Ensino de ciências e matemática

unesp

Faculdade de Ciências - Câmpus de Bauru

PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO ENSINO DE CIÊNCIAS

FELICIO GUILARDI JUNIOR

Número de chamada
Clas. T/UNESP
PHA G973e
Tombo n.º 1.928

O ENSINO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO CONTEÚDO DE QUÍMICA

BIBLIOTECA UNESP CAMPUS BAURU

Bauru

2002

FELICIO GUILARDI JUNIOR

O ENSINO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO CONTEÚDO DE QUÍMICA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Bauru, para obtenção do título de mestre em Educação para a Ciência (Área de Concentração: Ensino de Ciências), sob orientação do Prof. Dr. Dietrich Schiel.

BAURU

2002

Guilardi Junior, Felício
O ensino de tópicos de física moderna no conteúdo de química / Felício Guilardi Junior – Bauru: [s.n.], 2002.
150 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Dietrich Schiel.

1. Ensino de ciências. 2. Física moderna-química. 3. Formação de professores. Título. II – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências.

Felício Guilardi Junior

O Ensino de Tópicos de Física Moderna no Conteúdo de Química

Dissertação para obtenção do grau de Mestre

Banca Examinadora

Presidente - Dr. Dietrich Schiel

USP – São Carlos - SP

Titular - Dr. Eduardo Fleury Mortimer

UFMG – Belo Horizonte - MG

Titular - Dr. João José Caluzi

UNESP – Bauru - SP

Bauru, 22 de Setembro de 2002



Para minha Mãe, minhas irmãs – Silvana e Sueli, meus filhos Vítor, Mila e Lívia e à memória de meu Pai: Horizontes de rara beleza

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Dietrich Schiel na possibilidade aberta pelo seu trabalho em educação para o ensino de ciências, à frente do CDCC: pela amizade, paciência e orientação.

Aos estudantes e professores que participaram desta pesquisa, contribuindo em nossa busca de compreendermos possíveis alternativas para a construção de uma proposta de ensino que viesse a se constituir em estratégia de entendimento para o aprendizado e desenvolvimento de conceitos de luz, cores e matéria.

“Um dia me disseram que as nuvens não eram de algodão...”

Música Popular Brasileira - Engenheiros do Hawai

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Testes aplicados a estudantes da Escola "Padre José de Anchieta, município de Araputanga – MT – Concepções de átomos e elétrons – Diálogo 1 61
QUADRO 2: Seqüência de respostas dos estudantes do 3° ano do ensino médio da escola "Padre José de Anchieta do município de Araputanga, Estado de Mato Grosso - Concepções de átomos e elétrons – Diálogo 1 61
QUADRO 3: Testes investigando o Modelo Planetário 63
QUADRO 4: Seqüência de respostas dos estudantes do 3° ano do ensino médio da Escola "Padre José de Anchieta", município de Araputanga, Estado de Mato Grosso - Investigando o Modelo Planetário 64
QUADRO 5: Seqüência de respostas dos professores de ciências da Região Norte do estado de Mato Grosso - Investigando o Modelo Planetário 67
QUADRO 6: Testes aplicados aos estudantes da Escola Padre José de Anchieta e Professores da Região Norte do Estado de Mato Grosso – A representação esquemática de um modelo e seus significados 72
QUADRO 7: O Dualismo em Schemberg 79
QUADRO 8: Seqüência de respostas dos estudantes do Colégio São Carlos do Município de São Carlos, estado de São Paulo - O Dualismo em Schemberg 80
QUADRO 9: Seqüência de respostas dos estudantes da Escola Padre José de Anchieta do município de Araputanga, estado de Mato Grosso – O Dualismo de Schemberg 82
QUADRO 10: Seqüência de respostas dos professores de ciências da Região Norte do estado de Mato Grosso – O DUALISMO DE SCHEMBERG 84
QUADRO 11: Seqüência de respostas dos estudantes do 1° ano do ensino médio do Colégio São Carlos – As tirinhas coloridas 86
QUADRO 12: Seqüência de respostas dos estudantes do 3° ano do ensino médio da Escola Padre José de Anchieta da cidade de Araputanga, MT – As tirinhas coloridas 87
QUADRO 13: Questões relacionadas ao fenômeno das cores em um prisma 89
QUADRO 14: Respostas dos estudantes da Escola Padre José de Anchieta – Araputanga – MT à questão: O que a figura 2 informa para você? Como você explicaria este fenômeno, com base na afirmação do físico? 89
QUADRO 15: Questão para identificar a observação do fenômeno da difração em discos compactos 90
QUADRO 16: Respostas dos estudantes da Escola Padre José de Anchieta – Araputanga – MT à questão: Que idéia você tem para explica as diferentes cores de luz? Teriam relação, as cores com diferentes tipos de átomos, com afirma o estudante 5? Com relação ao estudante 5 eu explicaria assim 91
QUADRO 17: Respostas dos estudantes da Escola Padre José de Anchieta – Araputanga – MT à questão: Com relação ao meu conhecimento eu explicaria assim 91
QUADRO 18: Respostas dos estudantes da Escola Padre José de Anchieta – Araputanga – MT à questão: Com relação ao físico eu explicaria assim 91
QUADRO 19: Respostas dos estudantes do Colégio São Carlos às questões relacionadas com as possíveis causas das cores no prisma, nas tirinhas e nos discos compactos 92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fraunhofer..... **19**

Figura 2: Fraunhofer com seu espectroscópio. (Os cientistas – cap. 26, Bunsen, p. 433, 1972, Abril Cultural/FUNBEC)..... **20**

Figura 3: Desenho do Espectro solar colorido pessoalmente por Fraunhofer acompanhado da curva que representa as medidas das intensidades relativas para as diferentes cores, podendo-se observas as linhas escuras denominadas por Linhas Escuras de Fraunhofer. (fontes: Bunsen - Os cientistas, 1972, cap. 26, – Abril-Funbec e R. Hist. Sci., 1993, XLVI/2-3 – montagem própria)..... **21**

Figura 4: Wollaston, Kirchhoff e Bunsen..... **21**

Figura 5: Chamas coloridas por vaporização de sais. (fonte: Bunsen - Os cientistas)..... **24**

Figura 6: Max Planck..... **30**

Figura 7: Os sulcos na superfície de um vídeo disco podem produzir efeitos de difração. Como o ângulo sob o qual a banda de difração ocorre depende do comprimento de onda luminosa em questão, a luz pode ser decomposta pela superfície do disco em suas cores constituintes, dando origem a faixas coloridas..... **57**

Figura 8: Vista do interior, à esquerda, e vista com destaque para a fenda, orifício ocular e botão para controle angular, à direita, do espectrômetro..... **58**

Figura 9: Lâmpada de Neônio para observação comparada entre espectros discretos e contínuos..... **59**

Figura 10: Sais utilizados para observações de espectros de vaporização..... **59**

Figura 11: Espectroscópios e disco compacto sem recobrimento metálico. Vista da fenda à esquerda, abertura ocular à direita e rede de difração..... **60**

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Respostas de estudantes e professores com relação à idéia de a estrutura do átomo ser similar com a estrutura do sistema solar..... 75

GUILARDI, F. Jr – O Ensino de Tópicos de Física Moderna no Conteúdo de Química, 2002, 124 f, Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências) – Faculdade de Ciências, Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Bauru, 2002.

RESUMO

Procura-se neste trabalho investigar modelos escolares de luz, cores, interação entre luz e matéria condensada e modelos atômicos de professores e estudantes do ensino médio e fundamental. Investiga-se, também, o uso de espectroscópios e espectrômetro como instrumentos mediadores na construção de modelos de luz, em sua utilidade de subsidiar uma introdução à química com base no atomismo espectral. O conhecimento do desenvolvimento da análise espectral, na história e filosofia da ciência, bem como pesquisas prévias envolvendo concepções de estudantes em física moderna subsidiam a construção do referencial teórico-metodológico e os instrumentos de tomadas de dados - atividades de lápis e papel e empíricas, entrevistas individuais e debates com grupos de estudantes e professores que fazem parte do universo de nosso objeto de pesquisa.

Palavras-chave – Ensino de ciências, Física moderna-química, Espectroscopia.



GUILARDI, F. Jr – The Teaching of Modern Physics Topics in Content Chemistry, 2002, 124 p, Dissertation (Master in Science Education, Science Education) – Faculdade de Ciências, Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Bauru, 2002.

ABSTRACT

This research investigate school models of light, colors, interaction between light and condensed substance and atomic models of professors and students of average in basic education. It is investigated, also, the use of spectroscopes and spectrometer as mediating instruments in the construction of light models, in its utility to subsidize an introduction to chemistry on the basis of the spectral atomism. The knowledge of the development of the spectral analysis, in the history and philosophy of science, as well as previous research involving conceptions of students in modern physics subsidizes the construction of the theoretical and methodological referential and the instruments of taking of data - individual activities of pencil and paper and empiricists, interviews and debates with groups of students and professors who are part of the universe of our object of research.

Key-words – Science education, Modern Physics-Chemistry, Spectroscopy

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14
1.1. Estrutura do trabalho 15
2. O PROBLEMA DOS MODELOS DE LUZ E MATÉRIA NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA 17
2.1. As linhas escuras de Fraunhofer e o Problema de Kirchhoff 18
2.2. Modelos de luz e cores – A natureza das cores e o elétron 27
3. REFERENCIAL TEÓRICO 35
3.1. A noção de perfil epistemológico de Bachelard 48
4. METODOLOGIA, INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS E OS DADOS DA PESQUISA 54
4.1. Caracterização das amostras e metodologia de coleta dos dados 54
4.2. Descrição do espectroscópio e do espectrômetro 57
4.3. Os dados da pesquisa 60
4.3.1. Concepções de átomos e elétron 60
4.3.1.1. Diálogo 1 60
4.3.1.2. O modelo planetário 62
4.3.2. A representação esquemática de um modelo e seus significados 72
4.3.2.1. A representação dos estudantes da Escola Padre José de Anchieta do município de Araputanga. Mato Grosso 72
4.3.2.2. A representação dos professores da Região Norte do Estado de Mato Grosso 73
4.3.3. Comentando os testes – átomos e elétrons 75
4.3.4. É só ligar! 77
4.3.5. O dualismo em Schemberg 78
4.3.6. Um estudo de caso: modelos de cores - as tirinhas coloridas 86
4.3.7. O fenômeno da dispersão da luz por meio de um prisma 88
4.3.7.1. Estudantes do 3º ano da Escola Padre José de Anchieta – Araputanga, MT 88
4.3.8. O efeito das cores nos discos compactos 89
4.3.9. A idéia das diferentes cores e suas causas: o prisma, as tirinhas, o cd e as cores ... 91
4.3.9.1. O prisma, as tirinhas, o cd e as cores e os estudantes de Araputanga 91
4.3.9.2. O prisma, as tirinhas, o cd e as cores e os estudantes do 1º ano do Colégio Cidade de São Carlos 91
4.10. Debates e entrevistas 93
4.10.1. Entrevista com os estudantes Jr e Br (12-13) e relato com estudantes de 8ª série (13-14) da Escola Estadual "Dr Joaquim da Costa Marques" - de Araputanga, MT 93
4.11. Diálogos 2 95
4.11.1. Estudantes do 1º ano do ensino médio da escola Padre José de Anchieta – Araputanga, MT 95
4.11.2. O terceiro ano do ensino médio de Araputanga 98
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS 103
5.1. Monólogos e debates: o sujeito diante dos discos compactos – um brinquedo interessante para ser explorado 111
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 120
REFERÊNCIAS 123
APÊNDICE 128

"Provavelmente tenha sido desafortunado o fato de que a física e a química estivessem sempre separadas. Agora, com a teoria quântica e a mecânica ondulatória e suas explicações sobre as interações atômicas, não existe em realidade, nada que as separe".

John C Slater (1939)

1. INTRODUÇÃO

O título dado a este trabalho: **O Ensino de Tópicos de Física Moderna no Conteúdo de Química** tem como ponto de partida, uma reflexão a respeito do como tais tópicos nos foram apresentados enquanto estudantes iniciando o processo de conhecimento relacionado ao conteúdo químico.

A memória dos dados registrados mnemonicamente à época dos concursos vestibulares, com base nos quais, poderíamos resolver questões, que diziam e dizem respeito à localização de um elemento (enquanto símbolo), tomando-se por base um determinado número - o número atômico -, ou de um conjunto de números e letras quânticos: a família e o período no sistema de classificação periódico dos elementos nos impõe dificuldade em negar o 'logicismo' em seu contexto de aplicação, salvo exceções, na correspondência entre número atômico, distribuição eletrônica e localização no sistema. Mesmo na ausência de princípios de construção a certeza das correspondências chega a ser tão fantástica que pode motivar a opção pela carreira de química, provavelmente para que, nos níveis de ensino mais avançados, haja possibilidade de entendimento de porquês que ficaram na poeira da dúvida, ou implicar no não ver a hora de passar no vestibular para deixar a química para trás.

Entendendo que a natureza da luz se constitui, na história da ciência, referencial para a estruturação de modelos de matéria, investigou-se a teoria das cores, concepções atomistas e interação entre luz e matéria condensada entre estudantes - do ensino médio e fundamental das redes pública e privada - e professores de ciências da Região Norte do estado de Mato Grosso, tomando-se por base, um conjunto de testes contendo questões abertas e fechadas.

Em um segundo momento, investigou-se a relação dos sujeitos e instrumentos ópticos – espectroscópio de uso pessoal e espectrômetro – enquanto mediadores do conhecimento, em suas utilidades na geração de diálogo entre modelos de luz e modelos de matéria subsidiando o processo de aprendizagem e desenvolvimento de tópicos de introdução à química.

A história dos modelos de luz e matéria em seus obstáculos epistemológicos e os obstáculos pedagógicos ao aprendizado destes constitui o referencial teórico que norteou a construção dos instrumentos de coleta de dados e subsidiaram as análises e possíveis conclusões e considerações a serem apresentados nesta pesquisa.

Procurou-se, na caminhada, responder questões como: Que concepções têm professores e estudantes a respeito da natureza e interação da luz com a matéria condensada?



O que pensam os professores e estudantes a respeito da representação esquemática de um modelo atômico? Que concepções têm professores e estudantes a respeito das cores dos objetos? E dos fenômenos de dispersão da radiação por meio de um prisma ou de uma rede de difração? Qual o comportamento dos sujeitos diante da realidade de um espectro continuo ou de linhas?

1.1. Estrutura do trabalho

No **Capítulo 2** se apresenta os modelos de luz e matéria na história da ciência, com ênfase as linhas escuras de Fraunhofer, o Problema de Kirchhoff e a natureza das cores relacionada com os elétrons.

O **Capítulo 3** trás o referencial teórico utilizado na construção das atividades de lápis e papel e práticas. É apresentada a noção e construção do perfil epistemológico para o conceito de luz e matéria, em relação ao desenvolvimento da análise espectral e os obstáculos epistemológicos, relacionados com o tratamento semi-empírico e racional dos espectros de linha, na inter-relação das idéias de Piaget e Garcia (1987) e Bachelard (1972, 1977, 1988, 1996).

No **Capítulo 4** os aspectos metodológicos, os instrumentos de coleta de dados e os dados da pesquisa são apresentados.

Os dados são discutidos, no **Capítulo 5,** à luz do referencial teórico e, considerações e possíveis conclusões desta atividade de pesquisa encontram-se no **Capítulo 6.**

"Os cientistas não dependem das idéias de nenhum homem em particular, mas da sabedoria acumulada de milhares de homens".

Sir Ernest Rutherford

unesp

2. O PROBLEMA DOS MODELOS DE LUZ E MATÉRIA NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

A idéia de Bachelard (1972), de que, 'às vezes uma súbita luz exalta o valor do passado' e Canguilhem (1972) em O Objeto da História da Ciência quando diz que:

> **"É assim que, de uma forma acelerada, a história recente reproduz o mesmo acesso à racionalidade que o processo de progresso que se desenvolve moderadamente na história mais antiga e que se nós tomamos descobertas modernas, nós vemos que, no espaço de alguns lustros, elas passam do estágio empírico à organização racional" (CANGUILHEM, 1972),**

propiciam a compreensão do conhecimento científico como construído do embate de idéias e da intervenção da racionalidade humana na sistematização das condições e construções instrumentais que proporcionaram o progresso e as mudanças epistemológicas do perfil das noções relacionadas aos modelos de luz e matéria.

Considerar que: 'o espetáculo das atividades humanas, objeto particular da história, seduz a imaginação dos homens, principalmente quando o seu desenrolar se enfeita com as sutis seduções do que é estranho' (Canguilhem, 1972), assim como compreender a necessidade de referenciar, o olhar a ser derramado sobre a história da ciência, sua aplicabilidade no ensino de ciências, no movimento de precipitação das idéias atomistas, advindas da análise espectral, pode-se entender, mais apropriadamente, o tempo do advento da `verdade científica` como uma história dos resultados do saber, no nível das questões, dos métodos, dos conceitos, não somente como um registro cronológico das invenções e dos instrumentos.

No sentido bachelardiano, o historiador instruído da modernidade da ciência deve destacar nuanças, buscar a proporcionalidade entre a consciência de modernidade e a consciência da historicidade, com base nas verdades que a ciência atual tornou mais claras e mais bem coordenadas.

Para Canguilhem (1972, p. 51/53):

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

> **"O modelo deste gênero de exercícios parece reside na passagem em que o exemplo do atomismo é chamado a testemunhar o fato de que o benefício do conhecimento vem unicamente na retificação de um conceito, ao suprimir de uma intuição ou de uma imagem inicial. O átomo é exatamente a soma das críticas às quais se submete sua imagem primeira. O esquema proposto por Bohr,...agiu como uma boa imagem: não sobra nada dele, denunciando `o caráter ilusório das intuições primeiras`, em um movimento onde o real não é nunca o que se poderia crer mas sempre o que se deveria ter pensado, tornando verdadeiro o limite das ilusões perdidas".**

Neste sentido, as Linhas Escuras de Fraunhofer (1815) constitui descoberta importante relacionada com a natureza da luz, com o elétron enquanto responsável pela emissão de luz e, conseqüentemente, causa das cores das linhas espectrais, e ainda, enquanto objeto de estudo da física moderna e em sua relação com o conteúdo químico.

2.1. As linhas escuras de Fraunhofer e o problema de Kirchhoff

Com o objetivo de determinar precisamente as constantes ópticas de vidros, Joseph von Fraunhofer[1] (1787 – 1826), em 1814, utiliza as duas linhas brilhantes amarelas do

---

[1] **FRAUNHOFER (1787 – 1826)** Nasceu em Estrasburgo, na Alemanha em 6 de março de 1787. Fraunhofer pode ser considerado como um representante da mais completa aliança entre o teórico e o experimental. Seus familiares e conhecidos estavam intimamente ligados com a tradição de confecção e comércio de vidros e óptica. Adquire o domínio do polimento e desenho de lentes como aprendiz de vidreiro e em seus estudos independentes em livros de óptica. Fraunhofer não se contentou simplesmente em produzir lentes, as quais superavam as melhores do mercado, mas também em desenhar e produzir lentes opticamente ideais. Em sua busca, volta-se ao estudo teórico em luz e óptica, um estudo que, combinado com sua experiência e conhecimento prático, tornaram-no o melhor teórico em óptica da Europa, que como resultado, levou-no a fazer numerosas contribuições para a ciência.Fraunhofer foi o décimo primeiro e último filho do vidreiro Frans Xaver Fraunhofer e Maria Anna Frölich. Uma família grande e pobre. Depois de limitada educação primária, ele começa a fazer parte da oficina de seu pai. Em novembro de 1798, em seguida à perda de seus pais, com o mestre Philipp A. Weichselberger, seu tutor de aprendizado, um confeccionador de espelhos e cortador de vidros, Fraunhofer vê seu aprendizado degradar, sendo desencorajado para com seus estudos, mantendo-se entretanto, como um técnico espetacular. A sorte do menino doentio teve uma volta irônica para melhor, quando no dia 21 de julho de 1801, a oficina de trabalho desmoronou, prendendo-o debaixo dos destroços durante algum tempo. Maximilian Joseph ouve falar do acidente e concede a ele uma quantia de 80 ducados. Com o dinheiro Fraunhofer adquire uma máquina para trabalhar vidro, livros sobre óptica e durante os seis meses posteriores, realiza em liberdade os seus seis anos como aprendiz. Depois de uma aventura de negócio curta, como produtor de cartões para visitantes, Fraunhofer em novembro de 1804 volta a trabalhar como um artífice para Weichselberger até maio de 1806 quando entrou na mostra de óptica, na filosófica e científica Munique, na companhia de instrumentos fundada em 1802 por Joseph von Utzschneider, George von Reichenbach, e Joseph Liebherr. Influenciado por Ulrich Schiegg, um especialista em astronomia e por Josef Niggl, começa a trabalhar como "journeyman", tornando-se um especialista em óptica, adquirindo interesse em ciências matemática e óptica. Logo ficou evidente que o jovem Fraunhofer era um gênio experimental. Aos 20 anos era o encarregado da parte de óptica; aos 22, diretor da companhia; e, aos 24, responsável por toda a fabricação de vidro. Em 1814, defrontou-se com o problema de definir mais exatamente as cores da luz utilizada na medida das propriedades dos diversos vidros. Ele foi então conduzido a fazer um exame mais detalhado do espectro da luz solar. O espectroscópio, como foi utilizado por Newton, consistia apenas em uma fenda, um prisma e uma lente, colocada entre a fenda e o prisma para focalizar a imagem da fenda numa tela. Fraunhofer teve a brilhante idéia de observar a fenda com telescópio de teodolito colocado atrás do prisma. Este instrumento lhe permitiu fazer medidas exatas de ângulos. Quando observou o espectro da luz solar, descobriu que continha um número quase incontável de linhas verticais fortes e fracas. Ele provou que estas linhas escuras provinham realmente da luz solar e mediu cerca de 700 delas. Estas linhas forneceram os primeiros padrões precisos para a medida da dispersão de vidros ópticos. Pode-se dizer que este trabalho de

unesp

espectro de chama do sódio como uma fonte de luz monocromática. Fraunhofer e, independentemente, John Hercher e William Fox Talbot (1800 – 1877) realizaram análises de diversas fontes de luz e descobriram que o espectro de gases incandescentes estava constituído por várias linhas brilhantes. Fraunhofer percebeu que algumas delas tinham os mesmos comprimentos de onda de algumas linhas negras do espectro solar. O sódio foi o primeiro elemento cujo correspondente espectral nas linhas escuras foi observado por ele.



Figura 1: Retrato de Fraunhofer.

Em 1815, Fraunhofer utilizou-se de um espectroscópio simples para realizar a dispersão da luz solar e posterior análise do seu espectro. O espectroscópio (figura 2) era constituído por um diafragma com uma fenda estreita por onde a luz da fonte penetrava; em seguida, um prisma provocava a dispersão dos diversos comprimentos de onda, e uma lente convergente focalizava numa tela as diversas imagens da fenda, uma para cada comprimento de onda emitido pela fonte.

Fraunhofer marcou o início da espectroscopia como ciência exata. Fraunhofer descobriu também o retículo de transmissão e, em 1823, construiu a primeira grade de vidro, traçando linhas com uma ponte de diamante. Assim ele foi capaz de medir com exatidão o comprimento de onda das linhas, quando anteriormente haviam sido medidos apenas ângulos. Naturalmente Fraunhofer não compreendia a origem dos raios escuros do espectro solar e esta explicação foi dada apenas cerca de 35 anos após. Neste ínterim, muitos pesquisadores estudaram espectros de chamas e notaram linhas brilhantes características, produzidas pela adição de diversos sais. Em 1848, Foucalt observou que uma chama de sódio que emitia uma raia D, também absorveria esta mesma raia da luz de um arco de sódio colocado em frente à chama. Em 1868, foi publicado um trabalho sobre o espectro solar por A.J. Angström de Upsala. Ele determinou comprimentos de onda de cerca de 100 linhas de Fraunhofer com seis algarismos significativos em unidades de 10^{-10} metros. Esta unidade foi subseqüentemente denominada Angström em sua homenagem. Fraunhofer faleceu em Munique, Alemanha em 7 de junho de 1826, aos 39 anos de idade.





Figura 2: Fraunhofer com seu espectroscópio.
fonte(Os cientistas – cap. 26, Bunsen, p. 433, 1972, Abril Cultural/FUNBEC)

Com base nos valores das constantes ópticas, Fraunhofer inicia o desenho e combinação de lentes nas quais a aberração esférica e coma poderiam ser eliminadas. Enquanto realiza seus testes, observa o efeito do meio refratante sobre a luz, comparando o efeito da luz de chamas na luz solar, encontrando que o espectro solar era entrecortado por muitas linhas finas escuras. O conjunto das linhas formadas na tela constituía o espectro da luz emitida pela fonte. Ao analisar o espectro solar, Fraunhofer observou, como já havia feito William H. Wollaston[2] (1766 – 1828) em 1802, que o mesmo era "entrecortado" por um conjunto de milhares de linhas escuras muito finas, atribuídas à ausência de comprimentos de

[2] **WOLLASTON, WILLIAM HYDE (1766 – 1828)** Cientista britânico, nascido a 6 de agosto de 1766 em East Dereham, na Inglaterra, cujas técnicas de pó-metalurgia serviram como um modelo para o processo industrial moderno de platina, tungstênio, molibidênio e outros metais de transição. Seus estudos com platina resultaram na descoberta de dois elementos relacionados, paládio em 1803 e o ródio 1804. Entretanto, formalmente educado como um médico, sua grande curiosidade o conduziu ao estudo de química, física, astronomia, e botânica. Seu trabalho com platina completou em 1804, tendo grandes quantidades de platina (platina crua), por falta de um método eficiente de obter o puro metal na forma maleável, valioso em pesquisa química e manufatura. O sucesso de seu método que manteve segredo até logo antes a morte dele, lhe rendeu independência financeira pelo resto da vida. A quantidade e variedade da pesquisa de Wollaston o fizeram um dos cientistas mais influentes do seu tempo. Dos 56 artigos em química, mineralogia, cristalografia, física, astronomia, botânica, fisiologia e patologia, representaram avanços científicos notáveis. Em 1807, William Hyde Wollaston, para facilitar o esboço preciso de objetos, inventa um instrumento óptico que consistia de quatro - prismas agrupados, montados em uma base pequena sobre uma folha de papel, denominada por Câmara de luz. Colocando o olho perto da extremidade superior do prisma de forma que o observador pode ver uma imagem refletida de um objeto situado na frente do prisma, aparentemente no papel. Ele pode localizar a imagem então com um lápis. Em sua forma original, o "camera lucida" era extremamente difícil focalizar corretamente, e uma lente foi somada entre o prisma e o papel. Uma forma posterior, desenvolvida aproximadamente em 1880 para uso como um microscópio, substituiu dois espelhos diagonais pelo o prisma; um espelho transparente foi posicionado sobre a ocular do microscópio, e o segundo a uma distância curta sobre o papel. Veio a falecer em 22 de dezembro de 1828 em Londres.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

onda, ou que os comprimentos de onda correspondentes tinham uma baixa intensidade. Designou as linhas mais distintas, aparentes, por letras (A, B, C, D,..., I), e mapeou muitas das 574 linhas observadas entre B, no final do vermelho e H, no final do violeta no espectro.(Figura 3)

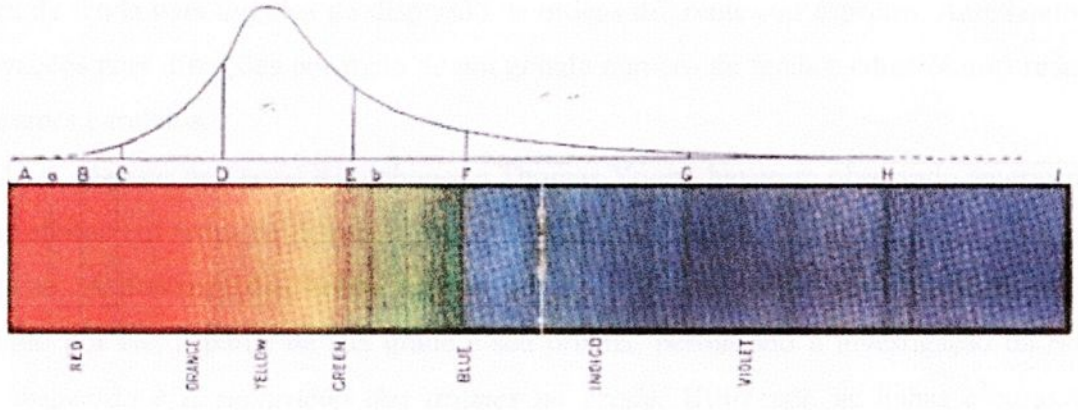


Figura 3: Desenho do Espectro solar colorido pessoalmente por Fraunhofer acompanhado da curva que representa as medidas das intensidades relativas para as diferentes cores, podendo-se observar as linhas escuras denominadas por Linhas Escuras de Fraunhofer. (fontes: Os cientistas, 1972, cap. 26, Bunsen – Abril-Funbec e R. Hist. Sci., 1993, XLVI/2-3 – montagem própria)

Depois, nota que essas linhas apresentam correspondentes para os "doublets" brilhantes em muitos espectros de chama. Este é um período marcado pelo início da astrofísica. Observações das diferenças entre linhas espectrais de corpos celestiais brilhantes permitiram que se determinasse, em comparação, se o corpo refletia a luz solar ou consistia de um emissor. Tomemos como exemplo os planetas do sistema solar e a estrela Sirius. A análise espectral da luz proveniente dos planetas é de um espectro semelhante ao do Sol, enquanto que o espectro da estrela Sirius é distinto. Esse método em comparação permite estabelecer se um corpo reflete a luz do Sol ou emite luz própria.



Figura 4: Retratos de Wollaston, Kirchhoff e Bunsen.

Após os estudos de Fresnel do fenômeno da interferência, Fraunhofer publica dois artigos (1821, 1823), nos quais observa e analisa certos fenômenos de difração e interpreta-os em termos da teoria ondulatória da luz. No artigo de 1821, discute sua análise do espectro resultante da luz difratada por meio de uma fenda simples e discute quantitativamente a largura da fenda para ângulos de dispersão de ordens diferentes do espectro. Ampliando suas observações para difrações por meio de um grande número de fendas, constrói uma rede com 260 arames paralelos.

Apesar de David Rittenhouse e Thomas Young haverem observado anteriormente alguns efeitos em redes de difração, Fraunhofer foi o primeiro a estudar quantitativamente o fenômeno. A presença das linhas escuras no espectro solar podia ser observada de modo ampliado por ele, a partir de sua grade e seu prisma, permitindo a investigação da *relação entre dispersão e a separação dos arames na grade*. Utilizando as linhas escuras como marcas de referência no espectro para a determinação de suas dispersões, concluiu que a dispersão era inversamente relacionada com a distância sucessiva das fendas na grade. A partir do mesmo estudo, Fraunhofer foi capaz de determinar os comprimentos de onda específicos para as cores de luz. Posteriormente, ele construiu uma rede por meio de linhas sobre vidro, recobertas com folhas de ouro, elaborando, assim, uma rede de reflexão, que o orientou, posteriormente, a considerar os efeitos de luz oblíqua incidente na rede.

No artigo apresentado em 1823, Fraunhofer apresenta sua investigação continuada de redes de difração. Usando uma ponta de diamante, construiu uma rede com 3.200 linhas por polegadas. Continuou seu estudo do efeito dos raios oblíquos, desenvolvendo uma formulação baseada na concepção ondulatória, calculou um conjunto de comprimentos de ondas para as principais linhas espectrais. Suas observações espectroscópicas das linhas escuras do espectro solar permitiram a ele fazer medidas extremamente precisas de dispersão, a partir do uso da teoria ondulatória da luz e derivar, com simplificações apropriadas, uma formulação geral da equação geral das redes, ainda hoje utilizada. Em outros artigos, enfoca principalmente o desenho e construção de novos instrumentos; especificamente em um deles analisa o fenômeno da luz atmosférica.

A análise teórica das linhas escuras do espectro da luz solar e das linhas brilhantes provenientes de outras fontes foi dada por Gustav Kirchhoff[3] (1824 – 1887) em 1859, em

---

[3] **KIRCHHOFF (1824 – 1887)** Nasceu na cidade de Konigsberg a 12 de março de 1824 na Prússia (atualmente Kaliningrado, Rússia) Gustav Robert Kirchhoff, falecendo em 17 de outubro de 1887. Em 1845 Kirchhoff anunciou as leis de Kirchhoff, as quais permitem o cálculo de correntes, voltagens e resistências de circuitos elétricos de condutores lineares. A derivação destas leis foi elaborada por simples aplicação das leis de Ohm. A teoria da corrente elétrica da Lei de Ohm

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

colaboração com Robert Bunsen[4] (1811 – 1887), na Lei Fundamental da Radiação Eletromagnética: **"para todos os corpos materiais, a razão entre o poder de absorção e emissão para uma mesma radiação é uma função universal do comprimento de onda (cor) e temperatura."**

Kirchhoff fez esta descoberta no curso de investigações do espectro óptico de elementos químicos, a qual, em colaboração com Bunsen, ele conduziu para os fundamentos da análise espectral em 1860 dando origem ao chamado Problema de Kirchhoff ou da Radiação do Corpo Negro, isto é, o de se encontrar uma função universal para a energia de radiação, como função do comprimento de onda e da temperatura.

(1828) foi baseada na analogia hipotética entre o fluxo e a distribuição de corrente num condutor no qual uma tensão é aplicada e o fluxo do calor num corpo entre uma fronteira onde se estabelece uma diferença de temperatura. Aparentemente nem Ohm nem outros puderam compreender a falha da analogia que levou a resultados errados. Em 1849, Kirchhoff, confrontando-se com este problema, apresentou uma formulação consistente das leis de Ohm, útil para correntes estacionárias, identificando a tensão com o potencial eletrostático. Ampliando a teoria do físico alemão Jorge Simons Ohm, generalizou as equações que descrevem o fluxo da corrente para o caso da corrente elétrica em três dimensões. Em estudos anteriores, demonstrara que a corrente flui através de um condutor com a velocidade da luz. Em 1847, Kirchhoff se tornou conferencista na Universidade de Berlim e três anos mais tarde aceitou o cargo de docente extraordinário (livre docente), na Universidade de Breslau. Em 1854 foi escolhido como docente de física da Universidade de Heildelberg.

