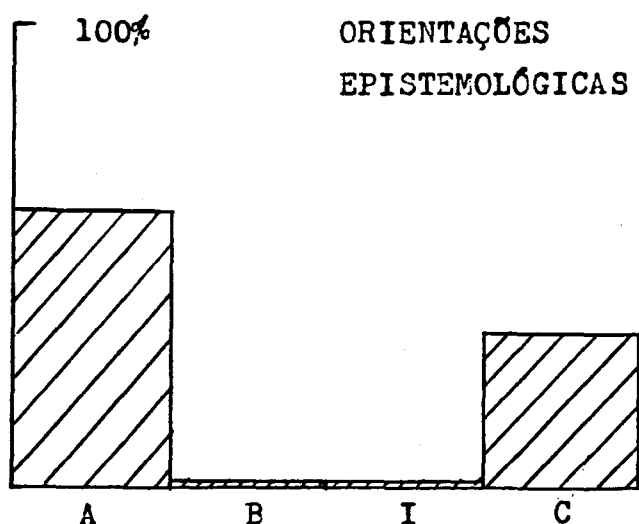
## QUESTÃO 5 : MÉTODO CIENTÍFICO

### QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	33
	OR	-
N.E.C.	B	01
	C	18
	OC	01
	OR	01
INTERSEÇÃO		01
SEM RESPOSTA		01

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



- (A) Positivismo - 60%
- (B) Rac.Relativista - 2%
- (C) Rac.Discursivo - 33%
- (I) Interseção - 2%

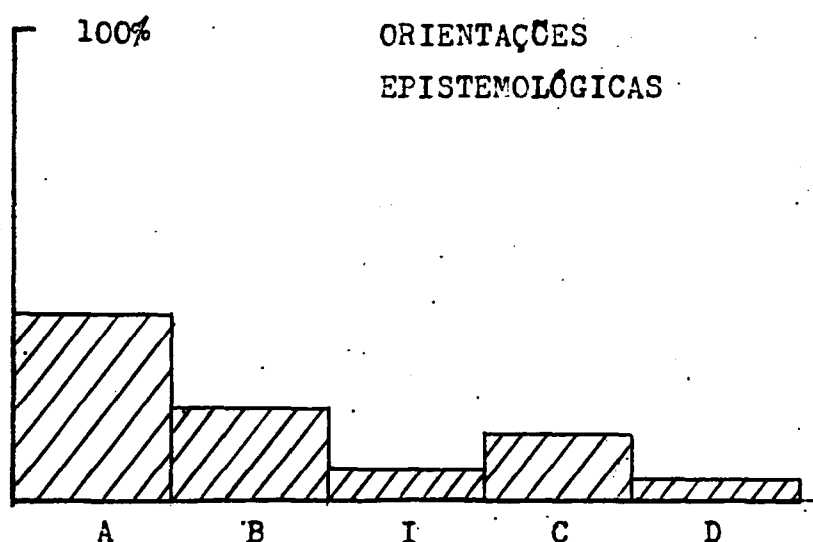
QUESTÃO 6 : CONCEITO DE MASSA

QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	22
	B	11
	OC	03
	OR	-
RACIONALISMO	C	08
	D	02
	OC	-
	OR	01
INTERSEÇÃO		03
SEM RESPOSTA		03

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



- (A) Realismo Ingênuo - 40%
- (B) Empir./Positiv. - 20%
- (C) Rac. Clássico - 15,5%
- (D) Rac. Relativista - 3,5%
- (I) Interseção - 5,5%

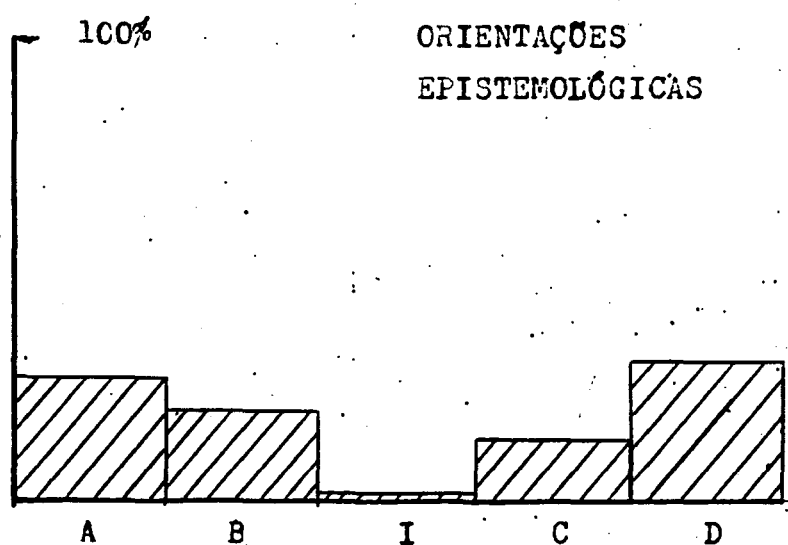
**QUESTÃO 7 : CONCEITOS DE MATÉRIA  
E ENERGIA**

**QUADRO DE RESPOSTAS**

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	15
	B	11
	OC	02
	OR	-
RACIONALISMO	C	07
	D	17
	OC	-
	OR	-
INTERSEÇÃO		01
SEM RESPOSTA		02

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A) Realismo Ingênuo - 27%  
 (B) Empir./Positiv. - 20%  
 (C) Rac. Clássico - 13%  
 (D) Rac. Discursivo - 31%  
 (I) Interseção - 2%



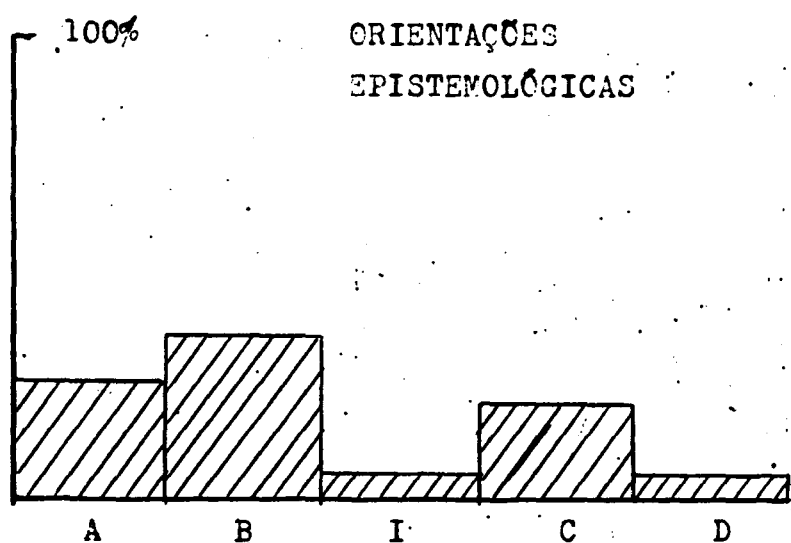
# **QUESTÃO 8 : CONCEITO DE SUBSTÂNCIA**

## **QUADRO DE RESPOSTAS**

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	14
	B	20
	OC	-
	OR	-
RACIONALISMO	C	11
	D	02
	OC	-
	OR	-
INTERSEÇÃO		02
SEM RESPOSTA		06

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



- (A) Realismo Ingênuo - 25,5%
- (B) Empirismo - 36%
- (C) Racionalismo - 20%
- (D) Rac. Discursivo - 3,5%
- (E) Interseção - 3,5%

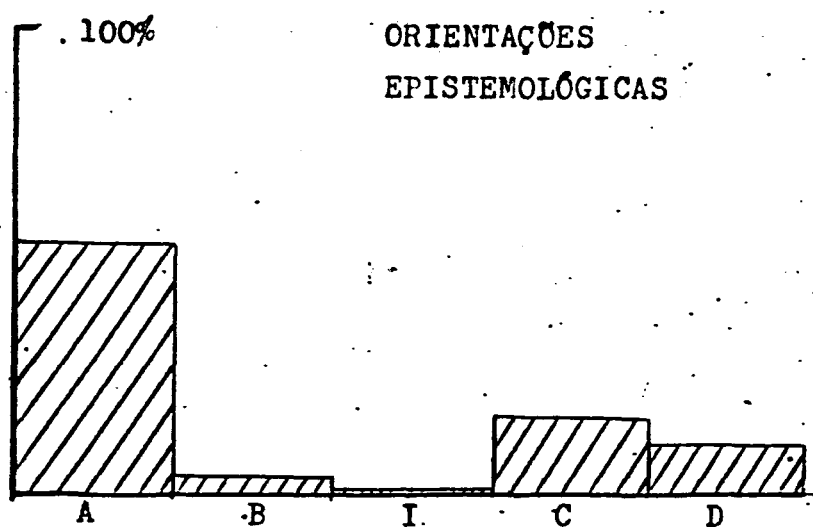
# **QUESTÃO 9 : CONCEITO DE FENÔMENO**

## **QUADRO DE RESPOSTAS**

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	31
	B	02
	OC	-
	OR	02
RACIONALISMO	C	09
	D	06
	OC	01
	OR	-
INTERSEÇÃO		01
SEM RESPOSTA		03

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



- (A) Realismo Ingênuo - 56,5%
- (B) Empirismo - 3,5%
- (C) Rac. Clássico - 16,5%
- (D) Rac. Discursivo - 11%
- (I) Interseção - 2%

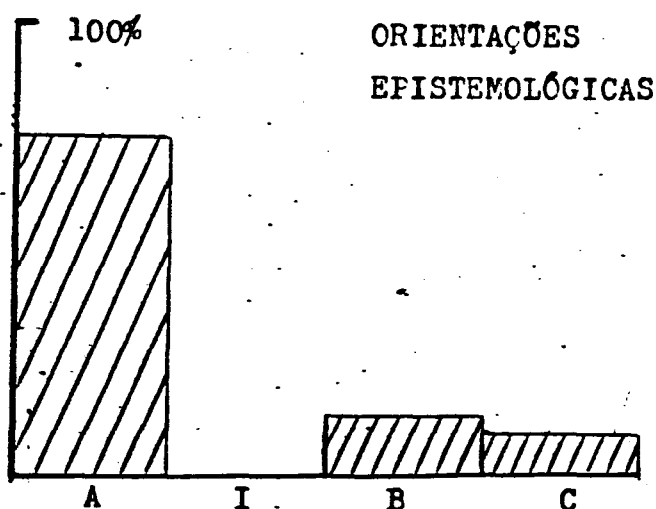
**QUESTÃO 10 : CONCEITO DE MOLÉCULA**

**QUADRO DE RESPOSTAS**

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	40
RACIONALISMO	B	07
	C	05
	OC	-
	OR	-
INTERSEÇÃO		-
SEM RESPOSTA		03

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A) Realismo Ingênuo - 73%

(B) Racionalismo - 13%

(C) Rac. Discursivo - 9%

(I) Interseção - -

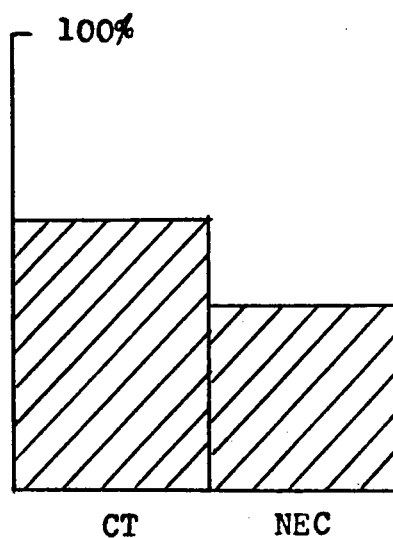
TENDÊNCIA GERAL DO SUBGRUPO

**Primeiro Bloco**

**Total de Respostas : 275**

**Ciência Tradicional : 160 (58%)**

**N.E.C. : 111 (40%)**

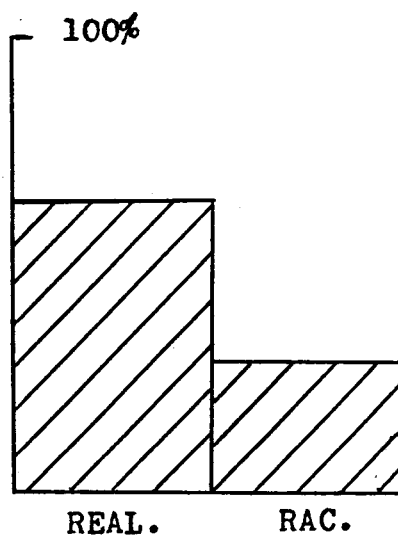


**Segundo Bloco**

**Total de Respostas : 275**

**Realismo : 173 (63%)**

**Racionalismo : 76 (28%)**



SEGUNDO SUBGRUPO : PROFESSORES DE QUÍMICA

NÚMERO DE QUESTIONÁRIOS ANALISADOS : 60

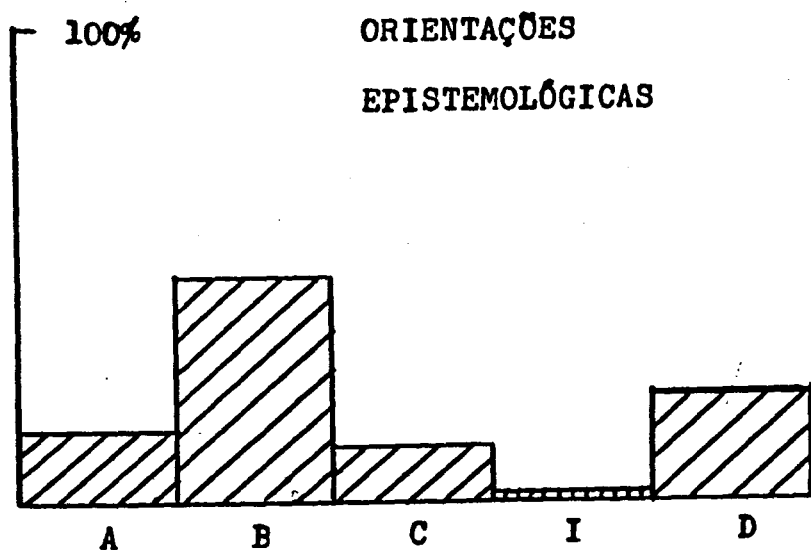
# QUESTÃO 1 : A ATIVIDADE CIENTÍFICA

## QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	09
	B	29
	C	07
	OC	-
	OR	-
N.E.C.	D	14
	OR	-
INTERSEÇÃO		01
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A) Empirismo	-	15%
(B) Positivismo	-	48%
(C) Rac. Clássico	-	12%
(D) Rac. Discursivo	-	23%
(I) Interseção	-	2%

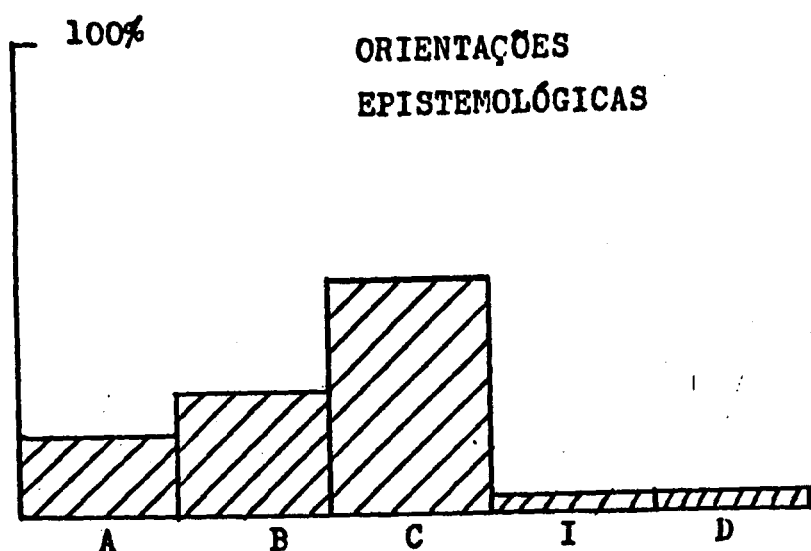
## QUESTÃO 2 : NATUREZA DO CONHECIMENTO

### QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	10
	B	15
	C	31
	OC	01
	OR	01
N.E.C.	D	01
	OR	-
INTERSEÇÃO		01
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A) Empirismo	-	17%
(B) Positivismo	-	25%
(C) Rac. Clássico	-	52%
(D) Rac. Discursivo	-	2%
(I) Interseção	-	2%

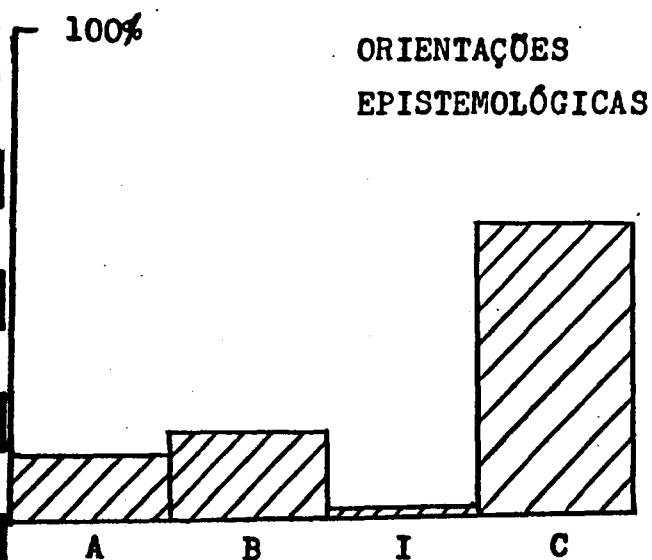
### QUESTÃO 3 : TEORIA CIENTÍFICA

#### QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	08
	B	11
	OC	02
	OR	-
N.E.C.	C	38
	OR	-
INTERSEÇÃO		01
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A) Rac. Clássico - 13%

(B) Positivismo - 18%

(C) Rac. Discursivo - 63%

(I) Interseção - 2%



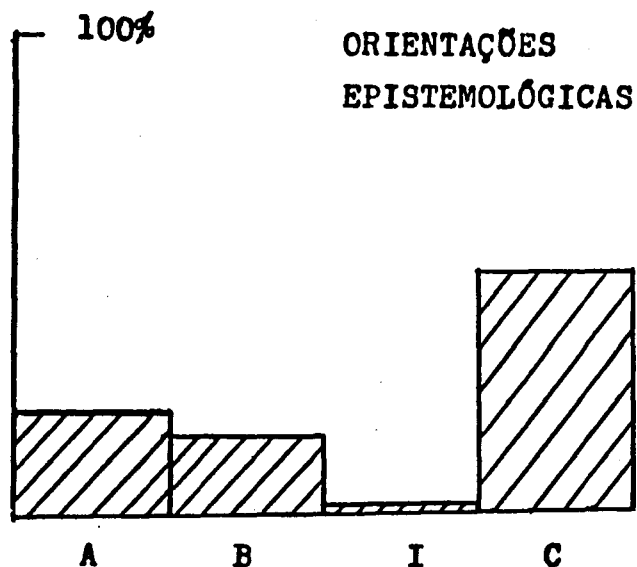
# QUESTÃO 4 : RELAÇÃO SUJEITO/OBJETO

## QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	13
	B	11
	OC	-
	OR	02
N.E.C.	C	30
	OR	02
INTERSEÇÃO		01
SEM RESPOSTA		01

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A) Empirismo - 22%

(B) Rac. Clássico - 18%

(C) Rac. Discursivo - 50%

(I) Interseção - 2%

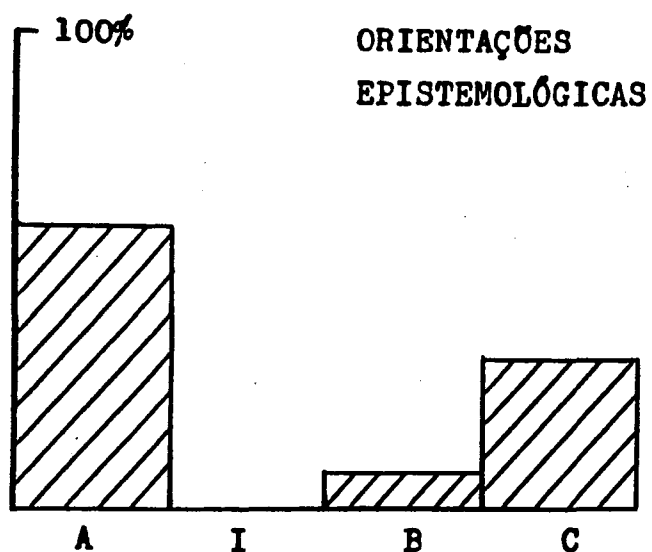
# **QUESTÃO 5 : MÉTODO CIENTÍFICO**

## **QUADRO DE RESPOSTAS**

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	37
	OR	-
N.E.C.	B	03
	C	20
	OC	-
	OR	-
INTERSEÇÃO		-
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A) Positivismo - 62%

(B) Rac.Relativista - 5%

(C) Rac. Discursivo - 33%

(I) Interseção - -

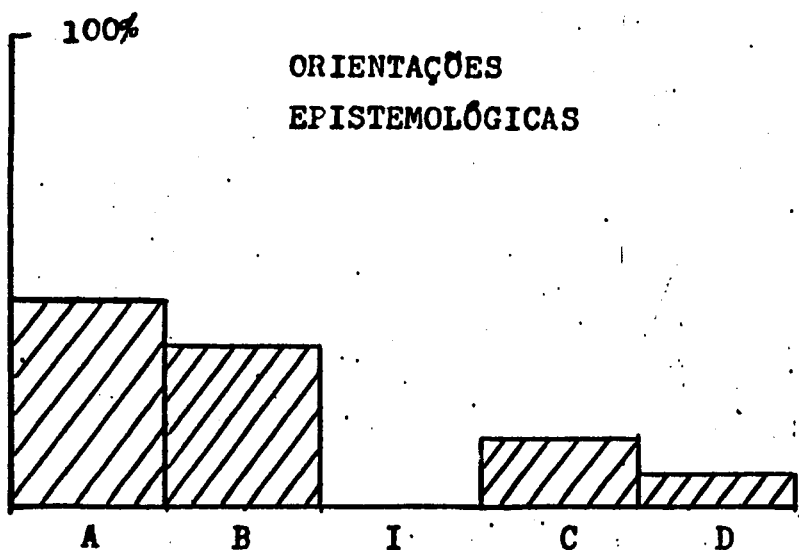
**QUESTÃO 6 : CONCEITO DE MASSA**

**QUADRO DE RESPOSTAS**

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	27
	B	21
	OC	-
	OR	-
RACIONALISMO	C	09
	D	03
	OC	-
	OR	-
INTERSEÇÃO		-
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



- (A) Realismo Ingênuo - 45%
- (B) Empir./Positivismo - 35%
- (C) Rac. Clássico - 15%
- (D) Rac. Relativista - 5%
- (I) Interseção - -

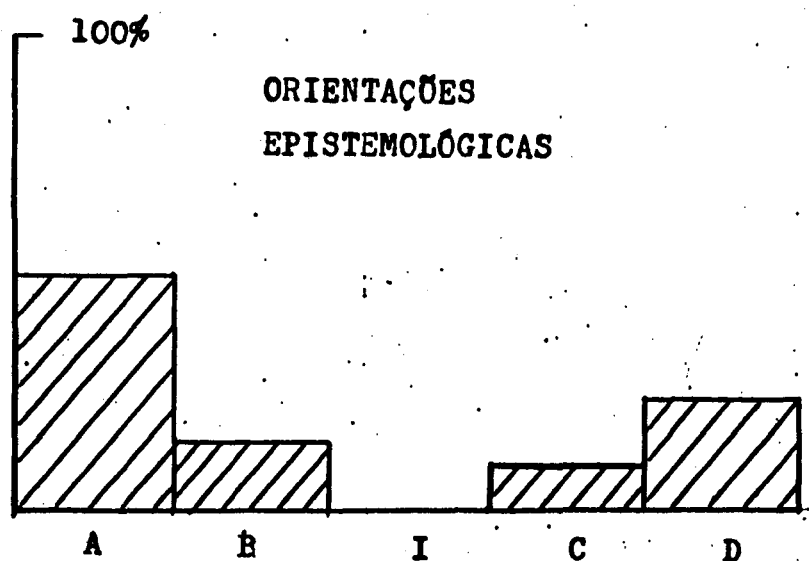
**QUESTÃO 7: CONCEITOS DE MATÉRIA  
E ENERGIA**

**QUADRO DE RESPOSTAS**

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	30
	B	09
	OC	-
	OR	-
RACIONALISMO	C	06
	D	14
	OC	01
	OR	-
INTERSEÇÃO		-
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



- (A) Realismo Ingênuo - 50%
- (B) Empir./Positiv. - 15%
- (C) Rac. Clássico - 10%
- (D) Rac. Discursivo - 23%
- (I) Interseção - -

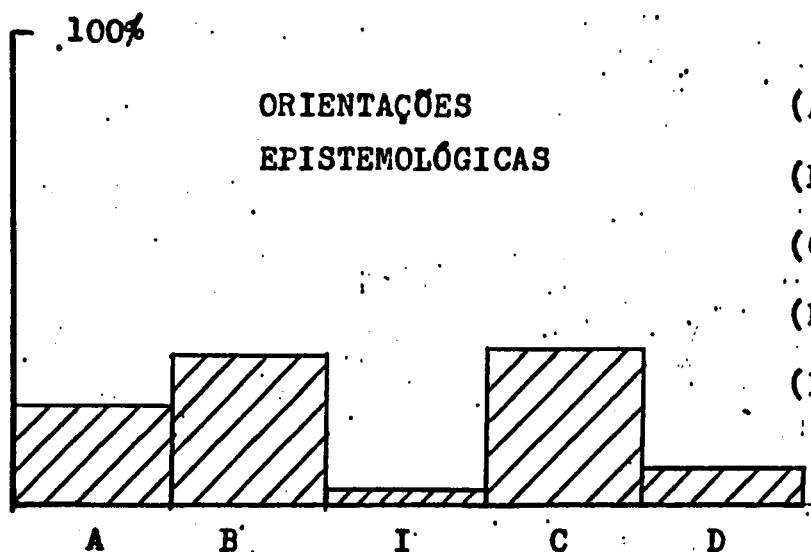
**QUESTÃO 8 : CONCEITO DE SUBSTÂNCIA**

**QUADRO DE RESPOSTAS**

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	13
	B	19
	OC	-
	OR	01
RACIONALISMO	C	20
	D	04
	OC	-
	OR	-
INTERSEÇÃO		02
SEM RESPOSTA		01

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



- (A) Realismo Ingênuo - 22%
- (B) Empirismo - 32%
- (C) Racionalismo - 33%
- (D) Rac. Discursivo - 7%
- (I) Interseção - 3%

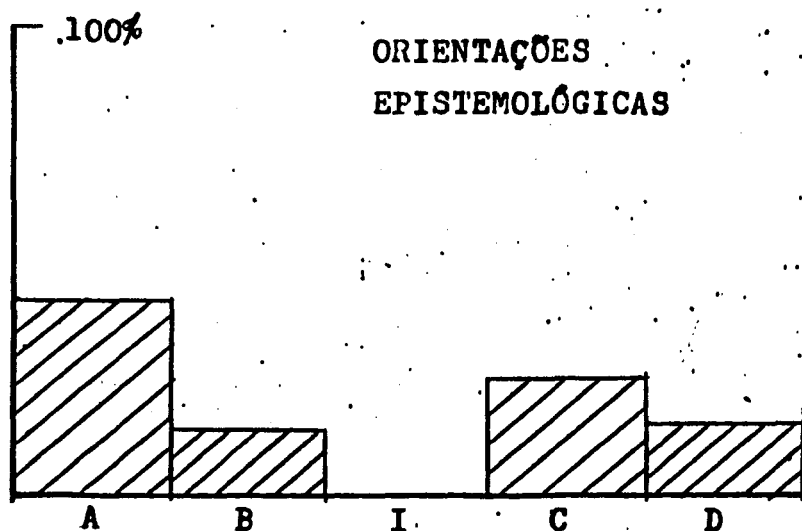
# QUESTÃO 9 : CONCEITO DE SUBSTÂNCIA

## QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	25
	B	08
	OC	-
	OR	02
RACIONALISMO	C	15
	D	09
	OC	-
	OR	01
INTERSEÇÃO		-
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A) Realismo Ingênuo - 42%

(B) Empirismo - 13%

(C) Rac. Clássico - 25%

(D) Rac. Discursivo - 15%

(I) Interseção - -

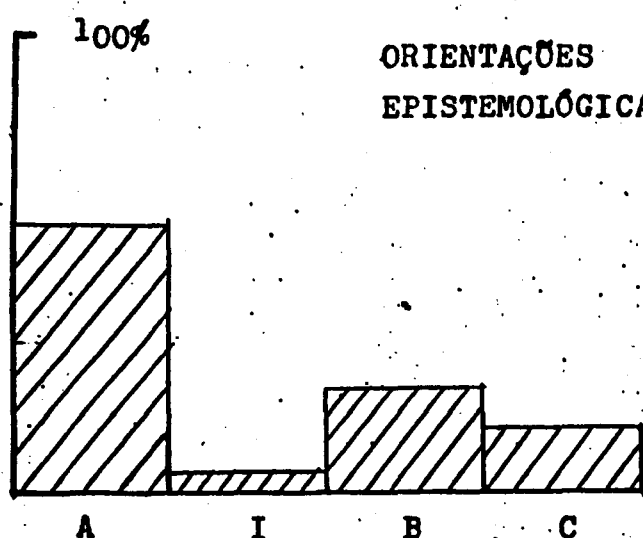
# QUESTÃO 10 : CONCEITO DE MOLÉCULA

## QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	34
RACIONALISMO	B	13
	C	08
	OC	-
	OR	03
INTERSEÇÃO		02
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A) Realismo Ingênuo - 57%