[4] **BUNSEN (1811 – 1899)** Nasceu a 31 de março de 1811, em Göttingen, onde o pai era professor de Filologia Moderna e bibliotecário da universidade. Aos dezenove anos em 1830, obteve grau de doutor em filosofia, apresentando uma tese, escrita em latim, sobre os diversos tipos de higrômetros. No período de 1831 a 1834 visitou Paris, Berlim e Viena, entrando em contato com os principais químicos da época. De 1836 a 1841 exerceu a função de professor em Kassel e em Marburg; e finalmente, em 1852, foi convidado para lecionar na Universidade de Heildelberg, onde permaneceu até sua aposentadoria, em 1889. Voltado para o trabalho experimental, Bunsen gostava de projetar e construir aparelhos necessários a suas pesquisas. Tinha um espírito eminentemente prático e costumava dizer que um fato químico, adequadamente, estabelecido valia mais que todas as teorias possíveis de serem inventadas. Aplicando o método desenvolvido em colaboração com Kirchhoff, Bunsen pôde publicar, em 1875, os resultados de uma longa pesquisa sobre os espectros de terras raras, desenvolvendo para tal, uma de suas antigas invenções: a pilha de carvão e zinco, de forma a obter um arco voltaico de centelha mais poderosa, capaz de vaporizar os elementos e fazê-los emitir luz. Por ocasião de seus estudos sobre análise espectral, inventou um bico queimador de gás que leva seu nome, em colaboração com seu discípulo Henry Enfield Roscoe. Durante sete aos, Bunsen não só elaborou e aperfeiçoou os métodos gasométricos, como também os aplicou com êxito no estudo das reações químicas, que ocorrem na fabricação do ferro e suas ligas. A importância dessas investigações levou Lyon Playfair, professor honorário de Química na Royal Institution de Manchester, a convidar Bunsen para uma visita à Inglaterra. Desse modo foi iniciada uma pesquisa, considerada modelo, sobre a aplicação dos processos científicos de investigação na elucidação de problemas industriais. Os trabalhos não só revelaram a natureza das reações químicas que se passam no forno, como também indicaram os sistemas mais econômicos de produção. Bunsen verificou que enquanto nos altos fornos alemães cerca da metade do combustível se perdia sob forma de gases, nos fornos ingleses a perda era inferior a 80 por cento. Revelou também outro fato importante: o calor perdido poderia ser utilizado para vários fins industriais. Durante sua estada na Inglaterra, Bunsen também identificou inúmeros subprodutos da indústria siderúrgica, cuja existência era até então ignorada. A quantidade do material que se perdia foi determinada por análises precisas e, para seu aproveitamento, foram sugeridos métodos que não aumentavam o custo de fabricação, nem afetavam o processo de fundição. No único livro que publicou, em 1857, Bunsen reuniu o conjunto de suas pesquisas sobre os gases, descrevendo pormenorizadamente os vários processos de coleta, preservação e medição dessas substâncias. O livro contém o relato de uma série de investigações sobre o fenômeno da absorção dos gases em água e em álcool, e a maneira de medí-la. Bunsen sempre demonstrou grande interesse pela geologia. Realizou inúmeras pesquisas sobre o assunto, dedicando-se ao estudo dos fenômenos vulcânicos. Em 1846, chegou a passar três meses da Islândia, investigando as encostas do vulcão Hecla e recolhendo os gases inclusos nas rochas. Dmitri Mendeleleev e Lothar Meyer podem ser citados como alunos de Bunsen. Durante os anos que se seguiram à análise espectroscópica, diversos outros elementos foram identificados por este método: Tálio por Crookes em 1861, Índio por Reich e Richter em 1863, Gálio por Lecoc de Boisbaudram em 1875, Escândio por Nilson em 1879 e Germânio por Winkler em 1886. Bunsen foi homenageado por diversas sociedades científicas da Europa. Em 1842 ele foi eleito membro estrangeiro pela "Chemical Society of London". Ele foi membro correspondente da Académie des Sciences em 1853 e, colega estrangeiro em 1882. Foi nomeado um colega estrangeiro da Royal Society of London em 1858 e recebeu a Medalha da Academia em 1860. Bunsen e Kirchoff, foram os primeiros condecorados com a Medalha Davy em 1877. As contribuições científicas para com a indústria foram reconhecidas pela English Society of Arts, da qual recebeu a Medalha Albert em 1898. Bunsen não constituiu família. Sua casa foi praticamente um laboratório que só abandonava para realizar longas viagens pela Europa.



Em 1851, Bunsen chega a Breslau, onde conhece Kirchhoff, e no ano seguinte dirige-se para Heildelberg. Em 1854 Kirchhoff foi chamado a Heildelberg, encontrando um ambiente propício para seus talentos como professor e investigador, onde juntou forças com Bunsen e fundaram a análise espectroscópica. Eles demonstraram que cada elemento fornece uma coloração de chama característica quando aquecido até à incandescência. Esta luz, quando separada por um prisma, possuía um padrão de comprimentos de ondas específicas, individuais, para cada elemento. (figura 5)

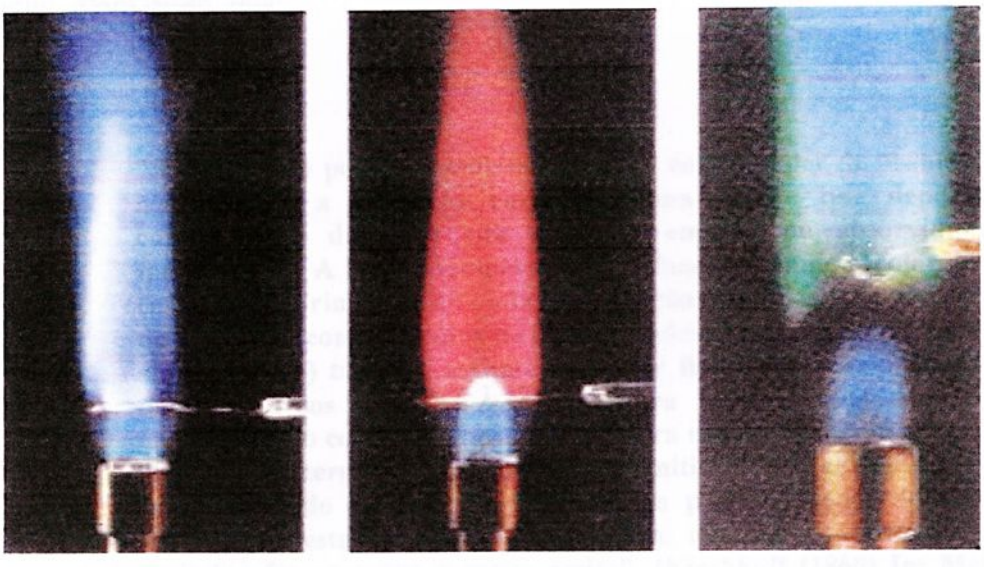


Figura 5: Chamas coloridas por vaporização de sais. (fonte: Os cientistas – Bunsen)

Em torno do final do ano de 1859, Gustav Robert Kirchhoff, professor de Física na Universidade de Heidelberg, submete dois artigos à Academia Prussiana acerca de questões de radiação. Um deles tratava da explicação das linhas de Fraunhofer, as linhas escuras observadas no espectro solar, contribuição que o levou, junto com seu colega Robert Bunsen, a estabelecer o método de análise química espectral em 1860. Kirchhoff e Bunsen criam, então, a teoria da análise espectroscópica, técnica para análise química através da análise da luz emitida por corpos aquecidos, a qual Kirchhoff aplicou para determinar a composição do sol.

Kirchhoff, em poucos meses, elaborou uma teoria quantitativa da relação entre poder de emissividade e absorvidade, atacando o problema diretamente por meio de um argumento simples. Considerou o balanço de troca radiativa entre corpos com a seleção própria de propriedades de absorção e emissão. Em 1862, introduz a concepção de "corpo negro".

unesp

No artigo de 1860 publicado no *Annalen der Physik*[5], Kirchoff discute a relação entre absorvidade e emissividade pormenorizadamente, introduzindo o conceito de um corpo completamente negro, definindo um corpo negro como aquele que absorve toda radiação incidente sobre ele, não conduzindo entretanto, a qualquer aplicação prática de imediato. Aqui as propriedades específicas dos corpos emitindo e absorvendo luz e radiações caloríficas invisíveis foram explicadas, apontando o fato de que a razão entre a emissividade (e) e absorvidade (a) deve ser a mesma para todos os corpos - sob a condição de que se um dado comprimento de onda de radiação é observado o corpo possui a mesma temperatura. Kirchhoff conclui, além disso, que:

> **"A relação do poder de emissão (e) para com o poder de absorção (a): e/a, comum a todos os corpos, é uma função que depende do comprimento de onda (da radiação emitida ou absorvida) e a temperatura. A baixas temperaturas, a função assume o valor zero no caso de comprimentos de onda de radiação visível, e valores diferentes de zero para comprimentos de onda grandes; a temperaturas mais altas a função (e/a) também assume um valor finito para comprimentos de onda de raios visíveis. À temperatura para o qual esta função (considerando comprimentos de onda para um determinado raio visível) deixa de ser zero para todos os corpos emitirem luz que tem a cor deste raio, excluindo corpos que possuem um pequeno poder de absorção para raios desta cor a esta temperatura; maior o poder de absorção, mais luz faz com que o corpo emita". (Kirchhoff (1860) In: Mehra e Rechenberg, vol. 1, part 1, p. 25)**

Kirchhoff, entretanto, não foi o primeiro a discutir a relação entre absorção e emissão dos corpos aquecidos. Após o trabalho experimental em 1804 de John Leslie (1766 – 1832), estabelecendo a proporcionalidade entre a emissão total e absorção de dois corpos, o físico e meteorologista escocês Balfour Stewart (1828 – 1887) preocupa-se com o problema. Em março de 1858, Stewart apresenta um artigo intitulado *"An Account of Some Experiments on Radiant Heat"*, lido na Royal Society de Edimburgo, no qual apresenta seus resultados empíricos, afirmando que a absorção de uma placa aquecida é igual à emissão para todos os tipos de radiação. Neste artigo, dá também uma prova teórica para esta descoberta; ele argumenta, por meio da suposição de que partículas no interior dos corpos emitem igual quantidade de radiação (independentemente da radiação, quando a uma temperatura uniforme) que a emissão e absorção deveriam ser iguais para qualquer parte do corpo. Sua prova,

---

[5] *"Uber den Zusammenhang zwischen Emission von Licht und Wärme," Monatsberichte der Wissenschaften zu Berlin*, 1859, pp. 783-787, datado de 11 de Dezembro de 1859.
"Über das Verhältnis zwischen dem Emissinsvermögen und dem Absortionsvermögem der Körper für Wärme und Licht," Ann. d. Phys., 109 (1860), 275-301, datado de Janeiro de 1860.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

entretanto, não permitiu a ele comparar diferentes materiais e postular, como fez Kirchhoff, uma função universal da temperatura e comprimento de onda.

Esta pode ser considerada a maior contribuição de Kirchhoff para a Física: a descoberta experimental e análise teórica em 1859 da lei fundamental da radiação eletromagnética, segundo a qual para todos os corpos materiais, a razão da absortividade e emissividade para tal radiação é uma função universal do comprimento de onda e da temperatura. Kirchhoff e Bunsen, em 1860, fundamentam o método de análise espectroscópica, no curso da investigação do espectro óptico dos elementos químicos. Por meio de rigorosa experimentação, Bunsen e Kirchhoff logo colocaram o método numa base firme. O queimador inventado por Bunsen fornecia uma chama de altíssima temperatura e baixa luminosidade, a qual emite linhas espectrais de grande definição. Os sais que eles investigaram eram preparados no estado de altíssima pureza, e um espectroscópio foi especialmente projetado para fornecer a posição das linhas a serem acuradamente determinadas. Testando uma grande variedade de compostos químicos, a atribuição das linhas características de cada metal foi determinada de uma maneira precisa em 1860.

O poder e a importância da análise espectral tornou-se imediatamente aparente. A primeira aplicação sistemática aos compostos alcalinos levou Bunsen a descobrir dois novos elementos alcalinos: o césio em 1860 e o rubídio em 1861. Em 1859, Kirchhoff fez uma observação inesperada. Sabia-se que as linhas escuras D anunciadas no espectro solar em 1814 coincidiam com as linhas amarelas emitidas pelas chamas contendo sódio (este efeito pode ser investigado permitindo-se que a luz solar alcançasse o espectroscópio depois de atravessar uma chama de sódio; se a luz do sol for suficientemente obscurecida, as linhas escuras de Fraunhofer serão trocadas por linhas brilhantes originadas na chama).

A descoberta inesperada de Kirchhoff enuncia que se: **"a intensidade do espectro solar aumenta dentro de um certo limite, as linhas escuras D se tornariam muito mais escuras pela interposição de uma chama de sódio"**. Kirchhoff percebeu que havia descoberto algo de fundamental. Rapidamente encontrou a resposta correta, confirmada por novos experimentos: "**uma substância capaz de emitir uma certa linha espectral tem um forte poder de absorção para esta mesma linha"**. Em particular, a interposição da chama de sódio de baixa temperatura é suficiente para produzir artificialmente as linhas D escuras no espectro de uma fonte de luz intensa que não havia sido mostrada originalmente. As linhas D escuras do espectro solar podem ser, conseqüentemente, atribuídas à absorção por uma atmosfera solar contendo sódio. Estes projetos abriram investigações na composição química do sol e outras estrelas por meio do estudo dos seus espectros ópticos.



Entretanto, a discussão de Kirchhoff sobre a emissão e absorção de radiação visível e invisível permanece como um problema abstrato de interesse somente teórico, que, durante décadas, interessou muitos físicos, na investigação e procura das propriedades da função da energia de radiação, em parte, como interesse relacionado à situação geral em torno do final do século XIX, relativo à iluminação das cidades durante a noite, com gás e eletricidade, introduzidos, provável e evidentemente, por razões práticas e econômicas, para se encontrar um modo mais eficiente de produzir luz visível.

2.2. Modelos de luz e cores – a natureza das cores e o elétron

As dificuldades da construção histórica dos conceitos de luz e matéria, e as dificuldades no ensino destes tópicos, descritas por Johnston et al (1998), Gallili (1996), Mashhadi (1994), Mortimer (1988, 1994), Niederer et al (1990), Shilland (1997), Fischler e Lichtfeldt (1992), Pinto e Zanetic (1999) como: ontológicas, epistemológicas, psicológicas, abstratas e matemáticas propiciaram um olhar sobre os dados aqui apresentados, de modo a constituírem "o outro" ou "guia" na análise que se procurará tecer posteriormente.

Nassau[6] (1980), em As Causas das Cores, afirma que:

> **"As causas das cores são muito diversas, no entanto elas possuem a mesma origem: a existência de elétrons na matéria, com suas variadas respostas aos diferentes comprimentos de onda da luz, o que faz com que o mundo seja multicolorido" (p. 56).**

Por mais diversos que sejam as causas das cores, todos os mecanismos têm um elemento comum: as cores são originadas da interação das ondas luminosas com os elétrons. O estudo dessas interações foi uma preocupação central da física durante todo o século XX e, em conseqüência, não se deve surpreender que, para explicar a origem da cor, seja necessário recorrer a certas teorias físicas fundamentais, bem como entender, na história da construção do conhecimento humano, os diferentes modelos de luz e matéria e as cores dos materiais como uma manifestação visível de alguns dos efeitos mais sutis que determinam a estrutura da matéria.

Nassau (1980) considera esta explicação das cores:

---

[6] Nassau., K. **Las Causas Del Color.** Investigación y Ciencia. Nº 51, dez. 1980.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

> **"Quando a luz branca atravessa a tirinha amarela, emerge dela uma proporção mais elevada dos comprimentos de onda correspondentes à cor, que para o olho humano constituem o amarelo. Quando a luz atravessa a tirinha vermelha, emerge dela uma proporção mais elevada dos comprimentos de onda correspondentes à cor que para o olho humano constituem o vermelho" (p. 56)**

como fundamentalmente correta, mas que resulta pouco satisfatória uma compreensão da forma como a matéria altera a composição da luz que transmite ou reflete. Qual a origem das diferenças nas distribuições espectrais que constituem as cores dos corpos? Tanto a tirinha amarela quanto a vermelha devem suas cores à presença de um mesmo tipo de elemento? No estudo da interação das ondas luminosas com os elétrons, devemos considerar a existência de diferentes mecanismos como causas das cores e, podemos citar dentre eles: excitações eletrônicas, vibrações, centros de cores, transferência de cargas, redes de difração, etc.

A tomada de consciência da percepção das cores como uma experiência subjetiva, na qual, tanto fatores fisiológicos como psicológicos desempenham um papel importante, considera-se a cor como o resultado da interpretação que realiza o cérebro, do comprimento de onda, da freqüência ou a energia dominante de uma onda luminosa. O caso de uma luz monocromática, cujo comprimento de onda apresenta um valor único e bem definido, resulta em uma explicação menos complicada do que para o caso no qual a luz seja uma mistura de muitos comprimentos de onda, todavia, as contribuições relativas dos diferentes comprimentos de onda determina a cor dos corpos.

Silva e Martins (1996, 1996a, 1996b) avaliam o conteúdo de óptica em livros didáticos em confronto com a explicação apresentada por Newton em 1672 em artigo publicado nas *Philosophical Transactions of Royal Society*. Segundo os autores, 'a teoria de luz e cores faz parte do curso de óptica e está presentes nos livros-texto de física de segundo grau e universitários'. Cabe a acrescentar que, no decorrer do ensino médio, luz e cores fazem parte do ensino de física no último ano desta etapa. Os estudantes participam de demonstrações como o Disco de Newton e compreendem as cores formadas quando um feixe de luz branca passa por um prisma, com a hipótese apresentada por Newton no artigo citado.

> **"A hipótese de Newton para o fenômeno é a de que a luz branca é uma mistura heterogênea de raios de todas as cores. O prisma simplesmente separa a luz branca em seus raios componentes sem produzir nenhuma mudança no feixe de luz branca. Na primeira hipótese considerada, a luz branca é homogênea, e as cores são perturbações produzidas pela passagem da luz através do prisma. Na segunda (a que atualmente se aceita), a luz é uma mistura heterogênea de raios coloridos que possuem**



> **a propriedade de serem refratados de acordo com sua cor" (SILVA & MARTINS, 1996, p.98,1996a, p.233, 1996b, p. 316).**

Para os autores:

> **"A hipótese da composição da luz branca, aceita por todos, não é tão simples como os livros apresentam. A análise do experimento de Newton pode resultar em várias interpretações e hipóteses distintas que explicam igualmente bem os fenômenos. O estudo histórico da questão mostra que o desenvolvimento e aceitação dessa hipótese foram altamente problemáticos. Logo após a publicação do artigo em 1672, várias pessoas apresentaram críticas à sua hipótese (entre elas Pardies, Hooke e Huyghens). Essas críticas questionaram os próprios experimentos apresentados por Newton, bem como sua interpretação desses resultados. Somente através do experimento simples de formação de espectro colorido por um prisma, não é possível concluir que a luz branca é uma mistura heterogênea de raios com cores e refrangibilidades diferentes" (SILVA & MARTINS, 1996a, p. 314).**

Os autores analisam o argumento utilizado nos livros textos, resumindo-os da seguinte maneira:

> **"Como a cada cor corresponde um índice de refração diferente, o espectro é resultado de desvio devido à refração diferente que cada raio sofre. Os livros-texto não levantam a possibilidade de surgirem outras interpretações para esse experimento, já que ele elimina a possibilidade de o prisma produzir as cores quando o feixe de luz branca o atravessa. Os estudantes que estudam por esses livros são obrigados a acreditar na validade das hipóteses, embora não haja nenhum motivo para isso, pois as hipóteses não são óbvias e muito menos intuitivas. Vários experimentos são necessários para justificar tais hipóteses.(SILVA & MARTINS, 1996, p. 231)**

Como para Newton as cores são propriedades da luz, é preciso, que esta seja uma substância e não uma qualidade. Não se pode conceber a qualidade de uma qualidade. Assim, a cor acompanha a substância luminosa da mesma forma que as propriedades mecânicas se ligam à matéria. Uma qualidade é sempre simples, e outra não pode decorrer daí por composição. Logo, agrupando-se qualidades diferentes coexistentes sem se destruírem, pode-se afirmar que a luz é uma realidade "substancial". Em que ela difere da matéria? Nesse ponto Newton é menos preciso. Veja-se o que ele diz: "Estamos certos de que a luz é uma substância", afirma, porém é mais "difícil determinar com exatidão que substância é esta"; e acrescenta: "eu não quero misturar o que é certo com o que é incerto". (SILVA & MARTINS, 1996, 1996a, 1996b)

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

A contribuição de Fraunhofer (1817) quando constrói um fotômetro espectroscópico, que permite a ele o estudo preciso do espectro solar, o cálculo da curva de intensidade luminosa espectral efetuada com base nas medidas das diferentes intensidades das diferentes cores do espectro solar é, segundo Cortial & Saillard (1993), que Fraunhofer (1817) ao aplicar a Lei de Bouguer (1760) e Lambert (1760) às intensidades das diferentes cores, que implica numa relação de comprimento de onda (cores) e índice de refração, tem em seu modelo um ponto de vista ondulatório.

Os conceitos revolucionários de Planck[7] (1900) mostraram-se frutíferos em sua aplicação por outros cientistas envolvidos com a análise do comportamento da matéria: Einstein (1905) em sua teoria do efeito fotoelétrico; Debye (1912) nas leis sobre o calor específico dos sólidos; Bjerrum (1919) na explicação da produção das linhas espectrais. Porém a aplicação adequada da teoria quântica de Planck (1900) foi dada por Niels Bohr (1913).



Figura 6: Retrato de Max Planck.

[7] **PLANCK (1858 – 1947)** Max Karl Ernst Ludwig Planck nasceu em Kiel na Alemanha em 23 de Abril de 1858, filho de Julius Wilhelm e Emma Planck. Seu pai foi Professor de Direito Constitucional na Universidade de Kiel e posteriormente de Göttingen. Planck estudou nas Universidades de Munique e Berlim, tendo sido aluno de Kirchoff e Helmholtz, recebendo seu doutorado em filosofia em Munique em 1879. Foi professor livre docente em Munique de 1880 a 1885, e professor associado de Física teórica em Kiel até 1889, ano em que sucedeu Kirchhoff como professor na Universidade de Berlim, de onde se retirou em 1926. Ocupou o posto de Presidente da Sociedade para o Desenvolvimento da Ciência até 1937. Foi apontado membro da Academia de Ciências da Prússia em 1894 e Secretário Permanente em 1912. Foi eleito membro estrangeiro da Academia Real em 1926, recebendo a Medalha de Ouro da "Society's Copley" em 1928. Em 1918, Planck foi condecorado com o Prêmio Nobel de Física em reconhecimento aos seus trabalhos que proporcionaram um avanço nesta ciência por sua descoberta dos quantas de energia. Os trabalhos de Planck a respeito da teoria quântica foram publicados nos Annalen *der Physik*. Seus trabalhos estão resumidos em dois livros, à época de 1918, *Thermodynamics* de 1897 e *Theorie der Wärmestrahlung* (Teoria do Calor). Planck passou por um período trágico em sua vida, durante o governo nazista na Alemanha, exercendo oposição aberta à política de governo. Nos últimas semanas da guerra, sua casa fora destruída durante um bombardeio. Ele foi reverenciado por seus colegas não somente por suas importantes descobertas, mas por suas qualidades pessoais. Como admirador de Helmholtz, foi apropriado para Planck combinar sua física com música, no entanto, em contraste com Helmholtz que preferia a escala natural, Planck preferia a escala temperada, que o levou a encomendar um órgão com 104 tons em cada escala. Realiza concertos com a participação de Maria Scherer e Joseph Joachim em salas fechadas. Planck casou-se duas vezes. A primeira com sua colega de infância, Marie Merck, em 1885, quando professor em sua cidade natal, Kiev; e, a segunda, com a prima de sua falecida esposa, Marga von Hösslin. Três dos seus filhos morreram jovens, viveram com eles, mais dois. Provavelmente, a última grande tragédia pessoal que acompanhou Planck foi a morte de seu filho, por agentes da Gestapo, quando envolvido na tentativa de assassinato de Hitler em 1944. Morreu em Göttingen em 3 de Outubro de 1947.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Niels Bohr conseguiu dar desfecho às questões que necessitavam de explicações. Ele concordou com o princípio de Conway (1907) que diz que um átomo produz uma linha espectral de cada vez, e que um simples elétron é o agente do processo, de acordo com os princípios de Nicholson (1911, 1912) que utilizara o modelo de Rutherford para o cálculo dos comprimentos de onda das linhas espectrais. Bohr assumiu também, a produção do espectro atômico como um fenômeno quântico[8]. O princípio de Ritz (1908) que diz que dois estados distintos de um átomo estão envolvidos na produção de uma linha espectral, também é adotado por Bohr.

O momento histórico pode ser caracterizado como de nova racionalidade teórica no conhecimento espectroscópico. O retrato do cenário se faz importante, pois o conjunto de obstáculos ao racionalismo que se arrastam pela história dos fatos espectrais, descritos como um turbilhão de experimentos, hipóteses e conclusões, tem seu momento de glória, quando, Bohr aplica a equação de Planck-Einstein, que relaciona energia e freqüência da radiação, seja para emissão seja absorção de energia, que vai exercer, posteriormente, influência na elaboração conceitual da Mecânica Quântica.

A característica fundamental desta nova mecânica, a mecânica quântica, é o dualismo[9], apresentado por todas as partículas fundamentais. Às vezes, elas exibem o comportamento ordinário, tal é julgado em termos de partículas; em outras ocasiões, elas atuam como se fossem tipos de movimentos ondulatórios. Isso resulta em um conjunto de dificuldades que vêm sendo investigadas por diversos grupos de pesquisa em ciência e em educação. As pesquisas em educação constituem o que se convencionou chamar de movimento de inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio e, podem ser caracterizadas como uma tendência atual de pesquisa em ensino-aprendizagem em educação para a ciência.

A existência de um número de questões relacionadas, não resolvidas (sem solução), concernentes com pesquisa e ensino de física moderna[10] constitui um problema central na educação em ciência no nível secundário que dificulta o ensino dos tópicos de física moderna relacionados com a natureza e propriedades da luz e sua interação com a matéria condensada.

---

[8] Um átomo pode existir em diferentes estados caracterizados por certos valores discretos do momento angular e da energia.
[9] Conforme Pinto e Zanetic (1999): Dualidade em referência a dois opostos que se complementam e Dualismo como dois opostos separados. Dualidade no sentido do princípio da complementaridade de Bohr (Moore, Físico Química) ou no sentido atribuído por Marx como o conflito enquanto motor da história.
[10] O relato do fenômeno macroscópico para com partículas "microscópicas", o uso de analogias (essencialmente modelos clássicos) para discorrer sobre o mundo subatômico.

unesp

As dificuldades com o uso de analogias, tendo-se como base modelos essencialmente clássicos, para discorrer sobre o mundo subatômico[11] podem ser considerados como obstáculos pedagógicos, no sentido bachelardiano, pois podem fazem parte de um perfil epistemológico construído na contra-mão do racionalismo clássico.

Apesar das dificuldades encontradas no ensino de física moderna, autores como Mashhadi (1994), Pinto e Zanetic (1999), Johnston et al (1998) compartilham da idéia de que, apesar, ao adentrarmos no século XXI, a física desenvolvida no século XX está longe de comparecer às nossas escolas e que é preciso transformar o ensino de física, tradicionalmente oferecido por nossas escolas, em um ensino que contemple o desenvolvimento da Física Moderna, não como mera curiosidade, mas como uma física que surge para explicar fenômenos que a Física Clássica não explica, constituindo uma nova visão de mundo.

Pesquisas sobre o entendimento de estudantes a respeito dos fenômenos quânticos, segundo Mashhadi (1994), estão somente emergindo.

Para o autor, as categorias newtonianas – espaço, tempo, matéria e causalidade - encontram-se profundamente enraizadas na percepção cotidiana que se tem da realidade, determinando muitos aspectos do como se pensa a respeito da vida. Para o autor, em sua habilidade em predição, a teoria quântica é a teoria física mais bem concebida e, para Pinto E Zanetic (1999), é uma física (física quântica) responsável pelo atendimento de novas necessidades que surgem a cada dia, tornando-se cada vez mais básicas para o homem contemporâneo, um conjunto de conhecimentos que extrapola os limites da ciência e da tecnologia, influenciando outras formas do saber humano. Os autores argumentam que culturalmente as pessoas, em geral, estão empobrecidas por sua ignorância da importância da física do século XX.

Galili (1996) em 'Students Conceptual Change in Geometrical Optics' compartilha com a idéia de que um conjunto de dificuldades pode ser atribuído à dificuldade do ensino, não propriamente da física moderna, mas do que, neste projeto, se considera parte fundamental da evolução do perfil epistemológico, relacionado ao que se denomina o "ator" do objeto de estudo da química: o elétron. A complexidade ontológica - dos parâmetros característicos da luz, em comparação com a faixa normal da percepção humana: velocidade ($10^8 ms^{-1}$), comprimento de onda (10^{-6}m), freqüência (10^{15}s) e a energia de um único fóton da

[11] Pode-se citar como exemplo, o processo de interferência de ondas em meios fluidos, somadas a dificuldades matemáticas na construção de modelos nos quais a natureza das linhas espectral é associada a processos de interferências e sua natureza associada aos elétrons que, enquanto partícula, exibe comportamento preferencial de onda, radiação eletromagnética classicamente conhecida como um fenômeno ondulatório explicada em termos de partículas denominadas fótons, matéria e energia concebidas como possuindo uma natureza dual (onda-partícula), etc.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

ordem de 10^{-19}J - expressa a grande distância entre a aparência do fenômeno óptico e como ele é percebido e acumulado na experiência individual por um lado, e por outro, os modelos científicos, introduzidos na descrição formal. Uma outra origem da complexidade pode estar associada ao caráter interdisciplinar como, por exemplo, o entendimento das cores da luz como sendo baseado no conhecimento da psicologia. Para a identificação da imagem, o entendimento do processo fisiológico é essencial. Uma terceira fonte é que os fenômenos ópticos, observados na realidade do dia-a-dia, não podem ser tratados sem as regras do meio no qual os feixes se propagam, a exemplo do espalhamento de luz pela atmosfera.

As condições para o aprendizado em física moderna, em confronto, com o entendimento de física quântica a partir da referência com a física clássica podem ser avaliadas com base na pesquisa de Fischler e Lichtfeldt (1992). Os autores tecem uma reflexão didática a respeito da aprendizagem de física quântica, das dificuldades, para então, proporem uma unidade de ensino que privilegie a descrição detalhada de experimentos. Os experimentos constando de difração eletrônica, experimento com dupla fenda, experimento de Franck e Hertz e estudos com fótons enquanto objetos quânticos envolvendo efeito fotoelétrico, distribuição estocástica em dupla fenda, etc. buscam informação a respeito da atividade científica Um questionário foi aplicado, 32 lições em vídeo foram assistidas, de modo a permitir tecer correlações entre as concepções dos estudantes e suas respostas no decorrer das lições. A amostra da pesquisa foi dividida em dois grupos: um deles de teste e outro de controle, como estratégia para o entendimento de possíveis diferenças na construção de mapas cognitivos pelos grupos, antes, durante e após as lições. Os autores afirmam que os mapas construídos apresentam diferenças determinadas pelos diferentes processos de ensino. Em um dos grupos, os estudantes falam após uma nova unidade de ensino e, no outro, o grupo de controle manifesta-se ao longo das lições. A linha teórica dos autores envolve a aplicação da teoria vigotskiana no que concerne à linguagem como meio de interação e elemento fundamental no reconhecimento de estruturas das idéias dos estudantes. Questões como "o que realmente é a luz", "o que você pensa a respeito da real existência de átomos de hidrogênio", são respondidas pelos estudantes e, com base nas suas respostas, ao discutirem um arranjo experimental de válvula de difração eletrônica, chega-se à conclusão de que eles não estabeleceram correspondência entre elétrons e a luz.



"Para se apropriar dos objetos ou dos fenômenos que são o produto do desenvolvimento histórico, é necessário desenvolver em relação a eles uma atividade que reproduza, pela sua forma, os traços essenciais da atividade encarnada, acumulada no objeto"

LEONTIEV IN DUARTE (1999)

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O fato de nossa pesquisa ter sido desenvolvida com estudantes e professores do ensino médio e fundamental inseridos no processo de educação escolar nos levou a caminhar por um conjunto de idéias que constituíssem nosso referencial teórico metodológico, com relação ao aprendizado e desenvolvimento no contexto escolar, em sala de aula, na investigação de seus modelos escolares de luz e matéria. A natureza do conhecimento científico na história, base dos conceitos a serem ensinados no processo de educação escolar, tem um papel importante em nossa pesquisa, pois subsidiam a construção das atividades de lápis e papel e empíricas a serem aplicadas à amostra investigada.

Da tese de Piaget e Garcia (1987) apresentada em Psicogênese e História da Ciência procurou-se investigar a possibilidade de uso no que concerne aos mecanismos expressos pelos autores, do desenvolvimento do conhecimento e das relações do sujeito com os objetos do conhecimento, na história e na psicogênese, em sua aproximação à noção de perfil epistemológico de Bachelard na análise dos diferentes episódios desta pesquisa.

O referencial teórico-metodológico consiste no uso da abordagem sócio-histórica da escola de Vigotski (1988, 1991, 1996, 1999, 2001), a Filosofia de Bachelard (1972, 1977, 1988, 1996, 1999), elementos da epistemologia genética de Piaget (1987) e Mortimer (1988, 1994, 2000).

Segundo Vigotski (1999, p.103), os problemas encontrados na análise psicológica do ensino não podem ser corretamente resolvidos ou mesmo formulados sem se referir à relação entre o aprendizado e o desenvolvimento em crianças em idade escolar. Preocupado com a relação entre aprendizado e desenvolvimento em crianças em idade escolar, Vigotski assume o ponto de vista de que o aprendizado começa muito antes de elas freqüentarem a escola; e que qualquer situação de aprendizado com a qual se defrontam na escola tem sempre uma história prévia; e que o aprendizado deve ser combinado de alguma maneira com o nível de desenvolvimento da criança.

Tomando como ponto de partida o fato de que a aprendizagem da criança começa muito antes da aprendizagem escolar, e que a aprendizagem escolar nunca parte do zero e, ainda, que toda aprendizagem da criança na escola tem uma pré-história, Vigotski (1991, p. 40) considera o curso da aprendizagem escolar não como uma continuação direta do desenvolvimento pré-escolar em todos os campos, podendo inclusive ser desviado de

unesp

determinada maneira, tendo como conseqüência um novo rumo para a aprendizagem escolar, uma direção contrária.

No contexto escolar, a criança passa a ter suas ações cada vez mais regidas por regras, momento em que essas ações tendem a ser determinadas mais pelo conteúdo de significados contido nas idéias do que pelos objetos. O que representa para Vigotski, (1999, p.128) uma inversão da relação da criança com a situação concreta, real e imediata.

A União soviética pós-revolução (1917) é o contexto de indagações que, segundo Leontiev (1999), Vigotski formula a questão de que se não seria possível encontrar um elemento de mediação nos processos psíquicos do homem em formação. Para isso, distingue dois níveis para os processos psíquicos. O primeiro elementar ou natural, relativo aos processos psíquicos elementares ou inferiores - memória involuntária e memória mecânica. E o segundo correspondente a processos psíquicos superiores ou culturais, que seriam aqueles mediados através dos instrumentos e meios psíquicos específicos. O primeiro deles corresponderia à simples mão, e o segundo à mão armada de instrumentos, ferramentas de atividade prática.

Acreditando que os pesquisadores não deveriam se limitar meramente aos testes para determinação de níveis de desenvolvimento, com o objetivo de descobrir as relações reais entre o processo de desenvolvimento e a capacidade de aprendizado, Vigotski propõe a necessidade de se determinar pelo menos dois níveis de desenvolvimento. Para Vigotski (1991, p. 41; 1999 p. 110), a busca em compreender a relação entre aprendizagem e desenvolvimento em geral e, depois as características desta inter-relação em idade escolar permitiram o desenvolvimento do conceito de área de desenvolvimento potencial ou zona de desenvolvimento proximal. A preocupação central do autor é com a relação geral entre aprendizado e desenvolvimento, e com os aspectos específicos dessa relação quando a criança atinge a idade escolar.

"O primeiro nível pode ser chamado de nível de desenvolvimento real, isto é, o nível de desenvolvimento das funções mentais da criança que se estabeleceram como resultado de certos ciclos de desenvolvimento já completados. Quando determinamos a idade mental de uma criança usando testes, estamos quase sempre tratando do nível de desenvolvimento real. No estudo do desenvolvimento mental das crianças, geralmente admite-se que só é indicativo da capacidade mental das crianças aquilo que elas conseguem fazer por si mesmas. Apresentamos às crianças uma bateria de testes ou várias tarefas com graus variados de dificuldades e julgamos a extensão de seu desenvolvimento mental, com base em que e com que grau de dificuldade elas os resolvem. Por outro lado, se a criança

resolve o problema depois de fornecermos pistas ou mostrarmos como o problema pode ser solucionado, ou se o professor inicia a solução e a criança a completa, ou, ainda, se ela resolve o problema em colaboração com outras crianças – em resumo, se por pouco a criança não é capaz de resolver o problema sozinha – a solução não é vista como um indicativo de seu desenvolvimento mental. Esta "verdade" pertencia ao senso comum e era por ele reforçada. Por mais de uma década, mesmo os pensadores mais sagazes nunca questionaram esse fato; nunca consideraram a noção de que aquilo que a criança consegue fazer com a ajuda dos outros poderia ser, de alguma maneira, muito mais indicativo de seu desenvolvimento mental do que aquilo que consegue fazer sozinha"(VIGOTSKI, 1991, p.111).

Algumas considerações preliminares em conformidade com Mortimer (2000) tornam-se necessárias. Primeiro: "O conhecimento está na relação sujeito-objeto para ambos os autores", constituindo no entanto, "um objeto essencialmente social para Vigotski, de modo que a relação não é direta, mas mediada por sistemas simbólico-instrumentais da cultura". Segundo: Ambos admitem que "o entendimento do sujeito é formado não só pelo encontro adaptativo com o mundo físico, mas também através da interação entre as pessoas, em um mundo não inteiramente físico, mas cultural, com significantes e significados". O primeiro, no entanto, "enfatiza mais o papel do social no interacionismo que partilha com Piaget, ao acrescentar que esse mundo é feito assim principalmente através das ferramentas e sistemas simbólicos de mediação, sendo o mais importante deles a linguagem". Importante também considerar, que, para ambos, "o sujeito não é cópia do objeto, pois suas ações internalizadas não são cópia de ações externas. O sujeito constrói seu conhecimento por um processo endógeno – assimilando ou internalizando. Por outro lado, há uma necessária interdependência dos planos inter e intra-subjetivos que, em Piaget, se traduz na idéia de que a cooperação propicia desenvolvimento. O sujeito constrói o conhecimento sobre o efeito dos outros. Para Vigotski, a construção do conhecimento nunca está assentada apenas em recursos individuais, mas sempre dependente da mediação social, da apropriação de significados num sistema simbólico". (MORTIMER, 2000, pp. 170-172)

A esse respeito, Pino (s/d, impresso) afirma que com "a invenção de sistemas de signos[12], particularmente o linguístico, o homem pode nomear as coisas e as experiências que tem delas (dizer o que elas são); comunicar essas experiências; interagir com os outros homens, afetando seus comportamentos e sendo por eles afetado; transformar-se ele mesmo, a partir da re-apropriação da própria experiência e da experiência cultural dos outros; e, enfim,

[12] O que caracteriza o signo é ser um meio inventado pelos homens parar representar-se a realidade, material ou imaterial, de maneira a poder compartilhar entre si o que sabem a respeito dela. (Pino. 2000, p.45)

unesp

desenvolver diferentes níveis de consciência a respeito da realidade social e cultural e de si mesmo. O mundo real só pode ser conhecido a partir das representações que os homens se fazem dele. O conhecimento é de natureza representacional". (PINO. s/d)

Considerar que um determinado instrumento técnico possa exercer a função de mediar processos culturais, se o que estamos propondo é um aprendizado que desenvolva a ação científica dos sujeitos no mundo, é de se considerar em comunhão com Bachelard, de que é preciso desmaterializar a experiência comum, indo além dos conceitos visuais, mediante o que denomina 'fenomenotécnica', fenômenos que não estão na natureza, para quem 'só por uma desmaterialização da experiência comum se pode atingir um realismo da técnica científica' (1977, p.160).

O desenvolvimento de idéias no contexto dos testes de chama, é um momento de hipnotismo que é preciso despertar o empirista que não vivenciou em profundidade '...esse maravilhoso matiz que o sal de cobre produz quando submetido à chama incolor do bico de Bunsen. Também o aluno, como o filósofo, ficava maravilhado. É lhes necessário despertar desse hipnotismo do primeiro momento e descobrir provas estáveis da objetividade da cor, além da subjetividade da impressão imediata'(BACHELARD, 1977, p.30).

As cores dos sais vaporizados na chama do bico de Bunsen se transformam no espectrômetro e propõe às impressões imediatas, sob a difração espectroscópica, um deslocamento para outra doutrina. Entra em cena o espetáculo das interferências que, segundo Bachelard, descortinam a possibilidade de mediação 'preparar um conhecimento abstrato-concreto muito mais concreto que o conhecimento concreto e vivido' para o qual, 'quem pode ir pelo pensamento da chama à franja de interferência conhece a luz do cobre intimamente'(1977, p. 30). Para o autor, o caminho inverso da franja à chama em nada diminui a felicidade do ver.

As propriedades dos instrumentos, por sua vez, ao ser analisadas em categorias relacionadas aos níveis de relações objetais de Piaget e Garcia, às quais nos deteremos com mais profundidade posteriormente, podem estabelecer uma ponte entre o desenvolvimento proximal enquanto categoria individual, as ações do sujeito sobre os objetos e o nível de relação que o objeto propõe.

Se, se considerar que para Piaget e Garcia (1987, p.18) a formação de sistemas de conceitos consiste em uma proposição, que se encontra, interna ao processo de equilibração das estruturas cognitivas no processo de equilibração, é de se considerar que os autores opõem ao processo de estabelecimentos de vínculos supra empíricos, a abstração empírica. Nesta, o sujeito colhe as suas transformações no próprio objeto por "abstrações reflexivas", que atuam,

unesp

segundo os autores, a partir de ações e operações do sujeito, e constitui uma reflexão construtiva, porque consiste no estabelecimento de uma correspondência com um mecanismo que conduz ao nível superior, e de novas correspondências, com a associação dos conteúdos transferidos a novos conteúdos integráveis na estrutura de partida, permitindo generalização. O modo de construção por abstração reflexiva e generalização por complemento[13] leva a que o desenvolvimento cognitivo resulte da iteração de um mesmo mecanismo, mas constantemente renovado e alargado por uma alternância de associações de novos conteúdos e elaborações de novas formas ou estruturas.

É de se supor que o experimento de Young propõe uma perspectiva para a estruturação do modelo ondulatório enquanto processo de formação de conceitos relacionados à interferência, que a apropriação de Fresnel, Fraunhofer, dentre outros, propõe uma perspectiva para o modelo dual. No sistema vigotskiano deveríamos tratar a fase anterior como uma fase de conceitos não científicos, mas espontâneos, pela ausência do sistema de conceitos generalizados, e para Piaget & Garcia (1977) é de se considerar um avanço de nível em uma tendência ao trans objetal, o que justificaria a opção por Piaget & Garcia e não se excluiria a possibilidade do uso do conceito de zona de desenvolvimento proximal para investigar os níveis de relações objetais que os instrumentos propõem aos indivíduos, bem como, o nível de ação destes sobre os instrumentos .

Para Piaget e Garcia (1987, p.19), a conquista dos fatos experimentais procede por aproximações sucessivas, ligadas à construção de novos aparelhos de registro, dependentes eles próprios de modelos teóricos e dos novos problemas que eles suscitam, resultando disto uma extensão progressiva das escalas de observação nas duas direções, superior e inferior, com as reorganizações necessárias do conjunto por ocasião da nova afinação.

Poder-se-ia pensar que uma flor é sempre uma rosa, enquanto flor e vermelha (ou amarela). Uma flor amarela (ou vermelha), no entanto, apesar de constituir um objeto observável enquanto flor, pode permanecer na categoria flor ou ser caracterizada como uma espécie de flor, uma rosa. Para Piaget e Garcia o objeto elementar e perceptivo é, em parte, logicizado desde o início (flor), ainda que menos "objetivo" do que o objeto elaborado (rosa). Para eles a aproximação aos objetos se dá em função de logicizações e matematizações sucessivas.

---

[13] Os autores se referem a "generalizações por complemento" sempre que uma estrutura, ao mesmo tempo em que conserva suas características essenciais, se vê enriquecida com novos subsistemas que se adicionam sem modificar os precedentes.

unesp

> **"As múltiplas investigações sobre o desenvolvimento das operações na criança, conduzem a distinguir três períodos sucessivos em todos os domínios explorados: um, dito "operatório", no curso do qual se constituem pouco a pouco ações repetíveis, modificando os objetos, mas não se transformando nem se coordenando entre elas. A segunda, dita "operações concretas", em que estas se organizam em sistemas ("agrupamentos") comportando certas transformações das próprias operações; e a terceira, caracterizada por operações hipotético-dedutivas com síntese das transformações, podendo mesmo, em certos casos, tomar a forma de "grupos". Nestas três etapas da psicogênese, cujas idades vão de quatro a seis anos; de sete a dez anos; e de onze a doze anos (e para além), os autores estabelecem uma relação que corresponde à sucessão "intra" "inter" e "trans" na análise histórico-crítica. É característico do "intra" descobrir uma ação operatória qualquer e procurar analisar as diversas propriedades internas ou as conseqüências imediatas, mas com esta dupla limitação: que não existe coordenação desta pré-operação com outros num "agrupamento" organizado e que a análise interna da operação em jogo é acompanhada de erros a serem corrigidos sucessivamente e de lacunas nas conseqüências para deduzir. A característica do "interoperacional" é que, uma vez compreendida uma operação de início, é possível deduzir daí operações implicadas com ela e coordenar com outras mais ou menos semelhantes, até à constituição de sistemas que comportam determinadas transformações. Nessa fase o que é novo, apesar de suas composições serem limitadas por uma condição ainda muito restrita, é proceder por aproximações sucessivas. No domínio das classificações, o sujeito saberá não apenas reunir numa classe a objetos que apresentam o mesmo caráter A mas ainda incluir esta classe A numa outra B, mais vasta, compreendendo as A, mais as B que não A. O nível transoperacional é, segundo os autores, fácil de definir em função daquilo que precede, comportando, além das transformações, sínteses entre elas, chegando então, ainda que no palco das ações e sem tematização, até a construção de estruturas"(PIAGET e GARCIA, 1987, p. 165-169).**

Os autores exemplificam que quando se mostra à criança um conjunto de dez flores, das quais seis ou sete são de um tipo, e as outras de outro tipo, o sujeito concorda plenamente que são todas flores, mas quando se lhes pergunta se há mais flores do que as flores em maior quantidade, a resposta habitual (mais flores das apresentadas em maior quantidade) representa uma resposta habitual até que se consolide o nível "inter-objetal".

Para Piaget e Garcia (1987, p. 17):

> **"Os estágios sucessivos da construção das diferentes formas do saber são de fato seqüenciais, quer dizer que cada um é, ao mesmo tempo, o resultado das possibilidades abertas pelo precedente e condição necessária do subseqüente.Todo estágio começa, na realidade, por uma reorganização, num novo nível, das aquisições principais devidas aos precedentes: daí resulta a integração nos estágios superiores de**

unesp

> **determinadas ligações, cuja natureza só é explicada na análise dos estágios elementares." (PIAGET E GARCIA. 1987, p.17)**

As discussões entre Newton e Hooke permanecem no terreno do conflito epistemológico, sendo necessária a intervenção de Young, Fresnel e Arago, na interpretação do efeito da interferência, para que o caminhar da concepção ondulatória tivesse dias mais frutíferos. Segundo a interpretação de Vigotski, vínculos supra-empíricos começam a ser tecidos e, conforme Piaget e Garcia, novas relações objetais começam a ser elaboradas pelos sujeitos. Isto permite compreender, mais apropriadamente, a citação do capítulo anterior devida a Mach, considerando aquele momento histórico como necessário à superação de obstáculos.

Para Piaget e Garcia (1987, p. 38) a natureza dos raciocínios, a todos os níveis da psicogênese como na história das ciências, comporta "abstrações reflexivas", bem como empíricas (no domínio físico com alternância contínua entre as duas formas e no domínio matemático com utilização exclusiva da forma reflexiva) ou tanto generalizações construtivas como extensionais. As analogias entre as construções históricas e os processos psicogenéticos, confirmam, segundo Piaget e Garcia (1987), a hipótese da pré-formação:

> **Antes mesmo da tematização de uma estrutura, as suas operações constitutivas intervêm já, a título instrumental, na fase anterior da construção, de tal modo que a construção se apóia, de fato, na estrutura em devir, do mesmo modo que a saturação desta supõe a sua integração numa estrutura superior mais forte. (p. 28)**

Neste sentido, Fraunhoffer estabelece, com base no conhecimento advindo da interpretação de Young, procedimentos de investigação em que a tomada de consciência ainda não o dissocia dos objetos. Posteriormente, fundamentado pela teoria de ressonância de Euler, cujo fundamento encontra-se na teoria ondulatória, Angström fundamenta o procedimento lógico-matemático que o conduz ao cálculo de comprimentos de onda de um conjunto de linhas espectrais. A aceitação dos cálculos efetuados por Angström conduziu não somente Balmer em seu semi-empirismo, mas também Ritz, Rydberg e Bohr, a uma passagem de nível, onde os objetos passam a ser observados como um conjunto único de fenômenos representados de modo único por um sistema de equações, que conduzem à mecânica quântica, apesar das limitações, um sistema hipotético dedutível.

Por outro lado, Piaget e Garcia (1987) consideram que:



> **A pesquisa de antecedentes, no caso um estudo histórico-crítico dos antecedentes da noção de transformação na história da geometria, não deve ter como objetivo estabelecer "prioridades" ou precisar, como se faz muitas vezes na investigação histórica, o grau de originalidade de um autor ou de determinada escola, mas sim, determinar quais foram os fatores que impediram o desenvolvimento de idéias percebidas em determinado período e, em seguida, deixadas em estado embrionário, durante séculos (p. 99).**

Segundo os autores, estes fatos não obedecem ao acaso, e estes períodos de espera correspondem em geral a períodos de desenvolvimento de outros métodos ou outros conceitos, sem os quais estas idéias não poderiam ser elaboradas em profundidade.

Os autores consideram que sua interpretação tem uma relação direta com a posição de Bachelard, que para eles, foi o primeiro a indicar a importância dos "obstáculos e rupturas epistemológicas" no desenvolvimento da ciência.

> **"De fato, Bachelard considera que existe uma "ruptura" total entre as concepções pré-científicas e científicas, ao mesmo tempo que identifica como o maior obstáculo epistemológico o irracionalismo pré-científico. Nós próprios cremos, por um lado, que existe uma maior continuidade entre o pensamento pré-científico e científico, na medida em que os mecanismos em jogo no processo cognitivo são os mesmos e, por outro, consideramos que há um determinado tipo de "ruptura"cada vez que se passa de um estado de conhecimento a outro, tanto na ciência como na psicogênese. Podemos aceitar com facilidade que se trata de uma ruptura mas no sentido de uma mudança no quadro epistêmico." (PIAGET e GARCIA, 1987, p. 234)**

O momento histórico no seio da sociedade condiciona o quadro epistêmico que por sua vez exerce influência na constituição do quadro ideológico:

> **"A cada momento histórico e em cada sociedade, predomina um determinado quadro epistêmico, produto de paradigmas sociais, que é a origem de um novo paradigma epistêmico. Uma vez constituído um determinado quadro epistêmico, torna-se impossível dissociar a contribuição proveniente da componente social daquela que é intrínseca ao sistema cognitivo. Uma vez constituído, o quadro epistêmico começa a atuar como uma ideologia que condiciona o desenvolvimento posterior da ciência. Esta ideologia funciona como um obstáculo epistemológico que não permite qualquer desenvolvimento fora do quadro conceitual aceite. É somente nos momentos de crise, de revoluções científicas, que se dá uma ruptura com a ideologia científica dominante e que se passa a um estado diferente com um novo quadro epistêmico distinto do precedente." (PIAGET e GARCIA. 1987, P. 234)**

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Segundo Mortimer (2000, p. 61), Franco e Colinvaux-De-Domingues (1992) avaliam que Piaget e Garcia (1987), em Psicogênese e História da Ciência, não fornecem uma diferenciação clara entre conhecimento de senso comum e conhecimento científico, ao assumirem a coerência interna do sistema total como critério de diferenciação e como distintivo do processo de fazer ciência. O que significa, para Mortimer (2000), que existe uma contradição se levar em consideração que a `coerência interna (do sistema total) e a verificação experimental (para as ciências não dedutivas)`, podem ser obtidas por postulados *ad hoc*, como, por exemplo, o postulado da não-emissão no modelo atômico de Bohr. Com relação à psicogênese, Mortimer (2000, p.62) analisa que a contradição aparente está relacionada com a tendência ao desenvolvimento de estruturas cognitivas contínuas entre si, não sendo previstas rupturas e descontinuidades em seu sistema, uma vez que tende a se alargar, seja em extensão seja em compreensão.

No entanto, no contexto da educação escolar, existem outras possibilidades de abordagens para a investigação do desenvolvimento do conhecimento em sala de aula, o que pode constituir o início de uma nova jornada epistemológica, ou seja, um misto de realismo-empirismo aos primeiros passos de um inter-racionalismo. Segundo Bachelard (1988), este inter-racionalismo `vem a ser o racionalismo psicologicamente comprovado`, um inter-racionalismo em formação que pode ser captado na dialética professor-aluno, filosoficamente mais rico de ensinamento que o racionalismo em forma. Esse racionalismo ensinado deverá verificar-se como valor pelo qual se vê que *compreender é uma emergência do saber*. O professor – mesmo no nível mais avançado, em que o aluno já compreendeu - será aquele que fará compreender melhor.

O papel do professor para Bachelard, numa educação de racionalismo aplicado, de racionalismo em ação de cultura, apresenta-se como negador das aparências, como freio a convicções rápidas, tornando mediato o que a percepção proporciona imediatamente, entrosando o aluno na luta das idéias e dos fatos, fazendo-o observar bem a inadequação primitiva da idéia com o fato.

Para Bachelard (1988):

> **"Todo racionalismo é inter-racionalismo, pois, precisamente uma das funções do ensino científico, é suscitar dialéticas, colocar um assunto em oposição a outro, oposição esta, que pode ser inteiramente racional, um perturbar a racionalidade do discípulo em benefício de uma racionalidade de mais ampla aplicação do mestre". (BACHELARD, 1988 : 29-30)**

Para esse embate professor-aluno, aluno-aluno ou mesmo aluno-outro qualquer, o lugar das rupturas pode constituir um plano de interracionalidades. Neste plano, o desenvolvimento de instrumentos que forneçam elementos à relação sujeito-objeto e que propiciem a passagem das relações intra-inter ou intra–transobjetais pode coexistir dialeticamente com tais relações objetais, e estas ultrapassagens podem ser determinadas pela mediação do professor ou colega mais capaz, na medida em que se aproximam os níveis de desenvolvimento real e potencial na denominada de zona de desenvolvimento proximal, isto é para Vigotski:

> **"A distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes".(VIGOTSKI. 1999, p.112)**

A noção de *obstáculo epistemológico*[14], a respeito do qual, o próprio Bachelard esclarece, estabelece uma relação entre o desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação. O progresso científico manifesta sempre uma ruptura, perpétuas rupturas, entre conhecimento comum e conhecimento científico, desde que se aborde uma ciência evoluída, uma ciência que, pelo fato mesmo de suas rupturas, traga a marca da modernidade. Para o autor, `ao se olhar para as descobertas modernas, vê-se que, no espaço de alguns lustros, elas passam do estágio empírico à organização racional` (BACHELARD. 1972, p. 26) e, a consciência de modernidade e a consciência de historicidade são rigorosamente proporcionais (id. 1972, p. 22).

Uma constante transposição da linguagem é, para Bachelard (1972), `o que possibilita o rompimento da continuidade do pensamento comum e do pensamento científico. Sem cessar, é preciso recolocar as expressões novas na perspectiva das teorias que as imagens e as fórmulas resumem`(p. 36). `Desde que uma palavra da antiga língua é colocada entre aspas, pelo pensamento científico, ela é o signo de uma mudança de método de conhecimento que diz respeito a um novo domínio da experiência`(BACHELARD, 1972, p. 37).

---

[14] Obstáculos animistas consistem na associação de fatos com seres animados, em sua maioria o homem, fazendo a vida transcender ao domínio que lhe é próprio. Por obstáculos verbais entende-se o uso indiscriminado de termos da linguagem comum, o que pode não apenas impedir o domínio do conhecimento científico, como também cristalizar conceitos errados – verdadeiros obstáculos à abstração. Os obstáculos realistas se configuram quando se propõe a investigação científica dentro do concreto, sem evoluir para o abstrato. E por obstáculos substancialistas entende-se a tendência de considerar que as características estão vinculadas à substância somente e não a interacão entre as substâncias. (LOGUERCIO et al ., 2001, p.561-2)

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Um exemplo é o da imagem que Niels Bohr apresentou para condensar certas leis do núcleo atômico sob o nome de "gota d'água". Essa imagem, para Bachelard, "ajuda admiravelmente, segundo Pollard e Davidson, a compreender o como e o porquê da fissão". Sob a capa da "gota" onde se aglomeram os núcleos, poder-se-ia dizer que a incorporação de um nêutron suplementar aumenta a energia interna do núcleo, em outras palavras aumenta a temperatura do núcleo.

Para Bachelard (1999), o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de *adquirir* uma cultura experimental, mas sim de *mudar* de cultura experimental, de derrubar obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. Mudar de cultura experimental implica, para o autor, estar atento na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão e levar em consideração que estes conhecimentos empíricos podem se constituir em obstáculos pedagógicos que podem contribuir para a tomada de consciência, pelo fato da cultura experimental na qual seus conhecimentos empíricos e seu perfil 'contexto' conceitual se constituíram.

A lógica interna da evolução da teoria de Vigotski e a sua condução aos problemas da internalização o levam a concluir que a linguagem é um instrumento psicológico que age de forma mediada no estágio precoce do pensamento (entendendo por estágio precoce de pensamento a atividade prática). Como resultado desse caráter mediado deve ocorrer a formação do pensamento verbal.

Na perspectiva ou modelo de Vigotski, sua contribuição para a Psicologia e, em termos mais amplos, para a compreensão do ser humano são apontadas por Pino (1999) duas idéias que, segundo o autor, são como uma espécie de eixo de coordenadas de sua elaboração teórica. "A primeira é que o desenvolvimento psicológico é um processo histórico. A segunda, na contramão do pensamento psicológico da sua época, é que o psiquismo é de natureza cultural" (Pino, 1999, p.29). Ser o psiquismo de natureza cultural equivale, ao que afirma o autor, a dizer que ele é histórico e vice-versa.

Tanto para Piaget como para Vigotski, o sujeito existe em relação aos objetos do mundo. O conhecimento é construído nas relações estabelecidas pelo sujeito e os objetos. No entanto, para Piaget o interesse está centrado, na gênese do conhecimento, no sujeito, e o processo de aproximações sucessivas deste com o objeto do conhecimento, num contínuo de equilibrações – acomodações e desequilibrações, em sua história de desenvolvimento individual. Por outro lado, o desenvolvimento das funções do psiquismo humano, no plano da disponibilidade histórica dos diversos objetos e as relações de desenvolvimento pessoal

unesp

(ontogênese) ou desenvolvimento cultural de que fala Vigotski parecem implicar – para o que Pino chama a atenção -, vários dos problemas que Vigotski procura explicar ao longo da sua obra. "O principal deles, penso, é explicar a natureza cultural das funções e o modo como elas se constituem em cada indivíduo. Em síntese, é explicar a história pessoal na e pela história geral dos homens". (Pino. 1999, p. 39)

Se se comparar os instrumentos ópticos aos brinquedos, pode-se analisar as possibilidades de se investigar em sala de aula, com base no tateio experimental dos estudantes, sua atribuição de relações na razão entre objeto/significado e a transição entre ação/significado, como uma busca em satisfazer sua relação com os instrumentos, relação na qual os sujeitos ao se aproximarem de objetos, procuram extrair noções que o aproximem de um processo de comunicação dialógica, no qual os significados podem ser expressos pela mediação entre significantes e significados, de modo que suas ações possam ser transmitidas a qualquer interlocutor, ao momento em que as relações intra, inter e trans objetais (conceitos abordados posteriormente) transcendem a aparência das impressões realistas, no tecer possíveis essências empiristas, na busca de um racionalismo, mesmo que precário, donde saltam as primeiras regras transobjetais enquanto síntese ou objeto de desejo:

> **"Assim, o atributo essencial do brinquedo é que uma regra torna-se um desejo. As noções de Spinosa de que uma idéia que se tornou um desejo, um conceito que se transformou numa paixão", encontram seu protótipo no brinquedo, que é o reino da espontaneidade e liberdade. Satisfazer as regras é uma fonte de prazer. A regra vence porque é o impulso mais forte. Tal regra é uma regra interna, uma regra de autocontenção e autodeterminação, como diz Piaget, e não uma regra que a criança obedece à semelhança de uma lei física. Em resumo, o brinquedo cria na criança uma nova forma de desejos. Ensina-a a desejar, relacionando seus desejos a um "eu" fictício, ao seu papel no jogo e suas regras. Dessa maneira, as maiores aquisições de uma criança são conseguidas no brinquedo, aquisições que no futuro tornar-se-ão seu nível básico de ação real e moralidade. (VIGOTSKI, 1999, p. 131)**

Para Bachelard (1977, p.30): "O conhecimento científico será um suporte muito mais rigoroso e diferente do que qualquer sensação imediata; o conhecimento científico terá uma força de designação muito maior que qualquer requinte sensível".

Apesar de extenso, acredita-se importante transcrever um trecho de Bachelard (1977), em virtude da proximidade com este projeto, relacionado ao inter-racionalismo, e à formação de sistemas de conceitos organizados, ao paralelismo das idéias anteriores:

unesp

> **"Como observa George Urbain: "toda história da química, fora descobertas que ela deve ao progresso de suas técnicas, é dominada pelo irritante conflito positivo com o especulativo". Esse conflito irritante é a própria dialética. O mestre contribui com idéias especulativas que vão além das experiências. Por exemplo, ele explica as franjas de difração de Fresnel por vibrações; o estável, o móvel, e descreve dinamicamente um fenômeno imóvel. Ele introduz mais pensamento do que comportam as abordagens imediatas da experiência, apresentando precisamente um pensamento mais comprometido que o pensamento empírico, que o pensamento positivista. Por conseguinte, haverá inversão das determinações. Será, por exemplo, pela largura das franjas que se determinará com rigor a sua cor. Assim, facilmente se irritará o empirista, ou simplesmente o filósofo que acredite estar enfronhado na percepção da cor, dizendo-lhe que o rigor extremo é, no caso, o apanágio da teoria. O empirista não foi induzido imediatamente, não vivenciou em profundidade esse maravilhoso matiz do verde que o sal de cobre produz quando submetido à chama incolor do bico de Bunsen. Também o aluno, como o filósofo, ficava maravilhado. É-lhes necessário despertar desse hipnotismo do primeiro momento e descobrir provas estáveis da objetividade da cor, além da subjetividade da impressão imediata". (BACHELARD, 1977, p. 29-30)**

O acesso à realidade da análise espectral, que culmina no atomismo espectral, carece da zona empírica se considerar as generalizações instrumentalizadas na história, sobre isso afirma Bachelard (1977):

> **"A experiência associada a pontos de vista teóricos nada tem em comum com a pesquisa ocasional, com essas experiências "para ver" que não têm lugar algum nas ciências bem constituídas como o são hoje a física e a Química; nas ciências, também, em que o instrumento é o mediador necessário para estudar um fenômeno verdadeiramente instrumentado, designado como objeto de uma fenomenotécnica". (p. 9)**

Se se considerar que: "Descobrir é a única maneira ativa de conhecer, fazer com que se descubra é o único método de ensinar" (Bachelard, 1977, p. 49), o diálogo entre o experimentador dotado de instrumentos rigorosos e o matemático que ambiciona informar de perto a experiência, a física determina uma mentalidade *abstrato-concreta* como notável síntese, sendo um verdadeiro campo de pensamento que se especializa em matemática e na experimentação, ganhando, segundo ele, um máximo de vigor na conjunção de ambas.



3.1. A noção de perfil epistemológico de Bachelard

Assim ele se expressa:

> **"As diferentes maneiras de se conceituar a realidade em termos científicos, ainda que formuladas em termos de sistemas filosóficos de pensamentos, essas idéias podem nos ajudar a desenvolver um modelo de ensino baseado na explicitação das idéias dos estudantes, que tente resolver algumas das inconsistências levantadas com relação aos outros modelos e estratégias" (MORTIMER, 2000).**

Mortimer (1988, 1994, 2000) afirma ser possível que cada indivíduo trace seu perfil epistemológico para cada conceito científico. Cada zona do perfil é relacionada com uma perspectiva filosófica específica, baseada em compromissos epistemológicos distintos. Cada parte do perfil pode ser relacionada, portanto, com uma forma de pensar e com um certo domínio ou contexto a que essa forma se aplica.

Gaston Bachelard (1977) em **A filosofia do não,** de acordo com MORTIMER (2000), afirma:

> **"Ser possível que cada indivíduo trace seu perfil epistemológico para cada conceito científico. Esse perfil se baseia nas várias correntes filosóficas das ciências da natureza. O autor defende que uma única corrente filosófica é incapaz de dar conta de todas as determinações que existem em relação a um conceito particular. Para explicar a amplitude de um conceito e sua evolução na história das ciências, é necessário descrevê-lo em relação a cada um dos cortes desse perfil, sendo importante ressaltar que Bachelard propõe o conceito de perfil epistemológico em termos de uma psicanálise individual, ou seja, esse perfil varia de indivíduo para indivíduo, em função do seu nível de conhecimento e de sua experiência em determinada área do conhecimento". (BACHELARD (1977) In: MORTIMER, 2000, p.72-73)**

O perfil epistemológico da noção pessoal de energia de Bachelard, apresenta uma grande coincidência esperada, para as diferentes zonas de um perfil do atomismo espectral e da construção do perfil epistemológico de Pinto e Zanetic (1999).

O realismo ingênuo da noção de luz, não permite tratar a luz como algo palpável, com massa, como resultado de um movimento oscilatório no interior de um filamento, como uma realidade de decomposição espectral.

O realismo ingênuo está impregnado de senso comum, e uma noção realista atribui massa apenas àquilo que é pesado. A noção de massa corresponde, então "a uma

apreciação quantitativa grosseira e como que ávida de realidade. Aprecia-se a massa pela vista", (Bachelard, 1977, p. 22, Bachelard, 1984 in Mortimer, 2000), que se concretiza no desejo de comer. O fruto maior para uma criança é o melhor, e, portanto, tem mais massa (Pinto e Zanetic, 1999).

Mortimer (1988, 2000) extrapola a noção de perfil epistemológico para a análise do conteúdo químico, em função de uma situação de ensino e aprendizagem. Segundo Mortimer (id) a aplicação desse perfil ao conteúdo químico, permite traçar uma linha evolutiva de cada conceito em relação à história da ciência e em relação à estrutura cognitiva do aprendiz. Essas duas linhas não têm que ser necessariamente paralelas, o que nos obrigaria a defender que a melhor estratégia para se ensinar determinado conceito seria refazer o caminho que os cientistas percorreram para chegar a ele, o que, no entanto, pode até ser verdade para alguns.

O conceito de massa pode ser então tomado como exemplo em sua transformação ascendendo a zonas racionalistas na história da ciência:

> **"A exemplo do conceito de massa segundo uma visão realista (o que é pesado), segundo uma visão empirista (determinação objetiva e precisa com o uso de uma balança). O racionalismo moderno faz com que as noções se tornem mais complexas. A noção de massa, que era uma função simples, vai se tornar complexa, dependente de uma série de outras noções. Com efeito, a relatividade descobre que a massa, outrora definida como independente da velocidade, como absoluta no tempo e no espaço, como base de um sistema de unidades absolutas, é uma função complicada da velocidade. A massa de um objeto é, pois relativa ao deslocamento desse objeto (...) Também é falha de significado a noção de massa absoluta (...) Mais uma complicação nocional: na física relativística, a noção de massa já não é heterogênea à energia. Em suma, a noção simples dá lugar a uma noção complexa, sem declinar o seu papel de elemento. A massa permanece uma noção de base e esta noção complexa se pode simplificar. Simplifica-se na aplicação pelo abandono de determinadas sutilezas, pela eliminação de determinadas variações delicadas. Mas fora o problema da aplicação, e conseqüentemente ao nível das construções racionais *a priori*, o número de funções internas da noção multiplica-se" (BACHELARD (1977) In: MORTIMER. 2000, pp.73-75).**

A aplicação deste perfil aos conteúdos químicos é citado pelo autor, em sua aplicação em situações de planejamento de atividades no ambiente escolar, a sala de aula:

> **"Ao pensar o processo de ensino e aprendizagem de uma determinada disciplina, a parte realista do espectro é fundamental, pois o aluno possui uma série de conceitos espontâneos realistas que vão ser**

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

> **importantes para a aquisição dos conceitos num nível científico. A exemplo, a noção de átomo nasce na química já como uma noção racional, e seu maior problema, inicialmente, foi justamente a falta de uma prova empírica, positiva, o que levou muitos químicos a relutarem em aceitá-la desde o início. A percepção dessa evolução dos conceitos químicos pode contribuir para que o aluno compreenda como se dá a produção do conhecimento em química, percebendo, inclusive, as rupturas que existem entre a química clássica e a química moderna, e como noções simples se tornaram complexas".(MORTIMER. 2000, p. 73-75)**

Ao se refletir os procedimentos dos sujeitos sobre um objeto - a exemplo de uma lâmpada fora do alcance de uma criança, que a quer possuir, tocá-la, experimentá-la não enquanto lâmpada, mas como fonte de iluminação ambiente, sem existência fora do contexto do interruptor na posição ligado – indaga-se que tipo de epistemologia a respeito de luz e cores constrói os sujeitos, do imediato da experiência a um sistema complexo de generalizações, quando impossibilitados de atuação sobre o objeto.

A apreciação da massa pela vista deve ter um correspondente de luz e cores, que também deve se concretizar em algum desejo. Se o fruto maior para uma criança é o melhor por ter mais massa (Pinto e Zanetic, 1999), a subjetividade de noções cotidianas e os modelos dos estudantes em luz e cores, suas formas de atuação a exemplo do manuseio de um CD, descortinam a possibilidade de se refletir sobre este universo de atuação a partir da noção de perfil epistemológico em confronto com as implicações dos fatos novos, espectroscópicos, sobre o perfil conceitual de nossos estudantes e professores e o de nós mesmos, enquanto parte de uma relação dialógica na construção do conhecimento físico.