(B) Racionalismo - 22%

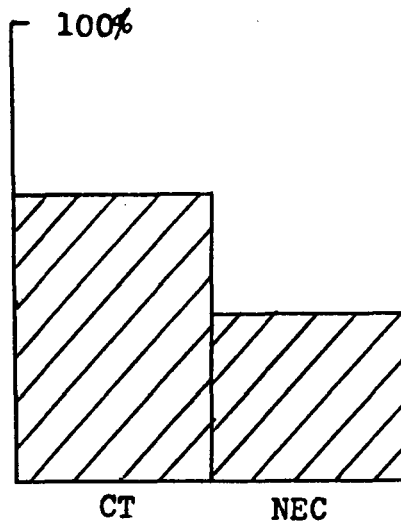
(C) Rac. Discursivo - 13%

(I) Interseção - 3%

## TENDÊNCIA GERAL DO SUBGRUPO

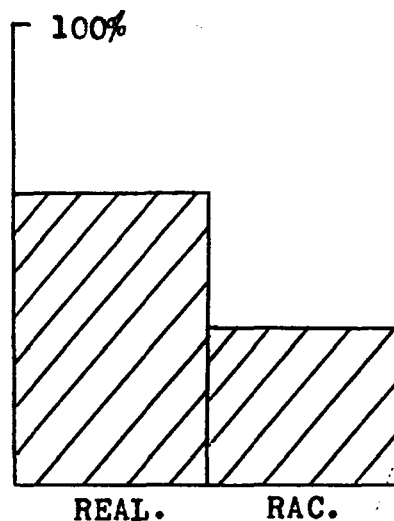
### Primeiro Bloco

Total de Respostas : 300  
Ciência Tradicional : 187 (62%)  
N.E.C. : 108 (36%)



### Segundo Bloco

Total de Respostas : 300  
Realismo : 189 (63%)  
Racionalismo : 106 (35%)





TERCEIRO SUBGRUPO : PROFESSORES DE QUÍMICA  
DA E T F Q - R J

NÚMERO DE QUESTIONÁRIOS ANALISADOS : 25

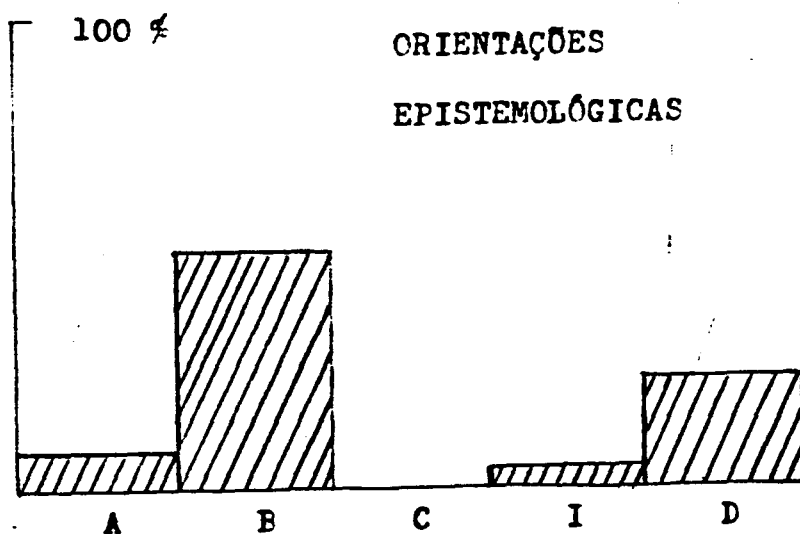
# QUESTÃO 1 : A ATIVIDADE CIENTÍFICA

## QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	02
	B	13
	C	-
	OC	01
	OR	-
N.E.C.	D	06
	OR	01
INTERSEÇÃO		01
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A) Empirismo	- 8%
(B) Positivismo	- 52%
(C) Rac. Clássico	- -
(D) Rac. Discursivo	- 24%
(I) Interseção	- 4%

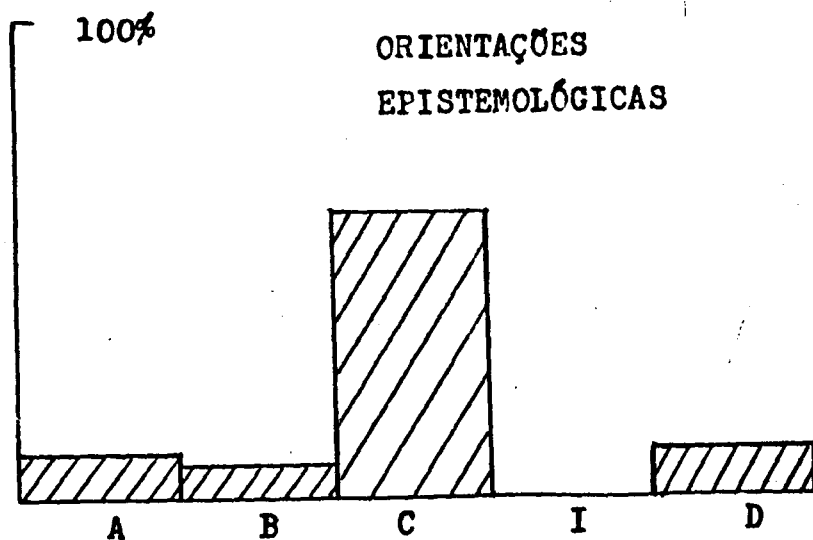
## QUESTÃO 2 : NATUREZA DO CONHECIMENTO

### QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	03
	B	02
	C	16
	OC	01
	OR	-
N.E.C.	D	03
	OR	-
INTERSEÇÃO		-
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



- (A) Empirismo - 12%
- (B) Positivismo - 8%
- (C) Rac. Clássico - 64%
- (D) Rac. Discursivo - 12%
- (I) Interseção - -

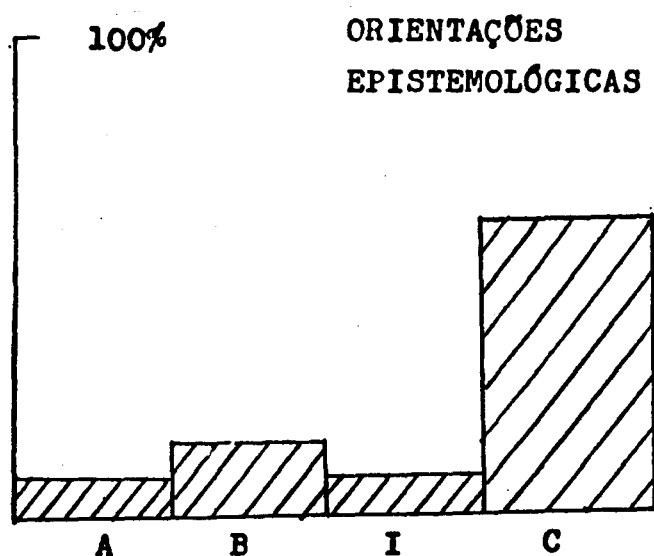
### QUESTÃO 3 : TEORIA CIENTÍFICA

#### QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	02
	B	04
	OC	-
	OR	-
N.E.C.	C	16
	OR	-
INTERSEÇÃO		02
SEM RESPOSTA		01

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A): Rac. Clássico - 8%

(B): Positivismo - 16%

(C): Rac. Discursivo - 64%

(I): Interseção - 8%

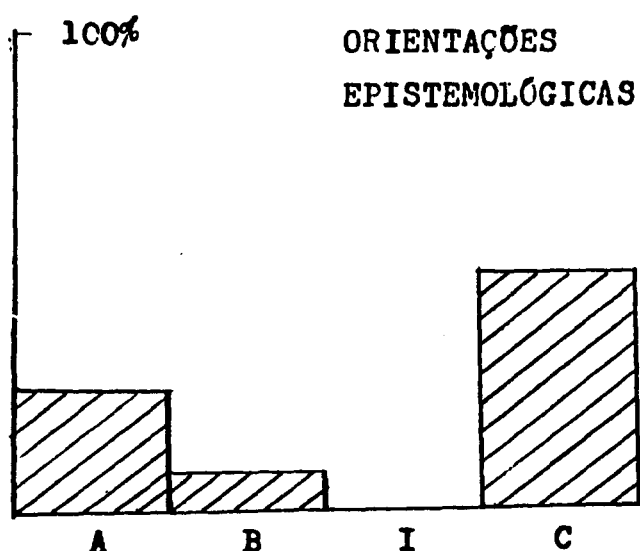
# QUESTÃO 4 : RELAÇÃO SUJEITO/OBJETO

## QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	07
	B	02
	OC	-
	OR	02
N.E.C.	C	13
	OR	-
INTERSEÇÃO		-
SEM RESPOSTA		01

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A): Empirismo - 28%

(B): Rac. Clássico - 8%

(C): Rac. Discursivo - 52%

(I): Interseção - -

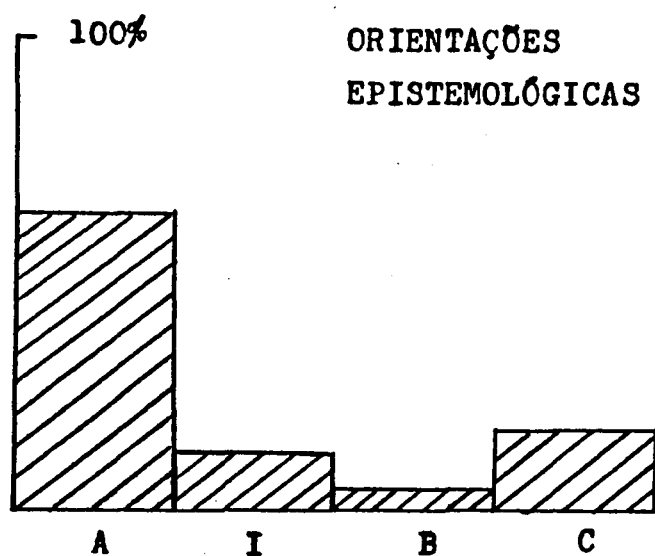
## QUESTÃO 5: MÉTODO CIENTÍFICO

### QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
CIÊNCIA TRADICIONAL	A	16
	OR	-
N.E.C.	B	01
	C	04
	OC	-
	OR	-
INTERSEÇÃO		03
SEM RESPOSTA		01

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A): Positivismo - 64%

(B): Rac.Relativista - 4%

(C): Rac.Discursivo - 16%

(I): Interseção - 12%

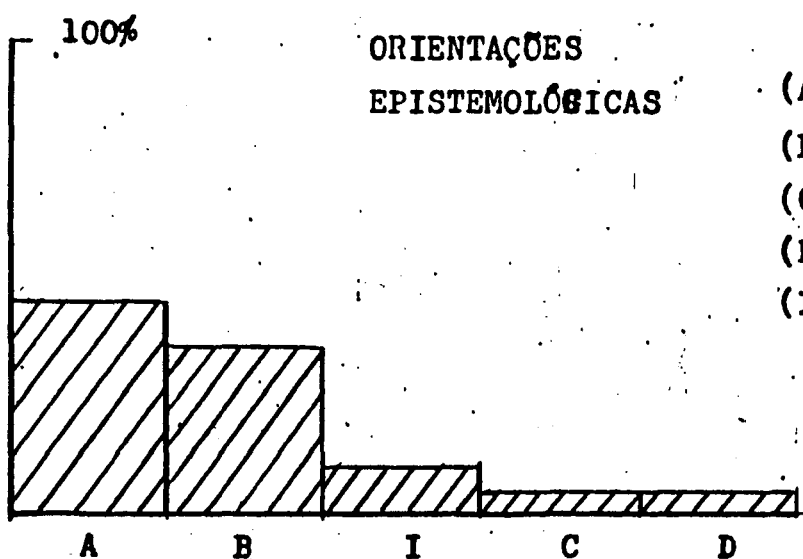
# **QUESTÃO 6 : CONCEITO DE MASSA**

## **QUADRO DE RESPOSTAS**

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	11
	B	09
	OC	01
	OR	-
RACIONALISMO	C	01
	D	01
	OC	-
	OR	-
INTERSEÇÃO		02
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



- (A): Realismo Ingênuo - 44%
- (B): Empir./Positivismo - 36%
- (C): Rac. Clássico - 4%
- (D): Rac. Relativista - 4%
- (I): Interseção - 8%

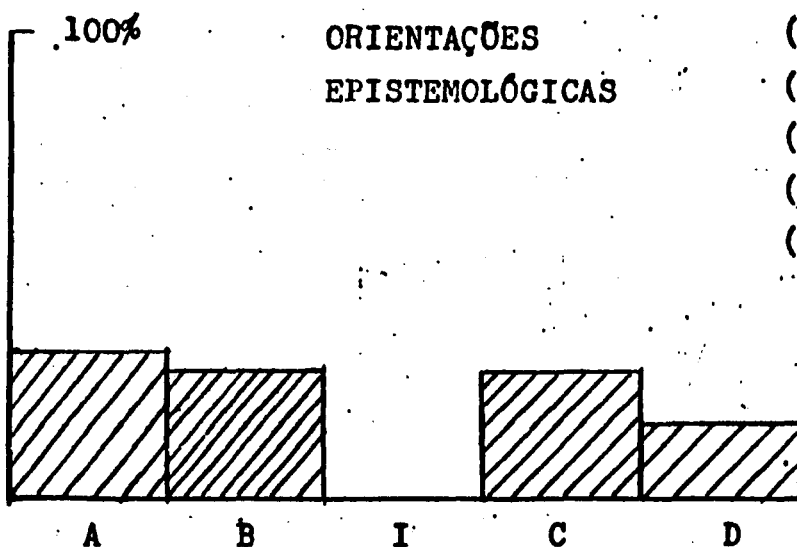
**QUESTÃO 7 : CONCEITOS DE MATÉRIA  
E ENERGIA**

**QUADRO DE RESPOSTAS**

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	08
	B	06
	OC	01
	OR	-
RACIONALISMO	C	06
	D	04
	OC	-
	OR	-
INTERSEÇÃO		-
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A): Realismo Ingênuo - 32%  
 (B): Espir./Positivismo - 24%  
 (C): Rac. Clássico - 24%  
 (D): Rac. Discursivo - 16%  
 (I): Interseção - -



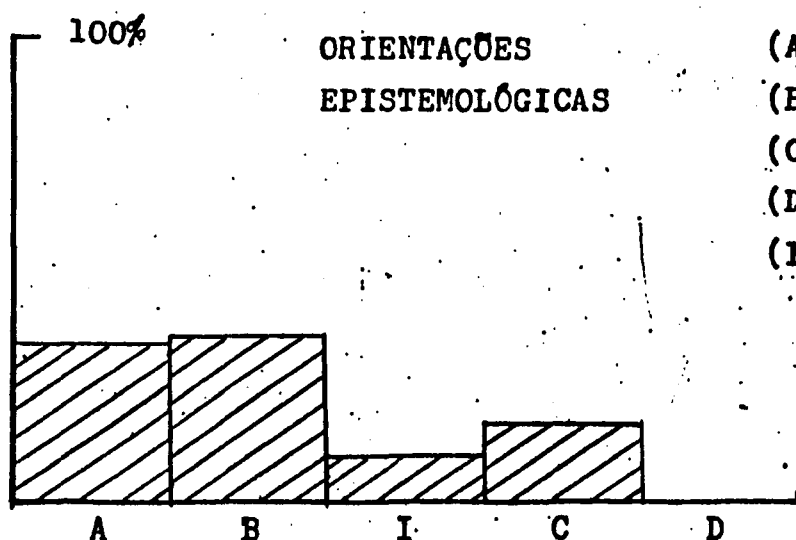
# **QUESTÃO 8 : CONCEITO DE SUBSTÂNCIA**

## **QUADRO DE RESPOSTAS**

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	08
	B	09
	OC	01
	OR	-
RACIONALISMO	C	04
	D	-
	OC	01
	OR	-
INTERSEÇÃO		02
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A): Realismo Ingênuo - 32%

(B): Empirismo - 36%

(C): Racionalismo - 16%

(D): Rac. Discursivo - -

(I): Interseção - 8%

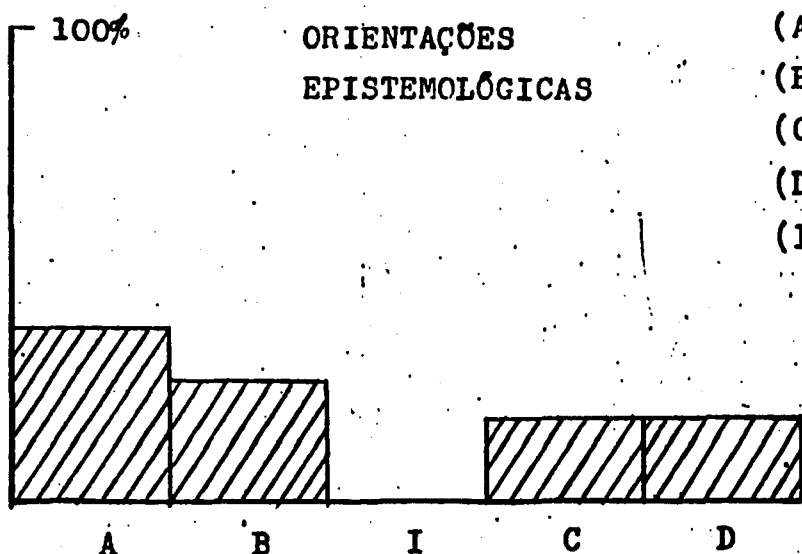
# **QUESTÃO 9 : CONCEITO DE FENÔMENO**

## **QUADRO DE RESPOSTAS**

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	09
	B	06
	OC	-
	OR	01
RACIONALISMO	C	04
	D	04
	OC	-
	OR	01
INTERSEÇÃO		-
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A): Realismo Inv. - 36%

(B): Empirismo - 24%

(C): Rac. Clássico - 16%

(D): Rac. Discursivo - 16%

(I): Interseção - -

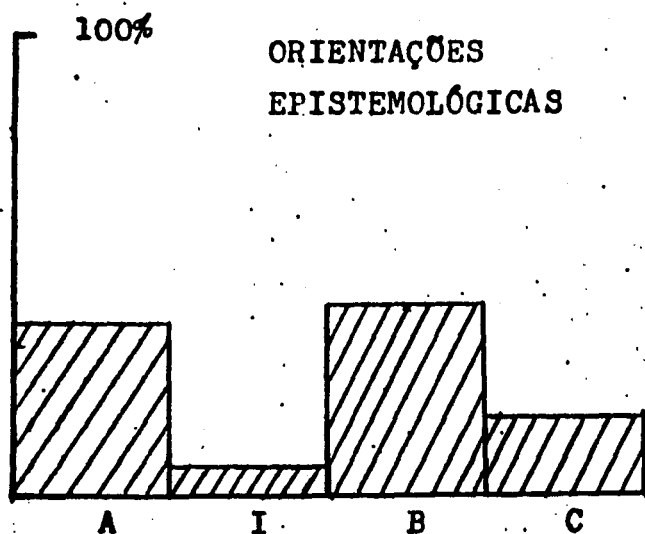
# QUESTÃO 10: CONCEITO DE MOLÉCULA

## QUADRO DE RESPOSTAS

CAMPO	OPÇÃO	INCIDÊNCIA
REALISMO	A	09
RACIONALISMO	B	12
	C	04
	OC	-
	OR	-
INTERSEÇÃO		01
SEM RESPOSTA		-

OC - Opções Combinadas

OR - Outras Respostas



(A): Realismo Ingênuo - 36%

(B): Racionalismo - 48%

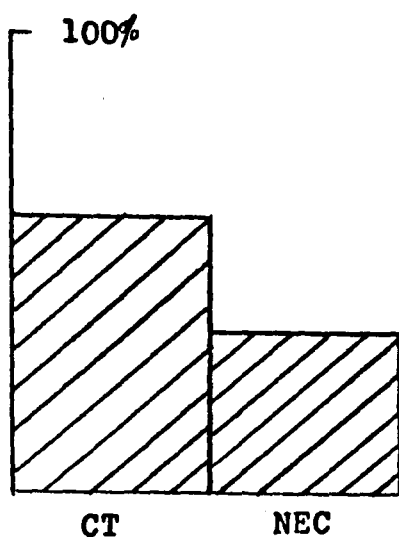
(C): Rac. Discursivo - 16%

(I): Interseção - 4%

## TENDÊNCIA GERAL DO SUBGRUPO

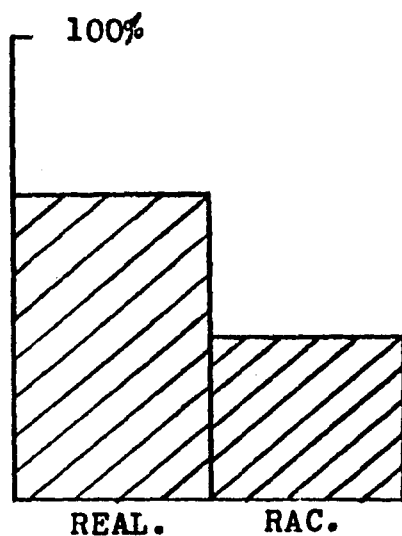
### Primeiro Bloco

Total de Respostas : 125  
Ciência Tradicional : 72 (58%)  
N.E.C. : 44 (35%)



### Segundo Bloco

Total de Respostas : 125  
Realismo : 79 (63%)  
Racionalismo : 42 (34%)



### III.4.5 - Análise de Resultados

Com base nas tabelas e gráficos apresentados no tópico anterior, podemos constatar, no que tange ao primeiro bloco, o predomínio comum de determinadas orientações epistemológicas nos três subgrupos, a saber:

TEMÁTICA	ORIENTAÇÃO PREDOMINANTE
Atividade Científica	Positivismo
Natureza do Conhecimento	Racionalismo Clássico
Teoria Científica	Racionalismo Discursivo
Relação Sujeito/Objeto	Racionalismo Discursivo
Método Científico	Positivismo

O predomínio do positivismo nas concepções de atividade e método científicos, temas substancialmente correlacionados, denota a forte influência exercida, ainda hoje, pela doutrina de Comte. Estabelecer leis, prever e controlar fenômenos exige, para o senso comum, a criteriosa obediência ao método (universal), o qual permite ao cientista desvelar a regularidade presente no Cosmos. A não aceitação de verdades pré-estabelecidas e a construção do saber a partir da retificação de erros, características do Novo Espírito Científico, pressupõe, naturalmente, a utilização de métodos diferenciados nos quais teoria e experiência devem manter um diálogo aberto, conforme discutimos em II.4. O pluralismo metodológico, princípio indispensável ao desenvolvimento da ciência contemporânea, ainda não parece familiar à grande maioria dos educadores, embora seja possível constatar que certo contingente do professorado já se inclina nessa direção. Sem dúvida, é significativo o fato de que, com respeito a essas temáticas, as orientações voltadas para o Novo Espírito Científico tenham obtido o segundo lugar na preferência dos três subgrupos.

Quanto à natureza do conhecimento humano, vale destacar a influência marcante do cartesianismo (compreensão das estruturas complexas a partir do conhecimento das estruturas mais simples), revelando ser o racionalismo clássico a orientação preferencialmente seguida. Na medida em que a continuidade entre o conhecimento comum e o conhecimento científico é vista como claro exemplo de bom senso por muitos cientistas, filósofos e educadores (ver II.3.3), torna-se difícil aceitar a inversão epistemológica proposta por Bachelard. A nosso ver, a noção de que o simples corresponde apenas a uma verdade de primeira aproximação - e não à verdade absoluta e universal, oculta na noite do saber - é bastante estranha ao senso comum, normalmente habituado a crer nas evidências primeiras. Sem dúvida, deparamo-nos aí com um dos pontos mais delicados do debate epistemológico

travado entre o N.E.C. e a Ciência Tradicional.

Nas questões relativas à natureza das teorias científicas e da relação entre o pesquisador (sujeito) e o objeto de estudo, verificamos a predominância do racionalismo discursivo. Podemos dizer que a projeção adquirida pelo relativismo einsteiniano e pela física quântica na atualidade não permite mais atribuir às teorias científicas o status de saber definitivo. A disposição em questionar certezas antes estabelecidas é vista como parte da rotina de trabalho do cientista, fato aliás documentado por alguns autores de livros didáticos:

"Os físicos têm de estar alerta e o constante reexame de velhos e bem estabelecidos conceitos conduz, muitas vezes, a consideráveis alterações. Algumas vezes, estas alterações são tão chocantes e tão contrárias ao senso comum, que elas costumam a ser aceitas, constituindo surpresa para os próprios físicos". (Alvarenga & Máximo, 1976: 14)

Quanto à relação sujeito/objeto, constatamos com certa surpresa a preferência do professorado pela concepção de que, ao modificar o objeto, o pesquisador também se modifica. É possível que a idéia de interação - muito debatida hoje em dia no campo social - ou mesmo a forma como foi redigida a opção d (considerada interessante por muitos professores) tenham influenciado na escolha. Por outro lado, é certo que em alguns casos houve correlação direta com as ciências humanas (nas quais a interação sujeito/objeto é mais transparente), como atesta o seguinte comentário feito por um professor de física:

"O pesquisador também faz parte do mundo, logo ele também deve ser inserido no objeto a ser conhecido".

De todo modo, ressaltamos como importante tal inclinação do professorado, pois a crítica ao ponto-de-vista tradicional (objeto passivo à mercê de uma inteligência contemplativa) é fundamental para o reconhecimento de que, na ciência, a razão nunca deve temer o risco, estando sempre disposta a retificar-se.

Compilando as orientações epistemológicas do primeiro bloco, verificamos que a visão do professorado tende preferencialmente para o campo da Ciência Tradicional, não havendo variações significativas entre os três subgrupos. A concordância dos resultados obtidos na pesquisa demonstra o quanto a herança cultural comum, marcada pelo empirismo, racionalismo clássico e positivismo, influencia o pensamento docente, não importando muito a formação específica (química ou física) nem a natureza do

ensino ministrado (técnico ou não técnico). Esse fato reafirma a tese bachelardiana de que para mudar os padrões do pensamento científico é necessário promover uma mudança de cultura: não se passa da ciência tradicional ao novo espírito científico sem romper com velhas crenças e hábitos. Ao contrário, é no movimento de renovação intelectual determinado pela aquisição de uma nova cultura que a atividade científica se constrói:

"Ingressar na ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma mutação brusca que deve contradizer um passado". (F.E.S., p.14 - TP)

Com respeito ao segundo bloco de questões, relativo ao enfoque filosófico dado a conceitos de base, observamos que, para determinados conceitos, os três subgrupos revelaram preferência comum por certa orientação epistemológica, enquanto para outros tal não ocorreu.

Tendo em vista a homogeneidade presente na visão de ciência, como explicar a maior flutuação das orientações epistemológicas referentes às noções de base? Inicialmente é preciso ressaltar o fato de que, no segundo bloco, o enunciado das questões orientava o docente no sentido de escolher a alternativa mais conveniente para o entendimento do aluno. Tal direcionamento se mostrou necessário por ser do nosso interesse investigar como são transmitidos os conceitos, processo esse muitas vezes desvinculado da compreensão do professor acerca dos mesmos. De fato, em vários questionários a expressão **PARA O ALUNO** estava sublinhada, enquanto em outros foram feitos comentários diferenciando a resposta escolhida da opinião pessoal relativa ao conceito.

Em segundo lugar, a formação específica ou o tipo de ensino ministrado podem determinar diferenças quanto à veiculação de certas noções. Ao defender os racionalismos setoriais (ver II.4.3), Bachelard deixa claro que a química e a física podem perfeitamente abordar determinados conceitos científicos segundo referenciais distintos:

"(...) se examinamos o racionalismo regional que corresponde ao atomismo em microfísica, devemos considerar como um postulado a hipótese de sua indiscernibilidade. Sem dúvida, em química, coloca-se em princípio que os átomos de um mesmo elemento são idênticos. Acredita-se poder conservar a possibilidade de discernir átomos idênticos por sua situação no espaço (...). Assim, a hipótese atômica em química e a hipótese atômica em microfísica não têm a mesma estrutura nocional". (R.A., p.157, grifos do autor)

A partir daí é possível compreender as diferenças e semelhanças exibidas pelos subgrupos, bem como discutir os fatores que levam à predominância desta ou daquela orientação epistemológica.

No que tange ao conceito de Massa, ficou evidenciada a preferência comum pelo realismo ingênuo e o distanciamento com respeito ao racionalismo relativista. Sem dúvida, massa enquanto expressão da quantidade de matéria contida nos corpos é uma definição facilmente assimilada, porquanto se acha diretamente ligada ao conhecimento cotidiano do aluno. Veja-se, por exemplo, a associação estabelecida num livro didático de química:

A matéria tem massa.



(Lembo & Sardella, p.62)

A ilustração acima combina o realismo ingênuo com a conduta empírico-positivista da balança, esta última presente em segundo lugar na preferência dos três subgrupos. Ao realismo da percepção - visual, tátil - vem somar-se o realismo da medida, indicando a concretização como o recurso pedagógico mais utilizado na veiculação do conceito. É preciso ressaltar, porém, que a massa de um corpo - como aliás todo conceito científico - deve ser trabalhada em diferentes níveis, não cabendo estancar o raciocínio do aluno no cômodo patamar das evidências imediatas. Ao contrário, consideramos pedagogicamente mais proveitoso discutir, no decorrer do curso, as diferentes acepções de massa conforme comenta também, em seu questionário, um professor de



física:

"A meu ver, todos esses conceitos seriam passados ao aluno, na mesma sequência das opções, à medida que o curso de física fosse sendo desenvolvido".

Com respeito aos conceitos de Matéria e Energia, observamos a maior inclinação dos professores de química para o realismo ingênuo, contrastando com os professores de física, voltados em maior extensão para o racionalismo discursivo. Tal diferença pode ser atribuída à maior influência exercida pelo relativismo einsteiniano junto ao subgrupo de física, enquanto para os subgrupos de química a interconversão matéria-energia segue sendo algo ainda muito distante do seu cotidiano e, por conseguinte, distante da compreensão do aluno:

"A opção (a) evidencia o caráter simples dos modelos estáveis em nosso consciente. Tudo que fica é o mais elementar, o básico apenas".

"[a] Quase por exclusão. b é absurdo (energia também é mensurável) ; c é bela mas está conceituando matéria em função de material !? d é bonita mas nada dirá ao estudante !"

(comentários feitos por dois professores de química - os grifos são nossos)

Vale destacar que a dificuldade inicial ensejada por determinado tipo de conceituação não deve ser rechaçada a priori. A ciência não é simples e nem tampouco a facilidade a receita certa para cativar o espírito aprendiz... Ela pode, em contrapartida, acomodá-lo, gerando uma torpeza intelectual difícil de eliminar.