A noção de perfil conceitual no lugar de perfil epistemológico tem para Mortimer (2000, p.78) o propósito de introduzir algumas características ao perfil que não estão presentes na visão filosófica de Bachelard. Tais propósitos têm como base a intenção de se construir um modelo para descrever a evolução das idéias, tanto no espaço social da sala de aula como nos indivíduos, como conseqüência do processo de ensino. Como característica comum entre a noção de perfil conceitual e a de perfil epistemológico, cita o autor a hierarquia entre as diferentes zonas, cada qual caracterizada por conter categorias de análise com poder explanatório maior que as anteriores. Dos elementos adicionados à noção bachelardiana, o primeiro é a distinção entre características ontológicas e epistemológicas de cada zona do perfil. Apesar de lidar com o mesmo conceito, cada zona do perfil poderá ser não só epistemológica como também ontologicamente diferente das outras, já que essas duas características do conceito podem mudar à medida que se move através do perfil.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

A noção de perfil conceitual engloba uma série de restrições ao modelo de mudança conceitual. Provavelmente, a grande maioria dos educadores, senão todos, já deve ter se deparado com situações que realcem o ponto de vista teórico desta noção em seu cotidiano de sala de aula, na linguagem, nas dificuldades de construção de determinados pontos de vista, em suas relações entre o observado na atividade e a comunicação teórica do observado pelos estudantes. Isto pode significar menos a busca da resposta racional e mais a necessidade do outro em seu contexto sócio-histórico-cultural, um desenvolvimento proximal de (re) elaborações na relação do desenvolvimento em sala de aula de determinado conteúdo. Estes fatos ressaltam a importância do conceito de perfil em vez de mudança conceitual. Desde este ponto de vista, os procedimentos na resolução de determinado problema sob o conceito de desenvolvimento proximal no processo de ensino-aprendizagem desempenham um papel importante no acompanhamento do desenvolvimento do conhecimento em sala de aula, sendo a linguagem uma ferramenta importante de análise.

O quadro a seguir procura ilustrar a aplicação da noção de perfil epistemológico, à noção de massa Bachelard (1972), (Mortimer, 1988, 1995, 2000 e Pinto e Zanetic, 1999) e Pinto e Zanetic (1999) com relação à natureza da luz.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

A NOÇÃO DE PERFIL EPISTEMOLÓGICO

MASSA[15]	NATUREZA DA LUZ[16]

RACIONAL

ULTRA-RACIONALISMO - NOVO CIENTÍFICO

DIALÉTICA – DIRAC

RELATIVIDADE – EINSTEIN

DUALIDADE ONDA PARTÍCULA

RACIONALISMO - CIENTÍFICO

DINÂMICA: NEWTON

PARTÍCULA: NEWTON

ONDA: HUYGHENS

REAL

REALISMO PRÉ-CIENTÍFICO

POSITIVISMO

USO DA BALANÇA

FEIXE

LUZ COMO OBJETO

ANIMISMO

APRECIAÇÃO GROSSEIRA

AVIDEZ

PROPRIEDADE DOS OLHOS:

QUIDS

---

[15] MORTIMER, 1988, 1995, 2000.
[16] PINTO e ZANETIC, 1999.

"O mundo real não é um contexto fixo, não é só nem principalmente o universo físico. O mundo que rodeia o desenvolvimento do aluno é hoje, mais do que nunca, uma clara construção social onde as pessoas, objetos, espaços e criações culturais, políticas ou sociais adquirem um sentido peculiar, em virtude das coordenadas sociais e históricas que determinam sua configuração. Há múltiplas realidades como há múltiplas formas de viver e dar sentido à vida".

(SACRISTÁN, 1994 APUD DAYREL, 1996:141)

4. METODOLOGIA, INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS E OS DADOS DA PESQUISA

4.1 Caracterização das amostras e metodologia de coleta dos dados

Este trabalho foi desenvolvido com professores da região Norte do Estado de Mato Grosso, estudantes da região Noroeste do Estado de Mato Grosso na cidade de Araputanga e estudantes da Cidade de São Carlos, estado de São Paulo.

Os professores (33) ministram aulas de ciências em diferentes cidades da região norte do estado de Mato Grosso – Colíder, Guarantã do Norte e Terra Nova. O estado de Mato Grosso em virtude de intenso movimento migratório, sobretudo na década de 1970, incentivado pela busca de terras, possui um grande número de professores que, em serviço, participam de programas de formação de professores em cursos de licenciaturas plenas - em Matemática, Ciências Biológicas, Letras, Pedagogia, História e Geografia - realizados pela Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT. Estes cursos estão distribuídos pelo estado em programas denominados de Modalidades Diferenciadas em relação aos cursos regulares da universidade do estado. Em geral, possuem o curso de magistério mas trabalham de 5 a 8 e, dependendo do local onde residem, desempenham suas atividades no ensino médio.

A tomada de dados da amostra de professores foi realizada no decorrer de um mini-curso com objetivo de construir atividades para o ensino de ciências, durante uma semana no mês de maio de 2001. Os professores responderam os testes de lápis e papel.

A cidade de Araputanga está situada na região Noroeste do estado de Mato Grosso. Atualmente, a cidade possui um núcleo pedagógico da Universidade do Estado de Mato Grosso, com três cursos de formação de professores, em serviço, nas áreas de Matemática, Pedagogia e Ciências Biológicas. O município não possui professor licenciado em física e química, ficando a cargo de professores não formados na área, o desenvolvimento das aulas de física e química, quer nas escolas estaduais, quer na única escola privada com ensino médio na cidade.

Os estudantes do ensino médio que participaram da pesquisa na cidade de Araputanga são da escola privada, a escola Padre José de Anchieta. Esta unidade privada de ensino desenvolve suas atividades de modo modular, com material didático do Grupo Positivo do estado do Paraná. As atividades foram desenvolvidas com dois grupos: um de estudantes do 1° ano e outro de estudantes do 3° ano do ensino médio com os quais foram feitas tomadas

de concepções prévias e desenvolvimento de atividades empíricas, durante os meses de agosto e setembro de 2000.

Os estudantes do ensino fundamental de Araputanga que participaram da pesquisa são da Escola Estadual de Ensino Fundamental "Dr. Joaquim Augusto da Costa Marques". Foram realizadas entrevistas com grupos de dois estudantes da Escola na faixa etária entre 11 e 14 anos. A primeira entrevista, com os estudantes de 5ª e 6ª série Jr (10 anos) e Br (10 anos) e, a segunda com dois estudantes de 8ª série. Tais entrevistas envolviam uma tomada de concepções prévias de seus modelos de luz e cores. A este grupo não foram aplicados os questionários. As entrevistas foram registradas em caderno de campo e transcritas conforme apresentação posterior.

Os estudantes de cidade de São Carlos, estado de São Paulo, pertencem ao Colégio Cidade de São Carlos, uma unidade de ensino privado. Cursavam na época 1º Bimestre do 1º ano do ensino médio. Os estudantes foram acompanhados pelo professor de química da escola que, na época, desenvolvia como conteúdo noções de atomística. A esses estudantes foram aplicados os testes de lápis e papel e atividades empíricas. As atividades empíricas foram realizadas em dois ambientes. O primeiro ambiente, uma sala previamente escurecida, possuía lâmpada de filamento incandescente, lâmpada de vapor de mercúrio e lâmpada ultravioleta para observações, em comparação, dos espectros dessas fontes. No segundo ambiente, o laboratório de química do Centro de Divulgação Científica e Cultural – CDCC – da Universidade de São Paulo – Campi de São Carlos, foi desenvolvida a observação espectroscópica da chama resultante da queima de gás liquefeito de petróleo (GLP) em suas diferentes colorações adquiridas por elas, quando da adição de um sal nestas.

A abordagem metodológica adotada envolve elementos de pesquisa qualitativa em amostras sob comparação de concepções de professores e estudantes do ensino fundamental e médio, tomando-se por base suas respostas a testes de lápis e papel seguidos por diálogos envolvendo situações empíricas. As atividades foram desenvolvidas em duas sessões, de três horas cada, no segundo semestre de 2000.

Os testes de lápis e papel foram elaborados com questões para a tomada de concepções prévias sobre luz, cores, interação luz-matéria condensada, espectros em prisma e rede de difração de disco compacto e as atividades empíricas envolviam observações em espectroscópios e espectrômetro construídos com dois tipos de redes de difração confeccionadas com base na propriedade de difração de discos compactos (figura 9).

Os testes com questões abertas a serem respondidas pelos professores e estudantes, deveriam ser respondidos individualmente. Entretanto, encontramos respostas

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

iguais entre os estudantes, pelo fato de haverem estabelecido comunicação entre si, principalmente aos pares, dialogando suas opiniões a respeito de suas interpretações.

As questões dos testes envolviam uma tomada de concepções prévias a respeito da interpretação da afirmação devida ao professor Mário Schemberg de que "A luz é a forma informe que informa a matéria informe", de explicações envolvendo as diferentes cores dos objetos, do fenômeno da dispersão de radiação por meio de um prisma, do efeito das cores nos discos compactos, da idéia das diferentes cores e suas causas - no efeito manifestado pelo prisma, nos objetos coloridos, no efeito observado nos discos compactos, dos significados da representação de um modelo por uma figura, e a respeito do entendimento do comportamento dos sujeitos diante do objeto, no caso o televisor, em busca de entender se os sujeitos constroem significados que relacionam seus conhecimentos de atomística com princípios de funcionamento do aparelho.

Os dados relativos aos questionários foram submetidos à leitura e analisados conforme critério de semelhança das respostas. Em cada uma das diferentes amostras, posteriormente à aplicação dos questionários, discussões na forma de debates eram mediadas pelo professor-pesquisador. Os dados eram registrados em caderno de campo[1] e analisados para; posteriormente, serem usados em situação de sala de aula, em sessão posterior, quando eram apresentados aos espectroscópios, sendo registradas suas observações e indagações a respeito dos diferentes tipos de espectros. A atividade de observação espectroscópica envolveu basicamente duas situações: a primeira, levando-se em conta o manuseio de discos compactos, na qual a seleção de cores era o foco de investigação e, a segunda, as observações das cores de chama por sais vaporizados em chama de bico de Bunsen ou lamparina a álcool. A atividade das chamas ficou restrita a duas das amostras pesquisadas: os estudantes do 1º ano do ensino médio do Colégio São Carlos – SP e os estudantes do ensino médio – 3º ano da escola Padre José de Anchieta da cidade de Araputanga – MT.

---

[1] Metodologicamente a não disponibilidade de gravações nos fez perder informações que poderiam melhor subsidiar a análise dos diferentes discursos ao tempo das observações espectroscópicas. O registro manual se faz precário. Nas entrevistas, com pares de estudantes o olhar do pesquisador costuma se dirigir para o que fala mais, para aquele(s) que insistem mais, o que nos faz perder dados de outros, que poderiam ser relevantes para análise do processo de conhecimento dos que se calaram.

O ponto mais importante que deveria ser atingido, enquanto objetivo, era o da possibilidade de dialogar os diferentes fenômenos associados às cores e a relação entre a natureza destas e o elétron. Em face à complexidade de se estabelecer uma relação direta entre propriedades das radiações eletromagnéticas – cor e comprimento de onda, freqüência, comprimento de onda e velocidade, fez-se uso da espectroscopia química ou análise de chama de sais vaporizados nesta como uma das situações observáveis, que, em conjunto com observações de diferentes fontes de emissão de espectros discretos e contínuos, pudessem se constituir em situações desencadeadoras, a partir das quais se supunha que um processo de enculturação – 'aprender mecânica quântica para quem tem uma visão clássica do mundo tem essa mesma característica de um processo de enculturação' (MORTIMER, 2000, p. 65) - pudesse ser posto em movimento.

4.2. Descrição do Espectroscópio e do Espectrômetro

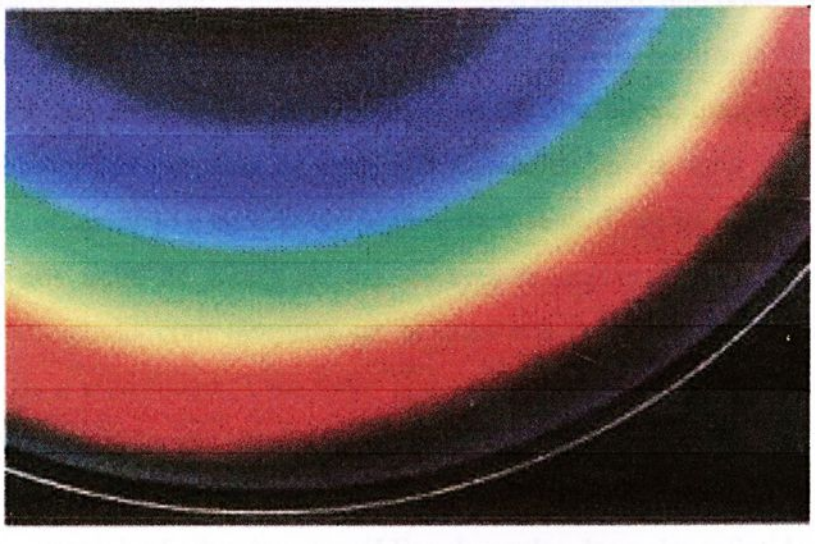


Figura 7: Os sulcos na superfície de um disco compacto – vídeo e ou áudio - podem produzir efeitos de difração. Como o ângulo sob o qual a banda de difração ocorre depende do comprimento de onda luminosa em questão, a luz pode ser decomposta pela superfície do disco em suas cores constituintes, dando origem a faixas coloridas.

O primeiro, um espectroscópio de reflexão, com rede de difração móvel que possibilita a seleção angular das linhas de difração, confeccionado conforme descrito em artigo de Garcia e Kalinovski (1994) ilustrado na Figura 8.

unesp

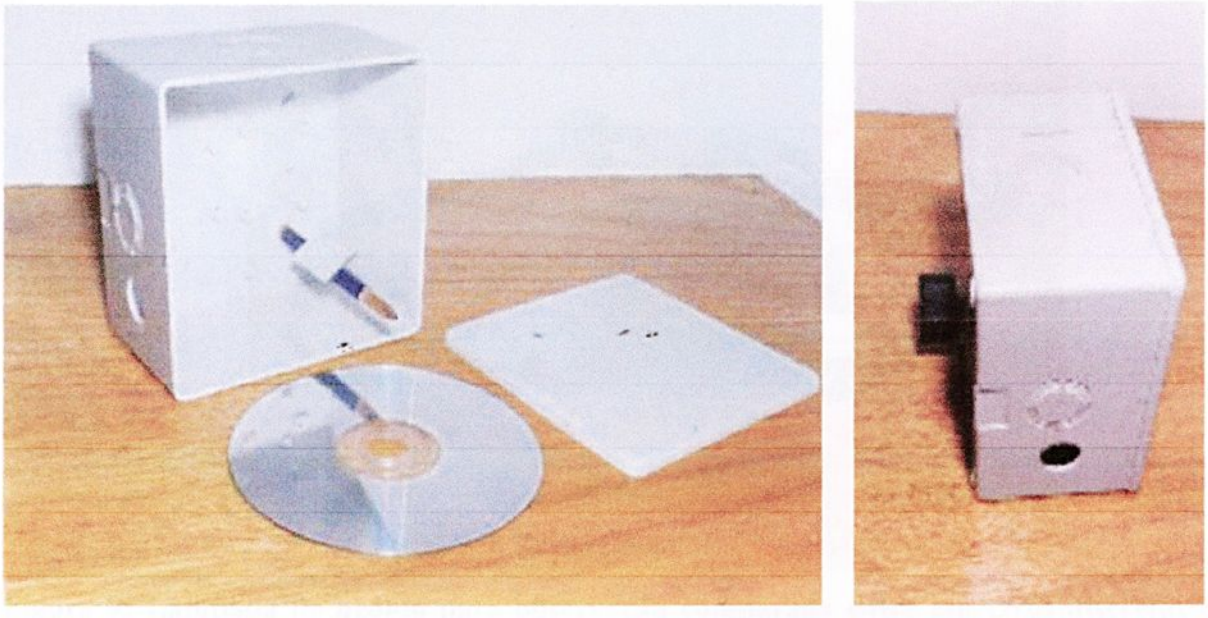


Figura 8: Vista do interior, à esquerda, e vista com destaque para a fenda, orifício ocular e botão para controle angular à direita do espectrômetro.

O material utilizado consiste em um pedaço do disco, que pode ser recortado com tesoura, um lápis previamente desgastado para encaixe da rede recortada, adesivo a base de cianoacrilato (tipo Super-Bond ou outra marca) ou do tipo epóxi, uma caixa de interruptor que pode ser encontrada em casa de materiais eletroeletrônicos, uma furadeira para abrir fenda, orificio de observação e encaixe do suporte da rede de difração.

Um dos tipos de fontes de luz discreta utilizadas é mostrada na figura 9. O instrumento foi montado com lâmpada de neônio, que pode ser encontrada em casa de materiais elétricos e eletrônicos. Esta fonte pode ser conectada a um fio e 'plugs' e ligada diretamente em redes de tensão elétrica de 110 ou 220 Volts. As diferentes fontes utilizadas foram de lâmpadas de filamento, lâmpadas econômicas de vapor de mercúrio, lâmpadas de vapor de sódio e mercúrio de iluminação pública, luz solar, luz solar refletida pela Lua e uma montagem com lâmpada ultravioleta foi utilizada para a amostra da cidade de São Carlos. Para observações dos espectros de sais vaporizados em chama, foram utilizados os sais ilustrados na figura 10.

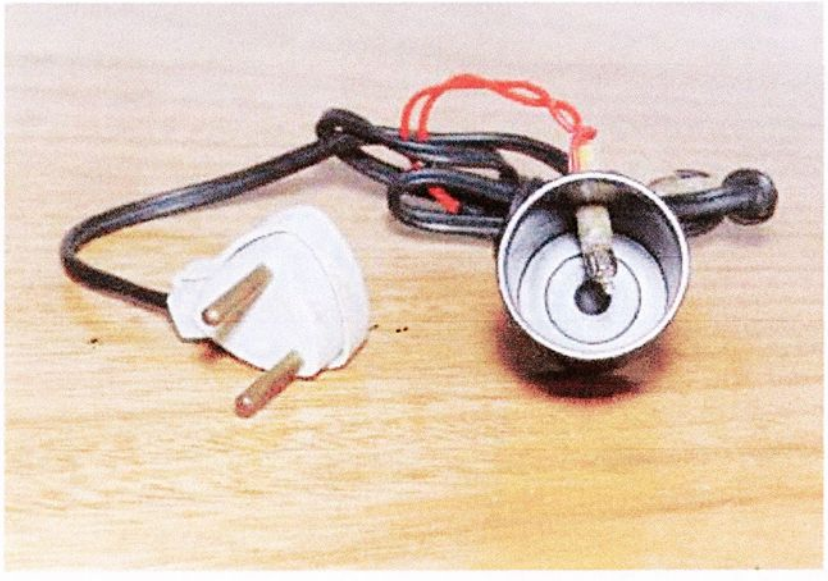


Figura 9: Lâmpada de neônio para observação comparada entre espectros discretos e contínuos.

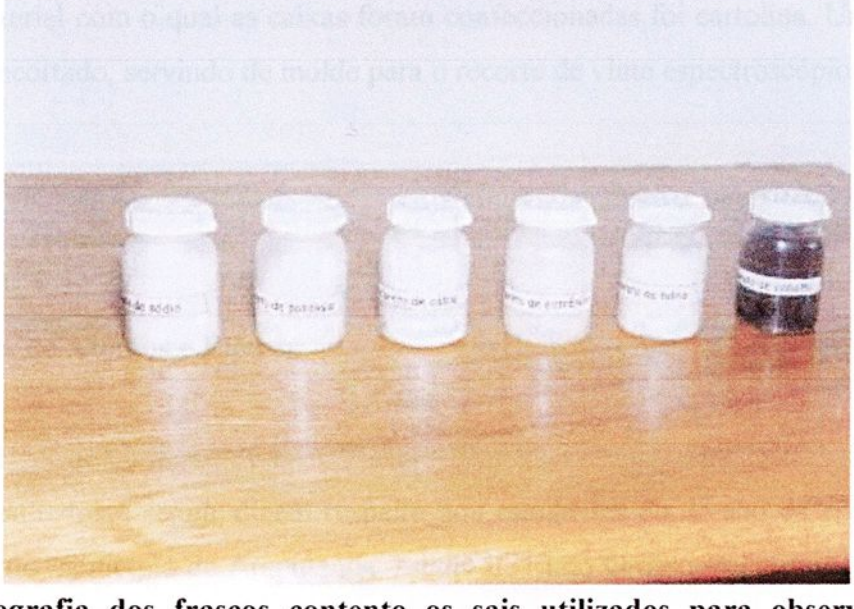


Figura 10: Fotografia dos frascos contento os sais utilizados para observações de espectros de vaporização. Da esquerda para a direita: cloreto de sódio, cloreto de potássio, cloreto de cálcio, cloreto de bário e cloreto de cobalto.

O segundo tipo, de refração, tem como modelo o espectroscópio do projeto "Os Cientistas" – da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), parte integrante do capítulo 26, 1972, contendo experimentos relacionados a Bunsen – intitulado - Identificação de Substâncias pela Chama e Espectroscopia, ilustrado na figura 11. A rede de difração também é de disco compacto sem o recobrimento metálico.

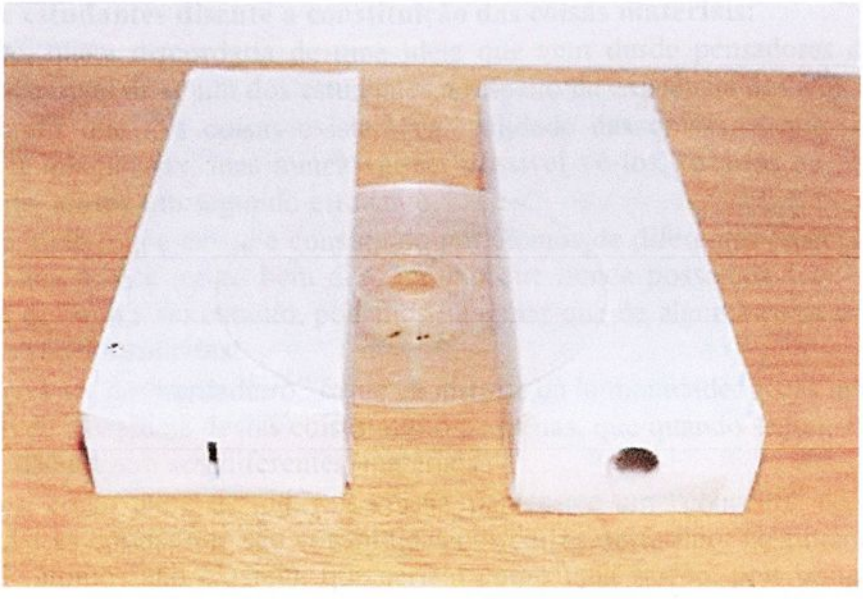


Figura 11: Espectroscópios e disco compacto sem recobrimento metálico. Vista da fenda à esquerda, abertura ocular à direita e rede de difração.

O material com o qual as caixas foram confeccionadas foi cartolina. Um gabarito foi desenhado e recortado, servindo de molde para o recorte de vinte espectroscópios.

4.3. Os dados da pesquisa

4.3.1. Concepções de Átomos e Elétron

4.3.1.1. Diálogo 1

Os resultados a seguir dizem respeito aos estudantes do 3º ano da escola Padre José de Anchieta do município de Araputanga, estado de Mato Grosso. As questões simulam um debate hipotético entre estudantes no qual expressam suas idéias a respeito da constituição dos materiais. Com base neste diálogo, os estudantes da amostra investigada deveriam manifestar suas idéias como se estivessem participando do debate. Ele é transcrito no quadro 1 e as respostas dos estudantes investigados na Tabela 1 em seguida.

Um grupo de estudantes discute a constituição das coisas materiais:

- É evidente, quem discordaria de uma idéia que vem desde pensadores de uma época bem antiga, disse um dos estudantes a respeito da existência dos átomos.
- Posso admitir que tais coisas existam na realidade das coisas, e que somente possam ser imaginadas, mas nunca vai ser possível vê-los, tocá-los ou medí-los diretamente, afirma um segundo estudante.
- É verdade, tudo o que existe é constituído por átomos de diferentes espécies! Esta afirmação me parece muito bem dita, mesmo que nunca possamos "ver" um ou outro tipo de átomo, no entanto, podemos imaginar que de alguma coisa pequena, as grandes são constituídas!
- O que parece ter de "verdadeiro" é que na história da humanidade, pistas indiquem na direção da existência destas coisas muito pequenas, que quando se juntam umas às outras, dão origem aos diferentes materiais.
- Os átomos, como parte de todas as coisas, parece-me um "conceito" necessário para estudar as coisas, que são constituídas por coisas deste tipo: no entanto, ouvi dizer que átomos não existem, que seriam como uma ficção, pois sempre irão existir coisas menores que as menores, e que os átomos de diferentes elementos são, na realidade, um conjunto de algumas coisas menores do que o próprio elemento.

Imagine-se participando deste debate a respeito da existência dos átomos, e expresse sua opinião a respeito:

Quadro 1: Testes aplicados a estudantes da Escola "Padre José de Anchieta, município de Araputanga – MT – Concepções de átomos e elétrons – Diálogo 1.

Estudante	Respostas dos estudantes
Ela	Não respondeu.
Rob	O que eu sei de química é pouco mais, eles estão no caminho certo.
Bru	Não respondeu.
Ren	Os **átomos**, como na química e na física, **podem explicar formas** e as **diferentes moléculas** podem explicar a **formação de calor e de energia a partir dos elétrons.**
Jea	Se tudo o que existe é constituído de uma **matéria**, essa matéria também é constituída de algo, que são os **átomos** e que em **conjunto formam elementos maiores** que eles mesmos.
Hen	A teoria da existência de substâncias menores tem uma certa lógica, só não sabemos se essas substâncias são átomos. Mas, como ainda nós **não temos nenhuma prova**, eu apóio a existência de átomos.
Kla	Eu concordo com a segunda opinião.
Lea	O que é verdadeiro, aliás, é que o **átomo existe** e não é ficção. Se **não fossem os átomos, muitas coisas não poderiam existir**.
Ali	Eu concordo com a existência dos átomos, ou seja, com a teoria da existência do átomo, por menor que eles sejam, pois **é da junção desses átomos** que temos a **composição de diferentes tipos de elementos**, a qual é comprovada por várias teorias.
Grac	Eu acho que **os átomos podem existir e tudo que é feito existe uma reação**. E esse átomo pode estar nela.



Euq	Os **átomos existem**, não é ficção, e **há coisas menores** que os próprios átomos, como os **elétrons**, etc. Acredito que, se não existissem **átomos,** não existiriam muitas coisas para a nossa existência, pois até **na origem dos planetas, os átomos de hidrogênio, hélio e outros** participaram para a **formação do sistema solar**.
Van	Sabe-se que **átomo é a menor partícula, ou era para ser**, mas **há como dividir átomos ($E=mc^2$); então**, o átomo é a menor partícula que pode ficar menor. **Acho que há provas que existam**, pois toda **ciência** tem que ser **prova**da, ou melhor, toda **teoria**. Mas, **se o átomo se divide, então** há outras **estruturas menores** que **o constituem**. **Não sei!** Concluindo: Muitas **coisas não são vistas, mas deve ter comprovada a existência dos átomos**, mas **talvez** não seja a menor, **se** os átomos são constituídos por algo, **esse algo é menor e assim sucessivamente**.
Gla	Os **átomos existem em todas as coisas** do planeta, mas **não tem como falar de sua forma, origem, etc, somente que existem em nosso meio**.

Quadro 2: Seqüência de respostas dos estudantes do 3º ano do ensino médio da escola "Padre José de Anchieta do município de Araputanga, estado de Mato Grosso - Concepções de átomos e elétrons – Diálogo 1.

Dois estudantes não realizaram os testes (Rod e Fab) e dois não responderam à questão (Ela e Bru).

4.3.1.2. O Modelo Planetário

As questões para esta tomada de dados encontram-se no Quadro 2 a seguir. Os testes buscam, no contexto do atomismo de Rutherford-Bohr, investigar suas noções com respeito ao processo de descoberta e caracterização do 'elétron" e a necessidade da elaboração de modelos. As respostas aos testes foram organizadas na forma de tabela na mesma seqüência das perguntas. Para cada estudante ou professor, o conjunto de respostas pode ser lido horizontalmente. Os grupos que participaram destes testes foram os estudantes (13) do Colégio Padre José de Anchieta, com os resultados apresentados na tabela 2 e os professores (24) da Região Norte do estado de Mato Grosso, com os resultados apresentados na tabela 3.

"Em muitos livros textos há uma figura, como a seguinte, na qual se diz que os elétrons estão em órbita em torno (ao redor) do núcleo do átomo. Um livro texto de física diz que J.J.Thomson descobriu o elétron em 1895".



Figura 1

1. Um estudante, lendo o texto, comenta que J.J.Thomson inventou o elétron; um outro diz que ele jamais poderia ter inventado coisa alguma, pois se existisse, já estaria ali e portanto, não poderia haver sido inventado.

- O que você pensa a respeito disso?
- Você concorda com isso?
- Por que o estudante deve ou não abrir mão de que o elétron foi inventado e não descoberto?

2. "Pessoas disseram, um dia que a estrutura do átomo seria similar à estrutura do sistema solar, isto é, os planetas em órbita em torno do sol".

- Você concorda com isto? Esclareça sua resposta.

Quadro 3: Testes investigando o Modelo Planetário.

Os quadros 4 e 5 a seguir apresentam as seqüências de respostas dos estudantes do 3º ano do ensino médio da Escola "Padre José de Anchieta", município de Araputanga, Estado de Mato Grosso - Investigando o Modelo Planetário (quadro 4) e a Seqüência de respostas dos professores de ciências da Região Norte do estado de Mato Grosso - Investigando o Modelo Planetário (quadro 5).

Estudante (quadro 4)	**"Em muitos livros textos, há uma figura como a seguinte, na qual o elétron é dito estar em órbita em torno (ao redor) do núcleo do átomo. Um livro texto de física diz que J.J. Thomson descobriu o elétron em 1895".** **Um estudante, lendo o texto, comenta que J.J. Thomson inventou o elétron; um outro, diz que ele jamais poderia ter inventado coisa alguma, pois, se existisse, já estaria ali e, portanto, não poderia haver sido inventado.** **O que você pensa a respeito disso?**	**Você concorda com isto? Justifique sua resposta.**	**Por que o estudante deve ou não abrir mão de que o elétron foi inventado e não descoberto ?**	**"Pessoas disseram, um dia que a estrutura do átomo seria similar com a estrutura do sistema solar, isto é, os planetas em órbita em torno do sol".** **Você concorda com isto? Esclareça sua resposta.**
Ela	Os **elétrons são os básicos em química.**	Eu acho que ele nem inventou e **descobriu através de instrumento**.	Ele **foi criado pelo homem** e por isso **deve ser compreendido e entendido** pelos alunos **a fim de ser trabalhado na aula de química**.	**Sim**. Pode ser um pouco estranho, pois o sistema solar seria um pouco diferentes entre eles.
Rob	Eu penso que **já deveria existir esse fenômeno,** ele simplesmente deu o nome.	**Sim**. Porque ele **deu o nome ao fenômeno** um pequeno alicerce e com isso descobriram mais coisas sobre o elétron	Falo que **foi descoberto**.	Eu estou no meio, não sei se vou ou se fico, pois não **sei se o que eles estão discutindo é verdade ou não.**
Bru	**Concordo** com o estudante porque **na minha opinião o elétron já estava ali.**	**Sim.** Porque **já havia o elétron** e o J.J. Thomson **não inventou e sim descobriu.**	Porque **existia uma molécula a mais em sua observação e decidiu inventar** um nome para a nova molécula.	Sim. Porque como diz o texto **há elementos menores e elementos menores ainda** dos que já são conhecidos e **por isso devem estar colocados com uma estrutura similar do sistema solar.**
Ren	Este deveria ser muito sábio, como hoje, antigamente não existia tanta tecnologia, **não seria uma invenção**, mas **apenas uma teoria que hoje é aprovada.**	Como **muitas coisas foram inventadas, mas muitas delas caíram por terra** e foram em cima delas levantadas outras que teriam lógicas. E hoje **vimos a lógica e a teoria de J.J. Thomson sobre átomos e elétron hoje poderem ser**	**Ele teria imaginado** como uma coisa aconteceria; **levantou tema, tese**, e hoje como sendo aprovado foi descoberto.	Todos os planetas giram em torno do sol, mas possuem uma órbita e devido à gravidade "a terra possui um imã que como os metros são atraídos devido a gravidade. E **os átomos seriam difíceis de se ver ou quase impossível de ser visualizados.**

		aprovados.		
Jea	**O elétron não foi inventado**, apenas foi estudado e divulgado, **porque até então não se conhecia nada sobre os átomos, muito menos dos elétrons**.	Concordo com o 2ª estudante, porque se o átomo existe, é claro que ele é constituído por elementos menores que ele, por isso **estudando-se o átomo pode-se observar a sua constituição**.	Ele **não foi inventado, porque faz parte da constituição de um átomo** e assim como o próton ele é responsável carga elétrica do átomo.	**Sim**. Pois os elementos de um átomo giram em torno de um núcleo. Assim como a terra que gira, justamente com outros planetas ao redor do núcleo do sistema solar (o sol).
Hen	**Através de estudos** feitos sobre isso **é possível se ter uma noção de como ser um átomo**, mas não temos certeza disso.	Não certamente, pois ele poderia ter encontrado uma coisa semelhante com a idéia dele e portanto ele se baseia em idéias lógicas e surge daí essas substâncias chamadas átomos.	Porque **não temos provas que nos mostram a verdade bem clara, possuímos apenas teorias**.	**Não** porque se isso fosse verdade eles teriam que mostrar algumas coisas que comprovem, pois **nós acreditamos no que vemos, desde quando eu ver uma estrutura atômica eu passarei a crer**. Quem sabe, nós "a terra" o planeta, constituímos um elétron que forma o universo.
Kla	Na minha opinião, **ele não descobriu e nem inventou.**	Não concordo. **Ninguém nunca viu, ninguém prova que isso é um elétron,** ninguém sabe se o nome disso é, realmente, elétron. Esse foi um nome inventado por ele, as formas foram inventadas por ele. **Ele pode ter visto um tipo de reação e imaginando que aquilo seria um elétron**.	Porque não estava ali com o nome de elétron, um cara foi lá e colocou esse nome. **Inventou esse nome.**	**Sim**, como no sistema solar, segundo estudos, os elétrons estão sempre envolvendo um núcleo. E esses elétrons estão sempre em modificação, e em uma movimentação constante dentro de um átomo.
Lea	O Senhor J.J.Thomson (ele) **descobriu e deu o nome de elétron**, não temos como criar algo que já existe.	NÃO RESPONDEU	**O que o estudante deve saber é o que é elétron, e não se ele foi inventado ou descoberto**, mas é sempre bom discutir sobre o que você pensa sobre o assunto, para que possa aprender mais.	**Sim,** porque sempre ira haver coisas menores que as menores, e o átomo pode ser similar à estrutura do sistema solar.
Ali	**Não acho que ele inventou**, e sim que, **através de vários experimentos, pesquisas e estudos** ele possa ter chegado a uma conclusão do que seria realmente um elétron.	NÃO RESPONDEU	Talvez porque não tenhamos provas concretas sobre o assunto, **não sabemos se realmente ele foi inventado ou descoberto**, eu diria que ele **talvez tenha sido descoberto, mas por falta de provas é provável que ele tenha sido inventado.**	**De uma certa forma sim**, pois planetas ficam em órbita com o sistema solar e o mesmo eu acho que aconteceu com a estrutura do átomo, pois, acredito que os elétrons ficam em órbita com o átomo, ou seja em torno de seu núcleo.
Grac	Ele pode ter descoberto uma reação e colocou esse nome de elétron e inventou a teoria e não o elétron. Mas **ninguém pode provar isso**.	Um pouco. **Para uma teoria ser falada ou comentada, algo de importante deve ter descoberto**. Então **não posso falar que ele descobriu o**	**Não, a vida é um mundo de pesquisas e de descobertas e por mais que afirmem que já descobriram um fato, é bom você se aprofundar mais no assunto, e nunca achar que o assunto já está resolvido.**	Eu concordo **sim**. **Como está escrito nos livros**, os elétrons estão envolvidos num centro, ligado a órbita dos planetas, por isso creio que possuem uma estrutura parecida.

		"elétron" ou apenas investiu essa teoria.		
Euq	Assim, através de estudos, conhecimento, **ele conclui que um átomo seria assim,** ele **não descobriu e nem inventou.**	Não respondeu.	**Talvez por termos provas, um conhecimento profundo sobre o assunto, e temos a duvida se ele foi descoberto ou inventado**.	De acordo com o pouco conhecimento de minha parte, há uma certa finalidade, de certo modo, pois, os planetas ficam em órbitas no sistema solar, assim como os elétrons ficam ao redor do núcleo. Do átomo, e isto é se o átomo ou sua estrutura, ser realmente como é apresentado, daí sim podem ser similares os sistemas solares com o átomo.
Van	Ser descoberto talvez seja muito forte, acho que descobrir é **quando não imaginamos existir, quem achou já ambicionava achá-lo, mas inventar não.**	Como foi colocado, **acho que ele descobriu apesar de não estar descoberto (ria se puder) não inventamos algo que exista e eu creio existir.**	**Tudo hoje está muito avançado, e se insistem em afirmar existir é porque há, nunca provaram o contrário, então há até provarem o contrário**.	Mais ou menos: **Acho que tudo tem um centro que atrai para si**, mas pode ser que não, mas concordo.
Gla	Sei lá, mas eu acho que foi descoberto porque, como uma pessoa inventaria uma coisa séria como essa e que, futuramente seria estudada por milhões de pessoas e haveria muitas controvérsias, mas que também, não foi descoberto, ele somente, **com estudos mais aprofundados, decifrou o que era**, mas já sabia de sua existência, porque, como se vai estudar algo e aprofundar mais, sem saber o que é, para que serve, enfim, é uma grande discussão.	Esta questão está encaixada na outra, por isso que ficou um pouco grande.	Não entendi bem, mas vou dar o meu parecer, desde que esteja com dúvida deve debatê-la, mas em cima de uma das duas opiniões, no meu caso eu iria tentar expor que **foi descoberto através de estudos.**	Sim, porque os átomos são o centro e os cátions ficam ao seu redor, deve ser parecido com o sistema solar, **só que isso deve ter um estudo mais aprofundado, que está um pouco longe de acontecer.**

QUADRO 4: Seqüência de respostas dos estudantes do 3º ano do ensino médio da Escola "Padre José de Anchieta", município de Araputanga, Estado de Mato Grosso - Investigando o Modelo Planetário.

PROFESSOR (Quadro 5)	**"Em muitos livros textos, há uma figura como a seguinte, no qual o elétron é dito estar em órbita em torno (ao redor) do núcleo do átomo. Um livro texto de física diz que J.J. Thomson descobriu o elétron em 1895".** **Um estudante, lendo o texto, comenta que J.J. Thomson inventou o elétron, um outro, diz que ele jamais poderia ter inventado coisa alguma, pois se existisse, já estaria ali e, portanto, não poderia haver sido inventado.O que você pensa a respeito disso?**	**Você concorda com isto? Justifique sua resposta.**	**Por que o estudante deve ou não abrir mão de que o elétron foi inventado e não descoberto ?**	**"Pessoas disseram, um dia que a estrutura do átomo seria similar à estrutura do sistema solar, isto é, os planetas em órbita em torno do sol". Você concorda com isto? Esclareça sua resposta.**
1	Penso que ele existe e não foi inventado (se existe algo como estrutura do átomo e se o mesmo se faz nas coisas) o elétron foi descoberto.	Concordo que o elétron existia e que não foi inventado. Como se explicaria a existência do átomo sem a presença de elétron: não existe átomo sem elétrons.	É porque não se deve abrir mão de que foi descoberto, pois o estudante irá fazer quê com a invenção do elétron sem uma estrutura do átomo?	Sim. Pois com a divisão do átomo (núcleo estrutura) ela forma camadas, elétrons...
2	O átomo não foi inventado e sim descoberto.	Sim, porque através desta resposta o estudante tem uma noção do que é inventado e descoberto e, também, da realidade do mundo que os rodeia.	Não deve abrir mão que ele foi descoberto, pois o nome elétron foi inventado para diferenciar uma parte da outra, mas essa "parte" do átomo que recebeu o nome de e já existia e apenas foi classificado.	Sim, pois o átomo é constituído de Nêutrons e Prótons em seu núcleo como se fosse o sol e os elétrons e eletrosferas como se fossem os planetas. Portanto, uma associação de fácil compreensão para todos as demais pessoas.
3	Thomson não inventou o elétron, ele foi descoberto.	Concordo que o elétron foi descoberto, pois existe uma diferencia grande em descobrir e inventar, Thomson conseguiu chegar a um ponto que talvez ninguém ainda havia chegado, do, mesmo modo uma outra pessoa pode ir além do elétron, quem sabe?	Não deve abrir mão de que foi descoberto, pois, o elétron é algo que já existia, e que ele é apenas uma parte a constitui o átomo, não foi uma pessoa que criou um elétron em um laboratório e colocou o ali, apenas através de observação	Sim. Com base nos conhecimentos adquiridos, sempre vejo o átomo com a mesma representação e sempre se faz ligação ao sistema solar, mas isso não significa que esse será um modelo a ser comparado sempre, como o sistema solar pois o mesmo está em constante mudanças, e o estado sobre o átomo é constante, e eu me vejo preparado a aceitar as novas descobertas.

unesp

			Thomson verificou alguma diferença.	
4	Realmente ele não descobriu, ele conclui a existência do átomo.	Concordo com outro estudante; se ele disse que átomo jamais poderia ser inventado, demonstra que há uma dificuldade no que existe e o que é descoberto e do que é criado.	Ele deve abrir mão de que foi inventado porque se foi possível concluir a existência do átomo, logo depois se conclui as partes pelos quais ele era formado, ou seja, a existência do elétron.	Sim. Pelo conhecimento que adquiriu através de conhecimento de cientistas sobre o qual mostram clareza de suas conclusões. Sabendo-se que carga (+) e (-) se atraem, o núcleo do átomo contendo causas positivas e parcial e protegido pelos nêutrons atrai os elétrons e igual número de prótons.
5	Acredito que Thomsou descobriu o elétron. Porque ele imaginou um modelo para explicar a existência de partículas carregadas de eletricidade. Portanto, o elétron não é uma invenção do homem e sim existe por natureza.	Concordo, porque, porque o papel da ciência é justamente explicar fenômenos naturais. Para isto é necessário criar hipóteses e construir modelos, testá-los para verificar teorias. Construindo uma linguagem própria que de significado a existência das coisas	Porque para o estudante essas noções são muito vagas, não podem ser observadas, é um pré-conceito, que depois de uma pesquisa poderá estar provando ou não suas hipóteses.	Não concordo. Apesar de ser um exemplo bastante usado. Os planetas possuem trajetória elíptica e regular, enquanto que os elétrons têm trajetórias elípticas e movimentam-se de forma desordenada.
6	Penso que ele pode tê-lo descoberto e não inventado	Não. Pois os elétrons têm energia elétrica negativa e ele pode ter observado uma matéria que estava com carga elétrica negativa. Ao compará-la com outras observações em que ela estava estável, ele acreditou ter inventado o elétron.	O Estudante só deve abrir mão de um fato ou de outro a partir de que ele tenha tido prova o suficiente que o convencesse que o elétron teria sido inventado ou descoberto.	Porém sua estrutura tem um giro em forma de uma esfera dando uma maior proteção ao núcleo.
7	Qual é a justificativa de J.J. Thomson para dizer que inventou ao invés de descobrir?	Não concordo. Pois se realmente fosse inventado alguma "coisa" ou melhor, fato não seria condizente com as teorias. Hoje já é possível alterar partículas.	Não deve abrir mão da descoberta, porque acho que não seria possível ter inventado algo que é a estrutura de tudo aquilo que ocupa lugar no espaço.	Sim. Os prótons e nêutrons estão no núcleo e os elétrons em órbita circular distribuídos em camadas.
8	O cientista conclui que o átomo possui uma energia ao seu redor, pois surgiu o elétron, que seria partículas carregadas.	Sim, pois ele pesquisou o átomo, e denomina essa carga negativa como elétron.	Os livros afirmam que Thomson descobriu o elétron, porém não mencionam nada a respeito de tê-lo inventado, porem o estudante não deve abrir mão da teoria que parte da descoberta do elétron até que se prove que isso teria sido inventado, pois para todo estudo	Concordo porque é comprovado que o átomo possui núcleo com carga positiva e elétrons soltos a sua volta, idêntico ao sistema solar, levando em conta que os elétrons não poderiam estar juntos com prótons, sendo que o átomo possuía um núcleo e uma eletrosfera.



			é preciso um ponto de partida.	
9	É importante lembrar que é um momento atômico que pode ser modificado a qualquer época; porém, sendo o átomo constituído por estas partículas, ele somente nomeou-as.	Até que se prove o contrário, sim.	Por que algo pré-existente não é descoberto, pode no máximo ser "plagiado".	Parcialmente, tendo em vista que os elétrons giram ao redor do núcleo, porém eles não possuem uma órbita definida, como os planetas.
10	Acredito que ele descobriu o elétron, mas existem outros fenômenos e atividades que podem ser inventados a partir de uma junção de fenômenos e elementos.	Como já disse na questão anterior, podem acontecer invenções a partir do já existente, mas foi a partir do elétron que se inventou a eletricidade. Por isso é complexa a análise sobre invenção.	Ele deve tentar conhecer o científico, não necessariamente abrir mão, mas sim tentar o racional.	Sim, em partes, pois os planetas giram em torno do sol de forma ordenada já os átomos elétrons giram de forma desordenada em volta do núcleo.
11	O pesquisador J.J. Thomson não inventou o elétron. Ele chegou a uma conclusão que as coisas (matérias) possuem elétrons. Na estrutura do átomo, na parte denominada eletrosfera.	Não se concorda com a idéia do estudante. Justifica-se que, se ele J.J. Thomson tivesse inventado o elétron, faria um outro. Ele apenas discutiu ou indagou-se que na parte do átomo possuem partículas ainda menores chamadas elétrons.	O estudante deve abrir mão de que o elétron foi inventado porque as coisas da natureza já existem. Não foi J.J. Thomson quem fez e não foi descoberto porque o cientista, com a discussão epistemológica adquiriu informações que o átomo na sua eletrosfera é constituído de elétron.	Sim, concordo, porque existe um centro (núcleo) o qual comparamos com o sol, e os demais planetas seriam os elétrons que giram em torno do centro (núcleo).
12	Em minha opinião eu acredito que átomo foi inventado e não existia. O homem determinou a estrutura dele, como é sua locomoção.	Eu concordo porque não consegui provar o contrário	Porque sabemos muitos bem que através de pesquisa e muitos estudos se chega a um denominador comum. Sendo assim, foi quando o homem descobriu o conceito do elétron, dando a ele este nome específico. Por isso sabemos que lê foi inventado. E não surgiu naturalmente.	Sim. Diante do enunciado, o que diz a literatura nos demonstra essa afirmação. A estrutura do átomo apresenta os elétrons em órbita na eletrosfera, em torno do núcleo do átomo. Enquanto, os planetas giram em volta (órbita) do sol.
13	Ele descobriu, as palavras usadas fazem a grande diferença.	Pode ser que J.J. Thomson levou os méritos pela descoberta, não sei; e pode ser que vários outros pesquisadores já tenham trabalhado sobre o tema e Thomson com o trabalho em caminho andando levou	Os elétrons são parte de um átomo e os átomos estão presentes em todas os elementos, se ale existe ou existia ele foi descoberto.	Sim, porque os desenhos observados nos esclareceram desta forma que o átomo tem a estrutura do sistema solar, isto é, os planetas em órbita em torno do sol.

		em frente.		
14	Eu concordo com o segundo estudante	Se não me falha memória J.J Thomson (1895) através de experiências e descargas elétricas de gases conseguiu provar a existência do elétron, e afirmou que o átomo é uma bola maciça com elétrons de descarga negativa incrustado na eletrosfera. Seu modelo foi apelidado de "Pudim com Passas".	O estudante não deve abrir mão de que o elétron foi inventado ou descoberto, antes ele deve pesquisar se possível até por fazer experiências; para que por ele próprio chegue á conclusão de que o elétron existe.	Em parte, eu concordava, pois o átomo tem seu núcleo, como sendo o sol, e tem os elétrons como sendo os planetas ao seu redor. Agora penso um pouco diferente pois os elétrons não seguem uma ordem como os planetas ex: nestas linhas os elétrons podem estar em qualquer lugar.
15	J.J. Thomson descobriu a existência dos elétrons. Realmente ele não inventou o elétron.	Sim. Durante suas experiências, Thomson apenas concluiu que existem cargas negativas, ele deu o nome de elétron. Sendo o elétron parte de um átomo, e o átomo que constitui a matéria, sem o elétron não haveria átomo, sem átomo não existiria a matéria.	Se a matéria é composta por átomos e a materia estava aí, antes do homem, em várias formas, J.J. Thomson não poderia realmente ter inventado, mas sim descoberto, mas como eu disse na questão anterior, nada na ciência é imutável, quem sabe, não se descubra que o átomo foi inventado e não descoberto.	O modelo imaginário de Thomson é similar, mas não dá pra se ter uma idéia que satisfaça, tanto é que Rutherford e Bohr aprimoram em seu modelo atômico mostrando, que os elétrons podem se deslocar do seu local de moradia, e ao liberar energia na forma de luz e calor retorna ao seu local original.
16	Eu acho que os elétrons já existiam em alguma parte, ou seja, no universo.	Não porque os elétrons já existiam	Não se inventa o que se já está formado ou concretizado. Pedro Álvares de Cabral não inventou o Brasil, ele descobriu o Brasil e apenas inventou um nome para a porção de terra descoberta.	Concordo, é bastante similar, os elétrons giram em torno do núcleo, apesar de forma desordenada, os planetas em torno do sol, se mantêm em órbita movidos pela mesma força de atração, se o núcleo explode, o que perde.
17	Teve resultado do objeto de pesquisa através do raciocínio a observação e conclusão lógica.	Sim, adquiriu entendimento do que já existia, elaborou conhecimento.	Porque os elétrons estão expostos no meio a questão é apenas trabalha e como trabalhar.	Sim. O núcleo é constituído pelos prótons (cargas positivas) e nêutrons (cargas negativas). O numero de prótons e nêutrons são iguais, quando em estado normal, ou seja, sem o átomo estar eletrizado, por isso, podemos afirmar que as cargas contrárias se atraem e giram. Nesse arranjo dos elétrons (similar aos planetas) girando em torno do núcleo (sistema solar).
18	Concordo, pois nada foi inventado, apenas descoberto.	Ele percebeu a existência de um "ente físico" daí denomina-o de	Porque existia, mas não era reconhecido cientificamente.	Sim. Porque o sol é o centro do universo e os demais planetas giram ao seu redor.

		elétron.		
19	J.J. Thomson utilizando sua atividade intelectual conseguiu perceber a existência do elétron no átomo.	Concordo, por suposição com último estudante. Pois, se o elétron já existia ele não poderia ter sido inventado.	Porque os elétrons já estavam perto do núcleo, e não foi inventado.	Sim, aceito, porque não tenho meios de dizer o contrário.
20	Penso que ele não inventou o elétron, apenas construiu um modelo no qual o representou.	Para que eu concorde ou não teria que ter maior conhecimento. No momento prefiro acreditar que isso é correto. Tenho certeza que temos estrutura muito pequena, mas quanto sua formação no espaço não sei.	J.J. Thomson jamais poderia ter inventado o elétron, porque existem elétrons por toda parte.	Concordo, pelo fato de que esta comparação favoreceu o estudo das relações entre as partes do átomo, ou seja, o sol seria o núcleo que atrai os elétrons que seriam os planetas. Mas não digo que seja exatamente assim.
21	Não li a história do personagem acima; mas acredito na descoberta.	Eu concordo que elétron não foi inventado, e sim descoberto.	Ele não deve abrir mão de que o elétron foi descoberto, pois sempre existiu na natureza.	Sim. O átomo seria a menor partícula da matéria, tendo um núcleo e ao redor deste os elétrons.
22	É muito complexo para eu fazer uma afirmação a respeito da estrutura de um átomo.	Não respondeu	Ele não deve abrir mão de que o elétron foi inventado e não descoberto; porque se o livro texto diz, conforme o enunciado acima, que J.J. Thomson descobriu o elétron então jamais ele poderia ter sido inventado. A não ser que haja um outro livro falando ao contrário.	Com base em livros, sim. Não sei se são realmente similares; mas, são bem parecidas. Isto é baseado em livros; agora, na realidade eu não sei.
23	O elétron é algo muito complicado para dar uma opinião.	Não respondeu	Para compreender o que podemos fazer com eles.	Sim, é bastante similar, pois os elétrons giram em torno do núcleo assim como os planetas giram em torno do sol. Em ambos os casos existe uma força de atração e repulsão.
24	Não respondeu.	Não respondeu	Não deve abrir mão em descobrir que o elétron foi descoberto, pois talvez possamos trabalhar algo mais com ele.	Concordo, pois um átomo é constituído de elétrons ao seu redor, assim como os planetas giram em torno do sol.

QUADRO 5: Seqüência de respostas dos professores de ciências da Região Norte do estado de Mato Grosso - Investigando o Modelo Planetário.

cm 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 unesp 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28

4.3.2. A representação esquemática de um modelo e seus significados

A representação de um modelo por uma figura, que significados tem para os estudantes da escola Padre José de Anchieta e para os professores da Região Norte do Estado de Mato Grosso? A questão do teste encontra-se no quadro 3 a seguir, e as respostas dos estudantes e dos professores encontram-se em seguida.

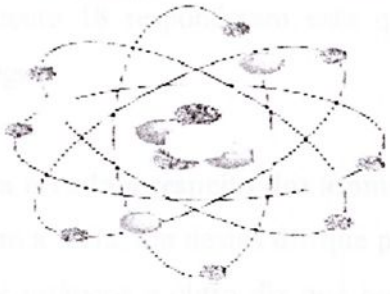


Figura 1

Com relação à figura 1 acima, o que você acha a respeito do debate a seguir:

- **Pode dar às pessoas uma idéia errada a respeito dos átomos.**
- **Pode dar a idéia de que os átomos foram observados exatamente desta forma.**
- **É "como se" fosse um desenho, só isso!**
- **Além de dar uma idéia errada, ser apenas um desenho, como é que foi possível afirmar que o que não pode ser observado possui uma figura assim como um retrato, uma fotografia. Um desenho da imaginação de algum cientista.**
- **É isso, é como se fosse mas não é!**

QUADRO 6: Testes aplicados aos estudantes da Escola Padre José de Anchieta e Professores da Região Norte do Estado de Mato Grosso – A representação esquemática de um modelo e seus significados.

4.3.2.1. A representação dos estudantes da Escola Padre José de Anchieta

Para a estudante – Ela - a figura representa que o cientista tentou passar sobre os átomos algumas informações. Os átomos existem em todos os lugares. Rob e Kla concordam com a idéia de que é como se fosse mas não é; é "como se" fosse um desenho, só isso. Eles não têm certeza de que a estrutura de um átomo é assim. Grac afirma que a figura pode dar a idéia de que os átomos foram observados exatamente desta forma. Se esta figura está ali, é porque algum motivo ela deve ter. Os átomos podem ter outras formas de estudo,

mas essa pode ser a forma mais fácil de entender. Van acha que, através de estudos, essa é a idéia dos átomos. Não se sabe como é Jesus, mas há imagens dele. Ele é assim ou não?

Bru, Ren, Jea, Hen, Lea, Ali, Euq, Gla não responderam e Rod e Fab não participaram destes testes.

4.3.2.2. A Representação dos Professores da Região Norte do Estado de Mato Grosso

Dos 33 professores, somente 18 responderam esta questão. Suas respostas foram agrupadas e são apresentadas a seguir.

►Pode dar às pessoas uma idéia errada a respeito dos átomos.

Três professores concordaram com a idéia; um destes diz que pode dar a impressão de que os átomos são parados e os elétrons estáticos e outro diz que poderá dar uma idéia errada, ao passo que futuramente poderá ser descoberto que o funcionamento no átomo é outro.

►Pode dar a idéia de que os átomos foram observados exatamente desta forma.

Três professores concordam com a idéia; um deles concorda e afirma que pode ser observado de várias formas, e outro afirma que se for por uma pessoa não muito atenta, sem dúvida.

►É "como se" fosse um desenho, só isso!

Três professores concordam; um deles afirma que a figura ilustra uma possível realidade. Dois professores não concordam e justificam que ela é um modelo com representação significativa, um desenho que influencia o modo de pensar das pessoas.

►Além de ela dar uma idéia errada, ser apenas um desenho, como é que foi possível afirmar que o que não pode ser observado possui uma figura assim como um retrato, uma fotografia. Um desenho da imaginação de algum cientista.

Um dos professores afirma que; de fato, é um desenho criado pelo cientista para explicar uma teoria; três respondem somente que concordam e para um outro professor é um desenho tal como se imagina o átomo, que amanhã ou depois poderá ser modificado. O que interessa é que este modelo serviu para que os cientistas descobrissem alguns segredos atômicos.

►É isso, é como se fosse mas não é!



Os seis professores que optaram por esta opinião afirmam que:

- Fica complicado reproduzir um fenômeno tal qual ele acontece, e para isso, os estudiosos tentam encontrar formas o mais possível semelhantes, mas que não são reais.
- A figura pode representar a estrutura de um átomo em semelhança, mas não pode se comparada a todos os átomos. Apenas é um desenho representando partículas do núcleo e eletrosfera com elétron em sua órbita.
- Só pelo fato de ser inventado pelo homem, com certeza, podem ocorrer erros no seu conceito de estrutura. Porque fica difícil fazer uma demonstração precisa do que não se pode ver nem observar. Está mostrando o que não é.
- Exatamente, como na maioria das vezes, precisa-se da materialização ou ilustração de uma idéia para compreendê-la. Foi feito isto com o átomo.
- Talvez.

4.3.3. Comentando os testes – átomos e elétrons

As respostas dos estudantes (12) e professores (24), sobre a idéia de a estrutura do átomo ser similar com a estrutura do sistema solar, isto é, os planetas em órbita em torno do sol, podem ser confrontadas:

Somente dois estudantes não concordam, um estudante diz concordar mais ou menos e os outros 9 concordam.

Entre os professores, um não concorda, dois concordam parcialmente, um concorda com base em livros e 20 concordam. Quantitativamente aproximadamente 80% de ambas as amostras estão em concordância com o modelo do átomo planetário.

CONCORDAM	CONCORDAM PARCIALMENTE	CONCORDA COM BASE EM LIVROS DIDÁTICOS	NÃO CONCORDAM
09 (75%)	01	-	02
20 (83,3%)	02	01	01

TABELA 1: Respostas de estudantes e professores com relação à idéia de a estrutura do átomo ser similar com a estrutura do sistema solar

Encontraram-se, entre os professores (PROF), respostas mais bem elaboradas do que entre as dos estudantes (EST):

(EST): Sim. Pode ser um pouco estranho, pois o sistema solar seria um pouco diferente entre eles.

(EST): Sim, como no sistema solar, segundo estudos, os elétrons estão sempre envolvendo um núcleo. E esses elétrons estão sempre em modificação, e em uma movimentação constante dentro de um átomo.

(EST): De uma certa forma sim, pois os planetas ficam em órbita com o sistema solar e o mesmo eu acho que aconteceu com a estrutura do átomo, pois acredito que os elétrons ficam em órbita com o átomo, ou seja em torno de seu núcleo.

(EST): De acordo com o pouco conhecimento de minha parte, há uma certa finalidade, de certo modo, pois os planetas ficam em órbitas no sistema solar, assim como os elétrons ficam ao redor do núcleo do átomo, isto é, se o átomo ou sua estrutura pode ser realmente como é apresentado, daí sim, podem ser similares os sistemas solares com o átomo.

(EST): Não, porque se isto fosse verdade, eles teriam que mostrar alguma coisa que comprove, pois nós acreditamos no que vemos, desde quando eu ver uma estrutura

atômica eu passarei a crer. Quem sabe nós a "terra" o planeta, constituímos um elétron que forma o universo.

(EST): Eu estou no meio, não sei se vou ou se fico, pois não sei se o que eles estão discutindo é verdade ou não.

Entre os professores (PROF) encontram-se respostas como:

(PROF): Sim. Pois com a divisão do átomo (núcleo e estrutura) formam-se camadas, elétrons...

(PROF): Sim, pois o átomo é constituído de nêutrons e prótons em seu núcleo como se fosse o sol e os elétrons e eletrosferas como se fossem os planetas. Portanto, uma associação de fácil compreensão para todas as demais pessoas.

(PROF): Sim. Com base nos conhecimentos adquiridos, sempre vejo o átomo com a mesma representação e sempre se faz ligação ao sistema solar, mas isso não significa que esse será um modelo a ser comparado sempre, como no sistema solar, pois o mesmo está em constante mudança.

(PROF): Não concordo. Apesar de ser um exemplo bastante usado. Os planetas possuem trajetória elíptica e regular, enquanto que os elétrons têm trajetórias elípticas e se movimentam de forma desordenada.

(PROF): O modelo imaginário de Thomson é similar, mas não dá pra se ter uma idéia que satisfaça, tanto é que Rutherford e Bohr aprimoram seu modelo atômico mostrando que os elétrons podem se deslocar do seu local de moradia, e ao liberar energia na forma de luz e calor, retornam ao seu local original.

(PROF): Com base em livros, sim. Não sei se são realmente similares; mas são bem parecidas. Isto é baseado em livros; agora, na realidade não sei.

Cada uma das seqüências corresponde ao conjunto das respostas das três indagações anteriores para um único estudante (tabela 2) ou professor (tabela 3):

O que os estudantes dizem:

- Concordo com o estudante porque na minha opinião o elétron já estava ali. Porque já havia o elétron e o J.J. Thomson não inventou e sim, descobriu. Porque existia uma molécula a mais em sua observação e decidiu inventar o nome para a nova molécula.
- Eu penso que já deveria existir esse fenômeno, ele apenas deu o nome. Sim. Porque ele deu o nome ao fenômeno, um pequeno alicerce e com isso descobriram mais coisa sobre o elétron.
- Assim, através de estudos, conhecimento, ele conclui que um átomo seria assim, ele não descobriu nem inventou. Talvez por eles não terem prova, um conhecimento profundo sobre o assunto, temos dúvida se ele foi descoberto ou inventado.
- O elétron não foi inventado, apenas foi estudado e divulgado, porque até então, não se conhecia nada sobre os átomos, muito menos dos elétrons.
- Eu penso que já deveria existir esse fenômeno, ele simplesmente deu o nome; acho que ele nem inventou e descobriu através de instrumento; ele foi criado pelo homem e por isso deve ser compreendido e entendido pelos alunos a fim de ser trabalhado na aula de química.

4.3.4. É só ligar

Esta questão deve ser considerada como uma busca de entendimento do comportamento dos sujeitos diante do objeto, no caso o televisor. As perguntas relacionadas a esta questão procuram entender se os sujeitos constroem significados que relacionam seus conhecimentos de atomística com princípios de funcionamento do aparelho.

Questão:

Tendo como base um aparelho de TV ou um monitor de vídeo de qualquer tipo, tente expressar, com uma figura e ou palavras, a descrição que você faz de modelo de estrutura da matéria, a partir do processo que você imagina que deva acontecer para a formação da imagem na tela, tomando por base a sua idéia de existência de átomos e suas estruturas eletrônicas, continuidades e descontinuidades da matéria. **(Uma leitura explicativa, falando dos objetivos dos testes era realizada antes da aplicação dos testes)**

O sentido das palavras 'continuidades' e 'descontinuidades' deveria ser atribuído à propriedade de 'algo', com existência no interior do instrumento e, a partir dele, sua interação com a tela ocorresse formação das imagens.

Entre os estudantes observaram-se, nesta situação, diferenças entre o buscar explicações conscientes para o ato de ligar o aparelho:

- **O aparelho de TV e o monitor de vídeo têm produtos químicos, que podem ser prejudiciais às pessoas;**
- **Devido à agitação das partículas dos átomos existentes na tela dos monitores;**
- **Minha idéia é que as figuras grandes são formadas por pontos que quando se agrupam dão origem à imagem de figuras e etc.;**
- **Eu não tenho idéia de como isso é feito;**
- **Pode-se dizer que a imagem pode ser produzida e retratada através de estruturas formadas por vários pontos;**
- **Não faço a mínima idéia mas sei que é muito legal!!!**

Algumas respostas dos professores incluem:

- Ondas eletromagnéticas que captam as imagens, que o tubo de imagem é constituído por uma tela e que existem canhões que bombardeiam a tela com elétrons propiciando a formação da imagem.

unesp

- Para a discussão sobre a formação de imagem na tela de aparelho eletrônico deve ocorrer estudo que perpassa a física, tais como a óptica, eletricidade, fenômenos ondulatórios e químicos.
- Através de uma corrente elétrica que percorre um aparelho eletrônico. No interior do aparelho tem composição química capaz de receber ondas eletromagnéticas e codificá-las. Sabendo-se que as ondas possuem diferentes comprimentos, depois de serem codificadas são projetadas na tela e transformadas na tela e transformadas em imagem. Para isso, possuem relação de luz com sua velocidade, comprimento de onda e freqüência.

4.3.5. O Dualismo em Schemberg

"A LUZ É A FORMA INFORME QUE INFORMA A MATERIA INFORME"

A tomada de dados relacionada com a visão do professor Mário Schemberg foi feita com três grupos distintos de atores: um grupo de estudantes (13), com idade entre 14 – 15 anos, do 1º ano do ensino médio da cidade de São Carlos, localizada na Região central do estado de São Paulo; um segundo grupo de estudantes (15), com idade entre 16 e 18 anos, do 3º ano do ensino médio da cidade de Araputanga, situada no Noroeste do estado de Mato Grosso; e um grupo de 33[1] professores de ciências da Região Norte do Estado de Mato Grosso, que participaram com respostas a somente um dos itens (quadro 10).

O primeiro teste apresentado no quadro 7 consistiu em questões relacionadas à afirmação do professor Schemberg. As respostas encontram-se agrupadas e dispostas nos quadros 8 e 9 a seguir.

[1] O grupo dos 24 professores corresponde a parte deste grupo, pois, foram os que responderam as questões envolvendo concepções relacionadas a átomos e elétrons.

1. O físico brasileiro Prof. Mário Schemberg (em memória) disse um dia que:

"A luz é a forma informe que informa a matéria informe".

As afirmações a seguir talvez auxiliem suas reflexões:

Forno de micro-ondas e metais não combinam.

Canetas lazer estão proibidas em jogos esportivos.

No verão há muita propaganda de bronzeador.

Há pessoas que fazem bronzeamento artificial.

Em um debate,

O estudante 1 diz que, para o físico, a luz seria como se fosse um meio de comunicação com a matéria;

O estudante 2 concorda com o estudante 1, afirmando que a partir da luz é que é possível ver as coisas;

O estudante 3 diz que a luz seria alguma coisa sem forma, que dava a ele informações sobre os materiais;

O estudante 4 diz não saber se luz e matéria seriam a mesma coisa para o físico;

O estudante 5 diz que, se a matéria é constituída por átomos, então luz, átomos e matéria deveriam ter, para o físico, alguma relação.