Quanto ao conceito de Substância, é importante ressaltar inicialmente que esperávamos um baixo índice de preferência pela opção d, referente ao racionalismo discursivo. Tal expectativa foi amplamente confirmada pela pesquisa, evidenciando o quanto a noção não-substancialista de substância (ver II.2.3) - desenvolvida por Bachelard como suporte da química não-lavoiseriana - é ainda desconhecida da grande maioria dos educadores. As demais alternativas apresentavam definições bem mais familiares, tanto no campo do realismo como do racionalismo. Essa familiaridade à qual nos referimos diz respeito às formas pelas quais o conceito é tradicionalmente tratado no ensino: primeiramente, diferenciam-se as substâncias por suas

propriedades (via concreta e empírica) e, posteriormente, pelo tipo de constituinte (sistematização racional). O duplo tratamento normalmente conferido ao conceito pode, assim, explicar o equilíbrio existente entre o realismo ingênuo, o racionalismo e o empirismo, embora constatemos certa preferência por este último, provavelmente por ser de fácil aceitação pelo aluno, enquanto a sistematização racional exige abordagens estruturais mais complexas.

A nosso ver, o racionalismo da estrutura é a orientação mais adequada para transmitir inicialmente a noção de substância, pois a compreensão energética e estatística exige um tratamento matemático que foge ao nível do segundo grau. Entretanto, é preciso preparar o raciocínio do aluno para as definições mais abstratas, começando por estabelecer que as propriedades substanciais não são atributos dos constituintes, mas surgem da relação existente entre eles. Também nas salas-de-aula a química não-substancialista pode ir sendo introduzida a partir de questionamentos aos postulados da química clássica, questionamentos esses cujo grau de aprofundamento dependerá, obviamente, da receptividade demonstrada pelos alunos.

A definição de Fenômeno predominante nos três subgrupos vincula-se ao realismo ingênuo, indicando o quanto a idéia do acontecimento natural observável, cujas causas se acham previamente estabelecidas, resiste ao crivo do tempo: num século em que, ao acender uma simples lâmpada elétrica, o homem constrói fenômenos, as velhas tradições realistas comandam o ensino desse conceito... Lamentavelmente a preparação racional da experiência, condição que leva - como bem salientou Bachelard - a natureza a ir tão longe quanto nosso espírito, ainda passa ao largo das salas-de-aula. Verifica-se, portanto, o amplo domínio da tradição cultural do ocidente, fortemente apoiada na ocularidade e no determinismo, habituada a conceber o mundo como grande espetáculo oferecido à contemplação humana.

Na veiculação do conceito de Molécula, podemos registrar algumas diferenças importantes. Enquanto para os dois primeiros subgrupos o realismo ingênuo é a orientação epistemológica preferida, os professores de química da ETFQ-RJ optaram em maior escala pelo racionalismo da representação. A preferência dos professores de física e química é acompanhada também por muitos autores de livros didáticos (8), levando-nos a pensar ser o realismo da divisão não somente um recurso didático, mas antes um esquema de compreensão: para passar do macro ao micromundo, da substância à molécula, basta tão somente fracionar ! Vejamos, a propósito, o comentário feito por um professor de física :

"A molécula seria o menor pedaço que se poderia extrair". (grifos nossos)

Preferindo conceituar molécula enquanto representação teórica, os professores da ETFQ-RJ fortalecem nossa visão de que, para discutir com mais profundidade os fenômenos processados no nível atômico-molecular, é preciso lançar mão do raciocínio

abstrato. No entanto, essa conceituação tem o inconveniente de transmitir ao aluno a crença de que a molécula (como também os demais entes quânticos) é uma idealização, carecendo de consistência real. A opção c - arranjo energeticamente estável de núcleos e elétrons -, voltada para o racionalismo discursivo, tem a vantagem de proporcionar o desenvolvimento do raciocínio abstrato ao mesmo tempo em que enseja a discussão acerca dos diferentes níveis a partir dos quais o real se constitui. Como assinala Bachelard (F.N.), nem todos os objetos possuem o mesmo coeficiente de realidade. Da molécula ao planeta, a existência exhibe um variado leque de possibilidades, ou seja, aquilo que existe nem sempre se afirma no mesmo tom.

A despeito das diferenças registradas quanto às orientações epistemológicas seguidas pelos três subgrupos, constatamos a preponderância comum do realismo sobre o racionalismo. Sem dúvida, a transmissão dos conceitos segundo um enfoque preferencialmente realista vem confirmar a situação de fragilidade por nós apontada quanto ao ensino científico secundário. O aluno aprende basicamente como operar com as noções, adquirindo um "conhecimento" que se esfuma ao término, quando não no próprio decorrer do ano letivo. Afinal de contas, a razão humana é exigente e seletiva, reservando para tudo o quanto não se compreende a fundo apenas as brumas do esquecimento.

## C O N C L U S Õ E S

Ao apontarmos a situação de debilidade referente à química e à física ministradas atualmente no segundo grau, não temos por objetivo apenas constatar falhas e criticar procedimentos pedagógicos. Nossa meta é, sobretudo, buscar alternativas capazes de inverter esse quadro, permitindo que o ensino de tais disciplinas cumpra o papel que lhe cabe no contexto da cultura científica contemporânea.

O mecanismo gerador do descompasso existente entre a ciência de ponta e o ensino é bastante complexo. Como sabemos, inúmeros fatores, de natureza epistemológica ou não, contribuem para manter e até ampliar o hiato indesejável. Todavia, por ser o desfecho do processo educativo, a sala-de-aula se coloca como pólo irradiador, como centro mesmo do movimento de ruptura com o tradicionalismo que obstrói o progresso da cultura. Sem dúvida, a estrutura escolar como um todo precisa ser profundamente transformada, a formação e remuneração do professor valorizadas, enfim, a educação científica não pode ser vista fora do contexto de amplo descaso que caracteriza toda a política educacional do país. No entanto é falso postular, como condição primeira, a reversão do quadro adverso para somente depois realizar mudanças na escola. Tal pensamento simplista e mecânico não considera que o novo também começa a se impor na atividade invisível, molecular e cotidiana de demolição dos valores culturais fossilizados. Por essa razão, como bem frisa Bachelard, é preciso verificar inicialmente se a prática docente está ou não contribuindo para mudar a cultura do aluno:

"Os professores de ciências imaginam que o espírito começa tal como uma lição, que se pode sempre refazer uma cultura preguiçosa repetindo a aula, que se pode fazer compreender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Eles não atentaram para o fato de que o adolescente traz para a aula de física conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de destruir os obstáculos já acumulados na vida cotidiana". (F.E.S., p.18 - TP)

Nossa pesquisa-de-campo demonstrou o quanto as conceituações ligadas ao realismo ingênuo são preferencialmente utilizadas pelos professores. Sem dúvida, a visão predominante é a de que o aluno compreende melhor aquilo que se assemelha ao já conhecido. Ao conhecimento empírico inicial não é feito nenhum questionamento, ao contrário, consolidam-se as evidências primeiras. Quando define, por exemplo, massa como quantidade de matéria e matéria como tudo que tem massa, qual contribuição o

professor está dando para o aprimoramento do raciocínio discente?

Serenamente conduzido pela facilidade enganadora, o espírito aprendiz não tem razões para abdicar da preguiça intelectual que o invade: afinal, que atrativos pode ter uma aula cuja finalidade é repetir as coisas óbvias do conhecimento comum?

Ensinar ciência é, sobretudo, ensinar a pensar de forma diferente. Não se trata de encaixar a realidade complexa, plural e dinâmica no arcabouço estreito do conhecimento vulgar. Não é a ciência que deve descer até o aluno, mas este quem precisa, num movimento de ascese intelectual, desenvolver-se para dela poder se apropriar devidamente. Ao educador cabe a fascinante tarefa de fornecer aos jovens espíritos os instrumentos capazes de levá-los a essa conquista. E as grandes conquistas são filhas da discussão, não do consenso monótono imposto pela ratificação das verdades do senso comum.

Infelizmente, a uma década do próximo século, a ênfase na memorização e no adestramento é uma constante no ensino da química e da física. É ainda o tempo das classificações e das regras: regra de Bertholet, regra do paralelogramo, regra do octeto e tantas outras, colossais exemplos de uma ciência petrificada, proliferam às dúzias nas páginas dos livros didáticos e no dia a dia das salas-de-aula.

Sem dúvida, quando não se tem por perspectiva levar a razão a por em xeque os conhecimentos imediatos advindos da experiência cotidiana, a função educativa se resume a ensinar ao aluno o meio mais fácil de assimilar e repetir. Assim, privilegiam-se os tópicos que melhor se prestam a tal objetivo pedagógico. Veja-se, por exemplo, a importância dada nos cursos de química à chamada regra do octeto. Sem qualquer esforço de racionalização, o aluno assimila prontamente que os átomos se unem para ficar com oito elétrons na última camada. Mas por quê oito e não dez ou dezoito? A resposta invariavelmente é a mesma: porque os gases nobres - que quase não se combinam - possuem, à exceção do hélio, oito elétrons na última camada. Para se tornarem estáveis, os átomos deverão assemelhar-se aos gases nobres.

O termo quase, acima destacado e muitas vezes omitido por desconhecimento ou comodidade do professor, já poderia dar início à discussão: por quê alguns gases nobres formam compostos químicos? "Ora, toda regra tem sua exceção" - é o que responde, entretanto, o professor, como aliás tivemos oportunidade de constatar pessoalmente ao assistirmos a uma aula sobre ligação química, no ano de 1984, quando cursávamos a cadeira de prática de ensino. Uma resposta desse tipo será fatalmente destacada pelo aluno em seu caderno de aula, afinal pode vir a ser uma questão certa na prova... Mas terá ficado seu espírito satisfeito?

Tomar a estrutura eletrônica dos gases nobres enquanto paradigma de estabilidade química não constitui um mal em si. O problema reside no tratamento conferido ao modelo explicativo. Ao invés de afirmarmos previamente a estabilidade química como função dos oito elétrons, poderemos, por exemplo, perguntar: que caracteres possui o arranjo de oito elétrons para conferir ao átomo estabilidade? Nesse momento, a razão começa a trabalhar. A configuração  $s^2 p^6$  sugere um sistema organizado, no qual os elétrons de último nível se acham todos emparelhados. Um elétron adicional que aí fosse inserido romperia inevitavelmente a

simetria, instabilizando o sistema. Mas, se for possível desfazer tal arranjo, promovendo elétrons para orbitais vazios de energia compatível (d, p ou s), não estará o gás nobre sujeito a combinar-se para formar novas simetrias? Eis aí apenas um exemplo de como um enfoque racional pode retirar do modelo explicativo sua aura de mistério, desfazendo as sombras em que o pensamento mergulha quando instado a aceitar sem discussão as "exceções".

Poder-se-ia objetar, aqui, que um tratamento desse nível é inviável visto ser o desenvolvimento cognitivo do aluno de primeira série do segundo grau ainda insuficiente para acompanhá-lo. A capacidade de abstração, porém, se desenvolve à medida em que a compreensão racional, e não a atividade mnemônica, for estimulada. Evidentemente a faixa etária impõe certas limitações às quais não podemos nos furtar. Entretanto, se nos habituarmos, desde o início do curso, a ensinar o aluno a desconfiar do real imediato, a não se contentar com a concretude aparente dos objetos cognoscíveis, estaremos sem dúvida trabalhando no sentido de superar essas limitações. Não há, aliás, melhor exemplo de valor cultural fossilizado que o ensino preso à descrição de um real controlado por regras e princípios apartados da razão. Além de representarem a sublimação do inútil, o conceito decorado, a regra repetida, o "macete" assimilado encarnam a própria falência da educação científica.

Tendo por princípio que o mais simples é o que de fato permanece no espírito, o educador realista não abre mão das mais grosseiras simplificações. Assim sendo, os conceitos científicos são banalizados sem que se tenha preocupação com a assimilação distorcida feita pelo aluno. Como o fundamental é permitir, antes de tudo, a operacionalização sistemática, não se discute em que nível está se dando a compreensão discente. Afinal, saber aplicar corretamente os conteúdos à resolução dos exercícios propostos é o objetivo pedagógico maior, pois, como ainda dizem muitos mestres, "quem sabe a matéria passa de ano sem problemas".

Tal pragmatismo instrucional converte inevitavelmente os conceitos científicos em corruptelas escolares, não contribuindo, portanto, para a difusão do saber. E, na ânsia de tornar as abstrações acessíveis, as metáforas impróprias se impõem no processo educativo, dando margem à proliferação dos obstáculos epistemológicos que tivemos oportunidade de ressaltar.

Por outro lado, sendo o culto à facilidade um dos pilares do senso comum, o professor de ciências também está convencido de que não há como atrair o interesse do aluno senão passando a imagem de que a ciência é simples. Entretanto, como bem frisa Bachelard:

"A simplicidade não é um estado de coisas, mas um verdadeiro estado de alma. Não se acredita [em algo] por ser simples, [algo] é simples porque acreditamos sê-lo. A crença é um entrave da dialética natural do espírito, uma privação em bloco do erro possível e mesmo do erro real".  
(E.C.A., p.101 - TP)

Se a educação científica deve se constituir, conforme assinalamos, em elemento de questionamento à cultura fossilizada, não há porque sustentar, perante o aluno, o mito da simplicidade. É preciso apostar que são os problemas bem colocados, não as soluções simplórias e imediatas, os verdadeiros fatores de progresso do saber. Para tanto, é fundamental reavaliar as prioridades dos programas de química e física, dedicando especial atenção à discussão da atividade científica.

Atualmente, os livros didáticos de segundo grau vêm buscando introduzir o tema mas o fazem de forma resumida e esquemática, difundindo, via de regra, orientações epistemológicas típicas da ciência tradicional. Em nossa pesquisa-de-campo, aliás, ficou patente o quanto a orientação positivista norteia a visão de atividade e método científicos. Porém, como a ciência contemporânea não tem nenhum compromisso quer com as metodologias esquemáticas, quer com as formas convencionais de interpretação da realidade, constatamos que a visão transmitida ao aluno é, lamentavelmente, anacrônica. Presos ao obsoleto, autores como Feltre (1989) ainda insistem em relembrar velhas querelas entre o realismo e o idealismo, afirmando por exemplo:

"É importante notar que um fenômeno bem observado, uma experiência bem realizada, uma lei bem estabelecida são coisas imutáveis, pois pertencem ao campo das coisas reais. Já as hipóteses e teorias vão se alterando e aperfeiçoando, pois pertencem ao campo das coisas imaginadas". (p.12 - destaques do autor)

Conforme já discutimos, na concepção de ciência do racionalismo aplicado não há oposição entre realidade a priori e imaginação criadora. As experiências são teorias materializadas e os fenômenos inseparáveis da técnica de investigação. A fenomenologia do espírito solitário é substituída pela fenomenotécnica, as observações e especulações isoladas cedem lugar ao trabalho integrado da cidade científica. Nenhuma lei é genericamente imutável, visto estar sempre condicionada a determinado domínio de aplicação, o qual, por sua vez, pode se tornar cada vez mais restrito em função do refinamento da atividade cognoscente.