E você:

- **Qual a sua interpretação a respeito da afirmação do físico?**
- **O que você acha da afirmação do estudante 3?**
- **De qual dos estudantes sua idéia é mais próxima? Por que?**
- **O que você acha da afirmação do estudante 5?**

QUADRO 7: O Dualismo em Schemberg

ESTUDANTES	A luz é a forma informe que informa a matéria informe Qual a sua interpretação a respeito da afirmação do físico?	O que você acha da afirmação do estudante 3?	De qual dos estudantes sua idéia é mais próxima? Por quê?	O que você acha da afirmação do estudante 5?
Brul	Que a partir da reflexão da luz é possível enxergar cores, formas e objetos.	Não concordo com ele.	Do estudante 2 porque é mais óbvia.	Concordo, deve haver alguma relação.
Luc	A partir da luz é possível ver as coisas.	Eu acho que a luz tem forma, linha reta. Por isso não concordo.	Porque a partir da luz que você pode ver as coisas.	Dever ter...
Jul	Que a luz informa a matéria, ou seja, a partir da luz é que é possível ver as coisas.	Certa, pois ele diz que a luz informa todas as dimensões da matéria.	O estudante dois, porque ele acredita que a partir da luz é que é possível ver as coisas. E eu também concordo com ele.	Certo. Pois se a matéria é constituída por átomos, e é a luz que informa a matéria, todos, com certeza, têm uma relação.
Ann	A luz é uma expressão que nos faz enxergar as outras coisas. É através da luz que vemos tudo que existe, a luz é que nos informa a forma, cor, tamanho. A luz não tem forma.	Acho correta. É a luz que nos informa as dimensões e aspectos da matéria.	A minha idéia é mais próxima dos estudantes 2 e 3, porque a luz é a base da visão dos materiais e também das informações que a mesma nos permite perceber.	Correta. Pois deve haver alguma relação. Se a matéria é constituída por átomos e a luz que informa a matéria, todos com certeza têm uma relação.
Car	A luz é matéria sem forma, e só conseguimos ver a luz se ela bater em uma matéria para que ela seja refletida. A luz é uma maneira de mostrar a matéria."	Eu concordo. Porque luz mostra a matéria e ajuda na definição.	Com um pouco de cada. Porque todos dizem que a luz é uma forma de mostrar as coisas e, que para o físico não se sabe o que o físico pensa sobre a relação entre luz e a matéria.	Concordo. Porque o estudante diz que para o físico, matéria, átomos e luz estão relacionados. Eu acho assim também.
Viv	A luz não tem forma mas dá forma à matéria informe. Concordo com os estudantes 2, 3 e 5.	Acho correta. Pois com luz você enxerga os materiais, vendo forma, jeito, tamanho e a cor.	Com a do estudante dois, que é a mais lógica. A partir da luz, é possível ver as coisas.	Sim, pois a luz é constituída por átomos.
Alic	Eu não concordo com o físico. Pois ele diz que a luz é matéria e eu não acho.	Eu concordo completamente.	Com um pouco de cada. Porque eu acho que a luz não forma átomo, isto é, não é matéria. Mas eu acho que quando a luz se interage com a matéria é que a gente vê a matéria. A gente só vê a luz por causa da matéria, e só vê a matéria por causa da luz.	Concorda.
The	A minha interpretação que a luz é uma coisa que nos ajuda a identificar a matéria, por exemplo: quando nós colocamos	Eu acho que é basicamente o mesmo que eu acho. A luz nos ajuda a identificar os materiais	Com o estudante 3. A luz nos ajuda a identificar os materiais.	Eu acho interessante. Porque com certeza a luz e matéria têm uma relação.

	a luz em contato com as coisas (matéria) ela reagirá de acordo com a matéria. Assim surgirão as coisas.			
Gio	A luz não tem forma mas dá forma à matéria informe.	Eu acho certa. Pois a luz cria forma de acordo com o material.	Com o estudante de número 2, pois é a partir da luz que podemos enxergar a matéria e as cores.	Certa. Porque a luz é constituída por átomos.
Alin	A luz não tem forma mas dá forma a matéria informe. Concordo com os estudantes 2, 3 e 5.	Acho correta. Pois com luz você enxerga os materiais, vendo forma, jeito, tamanho e a cor.	Com a do estudante 2, que é a mais lógica. A partir da luz, é possível ver as coisas.	Correta. Pois a luz é constituída por átomos.
Carl	Que é através da luz que vemos tudo o que existe no espaço, ou seja, a luz é que nos informa a forma, cor, tamanho, etc, de uma matéria dada. Também sem a luz não obteríamos informações das matérias.	Concordo com a afirmação dele, pois sem a luz, não conseguiríamos obter informações sobre os materiais.	Com a idéia do estudante 2, pois com a luz é que vemos as matérias e sem ela não conseguimos, ou seja, dependemos da emissão de luz para ocorrer a visão dos materiais.	É uma afirmação muito inteligente, já que a matéria é constituída por átomos, e a relação que a luz possui, é que só conseguimos analisar a matéria através da luz iluminando-a, então sabemos sobre a formação da matéria.
Ali	Na minha opinião, dependemos da luz para poder ver; só podemos definir as cores de um objeto pela luz que dele é refletida, então eu dependo da luz para definir a cor de algo. Exemplo: um objeto é azul porque da luz que chega a ele, ele absorve todas as outras cores menos o azul e é esta que ele reflete.	Realmente eu não sei a forma da luz, e é algo muito difícil de se definir e, como já escrevi, concordo com o estudante 3, pois é através da luz refletida pelo objeto que posso defini-lo e descrever suas formas.	Com o estudante 3, pois nós dois concordamos que a partir da luz definimos as cores e as formas de um objeto.	Acho que também está correta, pois ele fala que há uma relação entre luz e matéria, e ele complementa ainda mais, fala que tem relação com os átomos.
Tha	A luz não é matéria e o físico passa uma idéia de que matéria e luz são a mesma coisa e para mim não é...	Eu concordo com o 3, porque a luz não tem forma e é por causa da luz que conseguimos enxergar as coisas. Sem a luz não enxergaríamos a matéria; mas matéria e luz são coisas distintas.	Com todos um pouco. Luz e matéria são coisas distintas, mas são cúmplices. Só percebemos a luz se existir a matéria para ela interagir e, só percebemos a matéria se tiver luz para a matéria poder refletir.	Estão ligadas mas são distintas.

QUADRO 8: Seqüência de respostas dos estudantes do Colégio São Carlos do Município de São Carlos, estado de São Paulo - O DUALISMO EM SCHEMBERG.

Estudante	A luz é a forma informe que informa a matéria informe. Qual a sua interpretação a respeito da afirmação do físico?	O que você acha da afirmação do estudante 3? A luz seria alguma coisa sem forma, que dava a ele (ao físico), informações sobre os materiais.	De qual dos estudantes sua idéia é mais próxima? Por quê?	O que você acha da afirmação do estudante 5? Se a matéria é constituída por átomos, então luz, átomos e matéria deveriam ter para o físico alguma relação.
Ela	A luz é matéria sem forma, e só conseguimos ver a luz se ela bater em uma matéria para que ela seja refletida. "A luz é uma maneira de mostrar a matéria".	Eu concordo. Porque luz mostra a matéria, e ajuda na definição.	Com um pouco de cada. Porque todos dizem que a luz é uma forma de mostrar as coisas, e que para o físico, não se sabe o que o físico pensa sobre a relação entre luz e matéria.	Concordo, porque o estudante diz que para o físico, matéria, átomos e luz estão relacionados, e eu acho assim também.
Rob	A luz é uma expressão que nos faz enxergar as coisas. É através da luz que vemos tudo que existe, a luz é que nos informa a forma, cor, tamanho.	Acho correta. É a luz nos informa as dimensões e aspectos da matéria	A minha idéia é mais próxima dos estudantes 2 e 3 porque a luz é a base da visão dos materiais e também das informações que a mesma nos permite perceber.	Correta. Pois deve haver alguma relação. Se a matéria é constituída por átomos e a luz é que informa a matéria, todos, com certeza têm uma relação.
Bru	Que a luz informa a matéria, ou seja, a partir da luz é possível ver as coisas.	Certa, pois ele diz que a luz informa todas as dimensões da matéria.	O estudante 2. Porque ele acredita que a partir da luz é que é possível ver as coisas, e eu também concordo com ele.	Certo, pois se a maioria é constituída por átomos e a luz que informa a matéria, todos, com certeza, têm uma relação.
Ren	A luz não tem formas, mas dá forma à matéria uniforme.	Eu acho certa. Pois a luz cria forma de acordo com o material.	Com o estudante de nº 2, pois é a partir da luz que podemos enxergar a matéria e as cores.	Certa. Porque a luz é considerada por átomo.
Jea	A partir da luz, é possível ver as coisas	Eu acho que a luz tem forma, linha reta, por isso não concordo.	Porque da luz que você pode ver as coisas.	Deve ter...
Hen	Que parte da reflexão da luz é possível enxergar cores formas e objeto.	Não concordo com ele	Do estudante 2, porque é mais óbvia	Concordo, deve haver alguma relação.
Kla	A luz não tem forma, mas dá forma à matéria informe. Concordo com os estudantes, 2,3 e 5.	Acho correta, pois com luz você enxerga os materiais, vendo forma, jeito, tamanho e a cor.	Com a do estudante 2, que é a mais lógica. A partir da luz é possível ver as coisas.	Sim, pois a luz é constituída por átomos.
Lea	Eu não concordo com o físico. Pois ele diz que a luz é matéria e eu não acho.	Eu concordo completamente.	Com um pouco de cada. Porque eu acho que a luz não forma, átomo...Isto é matéria. Mas eu acho que quando a luz se interage com a matéria é que agente vê a matéria. A gente só vê a luz por causa da matéria e só vê a matéria por causa da luz.	Eu acho interessante, porque com certeza a luz e a matéria têm uma relação.

Ali	A minha interpretação que a luz é uma coisa que nos ajuda a identificar a matéria, por exemplo: quando nós colocamos a luz em contato com as coisas (matéria) ela reagirá de acordo com a matéria. Assim surgirão as coisas.	Eu acho que é basicamente o mesmo que eu acho; a luz nos ajuda a identificar as matérias.	com o estudante 3 a luz nos ajuda a identificar os materiais.	É uma afirmação muito inteligente, já que a matéria é constituída por átomo e a relação que a luz possui é que só conseguimos analisar a matéria através da luz iluminando-a, então sabemos sobre a formação da matéria.
Grac	Que é através da luz que vemos tudo o que existe no espaço, ou seja, a luz é que nos informa a forma, cor, tamanho, etc, de uma matéria dada. Também sem a luz não obteríamos informações das matérias.	Concordo com a afirmação dele, pois sem a luz não conseguimos obter informações sobre os materiais.	Com a idéia do estudante 2, pois com a luz é que vemos as matérias e sem ela não conseguimos, ou seja, dependemos da emissão de luz para ocorrer a visão dos materiais.	Acho que também está correta, pois ele fala que há relação entre luz e matéria e ele complementa ainda mais: fala que tem relação com os átomos.
Euq	Na minha opinião dependemos da luz param poder ver, só podemos definir as cores de um objeto pela luz que dele é refletida, então eu dependo da luz para definir a cor de algo exemplo: um objeto é azul porque da luz que chega a ele, ele absorve todas as outras cores menos o azul, e é esta que ele reflete.	Realmente eu não sei a forma da luz e é algo muito difícil de se definir e como se escreve, concordo com o estudante 3, pois é através da luz refletida pelo objeto que posso defini-lo e descrever suas formas.	Com o estudante 3, pois nós dois concordamos que a partir da luz definimos as cores e formas de um objeto.	Estão ligados, mas são distintos.
Van	A luz não é matéria e o físico passa uma idéia de que matéria e luz são as mesmas coisas e pra mim não é.	Eu concordo com o 3 porque a luz não tem forma e é por causa da luz que conseguimos enxergar as coisas; sem a luz não enxergaríamos a matéria; mas matéria e luz são coisas distintas.	Com todos um pouco. Luz e matéria são coisas distintas, mas são cúmplices. Só percebemos a luz se existir a matéria pra ela interagir e, só percebemos a matéria se tiver luz pra a matéria poder refletir.	Correta. Pois a luz e constituída por átomos.
Gla	A luz não tem forma mas dá forma à matéria informe. Concordo com os estudantes 2,3 e 5.	Acho correta. Pois com luz você enxerga os materiais, vendo forma, jeito, tamanho e a cor.	Com a do estudante 2, que é a mais lógica. (A partir da luz é possível ver coisas).	

QUADRO 9: Seqüência de respostas dos estudantes da Escola Padre José de Anchieta do município de Araputanga, estado de Mato Grosso – O DUALISMO DE SCHEMBERG.

PROFESSORES	A luz é a forma informe que informa a matéria informe Qual a sua interpretação a respeito da afirmação do físico?
1	Que a luz não tem forma definida, portanto só se aplica também a uma forma indefinida.
2	Para o físico, a matéria seria nós, seres humanos, ansiosos para aprender; e a luz seria a razão, ou seja, a consciência fazendo a relação entre o desejo e o real, concretizando a formação do senso comum em algo sistematizado e comprovado.
3	Através da luz é que se pode dar forma à matéria.
4	É que a forma do objeto chega ao cérebro através da refração da luz.
5	A luz a refletir na matéria faz com que vejamos as suas formas; se não houvesse luz, não veríamos matéria alguma.
6	A forma do objeto (matéria) que vemos ou a informação sobre a mesma chega ao cérebro através da refração da luz.
7	A luz branca propagada no ambiente nos proporciona ver as cores.
8	Concordo com a afirmação do estudante 2, pois só é possível ver os objetos se eles estiverem dentro do ângulo de visão e se forem iluminados.
9	A luz é uma maneira pela qual podemos distinguir a matéria (forma, cor, tamanho)
10	Uma porção de matéria forma os corpos, e estes só são visíveis em presença de luz.
11	A luz é a forma de informar matéria.
12	Concordo com o estudante 2; a partir da luz é que há reflexão da matéria.
13	A luz seria como se fosse um meio de comunicação com a matéria; é a partir da luz é que podemos ver as coisas. Pois através da luz que há a possibilidade de ver o seu meio.
14	Concordo com o estudante 2: a partir da luz é que há reflexão da matéria.
15	A forma da reflexão da luz se dá através da forma do objeto. A luz é variada e através da luz, podemos ver até matéria que não tem forma definida.
16	A luz é matéria, matéria e luz, ocupa espaços com quantidade de átomos iguais, cada qual uma função.
17	A mesma do aluno 1, 2,3 e 5.
18	A luz não é atéria e, sim, outra forma não material que denuncia as matérias.
19	Que a luz é o princípio de tudo; sem luz todos as outras coisas são supérfluas. Que é através da reflexão da luz que as coisas ganham suas formas, "visualmente falando".
20	Que a luz é uma forma de energia radiante (luz é energia).
21	Que a luz embora sem formas mostra as formas da matéria. (relação olho, luz e matéria).
22	Sei que através da luz é que conseguimos ver as coisas e também o formato, cores. Sendo assim, concordo com o físico Profº Mário Schemberg.
23	Não sei... Mas gostaria de saber...
24	Acredito que a luz nos traz, de forma informal, informações precisas

unesp

	sobre avanços e conceitos sobre objetos. É algo como tecnologia mostrando a relação entre átomo, matéria, pois tudo que é matéria é constituído de átomos e a luz nos mostra essa relação dos dois, ligados a elas indiretamente.
25	A luz não possui forma; é a maneira de informar ou transmitir a matéria através de uma situação que ela não demonstra sua forma e, sim, a forma da matéria.
26	Que entre a luz e matéria pode existir relação.
27	A matéria reage de forma diferente conforme a luz que ira receber.
28	Acredito que esteja correta, pois se sabe que a luz reflete, ou seja, informa sobre a matéria ou matéria (objeto) estudando. Concordo com o mesmo.
29	A matéria reage de maneira diferente de acordo com a quantidade e o "tipo" de luz que recebe, de modo que a luz informe é que nos dá noção da matéria que nos cerca.
30	A luz nos possibilita identificar as formas das coisas.
31	É que a luz é possível se ver com ela, mas não se é possível enxergar os riscos, problemas que ela possivelmente traz à matéria (seres vivos). Etc.
32	A reflexão acontece através da luz sobre o objeto ou algo parecido.
33	O físico, acredita que estava fazendo uma relação de luz e matéria. Demonstrando o que a luz é para matéria.

QUADRO 10: Seqüência de respostas dos professores de ciências da Região Norte do estado de Mato Grosso – O Dualismo de Schemberg.

Um grupo 4 de estudantes do Colégio São Carlos interessou-se, após responder (quase que) individualmente os testes de lápis e papel, por discutir relações de equivalência entre luz/energia/matéria. Uma estudante afirma literalmente que:

"Sabemos... Parece existir uma cumplicidade entre Luz e Matéria, um depende do outro para ser percebido. ... Os anteparos é que permitem a observação".

Este grupo de estudantes constituído por 4 alunas levantou uma questão hipotético-dedutiva; a existência ou não de luz no espaço vazio: existe luz no vácuo? O vácuo é escuro? Esta dúvida tinha, como elemento de reflexão, o estudo da natureza e propagação da luz em comparação com a natureza e propagação do som.

unesp

4.3.6. Um estudo de caso: modelos de cores – as tirinhas coloridas

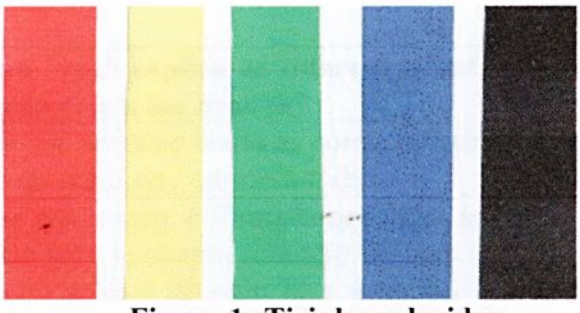


Figura 1: Tirinha coloridas

ESTUDANTES	Como você explicaria as diferenças entre as cores das tirinhas e sua relação com a luz branca?
Brl	Porque, nas tirinhas, como ex., a vermelha absorve todas as cores e reflete somente a vermelho.
Luc	No caso das tirinhas vermelha, amarela, verde e azul, elas absorvem todas as cores e liberam as que vemos. No caso da preta ela absorve todas.
Jul	A luz branca contém todas as cores (com exceção do preto, absorção da luz sem nenhuma reflexão de cor), que conseguimos distinguir cores diferentes, pois, quando há emissão de luz branca, o material (nesse caso as tirinhas), absorve todas as cores liberando a cor, devido a sua composição.
Ann	A luz branca é formada por todas as cores, exceto o preto (absorção da luz sem nenhuma reflexão de cor). Conseguimos distinguir cores diferentes, pois, quando há emissão de luz branca o material (nesse caso as tirinhas), absorve todas as cores e emite a cor devido a sua composição.
Car	Cada cor absorve todas as cores, refletindo apenas a que enxergamos. No caso do preto ela absorve todas.
Viv	Iluminadas pela luz branca, elas não absorvem uma cor, mas liberam as que não foram absorvidas.
Alic	Não respondeu.
The	A luz branca é a junção de todas as cores.
Gio	A luz encontra-se com a matéria. A matéria absorve todas as cores, só mostrando visível a cor que não foi absorvida.
Aln	Iluminadas pela luz branca, elas não absorvem uma cor, mas "liberam" as outras que não foram absorvidas
Carl	É através da luz branca, formada por todas as cores com exceção da preta, que conseguimos distinguir essas cores diferentes, pois quando há emissão de luz branca, o material (nesse caso as tirinhas) absorve todas as cores, liberando (emitindo) a cor devido à sua composição.
Ali	A luz branca contém a união (das sete cores do arco-íris) de todas as cores em partes iguais; nas tirinhas as cores estão separadas ou seja, da luz que chega até elas, chegaram apenas as (cores - luzes) que vemos, são refletidas.
Tha	A luz branca bate nas tirinhas e a vermelha absorve todas as cores e reflete a vermelha. A amarela absorve todas e reflete a amarela. O mesmo processo ocorre com as outras.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

QUADRO 11: Seqüência de respostas dos estudantes do 1º ano do ensino médio do Colégio São Carlos – As tirinhas coloridas.

Estudante	Como você explica as diferenças entre as cores das tirinhas e sua relação com a luz branca?
Ela	Cada cor absorve todas as cores, refletindo apenas a que enxergamos; no caso do preto ela absorve todas.
Rob	A luz era branca, é formada por todas as cores, exceto o preto (absorção da luz sem nenhuma reflexão de cor) que conseguimos distinguir cores diferentes, pois, quando há a emissão de luz branca, o material (nesse caso as tirinhas) absorve todas as cores e emite a cor devida á sua composição.
Bru	A luz branca contém todas as cores as tirinhas, absorvem todas as cores liberando a cor, devido à sua composição.
Ren	A luz encontra-se com a matéria, a matéria absorve todas as cores, só mostrando visível a cor que não foi absorvida.
Jea	No caso das tirinhas vermelha, amarela, verde e a azul, elas absorvem todas as cores, liberam as que vemos. No caso da preta ela absorve todas.
Hen	Porque nas tirinhas, como exemplo, a vermelha absorve todas as cores e reflete somente a vermelha.
Kla	Iluminadas pela luz branca, elas não absorvem uma cor, mas liberam as que não foram absorvidas.
Lea	E através da luz branca, formada por todas as cores, com exceção da preta, que conseguimos distinguir essas cores diferentes, pois quando há a emissão de luz branca, o material (nesse caso as tirinhas) absorve todas as cores, liberando (emitindo) a cor devida à sua composição.
Ali	A luz branca contém "todas" as cores; nas tirinhas as cores estão separadas; as cores que vemos são refletidas.
Grac	A luz branca bate nas tirinhas e a vermelha absorve todas as cores e reflete a vermelha. A amarela absorve todas e reflete a amarela, e o mesmo processo ocorre com as outras.
Euq	Iluminadas pela luz branca, elas não absorvem uma cor, mas "exibem" as outras que não foram absorvidos.
Van, Gla, Rod e Fab	**Não participaram**

QUADRO 12: Seqüência de respostas dos estudantes do 3º ano do ensino médio da Escola Padre José de Anchieta da cidade de Araputanga, MT – As tirinhas coloridas.

O que os estudantes dizem a respeito da dispersão da luz branca por um prisma é baseado na evidência experimental de que a luz branca é uma mistura de raios coloridos. O modelo dos estudantes é basicamente o da absorção e emissão. O mecanismo da observação de uma determinada cor é baseado na absorção de todas as cores, com exceção da cor que é percebida pelo observador. Este é o modelo basicamente apresentado por todos os sujeitos que participaram da pesquisa. Retornar-se-á no próximo capítulo a este assunto, o qual será

analisado em termos de sua limitação na explicação comparada entre cores no prisma, nas tirinhas, nos discos compactos, espectroscópio e espectrômetro.

4.3.7. O fenômeno da dispersão da luz por meio de um prisma

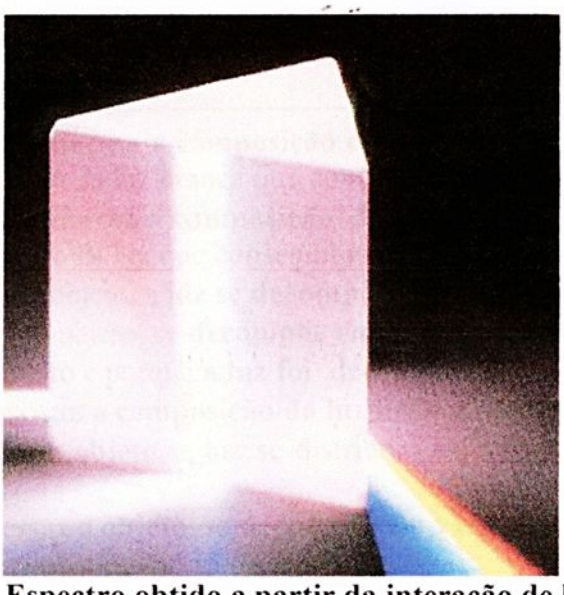


Figura 2: Espectro obtido a partir da interação de luz com prisma

4.3.7.1. Estudantes do 3º ano do Colégio Anchieta – Araputanga – Mt.

Oito estudantes responderam ao teste relativo às cores que são observadas quando a luz atravessa um prisma como na figura 2 (numeração correspondente aos testes). As questões deste testes encontram-se no Quadro 5 a seguir. As respostas estão relacionadas aos nomes dos estudantes da escola Padre José de Anchieta, por falta de identificação dos mesmos nestes testes. Nas respostas dos estudantes do Colégio cidade de São Carlos, a identificação permite a comparação. Ressalta-se que uma minoria respondeu a esta questão; no entanto, em outras tomadas, é possível dar luz às suas idéias a respeito da decomposição da luz por meio de um prisma.

As questões dirigidas aos estudantes e professores encontram-se a seguir:

- O que a figura 2 informa para você? Como você explicaria este fenômeno, com base na afirmação do físico?
- Que idéia você tem para explicar as diferentes cores de luz? Teriam relação, as cores, com diferentes tipos de átomos, como afirma o estudante 5 (O estudante 5, diz que se a matéria é constituída por átomos, então luz, átomos e matéria deveriam ter para o físico, alguma relação.)
- Com relação ao estudante 5, eu explicaria assim:

QUADRO 13: Questões relacionadas ao fenômeno das cores em um prisma (figura 2).

- Esse fenômeno **informa a composição da luz branca**, ou seja, todas as cores. É através da emissão da luz branca que conseguimos identificar as cores.
- Esse fenômeno **informa a composição da luz branca**, ou seja, todas as cores. É através da emissão da luz que conseguimos identificar as cores.
- **Ao atravessar** o objeto, a **luz se decompõe em várias cores**.
- **Ao atravessar** o objeto, **se decompõe em várias cores**.
- Eu acho que efeito é porque **a luz foi decomposta**.
- A figura nos mostra **a composição da luz branca**, ou melhor, todas as cores.
- **Ao atravessar o objeto,** a luz se distribuiu em várias cores (as **sete cores do arco-íris**)
- Ela, **ao atravessar o objeto**, se **decompõe em varias cores**.

QUADRO 14: Respostas dos estudantes da Escola Padre José de Anchieta – Araputanga – MT à questão: **O que a figura 2 informa para você? Como você explicaria este fenômeno, com base na afirmação do físico?**

Encontra-se nas respostas o uso do verbo atravessar e que o fenômeno informa a composição da luz, que é de várias cores, as sete cores do arco-íris, como também o uso de decomposição em várias cores.

4.3.8. O efeito das cores nos discos compactos (CD)

A questão seguinte pergunta aos estudantes e professores se observaram o fenômeno que ocorre em discos compactos. Os dados disponíveis são dos grupos de estudantes de São Carlos e Araputanga. A questão a ser respondida encontra-se no quadro 7.

A **figura 3** mostra um efeito semelhante ao da figura anterior, na superficie de CDs.

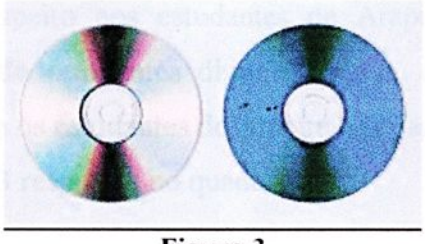


Figura 3

Você havia observado tal fenômeno?

- Sim
- Não
- Não sei!
- Não me recordo

QUADRO 15: Questão para identificar a observação do fenômeno da difração em discos compactos.

Foram encontradas entre os 13 estudantes de São Carlos 9 afirmativas, 1 negativa e 3 não responderam; entre os 13 estudantes de Araputanga, 10 responderam afirmativamente, isto é, que haviam observado o fenômeno, 1 respondeu negativamente e 2 não responderam. As estudantes de São Carlos, Ali, Aln e Gio, fazem as seguintes perguntas, que deixam escritas em suas folhas de testes: **Ali:** Por que no CD quando gira emite várias cores se o disco de Newton quando gira aparenta a cor branca? Qual seria a resposta da questão da explicação do fenômeno com base no que disse o físico? **Aln:** As diferenças de luz estão contidas nas propriedades dos átomos? E **Gio:** Qual a diferença entre o disco de Newton e o CD, pois um emite luz branca, e o outro (CD) luz colorida quando giram? A estudante Gio se refere ao mesmo referencial de Ali: quando o disco de Newton gira emite luz branca e o CD mesmo girando, emite cores? Retornar-se-á, quando da análise dos dados, a esta e outras questões que foram discutidas nos dois encontros posteriores.

4.3.9. A idéia das diferentes cores e suas causas: o prisma, as tirinhas, o cd e as cores

Os dados a seguir, dispostos nos quadros 16, 17, 18 e 19, dizem respeito às possíveis causas das diferentes cores, nas tirinhas, no prisma e nos discos compactos. Os dados disponíveis dizem respeito aos estudantes de Araputanga e São Carlos. Pode-se observar que a quantidade de estudantes diminui, isto é, dos 13 de ambas as amostras encontram-se 9 respostas para os estudantes de Araputanga para a questão expressa no quadro 5; 5 respostas no quadro 6; e 3 respostas no quadro 7.

4.3.9.1. O prisma, as tirinhas, o cd e as cores e os estudantes de Araputanga - Mt

- Devido à **composição da matéria**, que são os **átomos**, há as diferentes **cores**, pois é com esse **arranjo molecular** que a **luz branca é refletida de maneira distinta, originando diversas cores**. (3 estudantes com essa resposta)
- O estudante nº 5 dá a entender que a luz possui átomos.
- Que **cada átomo** tem suas **propriedades**, inclusive de **cores**.
- O estudante 5 responderia que **se átomo tem relação com a luz**, se há **diferentes tipos de luz**, há **diferentes tipos de átomos com cores diferentes.**

QUADRO 16: Respostas dos estudantes da Escola Padre José de Anchieta – Araputanga – MT à questão: Que idéia você tem para explicar as diferentes cores de luz? Teriam relação as cores com diferentes tipos de átomos, como afirma o estudante 5? Com relação ao estudante 5, eu explicaria assim.

- Que **a luz ao se encontrar com a matéria, emite a luz que não foi absorvida**.
- Que **cada átomo tem as suas propriedades**.
- Eu penso também que a **luz** tem **relação** com a **matéria**. Os **diversos tipos de átomos.**

QUADRO 17: Respostas dos estudantes da Escola Padre José de Anchieta – Araputanga – MT à questão: **Com relação ao meu conhecimento, eu explicaria assim.**

- A luz nos ajuda a identificar os tipos de materiais.
- Não sei.
- Que cada átomo tem as suas propriedades.

QUADRO 18: **Respostas dos estudantes da Escola Padre José de Anchieta – Araputanga – MT à questão: Com relação ao físico, eu explicaria assim.**

4.3.9.2. O prisma, as tirinhas, o cd e as cores e os estudantes do 1º ano do Colégio São Carlos – Cidade de São Carlos - SP

ESTUDANTES	Como você explicaria este fenômeno, com base na afirmação do físico.	Que idéia você tem para explicar as diferentes cores da luz? Teriam relação, as cores, com diferentes tipos de átomos, como afirma o estudante 5? Com relação ao estudante 5 eu explicaria assim.
Brul	Não respondeu.	Não respondeu.
Luc	Não respondeu.	Não respondeu.
Jui	Esse fenômeno informa a composição da luz branca, ou seja, todas as cores. É através da emissão da luz que conseguimos identificar as cores.	Devido à composição da matéria, átomos, há diferentes cores, pois é com esse arranjo molecular que a luz branca é refletida de maneiras distintas, originando as cores.
Ann	Esse fenômeno informa a composição da luz branca, ou seja, todas as cores. É através da emissão da luz que conseguimos identificar as cores.	Devido à composição da matéria, átomos, há diferentes cores, pois é com esse arranjo molecular que a luz branca é refletida de maneiras distintas, originando as cores. (dialoga com Carl)
Car	Não respondeu.	Não respondeu.
Viv	Ela, ao atravessar o objeto, se decompõe em várias cores.	Que cada átomo tem suas propriedades, inclusive cores.
Alic	Não respondeu.	Não respondeu.
The	Eu acho que esse efeito é porque a luz foi decomposta.	Eu penso também que luz tem relação com a matéria. Os diversos tipos de átomos.
Gio	Ela, ao atravessar o objeto, se decompõe em várias cores.	O estudante 5 dá a entender que a luz possui átomos. Mas eu penso, que a luz ao encontrar com a matéria, ela emite a luz que não foi absorvida.
Alin	Ela, ao atravessar o objeto, se decompõe em várias cores.	Cada átomo tem suas propriedades, inclusive cores.
Carl	A figura nos mostra a composição da luz branca, ou melhor, todas as cores. É com a emissão da luz que conseguimos, através de objetos, obter a composição da própria luz.	Devido à composição da matéria que são os átomos, há as diferentes cores, pois é com esse arranjo molecular que a luz branca é refletida de maneiras distintas, originando essas cores. (dialoga com Ann)
Ali	Ao atravessar o objeto a luz se distribui em várias cores (as sete cores do arco-íris)	O estudante 5 responderia que se o átomo tem relação com a luz, se há diferentes tipos de luz, há diferentes tipos de átomos com cores diferentes. Pelo que sei, quando o disco de Newton (colorido) gira, a luz se torna branca e com o CD



		não, as luzes são diversas e é exatamente isso que não entendo.
Tha	Não respondeu.	Não respondeu.

QUADRO 19: Respostas dos estudantes do Colégio São Carlos às questões relacionadas com as possíveis causas das cores no prisma, nas tirinhas e nos discos compactos.

O que é interessante nesta questão é que ela gera conflito ao estabelecer uma possível relação entre luz, cores, átomos. A estudantes Ali propõe, com base em observações suas, a distinção entre os fenômenos das cores no disco de Newton e nos discos compactos.

Um outro aspecto que chama a atenção é que somente no debate do 3º ano e em discussão com estudante do 1º ano de São Carlos, surge o espaço teórico de uma relação de cores determinada não pelos átomos, mas sim como manifestação de transições eletrônicas. Uma das estudantes do 1º ano de São Carlos pediu explicação a respeito do nível no qual o elétron saiu e para qual nível retornou, referindo-se às cores das chamas.

4.10. Debates e entrevistas

4.10.1. Entrevista com estudantes Jr e Br (12-13) e relato com estudantes de 8ª série (13-14) da Escola Estadual "Dr Joaquim da Costa Marques"- Araputanga - Mt

Entrevistas com grupos de dois estudantes da Escola Estadual "Dr. Joaquim Augusto da Costa Marques" da Cidade de Araputanga – MT. Estudantes na faixa etária entre 11 e 14 anos. A primeira entrevista, com os estudantes de 5ª e 6ª série Jr (11 anos) e Br (12 anos) respectivamente, encontra-se transcrita a seguir.

O objetivo foi o de investigar as idéias deles a respeito das cores. Foi utilizado um cubo constituído por diversas cores:

Pesquisador: O que permite ver as coisas?

Jr : A visão

Br: Os olhos

Pesquisador: Que relação vocês fazem entre olhos e visão?

Br: Visão é um sentido, os olhos são o órgão da visão.

Pesquisador: Suponhamos que a sala vá ficar completamente escura. O que ocorre com a visão?

Ambos: A gente não pode ver sem luz

Pesquisador: Suponhamos agora que uma fresta permita que ocorra iluminação sala. Como você vê o objeto?

Br: A gente pensa que não, mas a luz batendo no objeto, o objeto pode refletir para o nosso olho.

(Ambos observam que o escuro dá uma idéia de que você está sozinho, dá uma idéia de que você perdeu a visão).

Jr: Quando você abre a porta, dá a impressão de que você está sozinho.

Br: A luz se expande.

(A idéia é que a luz ocupa toda a sala)

Propôs-se um experimento mental relacionado com a existência das imagens a partir da imagem observada na tela de um aparelho de televisor.

Ambos: A luz se propaga mas a imagem não.A imagem existe só na tela, na TV!

Pesquisador: A imagem ocupa o ambiente entre a tela e o observador?

Jr: Sim, você vê as cores da sala da TV em outra, a luz reflete na janela.

Pesquisador: Como vocês fariam para assistir TV de uma sala longe sem mexer na TV?

Ambos: Colocaria espelhos.

Pesquisador: As diferentes cores dos objetos. Como vocês explicam?

Fazem silêncio por alguns instantes. Uma outra indagação é feita.

Pesquisador: A luz do Sol tem cores?

Br: A cor da luz do sol é amarelo-escura, e depende do horário do dia, porque o sol fica mais fraco.

Pesquisador: Como seria isto?

Br: O sol fica mais fraco, como as pessoas com sono.

O diálogo não foi prolongado, pois o tempo disponível estava acabando.

Pesquisador: O que dizer a respeito do arco-íris?

Br: Ele aparece depois da chuva.

Br: afirma que não sabe por que, mas sabe que o raio de sol quando bate numa água, num líquido, forma várias cores.

Pesquisador: O que dizer a respeito das cores.

Jr e Br: As cores existem por causa do meio.

Ambos recordam a formação do arco-íris das cataratas, um espetáculo que pôde ser observado em cenas de televisão.

Pesquisador: Vocês alguma vez observaram as cores que se formam em um disco compacto (CD)?

unesp

Jr: O que chama mais a atenção no CD são as cores.

Br: Meu pai não deixa olhar, meu pai não, minha mãe, afirmando ainda que tem umas cores bem bonitas, que parecem com o arco-íris, com a diferença da disposição das cores.

Pesquisador: É possível observar somente determinadas cores? Se afirmativo, como procederiam?

Jr: Dá. Mexendo assim, assim, se eu voltar para cá as cores vão sumindo.