Assim sendo, romper com a clássica premissa do saber revelado, substituindo-a pela noção de saber construído é condição indispensável para se iniciar um bom curso de ciências. Tal enfoque permitirá, desde os primeiros momentos, situar o conhecimento científico num nível diferente do conhecimento cotidiano. O estudante será levado a refletir sobre o que significa conhecer, desencadeando-se então um processo de ruptura progressiva com os hábitos incutidos pelo realismo ingênuo do senso comum. Seu raciocínio estará sendo assim preparado para travar contato com as dificuldades inerentes à nova forma de pensar, dificuldades estas que serão vistas como condições

necessárias ao progresso do saber, não como barreiras intransponíveis. Nesse ponto, a abstração, fantasma tão temido pelos educadores realistas, não mais se colocará enquanto entrave ; será antes um estímulo ao desenvolvimento do pensar.

Considerando o modo pelo qual o ensino de química e física é atualmente ministrado na escola secundária, podemos dizer que presta grandes desserviços à cultura. Forçado a aceitar e a repetir aquilo que não compreende, o aluno deseja livrar-se o mais rápido possível de sua condição de estudante. Paradoxalmente, como assinala Bachelard (R.A.), os cientistas são eternos estudantes, freqüentando uns as escolas dos outros ! Mestre e aluno, papéis tão rigidamente determinados na sala-de-aula, experimentam, no seio da cidade científica, uma autêntica inversão. Ensinar e aprender são encarados enquanto momentos complementares, não havendo mais a clássica oposição entre sujeitos ativos e passivos.

Isso nos leva a defender que a aula de ciências não pode ser o império da monologia. É preciso que o debate se estabeleça, que o aluno manifeste suas perplexidades, suas dúvidas e mesmo seu desconforto face às novidades colocadas. Afinal, não será sem resistência que o espírito aprendiz abandonará as sólidas convicções do senso comum. Não será, por sua vez, com um discurso imposto que o professor obterá sucesso em sua função educativa. É necessário aprender com o aluno, superar, conforme já mencionamos, o obstáculo pedagógico, buscando fundamentalmente compreender os porquês da incompreensão discente.

Se a aula de ciências se tornar um espaço aberto ao diálogo, contrariando a máxima de que na atividade científica não há lugar para a argumentação, mas tão somente para as demonstrações objetivas, estaremos caminhando no sentido de romper com o marasmo instalado no processo educativo, redimensionando o papel da própria instituição escola no seio da sociedade. Repetindo aqui as sábias palavras de Bachelard, as quais sintetizam o que defendemos enquanto educadores, finalizamos este trabalho com a certeza de que:

"Na obra da ciência somente se pode amar aquilo que se destrói, só se pode dar continuidade ao passado negando-o, só se pode venerar o mestre contradizendo-o. Então sim, a escola continua ao longo de toda uma vida. Uma cultura bloqueada num tempo escolar é a própria negação da cultura científica. Não há ciência senão por meio de uma Escola permanente. É esta escola que a ciência deve fundar. Então os interesses sociais serão definitivamente invertidos: a Sociedade será feita para a escola e não a Escola para a sociedade".  
(F.E.S., p.252 - TP)



## NOTAS

1 - De acordo com o Jornal Folha de São Paulo de 11/8/89, a principal revista de divulgação destinada ao público sem nenhuma iniciação é Superinteressante, pois Ciência Hoje visa atingir uma clientela mais especializada.

2 - Em ordem cronológica, são os seguintes os trabalhos listados: PARENTE (1985) ; SOUZA (1985) e GEWANDSNAJDER (1987).

E' Importante destacar que os catálogos da ANPED só incluem dissertações desenvolvidas em cursos de educação. Demais trabalhos, realizados sobretudo no período pós 87, em outros cursos de mestrado (entre os quais podemos citar o Mestrado em Ensino de Ciências da UFSC e o Mestrado de Física da UFF, que possui uma área de concentração em ensino de física) não estão aí relacionados.

3 - Segundo Barra & Lorenz (1986), o lançamento do satélite soviético sputnik (1957) difundiu a crença de que a URSS passara a frente do mundo ocidental com respeito ao desenvolvimento científico e tecnológico. A partir daí, tornava-se então necessário rever todo o ensino científico escolar a fim de evitar o distanciamento e a supremacia soviéticas no campo das ciências físicas.

4 - PSCS : Physical Science Curriculum Study  
CBA : Chemical Bond Approach  
BSCS : Biological Science Curriculum Study

5 - Neste sentido destacamos o trabalho de Casimiro Lopes (1990), no qual é feito um criterioso estudo epistemológico dos livros didáticos secundários de química no período 1930-1990.

6 - Para dispor de perfis epistemológicos individuais, seria preciso explicar ao professor como traçá-los para cada noção particular em estudo. Obviamente isto seria inviável em termos de uma abordagem geral do ensino de química e física no município do Rio de Janeiro. Teríamos, pois, que nos restringir a pesquisar o professorado de uma dada instituição, esbarrando, mesmo assim, em dificuldades como a sobrecarga de trabalho do profissional, sua pouca disponibilidade de tempo para entrevistas, etc.

7 - Composto a fração não incluída na tabulação dos dados, registramos os seguintes casos:

- 05 questionários, respondidos por professores de química da FTESM (3o.grau) não mencionavam se o docente leciona ou não no segundo grau.
- 05 questionários, respondidos por professores de física do CP11 (unidade centro), apresentavam a ficha de dados preenchida com a mesma letra e marcações padronizadas nas diferentes questões.
- 02 questionários recebidos pelo correio não faziam qualquer referência à disciplina ministrada pelo docente (ficha de dados

em branco).

8 - De acordo com dados fornecidos por Casimiro Lopes (1990), podemos afirmar que, somente no período de vigência da lei 5692 (1972-1990), 6 dentre 17 livros de química (primeira série) pesquisados veiculam o conceito de molécula segundo uma orientação voltada para o realismo ingênuo: "molécula é a menor parte da substância capaz de guardar suas propriedades".

## ANEXO 1

### COMPARAÇÃO ENTRE OS CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS DA PRIMEIRA UNIDADE DE DOIS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA (PRIMEIRA SÉRIE)

FREITAS, Anibal (1955)	ALCÂNTARA, F.G.F (1965)
1. INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA FÍSICA	INTRODUÇÃO
Capítulo I	Fenômeno Físico
MATÉRIA : PROPRIEDADES	Matéria
1. Corpo e matéria	Substância
2. Propriedades da matéria	Corpo
3. Constituição da matéria	Hipótese Molecular
Capítulo II	Teoria Atômica
FENÔMENO FÍSICO	Elétrons
LEI FÍSICA	Estados Físicos da matéria
4. Fenômeno físico	Propriedades da matéria
5. Noção de causa	Partes da Física
6. Hipótese	Lei física
7. Importância do estudo quantitativo dos fenômenos.	Métodos de estudo
Conceito de lei física	Observação
8. Expressão analítica de uma lei física	Experimentação
9. Representação gráfica das leis. Interpolação e extrapolação	Hipótese
10. Teoria física	Teoria
11. Método da física. Observação e experimentação	Estudo quantitativo
12. Divisões da física	Tabela
Capítulo III	Gráficos
MEDIDAS	Interpolação
13. Medidas físicas	Extrapolação
14. Sensibilidade	
15. Medida das grandezas geométricas	MEDIDA FÍSICA
16. Unidades	Unidades geométricas
17. Régua dividida	Padrão
18. Vernier ou nônio	Régua graduada
19. Parafuso micrométrico	Trena
20. Esferômetro	Nônio
21. Máquina de dividir	Paquímetro
	Palmer
	Parafuso Micrométrico
	Esferômetro
	Comparador

22. Catetômetro		Catetômetro
23. Palmer		Medida de área
24. Paquímetro		Medida de Volume
25. Micrômetro ocular		medida de ângulo
26. Comparador		Tábua de linhas trigonométricas
27. Medida das áreas		Linhas trigonométricas nos
28. Medida de volumes		pequenos ângulos
29. Medida de ângulos		

#### Capitulo IV

##### ERROS

30. Noção de erro	
31. Erro absoluto e erro rela- tivo. Precisão	
32. Cálculo do resultado mais provável da medida de uma grandeza	
33. Cálculo dos erros aciden- tais	
34. Lei da distribuição dos er- ros	
35. Médias dos erros	
36. Modo de exprimir o valor numérico de uma grandeza	

##### ERROS

Limiar de Percepção
Erro absoluto
Erro grosseiro
Erro sistemático
Erro fortuito
Média aritmética
Afastamento
Frequência
Erro relativo
Precisão de medida
Erro médio
Afastamento médio quadrático
Probabilidade
Média ponderada

## ANEXO 2

### QUESTIONÁRIO UTILIZADO NA PESQUISA DE CAMPO

Prezado Colega Professor (a)

Este questionário tem por objetivo levantar dados para uma Dissertação de Mestrado cujo propósito é discutir, dentro do ensino de química e física ministrado no segundo grau, certos aspectos filosóficos ligados à atividade científica e às definições dadas a alguns conceitos de base.

O instrumento é composto por DEZ questões objetivas, nas quais preferencialmente apenas um ítem deve ser escolhido.

A sua colaboração é indispensável para a elaboração deste trabalho. Assim, solicito-lhe a gentileza de responder a todas as questões apresentadas.

Desde já, agradeço sua atenção

---

Renato José de Oliveira

Tendo em vista o Ensino de Química e Física no segundo grau, assinale, nas questões que se seguem, apenas a opção que MAIS SE APROXIMAR do seu ponto de vista . Se quiser justificar a resposta ou manifestar outro ponto-de-vista, use o espaço indicado .

1- O homem faz ciência quando :

- a) Percebe e registra os fenômenos naturais, domina-os e lhes dá alguma forma de utilização prática
- b) Estuda a regularidade dos fenômenos, estabelece as leis que os regem e permitem seu controle e previsão
- c) Descobre gradualmente as verdades que a natureza deixou escritas na realidade que nos cerca
- d) Não aceita a existência de verdades pré-estabelecidas, retificando os erros surgidos no processo de construção do saber

Justificativa ou outro ponto-de-vista : \_\_\_\_\_

2- O ato de conhecer se liga principalmente :

- a) A certeza de que todo conhecimento que se pode obter deriva necessariamente da experiência
- b) A certeza de que o conhecimento de um fenômeno se resume ao ato de descobrir as causas que provocam determinados efeitos
- c) Ao esforço humano em desdobrar as estruturas complexas do mundo em estruturas cada vez mais simples de serem compreendidas
- d) A verificação de que toda estrutura simples se desdobra em estruturas de maior complexidade

Justificativa ou outro ponto-de-vista : \_\_\_\_\_

3- Na sua opinião, toda teoria científica representa:

- a) Um saber bem estabelecido, estável, difícil de ser modificado
- b) A evolução de um saber menos geral que é sempre gradualmente aperfeiçoado.
- c) Um saber que se constrói na medida em que se questiona constantemente

Justificativa ou outro ponto-de-vista : \_\_\_\_\_

4- Para o pesquisador, o objeto de seu estudo representa :

- a) Algo que após ser manipulado e medido experimentalmente revelará tudo o quanto pode revelar ao conhecimento
- b) Algo que contém tudo aquilo que se deseja saber e mais cedo ou mais tarde será descoberto
- c) Algo com o qual estabelece uma relação, pois o pesquisador muda seu modo de pensar quando modifica o objeto

Justificativa ou outro ponto-de-vista : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5- Podemos tomar como Método Científico

- a) Uma seqüência de atividades que começa na observação do fenômeno, passa à formulação de hipóteses, testa experimentalmente as hipóteses e por fim estabelece as leis.
- b) Um processo no qual, partindo de uma hipótese genérica, o cientista deduz as conclusões, isto é, os enunciados gerais ou predições particulares nela baseados
- c) Um processo no qual teoria e experiência mantêm laços estreitos, pressupondo sempre formas novas e diferenciadas de abordar o objeto de estudo

Justificativa ou outro ponto-de-vista : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6- Para o aluno, MASSA seria melhor conceituada como :

- a) A quantidade de matéria contida num corpo
- b) Uma medida atribuída a cada corpo, medida esta que se obtém pela comparação do corpo com um padrão, usando-se o princípio da balança de braços iguais
- c) A propriedade de um corpo em resistir à ação de uma determinada força que lhe é aplicada
- d) Uma grandeza relativa à velocidade do corpo

Justificativa ou outro conceito : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7- Para o aluno, MATÉRIA E ENERGIA seriam melhor conceituadas assim:

a) Matéria é tudo que ocupa lugar no espaço e energia é tudo que modifica a matéria, provoca ou anula movimentos e causa sensações

b) Matéria é tudo que apresenta uma propriedade mensurável, a massa, e energia é tudo capaz de produzir trabalho

c) Matéria é a essência dos materiais que formam o universo, é extensa, ao passo que energia não se define: registram-se seus efeitos

d) Matéria é energia, energia é matéria : ambas formam um complexo cujas propriedades se desenvolvem no espaço e no tempo

Justificativa ou outro conceito : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8- Para o aluno, SUBSTÂNCIA seria melhor conceituada como :

a) Diferentes tipos de matéria que apresentam características próprias: o açúcar é doce , a água é incolor, inodora e insípida

b) Toda porção de matéria capaz de guardar as mesmas propriedades físicas e químicas

c) Diferentes qualidades de matéria, formadas por um único tipo de constituinte: átomos, moléculas ou aglomerados iônicos

d) Complexos integrados de matéria e energia, cujas propriedades são definidas estatisticamente

Justificativa ou outro conceito : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

9- Para o aluno, a melhor conceituação de FENÔMENO seria :

a) Tudo que pode ser observado na natureza e tem causas determinadas

b) Todo acontecimento que está ligado a outro acontecimento anterior, que é sua causa imediata

c) Tudo que pode ser compreendido racionalmente a partir da observação da realidade



d) Tudo o que pode ser observado ou realizado por experiências racionalmente planejadas

Justificativa ou outro conceito : \_\_\_\_\_

-----

10- Para o aluno, MOLECULA seria melhor conceituada como:

a) A menor parte da substância capaz de guardar todas as suas propriedades

b) Uma representação teórica que auxilia na compreensão dos fenômenos físicos e químicos sob o ponto-de-vista microscópico

c) Um arranjo energeticamente estável formado pela associação de núcleos e elétrons

Justificativa ou outro conceito : \_\_\_\_\_

-----

NOME : \_\_\_\_\_

( PREENCHER SE QUISER )

DISCIPLINA QUE LECIONA : \_\_\_\_\_

( FAVOR PREENCHER )

ESCOLA EM QUE LECIONA : \_\_\_\_\_

( FAVOR PREENCHER )

TEMPO DE MAGISTÉRIO : \_\_\_\_\_

( FAVOR PREENCHER )

INSTITUIÇÃO PELA QUAL SE FORMOU : \_\_\_\_\_

( FAVOR PREENCHER )

LECIONA EM OUTRA ESCOLA

( )  
S

( )  
N

### ANEXO 3

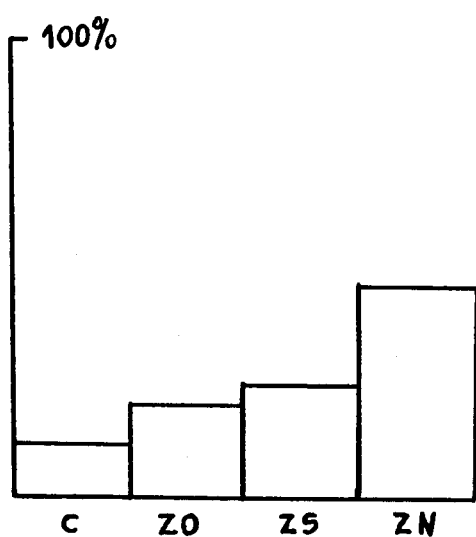
#### MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DE QUESTIONÁRIOS NAS ESCOLAS DE SEGUNDO GRAU DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Número de Escolas da Amostragem : 74