As entrevistas programadas com estudantes de 8ª série foram sintetizadas da maneira transcrita a seguir. O período de greve na rede estadual do estado de Mato Grosso dificultou a continuidade da coleta de dados com estes estudantes. Para os estudantes (2) da 8ª série, a pergunta o que é luz é respondida depois de esclarecer para as estudantes, que perguntaram luz natural ou artificial, que poderiam falar a respeito de ambas as formas. O consenso entre as estudantes é de que a luz solar é caracterizada como um tipo de energia que é feita pela natureza, enquanto que a luz elétrica foi feita pela inteligência do homem, e que, ainda, possuem algumas semelhanças: as duas são energias que podemos usar, como por exemplo para clarear.

Com relação à visão esta é possível por causa dos olhos e, quando indagados a respeito de outros fatores que contribuem para a visão das coisas, afirmam ser a luz. Uma delas afirma não ser possível fazer um arco-íris e outra se recorda que um dia ao estar lavando a área de sua casa, ao começar brincar com a água, apareceram cores, a respeito das quais não contou para ninguém até aquele momento.

4.11. Diálogos 2

4.11.1. Estudantes do 1º Ano do Ensino Médio da Escola Padre José de Anchieta Araputanga - Mt

Grupo de estudantes denominados por **Est, Dia, Eri, Fra, Mic,** do Colégio Anchieta da cidade de Araputanga – MT. 1º ano do ensino médio.

Durante o 4º semestre, tive a oportunidade de ministrar aulas para esta turma. As aulas aconteceram em dois encontros por semana, durante um mês. Os estudantes tinham aulas modulares apostiladas pelo sistema Positivo de ensino. Nesta cidade, Araputanga, a noroeste do estado de Mato Grosso, não há professores de química e física, licenciados ou bacharelados, disponíveis, quer na rede pública, quer na privada. Esses estudantes já haviam

estudado atomística na 8ª série e 1º semestre do ano letivo em que a pesquisa foi desenvolvida (2000).

A idéia a ser desenvolvida foi a de iniciar uma revisão de atomística para introdução da idéia da relação entre cor e propriedades dos elétrons. A pergunta motivadora dirigida aos estudantes foi:

Perquisador: As cores, o que são?

Mic: O verde é uma mistura de amarelo e azul

Pesquisador: A cor branca?

Mic: As várias cores formam o branco, como aquela experiência. (Fazendo referência ao Disco de Newton)

Eri: O branco... O branco está nas cores.

Mic: As cores estão no branco afirma outro.

Est: O branco pode misturar com várias cores, o branco está no verde.

Mic: O verde está no branco. Pensando pelo disco, as cores estão no branco e, não pensando pelo disco, o branco está nas cores.

Pesquisador: E a cor verde?

Mic: O azul e amarelo formam o verde.

Pesquisador: Suponha que você está em uma sala escura. O que dizer das cores dos objetos?

Est: Para ver as cores, é preciso de luz; no escuro o branco fica mais forte.

Pesquisador: A luz tem cor? Ou a cor tem luz?

Est: Sim, porque senão o branco não era visto no escuro.

(A estudante Est tem uma idéia de atribuir força às cores afirmando: "o verde é mais forte, a cor dele, no escuro o branco fica mais forte". Tal fato pode ser atribuído à sua idéia de a cor possuir luz própria.)

Pesquisador: A respeito das cores na superfície de um CD, observaram esse fenômeno? O que pensam a respeito?

Eri: As cores vêm da luz

Dia: No escuro as cores desaparecem. Então as cores não têm luz!

Mic: Afirma que a luz tem cores (fazendo referência ao espectro observado no CD)

Acredita-se, a partir deste momento, poder-se explicar o uso da propriedade do CD, a de decompor a luz, na montagem de um instrumento que permite estudar de modo mais apropriado o fenômeno observado sem, no entanto, detalhar procedimentos de observação.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Pesquisador: Como descrevem suas observações?

Mic: Fica que nem no CD, o que vemos é o reflexo da luz.

Est: O que vemos são cores.

Pesquisador: Como estão dispostas e quais cores podem ser observadas?

Dia: Azul, verde, amarelo e vermelho.

Eri: As cores estão em camadas, juntas.

Est: As cores estão nas diferentes camadas como cores luminosas, brilhantes.

Fra: As cores estão erradas (segundo a observação de Dia) são: roxo, azul, verde, amarelo, vermelho.

Eri: Quando chego perto do vermelho, ele fica laranja.

Fra: Eu não vi o laranja aí não!

Est: (Interrompe o diálogo entre Eri e Fra afirmando): no CD elas (as cores) se misturam por causa da luz.

Mic: A luz forma as cores, dá cor às cores.

Por iniciativa do grupo, os estudantes levam o CD para um ambiente escuro, dentro de uma bolsa.

Mic: Aí não tem luz para refletir – tudo um "breu" escuro, não forma cores.

Diálogos paralelos acontecem. Em um deles, estão discutindo a formação do arco-íris.

Fra: A água vai servir como um prisma, (fazendo referência à descrição de um estudante, com respeito à formação de um arco-íris em gotículas de água pulverizadas).

O grupo se dividiu em relação às cores de diferentes objetos por alguns instantes e, quando indagados como fariam para selecionar uma ou outra cor, uma estudante – Mic - afirma que uma cor depende da outra; se uma saiu as outras saem juntas, a gente faz assim ó (movimentando o CD por uma série de movimentos angulares).

Est: As cores aparecem todas juntas.

Mic: Dá 'pra' ver, uma cor forma a outra, o verde com azul forma o roxo... olha lá, não, o vermelho com azul forma o roxo.

Consenso: Chegamos a uma conclusão(o grupo que discutia a seleção de cores): uma cor depende da outra e todas dependem da luz, todas as cores estão no branco.

4.11.2. O terceiro ano de Araputanga - Mt

O diálogo a seguir foi realizado junto a estudantes do último ano do ensino médio da Escola "Padre José de Anchieta" da cidade de Araputanga – MT. O debate envolve uma tomada de concepções dos modelos escolares dos estudantes com relação ao modelo atômico de Rutherford e o modelo de Bohr para os espectros de emissão. Observações espectroscópicas foram realizadas como teste para investigação do uso destes instrumentos, em uma possível tomada de consciência, na mediação do modelo de cores, explicitado nos testes de lápis e papel apresentados anteriormente.

O debate tem como ponto de partida o questionamento da prova da existência dos átomos. Uma parcela do grupo de estudantes questiona a prova da existência de átomos, o modelo de absorção e emissão para as cores, "como se" por um tempo uma prova empírica que estabelecesse o que chamam de lógica, que dá racionalidade aos modelos atômicos anteriormente estudados, como se a explicação destes, na escola, fosse fruto de algum tipo de ficção.

Houve um momento inicial de contextualização da análise dos testes de lápis e papel e das idéias propostas para esta atividade, tanto para os que realizaram os testes, como também, para a sintonia daqueles que haviam faltado na tomada de dados anterior, a exemplo do estudante denominado por **Rod**.

O espectroscópio como instrumento de mediação na construção do conhecimento em torno da natureza da luz, os diversos tipos de fontes, os diferentes materiais emissores, as misturas de cores em tintas, o uso de roupas escuras sob sol foram citados por alguns estudantes como provas empíricas, úteis para analogias com o que chamaram de teste para a investigação da racionalidade dos modelos investigados, isto é, luz e cores e atomística.

O professor pesquisador inicia o debate em momento posterior à realização dos testes de lápis e papel, como citado anteriormente, indagando as concepções dos estudantes que haviam sido trabalhadas nos testes. As observações das cores, relacionadas com o fenômeno das cores nos discos compactos, prismas, tirinhas coloridas, e suas idéias a respeito de atomística estariam sendo investigadas comparativamente com possíveis elementos do discurso dos estudantes, quando indagados a respeito do fenômeno das cores:

Pesquisador: Quanto ao modelo de cores para as tirinhas, como é isso de absorver todas as cores com exceção da cor que vemos?

Rod: Quando a luz incide sobre um objeto, o quadro é verde porque ele absorve todas as cores e reflete o verde. O espectro não absorve por igual todas as cores.

Van: Sei lá, acho isso muita ficção. Este negócio de absorver todas as cores e refletir (mostrar) só uma...

Ren: Podia ser alguma coisa da imaginação da gente. Você vê verde, e outro pode ver azul. Imaginação é o que a gente pensa.

Van: É o cérebro que transmite 'pra' gente. Ele pode transmitir errado. O cérebro é o que transmite tudo.

Ren: O vermelho quem colocou o nome podia ser preto. Quem colocou o nome?

Hen:. O branco como união de todas as cores igual no Disco de Newton.

Van: A gente prova branco como soma e o contrário... O prisma talvez.

Pesquisador: Como ocorre a formação do conjunto de cores na superfície de um CD?

Euq: Mexendo assim (gesticulando com a mão).

Pesquisador: Mexendo assim como? Geometricamente como seria esta descrição?

Euq: Muda o ângulo, vemos cores; bem próximo, a gente vê.

Vários se expressam concomitantemente fazendo alusão à descrição da colega. **Euq** afirma que o ângulo tem relação com as cores. No entanto, a estudante, após observação mais elaborada, afirma: Tentei fazer uma cor só e não ficou.

Pesquisador: Como avaliam a possibilidade de selecionar cores específicas?

Rod: Não é possível no CD. O Cd tem uma capacidade.

Van: O que diferencia uma cor da outra?

Rod/Euq: As cores estão no branco. O preto é a ausência de cores. O preto absorve todas as cores e o branco reflete.

Rod cita, como exemplo, o uso de roupa preta para "justificar" a aceitação de seu modelo de absorção, afirmando não se dar com o uso de roupa preta em dias de sol intenso. (O que justificaria a modelo de absorção pela cor preta).

Alguns afirmam que podem ser selecionadas cores com fontes diferentes.

Van cita as misturas de tintas.

Rod discursa fazendo referência aos átomos. (Rod não participou dos testes envolvendo a investigação das idéias em torno de átomos e elétrons, e da idéia de freqüência associada às cores e aos átomos). Solicitado para ir ao quadro negro expor suas crenças, apresenta inicialmente o modelo atômico de Rutherford, e, em seguida, fala de subníveis de energia, discorrendo sobre a análise de Bohr para os processos de emissão e absorção de energia, associando cores às transições eletrônicas. É brevemente auxiliado por **Fab**, que diz do desdobramento de níveis em subníveis, no entanto, é criticado por **Van,** que indaga a respeito da existência de átomos inquirindo **Rod** de como ele prova que existe um átomo.



Pesquisador: A afirmação de que a luz é uma forma que informa a matéria informe como pode estar relacionada com o que foi dito até o momento?

Kla afirma que a luz não tem forma nem cor específica e transmite outra coisa que não tem forma. Sei lá. Eu acho que estas coisas não têm lógica.

Indagados, então, a respeito de suas noções do real, o real como uma invenção, **Kla** afirma que ele é o que se pode saber com certeza.

Uma certa discussão paralela é levada a cabo, quando **Rod** afirma que não tem como controlar um raio de luz, e que sem luz não é possível definir nada, discorrendo mais uma vez a respeito de partículas, ondas, modelo mecânico quântico, quando **Fab** o interpela afirmando: Não entendo nada do que o **Rod** diz.

Rod complementa então que a luz tem massa, citando o modelo de transição eletrônica, exposto por ele no quadro negro como modelos atômicos.

Van interrompe. Antes era movimento dos átomos, fazendo referência às cores, agora é dos elétrons.

Indagados sobre o que acham desta idéia, afirma **Rod** que tem lógica, enquanto **Van** diz: Pra você é real, pra mim não.

T. 1.328

Citando as fases de cores relacionadas ao aquecimento de um ferro elétrico, indagados se o calor teria cores específicas, **Rod** faz alusão novamente a modelos atômicos, **Van** pergunta se o calor determina a cor a partir da idéia da existência de uma relação entre: cores, freqüência, átomos e calor, lembrando a diferença entre materiais fluorescentes e fosforescentes.

Posteriormente a este debate, foram disponibilizados os "espectroscópios" para observações do processo de difração nas diferentes fontes de luz descritas anteriormente.

Os fatos são observados e a manifestação é de surpresa. Do mesmo modo que os estudantes do Colégio São Carlos, expressam admiração. Enquanto um observa uma fonte contínua - e cabe dizer que dialogam sobre o fenômeno observado em voz alta - ressaltam o belo contido nas cores, para eles, semelhante a um arco-íris ou ao fenômeno observado em um prisma. As observações em fontes de emissão discreta (vaporização de sais e solução de sais em chama) representam uma 'surpresa" - novidade, momento em que diferentes perguntas são colocadas pelos estudantes ao professor e a seus pares. Alguns dentre eles procuram o isolamento para suas observações para que, posteriormente, se dirijam ao professor, cheios de indagações aos porquês dos observáveis. Admitindo que, com base nos testes de lápis e papel e no debate anterior, todos crêem na existência de uma realidade atômica, e nesse caso, já estudaram diferentes modelos atômicos, o professor, sob pressão inclusive, se manifesta com



contra-perguntas procurando ressaltar o conjunto de idéias expressas nos testes de lápis e papel e no debate. Cabe ressaltar que a sala se divide, movidos por alguma 'relação de afinidade', em grupos de discussão onde confrontam suas observações.

"Devido ao comportamento atômico diferir da experiência cotidiana é muito difícil acostumar-se com ele, parecendo deste modo, misterioso a qualquer um, novato ou físico experimentado. Mesmo especialistas não o entendem como gostariam, e é perfeitamente razoável que assim se suceda, pois toda a experiência e intuição humanas são aplicáveis a objetos macroscópicos. Sabemos como se comportam os objetos grandes, no entanto, as coisas a pequena escala, simplesmente não funcionam desta forma."

Richard Feynmam
Prêmio Nobel de Física em 1965

unesp

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na análise das atividades propostas – testes para tomada de concepções prévias e atividades empíricas - busca-se responder, quando possível, algumas das perguntas enunciadas na introdução, consideradas como objetivos desta, e cuja reapresentação é entendida aqui como necessária.

Que concepções têm professores e estudantes a respeito da natureza e interação da luz com a matéria condensada? O que pensam os professores e estudantes a respeito da representação esquemática de um modelo atômico? Que concepções têm professores e estudantes a respeito das cores dos objetos? E dos fenômenos de dispersão da radiação por meio de um prisma ou de uma rede de difração? Qual o comportamento dos sujeitos diante da realidade de um espectro contínuo ou de linhas? Que expectativas de racionalidade os estudantes propõem? Até que ponto deve ser considerado importante o acesso à realidade espectroscópica como um simples `ver`? Que obstáculos epistemológicos podem se refletir, tomando-se por base estes dados de pesquisa?

O primeiro teste a ser analisado diz respeito à concepção de átomos e elétrons dos estudantes do 3º ano do ensino médio da Escola "Padre José de Anchieta, município de Araputanga – MT.

Considera-se que, apesar do diálogo proposto ser diretivo, as opiniões dos estudantes elucidam seus entendimentos, suas noções, as quais são consideradas escolares. Avaliam-se as respostas, em geral, como de aceitação da existência de uma realidade teórica no que diz respeito à existência de um atomismo. A noção de existência atômica parece estar condicionada à utilidade do conceito para Ren (átomos/formas e moléculas/formação de calor e energia condicionada aos elétrons), ao condicionamento da existência das coisas materiais para Jea, Hen, Lea, Ali – as coisas existem porque os átomos existem. Hen afirma a não - prova da existência mas apóia a idéia da existência, e Euq e Van fazem referência à divisibilidade do indivisível. Para Van: a equação de Einstein equivale à idéia da divisão do átomo (o átomo é a menor partícula, que pode ficar menor). Para Gla os átomos existem em todas as coisas do planeta, mas não há como falar de sua forma, origem, etc, somente que existem em nosso meio. Em debate posterior, esse grupo de estudantes manifesta suas dúvidas: não negam a existência atômica, mas questionam suas provas. A estudante Van tem uma participação bem interessante neste debate, pois seus questionamentos são direcionados a Rod, indagando suas certezas em seu conhecimento a respeito das cores e sua relação com modelos atômicos.



Se se considerar as respostas dos estudantes do 3º ano do ensino médio da escola Padre José de Anchieta, por se constituir uma amostra que já havia tido contato com os modelos escolares investigados neste trabalho, como seus discursos, e observar o uso de palavras como "talvez" e em frases como: "muitas coisas não são vistas, mas devem ser comprovadas, de Van e Hen, têm uma certa lógica. Só não se sabe se essas substâncias são átomos ou ainda, para Rob, ...eles estão no caminho certo, quando se busca explicitar junto a estes estudantes o significado de suas idéias, observa-se que eles pedem provas e que para eles, tais provas, estão nas experiências".

Os estudantes manifestam sempre, em todos os encontros, uma busca de entendimento de como o que não pode 'ser visto' possui realidade no mundo das idéias da ciência. A sala de aula de ciências, para estes estudantes, deveria ser o laboratório. Eles sempre se referem a provas experimentais, práticas, no sentido de ver os fenômenos que regem as teorias da física e da química. Este pareceu um caso semelhante ao episódio histórico das discussões entre os mecanicistas e os energicistas. Mach não aceita a hipótese atômica de Boltzman, em controvérsia que, segundo historiadores, leva Boltzman ao suicídio. O caminho de provas empíricas, da hipótese atômica, adquiriu expressão teórica com os trabalhos de Perin e Einstein na explicação do movimento browniano. A necessidade empírica dos estudantes parece indicar que, no cotidiano realista dos estudantes, o atomismo é bem mais representado pela expressão filosófica e pela dúvida (a teoria da existência de substâncias menores tem uma certa lógica... (Jea). Se tudo o que existe é constituído de uma matéria, essa matéria é constituída de algo, só não se sabe se essas substâncias existem). Os que aceitam apresentam em seus discursos as teorias da grande explosão, que faz parte da constituição do universo enquanto conteúdo da disciplina de geografia ou mencionam como no caso de Van, a equação que representa para ela a fissão nuclear, assunto estudado em radiatividade.

O atomismo faz parte das idéias cotidianas dos estudantes, as disciplinas escolares propuseram seus modelos. No entanto, por um misto de crença e lógica, aceitam e de igual modo refutam a existência dos átomos: buscam provas, afirmam teorias estudadas, indicando um processo de dúvida recorrente como se pôde observar no debate entre parte deste grupo de estudantes. Acredita-se que se poderia supor que o perfil conceitual destes estudantes necessitava de mediação – investigando suas abordagens realistas - que pudesse revelar lacunas, tomando-se por base situações que manifestassem conflito entre os modelos estudados e os fatos novos a serem introduzidos, em possíveis explicações relacionadas com as cores, propondo diferentes mecanismos para as cores em sua relação com um determinado

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

agente presente nos diferentes sistemas: o prisma, as tirinhas, as chamas coloridas e as tintas citadas por Van em debate a ser analisado posteriormente. Entende-se que o caminho se mostra frutífero pois, entre um sistema de observação e outro, elementos de insatisfação passaram a fazer parte do debate, e o uso indiscriminado dos diferentes modelos atômicos estudados pôde ser revisto, mais uma vez, à luz de uma 'base empírica' que conferisse racionalidade ao discurso explicativo, quer mediado pelos colegas de sala, quer pelo professor pesquisador.

Os estudantes e os professores fazem a opção pela descoberta, afirmando que o elétron já deveria existir, que ele já estava ali, que apenas fora estudado e divulgado, porque até então não se conhecia nada sobre átomos, muito menos sobre elétrons. Em geral, a descoberta é realizada através de estudos e que não há como criar algo que já existe. De maneira geral, embora as respostas dos professores aparentem um aprofundamento mais elaborado no sentido do discurso, as palavras compreendam um texto mais completo, a opção pela descoberta é unânime.

Um dos estudantes que apresentaram a idéia de que se acredita somente no que vê, apresenta uma seqüência de argumentação interessante do ponto de vista epistemológico:

"Através de estudos feitos sobre isso é possível se ter uma noção de como será um átomo, mas não temos certeza disso". Com relação à concordância: "Não certamente, pois ele poderia ter encontrado uma coisa semelhante com a idéia dele e, portanto, ele baseia em idéias lógicas e surge daí essas substâncias chamadas átomos". Para este estudante, não se tem provas que nos mostrem a verdade (idéia) bem clara, possuímos apenas teorias e, a imagem, é como se fosse mas não é, que ele tentou passar sobre os átomos algumas informações. Os átomos existem em todos os lugares, que os cientistas não têm certeza de que o átomo é assim. O estudante crê que através de estudos essa é a idéia dos átomos. O estudante afirma que: não sabemos como é Jesus, mas temos imagens dele. Indagando, então: Ele é assim ou não? Ainda com relação à figura: Se esta figura está ali é porque algum motivo ela deve ter. Os átomos podem ter outras formas de estudo, mas pode ser mais fácil de entender.

Os professores se manifestam de maneira semelhante aos estudantes, um modo de pensar essencialmente empírico:

- O átomo não foi inventado e sim descoberto. Sim, através desta resposta o estudante tem uma noção do que é inventado e descoberto, e também da realidade do mundo que o rodeia. Não deve abrir mão de que ele foi descoberto, pois o nome elétron foi inventado para diferenciar uma parte da outra, mas essa "parte" do átomo que recebeu o nome dele, já existia e apenas foi classificado.
- Acredito que Thomson descobriu o elétron. Porque ele imaginou um modelo para explicar a existência de partículas carregadas de eletricidade. Portanto, o elétron não é



uma invenção do homem e sim existe na natureza. Concordo, porque o papel da ciência é justamente explicar os fenômenos naturais. Para isto é necessário criar hipóteses e construir modelos, testá-los para virar teorias.

- O cientista concluiu que o átomo possui uma energia a seu redor, pois surgiu o elétron que seria partícula carregada. Sim, pois ele pesquisou o átomo, e denomina essa carga negativa como elétron. Os livros afirmam que Thomson descobriu o elétron, porém não menciona nada a respeito de tê-lo inventado, porém o estudante não deve abrir mão da teoria que parte da descoberta do elétron até que prove que isso teria sido inventado, pois para todo estudo é preciso um ponto de partida.
- Acredito que ele descobriu o elétron, mas existem outros fenômenos e atividades que podem ser inventados a partir de uma junção de fenômenos e elementos. Como já disse na questão anterior, podem acontecer invenções a partir das já existente, mas foi a partir do elétron que se inventou a eletricidade. Por isso, é complexa a análise sobre invenção. Ele deve tentar conhecer o científico sem necessariamente abrir mão, mas sim tentar o racional.
- Ele descobriu, as palavras usadas fazem a diferença. Pode ser que J.J. Thomson levou os méritos pela descoberta não sei, e pode ser que vários outros pesquisadores já tenham trabalhado sobre o tema e Thomson com o trabalho andando, levou em frente. Os elétrons são parte de um átomo e os átomos estão presentes em todos os elementos, se ele existe ou existia, ele foi descoberto.
- Teve resultado do objeto de pesquisa através do raciocínio, da observação e conclusão lógica. Sim, ele adquiriu entendimento do que já existia na matéria. Porque os elétrons estão expostos no meio, a questão é apenas trabalho e como trabalhar.
- J.J.Thomson, utilizando sua atividade intelectual, conseguiu perceber a existência do elétron no átomo. Concordo por suposição no último estudante. Pois, se o elétron já existia, ele não poderia ter sido inventado. Porque os elétrons já estavam perto do núcleo, e não foram inventados.
- Não li a história do personagem acima mas acredito na descoberta. Eu concordo que o elétron não foi inventado e sim descoberto. Ele não deve abrir mão de que o elétron foi descoberto, pois sempre existiu na natureza.
- O elétron é algo muito complicado para dar minha opinião. (Deixou sem resposta). Para compreender o que podemos fazer com eles.

Com relação à figura que ilustra o modelo planetário para o átomo, estudantes e professores compartilham da opinião de que ela pode dar uma idéia errada a respeito dos átomos, pode dar a impressão de que os átomos são parados e os elétrons estáticos, de que é um desenho que influencia o modo de pensar das pessoas.

Os professores têm uma idéia mais elaborada do que os estudantes, do ponto de vista textual, um discurso mais elaborado e cuidadoso no sentido da coerência:

- Além de dar uma idéia errada, ser apenas um desenho, como é que foi possível afirmar que o que não pode ser observado possui uma figura assim como um retrato, uma fotografia? É somente um desenho da imaginação de algum cientista;
- É um desenho tal qual se imagina o átomo que amanhã poderá ser modificado, o que interessa é que este modelo serviu para que os cientistas descobrissem alguns segredos atômicos;

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

- Fica complicado reproduzir um fenômeno tal qual acontece, e para isso, os estudiosos tentam encontrar formas o mais possível semelhantes, mas não é real;
- Só pelo fato de ser inventado pelo homem, com certeza pode ocorrer falha na sua estrutura. Porque o que nós não podemos ver e nem observar, fica difícil fazer uma demonstração precisa deste elemento;
- Exatamente, como na maioria das vezes precisamos da materialização ou ilustração de uma idéia para compreendê-la, foi feito isto com o átomo.

A concepção mecanicista: elétrons movendo-se em órbitas definidas, em muitos aspectos tal como modelo atômico planetário, pode ser considerada útil, válida no contexto de sua gênese, devendo ser trabalhada, em suas limitações, no contexto do processo de conhecimento derivado da abordagem metodológica que envolve os experimentos de espalhamento de Rutherford, pois se observa que para ambas as amostras o racionalismo é um misto de racionalismo construído, com base no realismo do atomismo grego, o que parece ter gerado uma necessidade do ver, do empírico, em seus fatos que determinam a lógica da construção do modelo planetário, o que resulta, no entender deste pesquisador, numa busca por fatos, que determinariam uma zona do perfil conceitual que se associa a um realismo empírico, uma zona empírico-positivista no sentido do ver para crer - comprovar ou elaborar teorias pelo método experimental.

Os estudantes, com relação aos professores, ficaram mais restritos ao modelo apresentado. Nos resultados foram feitas poucas menções ao modelo de Bohr, que não é necessariamente o mesmo que o modelo planetário, isto é poucos, elementos de linguagem do átomo de Bohr foram usados (orbitais dos elétrons, níveis de energia etc.), deixando, de igual modo, dúvidas se os estudantes e em particular os professores tinham no momento o modelo de Bohr em suas mentes nesta investigação. Um dos professores informa: tanto é que Rutherford e Bohr aprimoram seu modelo atômico mostrando que os elétrons podem se deslocar do seu local de moradia, e ao liberar energia na forma de luz e calor, retornam ao seu local original.

Convém salientar que estes estudantes da Escola Padre José de Anchieta, em debate em sala de aula, expressaram as limitações entre os diferentes modelos atômicos, inclusive suas dúvidas quanto à aceitação da aplicação destes na explicação de mecanismos relacionados às cores em geral e às cores espectrais em particular. Com base nos diálogos que envolveram o debate, considera-se que os testes, da forma como foram elaborados, limitam o discurso dos que o responderam, quase que exclusivamente ao modelo exposto nas questões.

A estudantes Van faz menção à equação de Einstein (Sabe-se que **átomo é a menor partícula, ou era para ser**, mas **há como dividir átomos ($E=mc^2$) então**, o átomo é a

menor partícula que pode ficar menor. **Acho que há provas que existam**, pois toda **ciência** tem que ser **prova**da, ou melhor, toda **teoria**. Mas **se o átomo se divide**, **então** há outras **estruturas menores** que **o constitui**. **Não sei!** Concluindo: Muitas **coisas não são vistas**, **mas deve ter comprovado a existência dos átomos**, mas **talvez** não seja a menor, **se** os átomos são constituídos por algo, **esse algo é menor e assim sucessivamente**.), o que poderia justificar que o modelo exposto fora modificado no decorrer da história dos estudos em atomística, e em sua participação no debate demonstra cepticismo e relutância na aceitação da aplicação de modelos na explicação de determinados fatos relacionados com luz e cores.

De maneira geral, as respostas dos professores aparentam um aprofundamento mais elaborado no sentido do discurso, as palavras compreendem um texto mais completo, no entanto, a opção pela descoberta do elétron é unânime.

A questão relacionada com o processo de informação contido em um televisor, nos pareceu apropriada para questionar o ensino de atomística, pois, este instrumento tem um sentido epistemologicamente distanciado de um realismo ou empirismo, caracterizando uma técnica que se distancia das medidas diretas.

O processo de formação das imagens por meio de pontos aparece entre os estudantes, e por interações de radiações eletromagnéticas entre os professores. Posteriormente, entre estudantes de 7ª série, surge uma idéia de existência das imagens somente na tela do aparelho e, em geral, o que parece mesmo interessar no instrumento tecnológico parece estar relacionado às imagens enquanto programas televisivos, a exemplo da resposta da estudante Euq: "não faço a mínima idéia mas sei que é muito legal!!!"

Quando, em sala de aula, os estudantes do 3º ano da escola Padre José de Anchieta indagaram o que afinal se queria nesta questão, perguntou-se haviam observado que da parte traseira dos monitores de vídeo (computadores pessoais e televisores) há luz sendo emitida desta parte. Como resposta obteve-se um sim. Em seguida, quando se perguntou a origem da luz, a resposta foi que era da válvula. Dando seqüência, inquiriu-se sobre o papel da válvula em sua relação com a imagem. A sala permanece em silêncio. Quando se perguntou o que proporciona a formação dos pontos que geram as imagens, a sala diz que são partículas carregadas eletricamente, que são os elétrons que saem da válvula. Estas cenas serviram de base para introduzir entre estes estudantes, o tema Radioatividade e propiciaram uma retomada aos modelos atômicos, à análise do experimento de Rutherford e da descoberta do elétron.

Pôde-se observar noções entre estudantes e professores que expressam a racionalidade através de estudos baseados em idéias lógicas. Afirmações como as que

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

atribuem um não se ter prova que mostre a verdade bem clara e possuir apenas teorias, ou afirmações do tipo que os cientistas não têm certeza de que o átomo é assim mesmo, que os átomos podem ter outras formas de estudo mas que esta, pode ser a mais fácil de entender.

As controvérsias apresentadas pelos estudantes Van e Rod parecem ilustrar uma lacuna com relação aos problemas da história que deram origem aos modelos escolares. Veja-se o caso de Van. Para ela, a sala de aula e suas teorias não servem para coisa alguma. As cores e as misturas de cores satisfazem seu desejo, o prazer em conhecer está intimamente ligado à arte plástica. O lhe interessa entender que os elétrons dão as características de seu desejo, às misturas ou às tintas? Para ela o que vale é o prazer da cor na revelação da pintura. Para Rod, as teorias e os modelos têm uma importância de grau superior, quando comparado a Van, pois explicam fatos, direcionam procedimentos, implicam em tomadas de decisão, eliminam controvérsias.

A afirmação devida ao professor Mário Schemberg para o qual, 'a luz é a forma que informa a matéria informe' foi motivadora de conflito cognitivo, pois modelos distintos para luz e matéria surgiram na resposta aos testes. Como exemplo podemos citar: Luz é equivalente a energia; energia interatua com matéria gerando fenômenos; luz é luz, matéria é matéria. A luz possibilita a noção de existir das coisas materiais que servem, de anteparo para a luz.

Entre os estudantes do Colégio São Carlos - SP encontra-se afirmações como:

'A luz é matéria sem forma, e só conseguimos ver a luz se ela bater em uma matéria para que seja refletida. A luz é uma maneira de mostrar a matéria;

A 'luz é uma expressão que nos faz enxergar as coisas. É através da luz que vemos tudo que existe, a luz é que nos informa a forma, cor, tamanho'.

Entre os professores encontram-se respostas como:

'A luz a refletir na matéria faz com que vejamos as suas formas, se não houvesse luz não veríamos matéria alguma'.

Nas duas situações encontra-se uma busca de significantes que estariam em jogo no processo de interação luz-matéria condensada, que significasse o processo de informação e comunicação entre ambas. A palavra reflexão, a luz como meio de comunicação, expressões como ...'a gente só vê a matéria por causa da luz' podem ser observadas e utilizadas para iniciar um processo de (re)construção e aprofundamento de conceitos, significados sob mediação dialógica, tomando-se por base os elementos que constituem o discurso dos diferentes atores da pesquisa. Um outro aspecto que foi julgado relevante está relacionado com a indignação gerada pelo discurso do estudante hipotético, que afirma uma possível



relação entre luz e matéria, o que faz com que ambas as amostras de estudantes usem elementos da lógica formal para estabelecerem uma possível relação ou uma relação, se possível, entre átomos e luz: se matéria é constituída por átomos, então luz, átomos e matéria deveriam ter, para o físico, alguma relação.

Pode-se considerar satisfatória a respostas dos estudantes e professores, tomando-se por base, que o processo de interação luz-matéria condensada conhecido por eles, é o de reflexão.

As afirmações dos estudantes e professores, que concebem em sua grande maioria o modelo de absorção e emissão, demonstram que eles não são conscientes da idéia que fazem a respeito da natureza das cores. Estudantes de 5ª e 6ª série fazem referência a um modelo de cores por reflexão: a luz reflete e mostra que é amarela e, nas misturas, a cor amarela mais a cor azul reflete o verde. Os estudantes de 7ª e 8ª série afirmam que a luz emite a cor dos objetos. A respeito das cores dispersas por difração em um CD afirmam que a seleção de cores é possível e que não daria para observar somente um tipo, mas sempre um conjunto. A gesticulação é a representação inicial para o procedimento, ou seja, a palavra ângulo não é aplicada para significar o procedimento relacionado à observação e possível seleção angular de cores.

Os estudantes Mic (1º ano do ensino médio), Euq (3º ano ensino médio) e Jr (5ª série ensino fundamental) podem ser citados como exemplo de casos nos quais, a observação e a descrição são significadas pelo modo no qual são impostas as modificações ao objeto. Mic afirma que uma cor depende da outra; se uma saiu as outras saem juntas, a gente faz assim ó (movimentando o CD por uma série de movimentos angulares). **Euq** diz: Mexendo assim (gesticulando com a mão) e **Jr:** Dá. Mexendo assim, assim, se eu voltar para cá as cores vão sumindo.

As observações em espectroscópio devem ser caracterizadas como um fato observável novo. Os espectros da luz solar e lâmpada de filamento incandescente quando comparados, possuem para os estudantes, a mesma natureza. A aparente semelhança dos espectros em comparação é a base empírica de reflexão. Assim dizem os estudantes: o mesmo espectro é observado, um espectro contínuo com a mesma disposição das cores.

As estudantes de São Carlos, Ali, Aln e Gio, citadas no capítulo anterior, demonstram uma necessidade que pede esclarecimento. Pedem para que se esclareça um segundo percebido em contradição a um percebido inicialmente homogêneo, agora, em contradição na difração. Quando perguntam: Por que no CD quando gira emite várias cores se o disco de Newton quando gira aparenta a cor branca? Qual seria a resposta da questão da

explicação do fenômeno com base no que disse o físico? As diferenças de luz estão contidas nas propriedades dos átomos? Qual a diferença entre o disco de Newton e o CD, pois um emite luz branca, e o outro (CD) luz colorida quando giram? A estudante Gio se refere ao mesmo referencial de Ali: quando o disco de Newton gira emite luz branca e o CD mesmo girando, emite cores. O objeto científico, anteriormente homogêneo, generalizado nas cores no disco de Newton a todo fenômeno de dispersão da luz, pode resultar em progresso do conhecimento para os sujeitos. Os sujeitos estão diante de uma realidade e de um objeto novo.