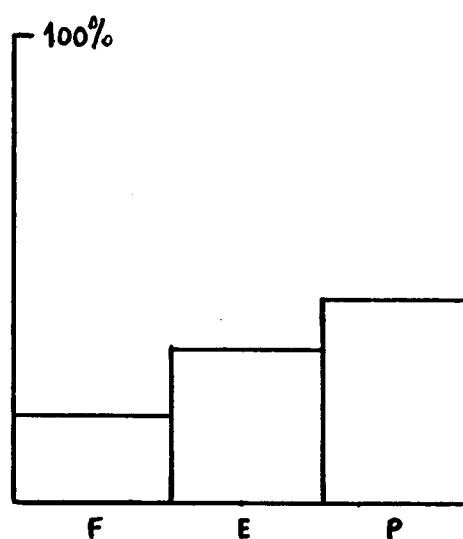
Número de Questionários Distribuídos : 508

Número de Questionários Recebidos : 152

Distribuição Percentual  
Por Região Geográfica



Distribuição Percentual  
Por Rede de Ensino



#### Códigos Utilizados:

RG - Região Geográfica

RE - Rede de Ensino

QE - Número de Questionários Enviados

QR - Número de Questionários Recebidos

C - Centro	9.05	%
ZN - Zona Norte	47.1	%
ZO - Zona Oeste	19.3	%
ZS - Zona Sul	24.0	%

E - Rede Estadual	37.8	%
F - Rede Federal	17.5	%
P - Rede Particular	44.7	%

ESCOLA	RG	RE	QE	QR
Centro Ed. Anísio Teixeira	C	P	05	-
Centro Ed. E. Barsanulfo	ZN	P	02	01
Centro Fed. Ed. Tecnológica	ZN	F	06	04
Colégio ADN - Botafogo	ZS	P	04	-
Colégio Andrews - Botafogo	ZS	P	08	03
Colégio Anglo-Americano - Botafogo	ZS	P	02	-
Colégio Antônio de Pádua	ZO	P	07	01
Colégio Apl. Fernando R. Silveira	ZN	E	07	01
Colégio Apolo XII	ZO	P	04	-
Colégio Aristides Caire	ZN	P	05	-
Colégio Batista Brasileiro	ZN	P	04	02
Colégio Campo Grande	ZO	P	07	-
Colégio Curso Barroso	ZN	P	08	-
Colégio Curso Martins - Meier II	ZN	P	06	01
Colégio de Integração Comunitária	ZN	P	03	01
Colégio Esquema	ZN	P	04	03
C.E. Abrahão Jabour	ZO	E	03	-
C.E. Alberto Pasqualini	ZO	E	03	-
C.E. Amaro Cavalcanti	ZS	E	05	-
C.E. André Maurois	ZS	E	16	09
C.E. Antônio Prado Jr.	ZN	E	17	08
C.E. Bernardo de Vasconcelos	ZN	E	05	03
C.E. Brigadeiro Schorcht	ZO	E	18	01
C.E. Celestino da Silva	C	E	03	-
C.E. Central do Brasil	ZN	E	05	01
C.E. Collecchio	ZO	E	02	02

ESCOLA	RG	RE	QE	QR
C.E. Eng. Bernardo Sayão	ZD	E	04	01
C.E. Eça de Queirós	ZS	E	04	-
C.E. Ferreira Vianna	ZN	E	06	-
C.E. Francisco Jobim	ZN	E	03	-
C.E. João Alfredo	ZN	E	06	01
C.E. Júlia Kubitschek	C	E	03	01
C.E. Miécimo da Silva	ZD	E	04	01
C.E. Olynto da Gama Botelho	ZN	E	05	02
C.E. Pedro Alvares Cabral	ZS	E	08	02
C.E. Prof. Daltro Santos	ZD	E	18	-
C.E. Souza Aguiar	C	E	14	05
C.E. Souza da Silveira	ZN	E	02	-
C.E. Vicente Jannuzzi	ZD	E	16	-
C.E. Visconde de Cairu	ZN	E	10	05
Colégio Franco Brasileiro	ZS	P	03	02
Colégio Imaculada Conceição	ZS	P	04	02
Colégio Isa Prates	ZS	P	04	01
Colégio Mallet Soares	ZS	P	05	01
Colégio Marista Sao Jose	ZN	P	12	07
Colégio Metropolitano	ZN	P	08	01
Colégio Militar do Rio de Janeiro	ZN	F	08	03
Colégio Peixoto	ZS	P	03	-
Colégio Pinheiro Guimarães - M.Lemos	ZS	P	05	01
Colégio Pedro II - Centro	C	F	13	06
Colégio Pedro II - Engenho Novo	ZN	F	07	02
Colégio Pedro II - Humaitá	ZS	F	05	04

ESCOLA	RG	RE	QE	QR
Colégio Pedro II - Tijuca	ZN	F	07	07
Colégio Republicano	ZN	P	05	-
Colégio Rio de Janeiro	ZS	P	05	-
Colégio Sacre Coeur de Marie	ZS	P	04	-
Colégio Santa Fátima	ZN	P	05	-
Colégio Santo Inácio	ZS	P	11	07
Colégio São Paulo	ZS	P	02	-
Colégio São Pedro de Alcantara	ZS	P	05	-
Colégio Teresiano	ZS	P	08	-
Colégio Veiga de Almeida - Lins	ZN	P	02	02
Colégio Virgem de Fátima	ZN	P	05	-
Colégio Wakigawa - 5 de julho	ZS	P	07	-
Curso Tamandare (Méier)	ZN	P	05	-
Escola Técnica de Comunicação	C	P	08	01
Escola Técnica Fed. Química do RJ	ZN	F	45	29
Externato Geremário Dantas	ZO	P	02	-
Instituto Guanabara	ZN	P	04	-
Instituto Metodista Bennet	ZS	P	04	03
Intituto Sul Americano	ZN	P	03	-
Rede MV 1 - Tijuca	ZN	P	07	-
Sociedade Ed. Monteiro Lobato	ZO	P	04	-
Unidade Instr. Garriga de Menezes	ZO	P	05	-

#### QUESTIONARIOS DISTRIBUIDOS ISOLADAMENTE

Centro Técnico Industrial Quim. Textil	ZN	P	01	01
Colegio D. Quixote	ZO	P	01	01
Colegio Educo	ZN	P	01	01

Colégio Societas Magistri	ZN	P	01	01
Colégio Souza Marques	ZN	P	01	-
Escola Santa Marta	ZN	P	01	01
Instituto Santa Rita	ZN	P	01	01

OBS: Foram distribuídos ainda 05 questionários no Centro de Ciências do Rio de Janeiro, onde os docentes lotados prestam assessoria direta a professores de 1 e 2 graus. Recebemos 02 questionários respondidos.

Foram recebidos 05 questionários de Professores da Faculdade Souza Marques que não informaram se lecionam também no segundo grau.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABRAMO, Cláudio. Galileu. In:- Os Cientistas. São Paulo, Abril Cultural, 1972. p. 69-84
- ALQUIE, Ferdinand. René Descartes. In:- Galileu, Descartes e o mecanismo. Lisboa, Gradiva, 1987. p. 17-49
- ALVES, Rubem. Filosofia da ciência. Introdução ao jogo e suas regras. São Paulo, Brasiliense, 1983. 209 p.
- AXT, Rolando & GUIMARAES, Victor Hugo. O ensino experimental de física em escolas de nível médio: uma tentativa de viabilizá-lo. In:- Ciência e Cultura. São Paulo, 37(1): 39-45, jan, 1985.
- BACHELARD, Gaston. A dialética da duração. São Paulo, Atica, 1988. 135 p.
- \_\_\_\_\_. Critique préliminaire du concept de frontière épistémologique. In:- Etudes. Paris, Vrin, 1970. p. 77-85.
- \_\_\_\_\_. De la nature du rationalisme. In:- L'engagement rationaliste. Paris, P.U.F., 1972. p.45-88
- \_\_\_\_\_. Essai sur la connaissance approchée. Paris, Vrin, 1987. 310 p.
- \_\_\_\_\_. Le problème philosophique des méthodes scientifiques. In:- L'engagement rationaliste. Paris, P.U.F., 1972. p.35-44
- \_\_\_\_\_. Le surrationalisme. In:- L'engagement rationaliste. Paris, P.U.F., 1972. p.7-12
- \_\_\_\_\_. Idéalisme discursif. In:- Etudes. Paris, Vrin, 1970. p. 87-97
- \_\_\_\_\_. La activité rationaliste de la physique contemporaine. Paris, Presses Universitaires de France, 1965. 223 p. Trad. Estela Canto. La actividad racionalista de la física contemporanea. Buenos Aires, Siglo Veinte, 269 p.
- \_\_\_\_\_. L'actualité de l'histoire des sciences. In:- L'engagement rationaliste. Paris, P.U.F., 1972. p. 137-152
- \_\_\_\_\_. La formation de l'esprit scientifique. Paris, Vrin, 1947. 251 p.
- \_\_\_\_\_. La philosophie du non., Paris, Quadrige/PUF, 1983. 145p. Trad. Joaquim José Moura Ramos. A filosofia do não. Lisboa, Presença, 1984. 136 p.

- ----- . La psychologie de la raison. In:- L'engagement rationaliste. Paris, P.U.F., 1972. p. 27-34
- ----- . Le matérialisme rationnel. Paris, Presses Universitaires de France, 1972. 224 p.
- ----- . Le nouvel esprit scientifique. Paris, Quadrige/PUF, 1983. 183 p. Trad. Juvenal Hahne Júnior. O Novo espírito científico. Rio de Janeiro, Tempo Brasileiro, 1985. 151 p.
- ----- . Le rationalisme appliqué. Paris, Presses Universitaires de France, 1975. 215 p. Trad. Nathanael C. Caixeiro. O racionalismo aplicado. Rio de Janeiro, Zahar, 1977. 244 p.
- ----- . Lumière et substance. In:- Etudes. Paris, Vrin, 1970. p. 45-76
- ----- . Noumène et microphysique. In:- Etudes. Paris, Vrin, 1970. p. 11-24
- BACON, Francis. Novum organum. In:- Bacon. São Paulo, Abril Cultural, Coleção Os Pensadores, 1973. p. 11-237
- BARRA, Vilma Marcassa & LORENZ, Karl Michael. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980. In:- Ciência e Cultura. São Paulo, 38 (12): 1970-1983, dez, 1986.
- BASSALO, José Maria Filardo. As experiências de pensamento em física. In:- Ciência e Cultura. São Paulo, 36 (3): 395-409, março, 1984.
- BEAUDE, Joseph. Mecanismo. In:- Galileu, Descartes e o mecanismo. Lisboa, Gradiva, 1987. p. 59-70
- BERMAN, Marshall. Tudo que é sólido desmancha no ar. São Paulo, Companhia das Letras, 1987. 360 p.
- BREHIER, Emile. História da filosofia. São Paulo, Mestre Jou, 1977. Tomo II, 275 p.
- BRONOWSKI, Jacob. O senso comum da ciência. In:- O homem e a ciência. São Paulo, Edusp, 1977. v.4, 126 p.
- BULCAO, Marly. O racionalismo da ciência contemporânea. Rio de Janeiro, Antares, 1981. 148 p.
- CAPRA, Fritjof. O tao da física. São Paulo, Cultrix, 1983. 260 p.
- COMTE, Augusto. Cours de philosophie positive. Paris, J.B. Bailliére et fils, 1877. tome III, 186 p.



- \_\_\_\_\_. Curso de filosofia positiva. In:- Comte. São Paulo, Abril Cultural, Coleção Os pensadores, 1978. p. 3-39
- \_\_\_\_\_. Discurso preliminar sobre o conjunto do positivismo. In: Comte. São Paulo, Abril Cultural, Coleção Os pensadores, 1978. p. 100-115
- \_\_\_\_\_. Discurso sobre o espírito positivo. In:- Comte. São Paulo, Abril Cultural, Coleção Os pensadores, 1978. p. 43-94
- DAGOGNET, François. Bachelard. Lisboa, edições 70, 1986. 102 p.
- DAVIES, Paul. Deus e a nova física. Lisboa, edições 70, 1988. 266 p.
- DAVIS, Philip, J. & HERSH, Rewben. A experiência matemática. Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1985. 481 p.
- DELEUZE, Gilles. A filosofia crítica de Kant. Lisboa, edições 70, 1983. 86 p.
- DESCARTES, René. Discours de la méthode. Paris, Vrin, 1989. 146 p.
- \_\_\_\_\_. Guia espiritual. Buenos Aires, Tor, s.d. 155 p.
- \_\_\_\_\_. Meditações metafísicas. Rio de Janeiro, Mandarin & Molinari, s.d. 148 p.
- DUHEM, Pierre. Salvar os fenômenos. in:- Cadernos de história e filosofia da ciência. Campinas, 1984. suplemento 3, 105 p.
- EINSTEIN, Albert & INFELD, Leopold. A evolução da física. Rio de Janeiro, Zahar, 1976. 237 p.
- EISBERG, Robert & RESNICK, Robert. Física quântica. Rio de Janeiro, Campus, 1983. 928 p.
- ENGELS, Friedrich. Introdução à dialética da natureza. In:- Textos. São Paulo, edições sociais, 1976. v.2, p. 151-168
- EVORA, Fátima R.R. A revolução copernicana-galileana. In:- Coleção CLE. Campinas, 3-4 (1): 57, 1988, 134p.
- FOULQUIE, Paul. A dialética. Publicações Europa-América, 1978. 120 p.
- GEWANDSZNAJDER, Fernando. O que é o método científico. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos Avançados em Educação, Fundação Getúlio Vargas, 1987.
- HEISENBERG, Werner. Física e filosofia. Brasília, Universidade de Brasília, 1987, 158 p.

- HUME, David. Investigación sobre el entendimiento humano. Buenos Aires, editorial Losada. 1939, 223 p.
- KANT, Immanuel. Crítica da razão pura. In:- Coleção os pensadores. São Paulo, Nova Cultural, 1988. v.1 e v.2, 420 p.
- KNELLER, George F. A ciência como atividade humana. São Paulo, Zahar/Edusp, 1980. 310 p.
- KOYRE, Alexandre. Etudes d'histoire de la pensée scientifique. Paris, Presses Universitaires de France, 1966. 369 p.
- KUHN, Thomas S. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo, Perspectiva, 1987. 257 p.
- LECOURT, Dominique. Bachelard, le jour et la nuit. Paris, Bernard Grasset, 1974. 171 p.
- \_\_\_\_\_. Para uma crítica da epistemologia. Lisboa, Assírio & Alvim, 1980. 109 p.
- LEFEBVRE, Henri. Lógica formal/lógica dialética. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1983. 301 p.
- LOPARIC, Zeljko. Heurística kantiana. In:- Cadernos de História e Filosofia da Ciência. Campinas, 5: 73-89. 1983.
- LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química. Rio de Janeiro, Instituto de Estudos Avançados em Educação, Fundação Getúlio Vargas, 1990.
- LUTFI, Mansur. Cotidiano e educação em química. São Paulo, Unijuí, 1988. 224p.
- MAGEE, Bryan. As idéias de Popper. São paulo, Cultrix, 1977. 109 p.
- MENDONÇA, Wilson Pessoa. Da teoria do conhecimento à metodologia: análise do projeto epistemológico de Popper. In:- Cadernos de História e Filosofia da Ciência. Campinas, 7: 5-19, julho. 1984.
- MIGNACO, J.A. & SHELLARD, R.C. A matéria indivisível. In:- Ciência Hoje. São Paulo, 3(14): 42-49, set/out. 1984
- MOORE, W.J. Físico-química. São Paulo, Edgard Blucher, 1976. v.1, 383 p.
- MOSTAFA, Solange Puntel. Vulgarização científica: mistificação da ciência ou educação permanente ?. In:- Ciência e Cultura. São Paulo, 33(6): 842-846, junho. 1981
- NEURATH, Otto, HANH, Hans & CARNAP, Rudolf. A concepção científica do mundo - o círculo de Viena. In:- Cadernos de História e Filosofia da Ciência. Campinas, 10: 5-18, out.

1986

- NOVELLO, Mário. Cosmos e contexto. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 1988. 182 p.
- OLIVA, Alberto. Verificacionismo: critério de cientificidade ou crítica à ideologia ?. Texto apresentado no curso de Epistemologia - a questão da cientificidade, Rio de Janeiro, 1989.
- PAPP, Desiderio & PRELAT, Carlos. História de los principios fundamentales de la química. Buenos Aires, Espasa, 1950. 190 p.
- PARENTE, Leticia Tarquinio de Souza. A ciência química - ensino e pesquisa na universidade brasileira. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos Avançados em Educação, Fundação Getúlio Vargas, 1985.
- PERELMAN, Chaim. A filosofia do pluralismo e a nova retórica. In:-Revista Internacional de Filosofia. 1979
- PEREZ, Daniel Gil. A metodologia científica e o ensino de ciências: relações controvertidas. São Paulo, Núcleo de Documentação sobre a Formação Científica, 1986. 21 p.
- PIMENTEL, George C. & SPRATLEY, Richard D. Química um tratamento moderno. São Paulo, Edgard Blucher, 1977. v.2, 425 p.
- POPPER, Karl. A lógica da investigação científica. In:- Popper. São Paulo, Abril Cultural, coleção os pensadores, 1980. p. 3-124.
- ROSMORDUC, Jean. De Tales a Einstein. Lisboa, Caminho, 1983. 244 p.
- SANTOS, Boaventura de Souza. Introdução a uma ciência pós-moderna. Lisboa, Graal, 1989. 176 p.
- SANTOS, L.H. Popper - vida e obra. In:- Popper. São Paulo, Abril Cultural, coleção os pensadores, 1980. p. VI-VIII
- SAGAN, Carl. Cosmos. Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1982. 364 p.
- SOUZA, Guaracira Gouvêa de. Ciência e pedagogia científica - um estudo das práticas acadêmicas no instituto de física da universidade federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos Avançados em Educação, Fundação Getúlio Vargas, 1985.
- TRIFONOV, D.N. & PETRIANOV, I.V. Elementary order. Moscou, Mir, 1984, 154 p.

- VANCOURT, Raymond. Kant. Lisboa, edições 70, 1987. 166 p.
- WEININGER, S.J. The molecular structure conundrum: can classical chemistry be reduced to quantum chemistry ? In: - Journal of chemical education, 61(11): 939-944, nov. 1984.

#### ANEXO 4

DADOS OBTIDOS JUNTO AOS NÚCLEOS ADMINISTRATIVOS E ÀS ESCOLAS DE  
SEGUNDO GRAU DA REDE ESTADUAL COM RESPEITO AO NÚMERO DE  
VAGAS PREENCHIDAS EM QUÍMICA E FÍSICA

##### Núcleo 02

Total de escolas : 09

Total de Vagas em 06 escolas: 52

##### Núcleo 03

Total de escolas : 13

Total de Vagas em 13 escolas : 80

##### Núcleo 04

Total de escolas : 07

Total de Vagas em 07 escolas : 50

##### Núcleo 05

Total de escolas : 11

Total de Vagas em 11 escolas : 49

##### Núcleo 07

Total de escolas : 13

Total de Vagas em 10 escolas : 75

##### Núcleo 10

Total de escolas : 08

Total de Vagas em 08 escolas : 16

OBS: os Núcleos 01, 06, 08 e 09 não nos prestaram nenhuma  
informação.

#### Escolas Diretamente Pesquisadas

- Colégio Estadual Antônio Prado Jr.	(NEC 01) : 17 vagas
- Colégio Estadual Celestino da Silva	(NEC 01) : 03 vagas
- Colégio Estadual Ferreira Vianna	(NEC 01) : 18 vagas
- Colégio Estadual João Alfredo	(NEC 01) : 18 vagas
- Colégio Estadual Júlia Kubitschek	(NEC 01) : 03 vagas
- Colégio Estadual Paulo de Frontin	(NEC 01) : 08 vagas

- Colégio Estadual Souza Aguiar	(NEC 01) : 14 vagas
- Colégio Estadual Tomás A. Gonzaga	(NEC 01) : 06 vagas
- Instituto de Educação	(NEC 01) : 06 vagas
- Colégio Estadual Ignacio A. Amaral	(NEC 02) : 02 vagas
- Colégio Estadual Pedro A. Cabral	(NEC 02) : 08 vagas
- Escola Técnica de Comércio México	(NEC 02) : 02 vagas
- Colégio Estadual Alberto Pasqualini	(NEC 06) : 04 vagas
- Colégio Estadual Brigadeiro Schorcht	(NEC 06) : 18 vagas
- Colégio Estadual Eng. Bernardo Sayão	(NEC 06) : 04 vagas
- Colégio Estadual João Goulart	(NEC 06) : 05 vagas
- Colégio Estadual Mahatma Ghandi	(NEC 06) : 04 vagas
- Colégio Estadual Teotônio Vilela	(NEC 06) : 04 vagas
- Colégio Estadual Vicente Jannuzzi	(NEC 06) : 16 vagas
- Centro Interescolar Miécimo da Silva	(NEC 08) : 04 vagas
- Colégio Estadual Freire Alemão	(NEC 08) : 06 vagas
- Colégio Estadual Prof. D. Pombo	(NEC 08) : 05 vagas
- Colégio Estadual Sara Kubitschek	(NEC 08) : 03 vagas
- Colégio Estadual Prof. F. Rajagabaglia	(NEC 08) : 16 vagas
- Colégio Estadual André Villon	(NEC 08) : 04 vagas

#### PROJEÇÃO DO NÚMERO DE VAGAS PREENCHIDAS

80 escolas \_\_\_\_\_ 538 vagas

100 escolas \_\_\_\_\_ v

$$v = 672,5$$

Total Aproximado de vagas: 673

## ANEXO 5

### DADOS OBTIDOS JUNTO ÀS ESCOLAS DA REDE PARTICULAR COM RESPEITO AO NÚMERO DE VAGAS PREENCHIDAS EM QUÍMICA E FÍSICA

Amostragem ..... 54 escolas

Total de Vagas ..... 282

Média de Vagas p/escola ..... 5.2

Centro Educacional Anísio Teixeira .....	05	vagas
Centro Educacional Eurípedes Barsanulfo .....	02	vagas
Centro Educacional da Lagoa (Saddock de Sá).....	03	vagas
Colégio ADN (Botafogo) .....	04	vagas
Colégio Andrews (Botafogo) .....	10	vagas
Colégio Anglo-Americano (Botafogo) .....	02	vagas
Colégio Antônio de Pádua .....	07	vagas
Colégio Apolo XII .....	04	vagas
Colégio Atenas .....	04	vagas
Colégio Barão de Lucena .....	04	vagas
Colégio Batista Brasileiro .....	04	vagas
Colégio Batista Shepard .....	04	vagas
Colégio Campo Grande .....	06	vagas
Colégio Curso Barroso .....	08	vagas
Colégio Curso Martins (Meier II) .....	06	vagas
Colégio Esquema .....	04	vagas
Colégio Imaculada Conceição .....	04	vagas
Colégio Independência .....	02	vagas
Colégio de Integração Comunitária .....	05	vagas
Colégio Isa Prates .....	04	vagas
Colégio Lemos de Castro .....	07	vagas
Colégio MJD .....	03	vagas
Colégio Mallet Soares .....	05	vagas
Colégio Marista São José .....	12	vagas
Colégio Metroploitano .....	08	vagas
Colégio Nota Dez .....	04	vagas
Colégio Notre Dame .....	05	vagas
Colégio Olavo Bilac .....	04	vagas
Colégio Peixoto .....	03	vagas
Colégio Pereira Mendes .....	03	vagas
Colégio Pinheiro Guimarães (Miguel lemos) .....	05	vagas
Colégio Republicano .....	05	vagas
Colégio Rio de Janeiro .....	05	vagas
Colégio Sacre Coeur de Marie .....	07	vagas
Colégio Salesiano .....	02	vagas
Colégio Santa Marcelina .....	04	vagas
Colégio Santo Agostinho .....	10	vagas
Colégio Santo Ignácio .....	11	vagas
Colégio São Pedro de Alcântara .....	05	vagas
Colégio Técnico N. Sa. das Graças .....	04	vagas
Colégio Teresiano .....	08	vagas

Colégio Veiga de Almeida (Lins) .....	02 vagas
Colégio Wakigawa (5 de Julho) .....	07 vagas
Curso Bahiense (Pça Ana Amélia) .....	08 vagas
Curso Hèlio Alonso (Marrecas) .....	05 vagas
Escola Técnica de Comunicação .....	11 vagas
Externato Geremário Dantas .....	02 vagas
Instituto Guanabara .....	08 vagas
Insituto Metodista Bennett .....	04 vagas
Instituto Sul Americano .....	03 vagas
Rede MV-1 (Tijuca) .....	07 vagas
Sociedade Educacional Monteiro Lobato .....	04 vagas
Unidade Educacional Gama e Souza .....	05 vagas
Unidade Integrada Garriga de Menezes .....	05 vagas



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS A OUTRAS FONTES

### - Jornais e Revistas

- FOLHA DE SÃO PAULO - 11 de Agosto de 1989, "Nova Ciência Chega ao Mercado", G.2
- Fundação Brasileira Para o Ensino de Ciências. Revista de Ensino de Ciências. Jun/1985, (13), 1-64
- JORNAL DO BRASIL - 11 de Abril de 1989, "A Energia Nasce Num Copo D'água".
- IDEM - 11 de Abril de 1989, "Cientistas Repetem Com Exito Fusão Nuclear em Laboratório".
- IDEM - 14 de Abril de 1989, "MIT Solicita Patente de Teoria da Fusão a Frio".
- IDEM - 16 de Abril de 1989, "Cientista Acha Que Fusão Pode Subverter Física".
- IDEM - 20 de Abril de 1989, "Stanford Reforça a Hipótese da Fusão".
- IDEM - 22 de Abril de 1989, "Cientistas do INPE Medem Hélio - 3 e Comprovam Fusão".
- IDEM - 28 de Abril de 1989, "Pauling Sugere Que Energia da Fusão Fria é Apenas Sonho".
- IDEM - 02 de Maio de 1989, "Cientistas Descartam a Fusão Nuclear a Frio".
- IDEM - 03 de Maio de 1989, "Cientistas Nos EUA Acham Que Fusão A Frio é Perda de Tempo".
- IDEM - 07 de Maio de 1989, "Uma Fusão de Erros e Enganos".
- SUPERINTERESSANTE. A relatividade em quadrinhos. São Paulo, Abril Cultural, n.1, supl. Jan 1990.

### 2 - Coleções

- LAPP, Ralph E. & editores de Life. A matéria. In:- Biblioteca Científica Life. Rio de Janeiro, José Olympio, 1971. p. 9
- WILSON, Mitcheel & editores de Life. A energia. In:- Biblioteca Científica Life. Rio de Janeiro, José Olympio, 1971. p. 55

- FREEMAN, Ira M. A eletricidade. In:- Enciclopédia Juvenil. Rio de Janeiro, Record, s.d. p. 9
- \_\_\_\_\_. Maravilhas da química. In:- Enciclopédia Juvenil. Rio de Janeiro, Record, 1968. p. 32-37
- \_\_\_\_\_. O átomo. In:- Enciclopédia Juvenil. Rio de Janeiro, Record, 1963. p. 27.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS A LIVROS DIDÁTICOS DE SEGUNDO GRAU

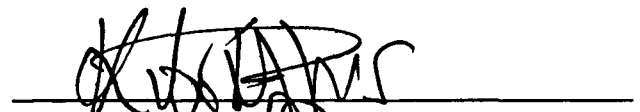
- ALCÂNTARA, Francisco Gomes Filho. Física. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1965. 348 p.
- COTTON, Francis A. & LINCH, Lawrence D. Curso de química. Rio de Janeiro, Forum, 658 p.
- FELTRE, Ricardo. Química. São Paulo, Moderna, 1989. v.1 , 415 p.
- FREITAS, Anibal. Física. São Paulo, Melhoramentos, 1955, 330 p.
- LEMBO, Antônio & SARDELLA, Antônio. Química. São Paulo, Atica , 1987. v.1 408 p.
- MÁXIMO, Antônio & ALVARENGA, Beatriz. Física. Belo Horizonte, Bernardo Alvarez, 1976. v.1, 214 p.
- \_\_\_\_\_. Física. Belo Horizonte, Bernardo Alvarez, 1972. v.2, 200 p.
- NOVAIS, Vera Lúcia Duarte. Química geral. São Paulo, Atual, 1983. 392 p.
- POLITI, Elie. Química. São Paulo, Moderna, 1986, 454 p.
- RAMALHO, Francisco Júnior & alii. Os fundamentos da física. São Paulo, Moderna, 1977. v.1 , 411 p.
- SARDELLA, Antônio & MATEUS, Edegar. Química. São Paulo, Atica, 1983. 456 p.
- SILVA, Edson Braga & SILVA, Ronaldo Henriques. Princípios básicos de química. São Paulo, Harbra, 1982. v.1, 217 p.
- UENO, Paulo Toru & YAMAMOTO. Estudos de física. São Paulo, Moderna, 1982, v.1, 354 p.
- \_\_\_\_\_. Estudos de física. São Paulo, Moderna, v.3, 352 p.

Dissertação apresentada aos Srs.:

  
José Américo Motta Pessanha


Nome dos  
Componentes da  
banca examinadora

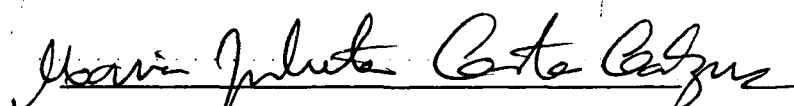
  
Circe Navarro Vital Brazil

  
Constantino Tsallis

Visto e permitida a impressão

Rio de Janeiro, 26 / 11 / 1990

  
Newton Sucupira  
Coordenador Geral de Ensino

  
Maria Julieta Costa Calazans  
Coordenadora Geral de Pesquisa