5.1. Monólogos e debates: o sujeito diante dos discos compactos - um brinquedo interessante para ser explorado

O sentido dos debates com os estudantes é o de uma investigação de como o sujeito, ao se deparar com um objeto que lhe proporciona acesso a uma realidade restrita a redes de difração, a um fenômeno que, no sentido piagetiano, o perturba a ponto de, por si só, diante do instrumento, com dificuldades, ver construir um sistema simbólico, além da aparência das cores.

A entrevista com **Br** e **Jr** indica que os sujeitos adquirem um determinado procedimento observacional ao vislumbrarem o espetáculo das cores nos discos compactos. Atribuem semelhanças com fenômenos como o arco-íris (de formação atmosférica em dias de chuva ou em formação artificial com mangueira d'água segundo eles).

Esta atividade, simples no sentido de disponibilidade material (de objetos para as situações empíricas), revela a necessidade da mediação do professor no processo de significação do objeto, na conversão do fato natural em gesto ou signo, fato simbólico ou cultural, que pode ser compartilhado por todos, ou do modo expresso por Pino (2000): de modo, que "a própria natureza da significação faz dela algo que, ao mesmo tempo que pode ser compartilhado por todos – é de todos e não é de ninguém em particular – conserva a singularidade de cada um dos que a compartilham; ao mesmo tempo que não está sujeita às condições de espacialidade e da temporalidade, concretiza-se em seres reais e no tempo real desses seres" (p.57).

Outro aspecto importante que se deve considerar é que, ao se trabalhar com modelos escolares, uma mudança no perfil conceitual dos estudantes poderia ser considerado como um caso de ampliar o horizonte de significados, no que diz respeito à generalização na qual os estudantes aplicam os conceitos escolares. As perguntas com que buscam estabelecer

diferenças entre o fenômeno no disco de Newton e o processo que ocorre nos discos compactos, parecem indicar um caminho interessante e frutífero para o início do estabelecimento de diálogo, o que estabelece a necessidade de trabalhar no sentido determinado por Bachelard.

As atividades que colocam o sujeito diante de uma realidade em que fatos novos se apresentam, a exemplo dos espectros de linhas, inacessíveis ao cotidiano das observações, o elemento a surpresa diante de um objeto com existência velada até então, independentemente de idade e grau de instrução, um estado de excitação pôde ser observado. A introspeção observacional que sucede à observação, o ver pela primeira vez o conjunto de cores no espectroscópio apresentou duas situações distintas de comunicação:

A primeira delas é aquela em que o observador se cala e dirige o espectroscópio para tudo o que estiver ao alcance de sua observação, para, posteriormente, buscar diálogo sob uma enxurrada de `porquês` e `como`; a segunda delas é aquela em que o sujeito se abstrai em uma fonte específica, distinta daquela que encontra paralelo em seu repertório de motivos espectrais, a exemplo do fenômeno associado ao prisma e arco-íris, detendo-se em uma busca de semelhanças e diferenças, procurando o diálogo, somente após ter definido sua estratégia de indagações.

A realidade espectral apresenta-se, como uma situação empírica de longo alcance, no sentido da interpretação vigotskiana de aprendizagem e desenvolvimento, relacionadas com o conceito de zona de desenvolvimento proximal. A dinâmica do processo da apropriação da relação entre: a natureza das cores espectrais e o elétron, ou a natureza dos quanta de luz de Planck ou o modelo atômico de Bohr em seu princípio de construção, apresenta na história, uma natureza dialogada com os espectros de linhas, uma jornada relativamente longa; das impressões primeiras a uma geometrização precária, das intuições empírico-realistas ao sentido racionalista da natureza dual na complementaridade onda-partícula.

Duarte (1999) considera que o indivíduo se forma, apropriando-se dos resultados da história social e objetivando-se no interior dessa história, ou seja, sua formação se realiza através da relação entre objetivação e apropriação. Essa relação se efetiva sempre no interior de relações concretas com outros indivíduos, que atuam como mediadores entre ele e o mundo humano, o mundo da atividade humana objetivada. A formação do indivíduo é, portanto, sempre um processo educativo, mesmo quando essa educação se realiza de forma espontânea, isto é, quando não há uma relação consciente (tanto por parte de quem se educa, quanto por

parte de quem age como mediador) com o processo educativo que está se efetivando no interior de uma prática social.

Desde este ponto de vista, o conceito de cor dos alunos e professores está fundamentado, basicamente, na concepção de Newton, apresentada no capítulo 1. Os estudantes demonstraram, a partir do universo do fenômeno das cores no prisma e Disco de Newton, a apropriação lógica da preexistência das cores na luz branca; no entanto, elementos essenciais para o modelo de ressonância são ignorados. As dificuldades de construções geométricas, desde a literatura (Harrés, 1993), podem ser consideradas como obstáculo epistemológico na construção geométrica associada ao princípio de Huyghens – a cuba de ondas poderia ter sido utilizada no estudo de regularidades, associadas aos padrões de interferência, o fenômeno da ressonância em cordas vibrantes também pode ser útil se se está interessado em modelagem). As dificuldades dos estudantes em comunicar ações sobre instrumentos ópticos – espelhos, lentes, redes de difração, como os discos compactos e as imagens observáveis - o caminho apontado por Duarte. N. (1999) poderia ser compreendido, de um ponto de vista do uso da história da ciência no ensino de ciências, não somente na linearidade disciplinar, mas também, como um processo de instrumentação sócio-histórico-crítico ao domínio do que se refere Bachelard (1988):

> **"...O problema das trocas entre matéria e a energia procurando descer aos domínios da microfísica onde se forma o novo espírito científico, percebe-se que o estado de análise de nossas intuições comuns é muito enganador e que as idéias mais simples, como as de *choque*, de *reação*, de *reflexão* material ou luminosa, precisam ser revistas. Vale dizer que as idéias mais simples precisam ser complicadas para poder explicar os microfenômenos". (p. 37)**

Ao tempo em que um estudante nega a possibilidade de materialidade da luz, em seguida assume distinção entre luz e matéria, afirmando que o que existe entre elas é uma relação de cumplicidade, ao expressar seu ponto de vista a respeito de que, se a matéria é constituída por átomos, então, luz, átomos e matéria deveriam ter para o físico, alguma relação, fazendo referência à afirmação de que: A luz é uma forma informe que informa a matéria informe. Esta estudante concorda com que a luz é alguma coisa sem forma, que possibilita conhecer informações sobre os materiais.

É preciso retornar aos estudantes do 3º ano de Araputanga. O realismo ingênuo, impregnado de senso comum, se contrapõe à noção de luz, a qual não permite ser tratada

como algo palpável, com massa (como deseja Rod, para surpresa dos demais que afirmam não entendê-lo), como resultado de um movimento oscilatório no interior do filamento, como uma realidade de decomposição espectral.

Rod é um estudante que passou por cursos particulares na cidade de Cuiabá. Segundo ele, teve bons professores de química. Sua opção para os estudos superiores é medicina, seguindo o exemplo de seu pai, médico da cidade de Araputanga.

O diálogo deste grupo de estudantes é marcado por provas que dêem sustentação aos modelos atômicos e a existência dos átomos.

O estudante Rod faz uso do quadro negro para expor suas idéias em conflito com seus colegas. Este estudante estabelece uma relação entre cores e transições eletrônicas. Para ele o modelo de Bohr tem limitações que são superadas com o modelo mecânico-quântico.

Para desespero de seus colegas ele avança de modelo em modelo – do átomo imaginário do realismo grego ao racionalismo das cores. O estudante explica os motivos que não o levariam a usar roupa escura em dias do sol e, também, afirma que luz e matéria são equivalentes segundo a mecânica-quântica.

Para a estudante Van, as idéias de Rod não passam de 'crenças' mal estruturadas que seu colega aceita pela autoridade dos professores. Outra estudante, Fab, depois de haver contribuído para o debate, citando que os níveis podem ser desdobrados em sub-níveis de energia o interpela afirmando: Não entendo nada do que o Rod diz!

Apesar de Fab haver ter tido lições de atomística ela afirma não entender nada do que Rod diz. Van sente-se incomodada com as relações teóricas que Rod teceu. Ela indaga que para ele, antes era movimento dos átomos, fazendo referência às cores, agora é dos elétrons. Prá você é real prá mim não!

Para **Rod** os átomos existem desde a Grécia antiga na imaginação dos filósofos gregos. Para ele, a divisibilidade tem como limite os átomos, que posteriormente, e com base em experiências é que se chega à conclusão de que coisas menores podem fazer, também, parte dos átomos, citando como exemplo o caso da eletricidade que 'vem' dos átomos.

Responder a uma seqüência de perguntas como essas: O que é isto?, O que tem aí dentro?, Como isto funciona?, feita por estudantes ao primeiro contato com o espectroscópio, representa dar um sentido físico para o instrumento. O processo de aprendizagem e desenvolvimento de relações teóricas interconceituais do atomismo espectral trás em seu objeto do conhecimento, a marca de um pensamento que não concebe as margens da atividade disciplinarmente organizada. Faz-se necessário, se dar a conhecer o instrumento, se dar a conhecer o processo de construção da rede de difração, se dar a conhecer particularidades das

fendas, se dar a conhecer relações interfuncionais. Parafraseando Bachelard[1]: faz-se necessário dar-se ao objeto do conhecimento "como quem percorre o caminho da chama à franja de interferência, como aquele que conhece a luz do cobre intimamente, como aquele, que ao desejar voltar pela percepção da franja à chama, em nada vê diminuída sua felicidade de ver".

Qual a utilidade cotidiana para os modelos e teorias? Pode-se falar de meia vida entre a linguagem do e no contexto escolar, em rélação ao diverso universo das linguagens, no sistema plural de signos ao cotidiano de rotinas fora dos limites da escola?

Os problemas ressaltados por Bachelard (1977, p. 160) em O Racionalismo Aplicado: "**A vista não é necessariamente a boa avenida do saber,** em referência à Geometria e à Cinemática, quando tomadas em um realismo da percepção de que não dão necessariamente toda a realidade da experiência física, e que seu privilégio, evidente na experiência vulgar deve, portanto, ser denunciado, pois a vista dá-nos a preço baixo um ser-no-mundo, e que é preciso haver outros conceitos além dos conceitos 'visuais' para montar uma técnica do agir cientificamente-no-mundo e para promover a existência, mediante uma fenomenotécnica, fenômenos que não estão naturalmente na natureza. Só por uma desmaterialização da experiência comum se pode atingir um realismo da técnica científica", marcam diferentes cenas desta investigação, relacionadas ao debate com os estudantes do 3º ano, com os estudantes do colégio São Carlos do 1º ano, que permanecem numa relação intra-objetal, de apreciação, de surpresa e gozo pelo novo que se desponta na diversidade dos espectros das lâmpadas e suas difrações nos espectroscópios. Como disse Bachelard, o simples ver não basta. Para os estudantes, o professor toma a face do mediador, assume o papel caracterizado por Bachelard no capítulo 1. É aquele que, para os estudantes, deve proporcionar "O pensamento científico que revisa a importância, aquele que deve freqüentemente inverter o privilégio atribuído sem razão a conceitos "espaciais" e "oculares", sob uma determinação epistemológica não cartesiana em que figuras e movimentos não são mais necessariamente princípios da explicação dos fenômenos. (BACHELARD, 1977)

Se a experimentação contribui com a primeira mensagem de um fenômeno novo, que impõe ao teórico modificar a teoria em vigor para que ela assimile o fato, sob a dupla certeza, enquanto necessidade de certeza de que o real está em conexão direta com a racionalidade; e a certeza de que os argumentos racionais referentes à experiência constituem já momentos dessa experiência, o contato experiência e Matemática revela-se numa

[1] Quem pode ir pelo pensamento da chama à franja de interferência conhece a luz do cobre intimamente. E, se desejar voltar pela percepção da franja à chama, em nada diminui sua felicidade de ver. (Bachelard, 1977, p. 30).

solidariedade que se propaga, então, o ato de ensinar acaba por se destacar facilmente, da consciência do saber conforme nos expõe Bachelard (1997).

É de se considerar que as imagens nos espectroscópios e as chamas coloridas inspiram aos estudantes, um tipo de brinquedo que tateiam, colorem a chama com misturas, contaminam os reagentes em seus ímpetos de - experimentar ou brincar - buscar caminhos de racionalidade, caminhos de penetrar ao que Piaget & Garcia caracterizam como uma relação mais avançada do sujeito com o objeto do conhecimento. É de se considerar, também, que o sujeito propõe ações sobre o objeto que o conduzam a um entendimento, pois, a surpresa que o novo lhe provoca proporciona desejo de controlá-lo, de entendê-lo. O rompimento com essa surpresa tem como conseqüência a busca por uma racionalidade duradoura, comunicável, dialogável em relações que a mediação instrumento técnico-linguagem-racionalidade, transportam o devaneio da primeira impressão para uma zona de inter-racionalidade, de modo que suas certezas, por mais precárias, adquirem um aspecto, caracterizado por Bachelard (1977), por um não à racionalidade no vazio; por um não a um empirismo desconexo, pois observamos, que os estudantes buscam fundamentar uma relação da teoria com a experiência.

Torna-se necessário investigar, com maior rigor, as dificuldades em buscar tornar geométrica a representação, delinear os fenômenos e ordenar em série os acontecimentos decisivos de uma experiência, como uma tarefa primordial em que se firma o espírito científico (Bachelard. 1996, p.7). É de se considerar, também, que se chegar à quantidade representada; no caminhar entre o concreto e o abstrato, no caminhar rumo a zona intermediária conciliadora da matemática e a experiência, no caminhar para leis e fatos, acabou por revelar-se insuficiente.

Mas, conforme afirma Bachelard (1996), "mais cedo ou mais tarde, na maioria dos domínios, a primeira representação geométrica, fundada num realismo ingênuo das propriedades espaciais, implicam ligações mais ocultas, leis topológicas menos nitidamente solidárias com as relações métricas imediatamente aparentes, em resumo, vínculos essenciais mais profundos do que os que se costuma encontrar na representação geométrica".

A representação geométrica mais simples das observações espectroscópicas, diretamente nos discos compactos ou no espectrômetro, seria estabelecer uma relação entre cor e modificação de posição angular o que, em um vínculo essencial, corresponderia uma relação entre comprimento de onda (cor) e relação entre ângulo relativo - fonte e superfície de difração. Os casos apresentados no capítulo anterior indicam a necessidade de uma relação mediada entre o observador e o outro – que pode se constituir no professor ou colega.

unesp

A relação entre o sujeito e o objeto reside em um nível intra objetal, quando o sujeito assimila uma propriedade do objeto sem, no entanto, estabelecer correspondências geométricas que o conduzam a um nível de aproximação objetal inter e posterior trans. Nesta pesquisa, a linguagem geométrica é estabelecida em uma relação mediada com outros. É de relevar, no entanto, que o procedimento de representação gestual possui certo paralelismo, a que Vigotski se refere, ao gesticular da criança, assunto que retomaremos posteriormente. Isso, pode significar que, com base no campo da percepção visual, poderão ocorrer novas relações entre significados e o que é visto.

É de se esperar que, ao se estabelecer uma relação das cores com referencial relativo de observação e ângulo de incidência, o espectro em um disco compacto torne-se geométrico, sendo possível estabelecer correspondências em um nível de aproximação, ainda que figural, de ordem mais apropriada. Este caso indica um obstáculo pedagógico que se constitui na relação do sujeito com observáveis no objeto. A natureza do objeto na percepção do sujeito - cores e formas que entram e saem do cenário do campo visual sob coordenação da atividade motora – sinaliza significados de subordinação que, para Bachelard (1977), estariam relacionados a conceitos operatórios, que "longe de serem resumos de observações, são operadores de informação" e, mais ainda, "trazem a marca do próprio racionalismo aplicado" (p.168).

Com base no debate com os estudantes do 3º ano da escola Padre José de Anchieta pôde-se observar a existência de obstáculos na aceitação da idéia desenvolvida por Bohr, e que esses obstáculos a todo o momento, tinham como referência à ausência de fatos e provas experimentais que os levassem à aceitação lógica (segundo eles mesmos), da relação entre modelos e fatos experimentais.

O espectroscópio de massa é um instrumento indispensável na técnica de medidas indiretas. Diferentemente da balança que, para Bachelard, tem seu positivismo em ligação contínua com os aspectos imediatos da experiência usual, não é a mesma coisa que ocorre quando se acrescenta um eletricismo ao materialismo. Para Bachelard os fenômenos elétricos dos átomos estão ocultos. É preciso instrumentá-los numa aparelhagem que não tem significação direta na vida comum. O espectroscópio de massa representa uma epistemologia discursiva, com fundamentos teóricos para se entender os dados que são, no caso, resultados.

O que se quer dizer é que estudantes e professores desconhecem as condições epistemológicas do progresso científico do atomismo que lhes foi ensinado. Pedem provas diretas, pedem o que pode ser visto, não pedem dados de uma experiência indireta, subjetiva.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

A idéia de que se acredita somente no que se vê mostra o caráter positivista deste ponto de vista. A imagem planetária do átomo sugerida por Niels Bohr no início de suas pesquisas desempenhou, como afirma Bachelard (1977), efetivamente papel considerável no desenvolvimento da física moderna, como uma representação que corresponde a um estágio pedagógico que seria de má pedagogia desfazer numa tomada de cultura. Para o autor, para se mostrar os valores epistemológicos do átomo de Bohr precisamos afastar a sobrecarga de imagens que a vulgarização lhe impôs. Para ele, a imagem do átomo, organizada como o sistema planetário, não se pode impor mediante aspectos realistas. Este modelo deve ser remetido a sua organização matemática, o qual deve ser lido matematicamente, não abandonando o sentido dominante das fórmulas matemáticas.

O que os estudantes dizem a respeito da dispersão da luz por um prisma, está baseado na evidência experimental de que a luz 'branca' é uma mistura de raios coloridos. Pode-se classificar este conceito como um conceito empírico que é, segundo Bachelard (1977, p.169), um conceito de classificação, um conceito que não estabelece interconexões ou relações recíprocas. A ausência ou a presença destes atributos, nos conceitos, os distingue. Os conceitos racionais serão aqueles em que interconexões e relações recíprocas encontram-se presentes. Para o autor,

> **"A percepção de um objeto apresenta-se como um signo sem significação em profundidade. Ela remete apenas aos demais objetos percebidos e associa-se à percepção dos demais objetos no plano homogêneo do percebido. Esclarecer o percebido é simplesmente multiplicar as associações da percepção. Pelo contrário, esclarecer o objeto científico é começar um relato de nomenalização progressiva. Todo objeto científico traz a marca de um progresso do conhecimento."(BACHELARD. 1977, p. 130).**

A relação mediada pelos instrumentos técnicos e as dificuldades de representação simbólica via uso do discurso falado ou escrito sugerem novas questões para outras investigações.

... Dificuldades das crianças na aprendizagem de física moderna têm uma origem epistemológica; isto é, eles são naturalmente ignorantes da revolução conceitual que o surgimento do novo paradigma constitui. Qualquer aprendizagem significativa, de uns poucos elementos da física moderna na escola secundária, poderá então, ser obstruída pela visão linear e acumulativa que é apresentada. Resumidamente: a física moderna foi elaborada em contra ao paradigma clássico, e sua aprendizagem significativa deve seguir um caminho similar. (Gil e Solbes, 1983)

unesp

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudantes e professores falam de seus modelos e representam seus significados. Nem sempre eles aceitam as idéias dos modelos escolares por falta de provas. Eles apontam causas que, por inúmeras vezes, são desconsideradas e que estão relacionadas às suas dúvidas, às suas negações dos modelos pré-estabelecidos.

É de se considerar importante o desenvolvimento de instrumentos auxiliares na construção de conceitos da física e química modernas para o ensino de atomística. Isto, nos possibilita entender as dificuldades dos estudantes e professores em compreender os diferentes modelos de luz e matéria. O fenômeno da difração ao contribuir na geração de conflitos e diálogo, pode estabelecer uma relação diferente entre o sujeito e os objetos do conhecimento, quando os métodos utilizados exigem uma reflexão indireta. A análise espectral exige uma relação mediada na construção do conhecimento. Tal racionalismo, que se pode caracterizar como técnico, exige um novo vínculo do sujeito com a teoria e a experimentação, o que faz exigir do ensino de física e química, em todos os níveis, uma desapropriação de seus objetos do conhecimento. Deste modo, torna-se possível se investigar dificuldades de construções geométricas associadas aos fenômenos ópticos, bem como, apropriar-se da luz enquanto objeto de estudo da química, em uma investigação, na qual, a natureza do objeto implica em uma atuação mediada, interação com outros objetos e instrumentos, que desvele a natureza de quem emite, em suas propriedades ópticas e em suas características elementares.

O ensino do conteúdo químico em conjunto com princípios de óptica física e geométrica que aprofundem as dificuldades na elaboração de idéias ou visões sob a realidade espectroscópica, na busca de entendimento das dificuldades na construção conceitual nestes tópicos, implica desafio, habilidade e disposição intelectual tanto de professores quanto de estudantes.

É de se pensar que outros instrumentos de 'ver' fenômenos ópticos possibilitem avaliar o aprendizado e sua relação com o desenvolvimento de representação simbólica e a habilidade em estabelecer relações mais aprofundadas no sentido do nível transobjetal.

O modelo escolar de cores, deste grupo de alunos e professores, tem como base, relações de associação imediatas entre o observável e observador. As atividades desenvolvidas motivam incertezas ao propiciarem o acesso a uma realidade fantasmal (espectral no sentido etimológico).



Consideramos importante se trabalhar o aprendizado com a perspectiva de identificação dos elementos culturais construídos no processo de mediação simbólica, tendo-se como ponto de partida, o desenvolvimento e uso de instrumentos que propicie o desenvolvimento de um psiquismo superior ao processo de assimilação de conceitos por memorização.

É de se considerar que o modelo escolar de cores, que tem por base a memorização, tem levado tanto estudantes e egressos dos cursos de formação de professores de ciências a não terem consciência da natureza daquilo que assumem como verdade em relação ao conhecimento científico.

Observa-se que o que o modelo de cores, dos alunos e professores, nada tem de significante com relação aos modelos de matéria. As características do elétron são assimiladas, ao longo do processo de ensino, com distanciamento em conceitos envolvendo interações da luz com a matéria condensada, que incluiria fenômenos como a reflexão, a refração, a dispersão, a difração e fenômenos de interferência de ondas em diferentes meios.

O conhecimento do instrumento deve estar em jogo na superação da zona empírica. Considerar que o realismo dos sujeitos pode transcender a relações trans objetais, isto é, que ele pode se apropriar das limitações dos modelos nesta nova relação, é de se esperar que estes possam vislumbrar o horizonte da incompletudade do racionalismo técnico e as limitações de seus instrumentos. Essa perspectiva pode ser propícia ao argumento da não visualização dos átomos, pois, ao mesmo tempo em que expõe aos aprendizes um conjunto de propriedades, que possuem dimensões ontologicamente 'não observáveis', que devem satisfazer um modelo teórico, os levaria a compreender a epistemologia das grandezas indiretas.

Considerou-se frutífero o diálogo com Bachelard (1977)[1] na inter-relação entre descobrir/conhecer/ensinar, pois implica avançar no entendimento da construção de noções relacionadas com um objeto que se desvela na interação e que, em certa medida, o aprendizado e o desenvolvimento de noções a seu respeito, em termos de sua manipulação, o diferenciam em muito das coisas nas quais é permitida atuação, no sentido da compreensão de suas reações, em sua natureza e identidade. Do mesmo modo, consideramos que os instrumentos, longe do elogio da experimentação para ver, em particular as redes de difração e os espectroscópios, exercem na atividade humana um papel de mediação no desenvolvimento de uma psicologia que transcende às impressões imediatas.

---

[1] Bachelard., G. **O Racionalismo Aplicado.** Rio de Janeiro:1977 Zahar Editores.

unesp

Procurou-se para este trabalho (apêndice), elaborar um texto com sugestões de experimentos e teoria a respeito de espectroscopia, acreditando-se que este pudesse ser útil a professores e estudantes, tendo-se em consideração as palavras de Bachelard citadas no capítulo anterior: ' Quem pode ir pelo pensamento da chama à franja de interferência conhece a luz do cobre – e das cores de outros sais na chama – intimamente. E, se desejar voltar pela percepção da franja à chama, em nada diminui sua felicidade de ver'. Procurou-se, no texto, estabelecer uma relação entre a visão de Huyghens e o processo de formação das linhas ou bandas espectrais, com base no experimento de Young.

Entendeu-se, nesta pesquisa, que os conceitos de luz, átomos e cores presentes nas concepções dos professores e estudantes pesquisados, foram trabalhados de maneira que se encontram ausentes relações entre análise espectral e o conteúdo químico relacionado à atomística.

REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. *O Racionalismo Aplicado*. Rio de Janeiro: Zahar, 1977. 244p.

_____. *O Novo Espírito Científico*. São Paulo: Nova Cultural, 1988. (Coleção Os Pensadores). 91p.

_____. *A Formação do Espírito Científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999. 314p.

_____. *A Filosofia do Não*: filosofia do novo espírito científico. 3.ed. Lisboa: Presença, s.d. (Biblioteca de textos universitários).135p.

BACHELARD, G. et al. *Epistemologia*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1972. 95p.

BECKMAN, A. Anders Jonas Angström (1814-1874). Swedish Men of Science. p. 193-203.

CALUZI, J. J. (coord.). *Óptica*: uma nova visão. Programa Pró Ciências – FAPESP/UNESP. Bauru, SP, 2000.

CANGUILHEN. *in Epistemologia*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1972. 95p.

DAYREL, J. *Múltiplos Olhares sobre Educação e Cultura*. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

DUARTE, N. *A Individualidade para si* - contribuição a uma teoria histórico-social da formação do indivíduo. 2.ed. São Paulo: Ed. Autores associados, 1999. (Coleção contemporânea). ISBN 85-85701-67-6.

_____. *Vigotski e o "Aprender a Aprender"*. São Paulo: Autores Associados, s.d. (Coleção Contemporânea).

_____. *Concepções afirmativas e negativas sobre o ato de ensinar*. In: O professor e o ensino: novos olhares. São Paulo, *Caderno Cedes*, n.19, p.85-106, abr.1998.

ENCICLOPÉDIA BRITÂNICA (versão www biblioteca virtual da Universidade de São Paulo – acesso restrito).

ENGLERT, B-G.; SCULLY, M. O.; HERBERT, W. La dualidade en la materia y en la luz. *Investigación y Ciencia*, n.221 p. 46-52, fev.1995.

FISCHLER, H e LICHTFELDT: Learning quantum mechanics. In: Duit, F.J. G. & Niedderer(ed.). *Research in Physics Learning*: Theoretical Issues and Empirical Studies (Germany: Kiel, IPN), 1992.

GALILI, I. Students Conceptual Change in Geometrical Optics. *International Journal of Science Education*, v.18, n.7, 1996. p. 847-68.

GARCIA, N. M. D.; KALINOWISK, H. J. Um espectroscópio simples para uso individual. Santa Catarina, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 11, n. 2, p.134-140. ago. 1994.

S.A. Mário Schemberg: o mensageiro das estrelas. São Paulo: *Globo Ciência*, n. 59, p. 49. 1996.

HAKFOORT, Casper. *Optics in the age of Euler*: conceptions of the nature of light – 1700-1795. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1994. 243p. ISBN: 0521404711.

HARRES, J.B.S. Santa Catarina, *Caderno Catarinense de Ensino Física*, v.10, n. 3, dez., 1993. p. 220-234.

HERMANN, A. *"The Genesis of Quantum Theory" – (1899 – 1913)*. Massachuset: The Mit Press, 1970.

JOHNSTON Et al. Students difficulties en learning quantum mechanics *Int. Journal of Science Education*, v. 20, n. 4, 1998. p. 427 – 46.

KRASILCHIK.M.(Coord.). Bunsen - Os Cientistas. FUNBEC. Abril S/A Cultural e Editorial. São Paulo, Brasil. 1972.

KUHN, T. *Black body radiation and the quantum discontinuity - 1894 – 1912*. Oxford: s.d.

LEJBMAN, I.D.G. vel & HENNIES, C.E. *Átomos, moléculas e sólidos*. São Paulo: Funbec, 1975. (Monografias de Física e Química, 3).

LOGUERCIO, R. de Q.; SAMRSLA, V. E. B.; PINO, J. C. Del. A Dinâmica de analisar livros didáticos com os professores de química. São Paulo: *Química Nova*, v. 24, n. 4, 2.000. p. 557-562. ISSN: 0100-4042.

MASHHADI, A. Students conception in quantum physics. International Conference on thinking Science for teaching. The case of Physics,1994.

MEHRA, J e RECHENBERG., H. The Historical Development of Quantum Theory. Springer-Verlag.

MOORE, W.J. *Físico química*. São Paulo: Edusp, 1976. v.2

MORTIMER. E.F. O Ensino de Estrutura atômica e Ligações químicas: Drama, Comédia ou tragédia? Belo Horizonte: UFMG, 1998. 397p. (Dissertação de Mestrado).

_____. Evolução do Atomismo em sala de Aula: Mudança de Perfis Conceituais. São Paulo: Faculdade de Educação - USP. 1994. Tese de doutorado. 281p.

_____. *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: UFMG. 2000. 383p. ISBN: 85-7041-181-2.

NASSAU, K. Las Causas del Color. *Investigación y Ciencia*. n. 51, dez. 1980. 56-72p.

NATURE EDICTOR. Anders Jonas Angström. Nature. sept. 10, 1874.

NOBEL FOUNDATION: http://www.nobel.se. 2000.

OSTERMAN e MOREIRA: Tópicos de física contemporânea na escola média brasileira. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. *Anais*. 1998.

PINTO, A.C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? *Cad. Cat. De Ensino de Física*, v.16, n.1, p. 7 – 34, abr. 1999.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

POSNER, G. et al. Accomodation of a Scientific Conceptions - Towards a Conceptual Change Model. *Science Education*. v.66, n.2, 1982. 211-227p.

RONCHI, V. Nature of Light – "A Historical Survey" – Harvard, 1970.

SAILLARD, M.; CORTIAL, Y. Calcul de la Courbe d'efficacité lumineuse spectrale de l'ceil effectué à partir des mesures des intensités des différentes coulers du spectre solaire de Josef Fraunhofer (1817). *Ver. Hist. Sci.* XLVI/2-3, 1993. 259-272p.

SCRIBNER – Dictionary of Scientific Biographies - Editor C.C. GILLESPIE

SILVA, C. C.; MARTINS, R. de A. A "Nova Teoria sobre as Cores" de Isaac Newton: uma Tradução Comentada. *Revista de Ensino de Física*. v. 18, n. 4, dez. 1996b.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. de A. A Teoria das Cores de Newton e as Críticas de Hooke. In:*Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física*. São Paulo: Águas de Lindóia, p. 230-237, set. 1996a.

SILVA, C. C. A teoria das cores de Newton: um estudo crítico do Livro I do Opticks. Unicamp: Campinas, SP, jullo 1996. Dissertação de Mestrado.132p.

TATON, R – *História Geral das Ciências*: O Nascimento da Óptica Matemática. Cap. IV, São Paulo: Difusão Européia do Livro, Tomo II, v. II., 1960.

VIGOTSKI et al. *Psicologia e Pedagogia*. v. 1, Lisboa: Stampa, 1991. ISBN: 972-33-0103-2

_____. *Psicologia e Pedagogia*. v. 2, Lisboa: Stampa, 1991. ISBN: 972-33-0104-0

_____. *Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem*. São Paulo: Icone: Edusp, 1988. ISBN: 85-274-0046-4. 228p.

VIGOTSKI. *A construção do Pensamento e da Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2001. ISBN: 85-336-1361-X. (Trad. Bezerra, P). 496p.

_____. *Teoria e Método em Psicologia*. São Paulo: Martins Fontes, 1996. ISBN: 85-336-0504-8. 524p.

_____. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2000. ISBN: 85-336-0940-X. 194p.

_____. *A Formação Social da Mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1999. ISBN: 85-336-0818-7. 191p.

WHITTAKER, Sir E. *A History of the Theories of Aether and Eletricity*, Vols. 1 e 2.

APÊNDICE

ESPECTROSCOPIA ATÔMICA E ESPECTROSCOPIA QUÍMICA

APÊNDICE

ESPECTROSCOPIA ATÔMICA E ESPECTROSCOPIA QUÍMICA

"A produção do conhecimento em química resulta sempre de uma dialética entre teoria e experimentos, pensamento e realidade. Mesmo porque não existe uma atividade experimental sem uma possibilidade de interpretação. Ainda que o aluno não conheça a teoria científica necessária para interpretar determinado fenômeno ou resultado experimental, ele o fará com suas próprias teorias implícitas, suas idéias de senso comum, pois que todo processo de compreensão é ativo" (MORTIMER et al, 2000:277),

ESPECTROSCOPIA ATÔMICA E ESPECTROSCOPIA QUÍMICA

ATIVIDADES PRÁTICAS E TEORIA

SUMÁRIO

Objetivo.....02
Material.....03
Montagem do espectroscópio.....03
Idéia do experimento.....03
Espectros de emissão.....05
Contexto.....06
A natureza da luz.....07
Experimento de Young.....08
Franja de interferência.....08
A necessidade da teoria quântica.....11
A dualidade.....12
Algumas aplicações à química e física.....14
Quantificando a distância d entre duas pistas contíguas do cd.....15
Uma lei importante: a Lei de Bragg.....16
Categorias e mecanismos de causas das cores.....19
Experimento 1: Identificação de substâncias pela chama.....20
Experimento 2: Identificando os componentes de uma mistura.....21
Experimento 3: Espectroscopia.....21
Breve cronologia.....22
Referências.....24

ESPECTROSCOPIA ATÔMICA E ESPECTROSCOPIA QUÍMICA

Espectroscopia é a investigação de espectros[1], o fenômeno observado quando radiações eletromagnéticas, provenientes de uma fonte particular, são separadas em suas cores ou comprimentos de onda. Tais separações ocorrem por refração (em um prisma) ou por difração (por meio de redes ou grades). Instrumentos utilizados para essa finalidade são denominados de espectroscópios, se usados para observações visuais diretas, e espectrômetros ou espectrógrafos, se fotografia ou outros métodos de registro dos espectros são empregados. Através da espectroscopia, elementos químicos presentes em estrelas distantes podem ser identificados, e um aumento da compreensão ou entendimento de estrutura atômica e molecular e fenômenos como luminescência podem ser mais bem compreendidos.

1. OBJETIVO:

O objetivo deste experimento é observar diferentes fontes de luz por meio de espectroscópio e espectrômetro. Esses instrumentos dispersam a luz em uma rede de difração[2] (dispositivos similares a um prisma).

Neste experimento você vai poder comparar diferentes tipos de espectros – contínuos e de linhas – e estabelecer relação entre modelos de luz e modelos de matéria[3].

---

[1] O conjunto de comprimentos de ondas (conjunto de cores) e suas intensidades relativas emitidas ou absorvidas pelos materiais são chamados de espectros.

[2] DIFRAÇÃO: Desvio ou expansão de ondas (tais como ondas marinhas ou eletromagnéticas) verificado quando as mesmas encontram um obstáculo. Os efeitos de difração limitam a eficácia dos instrumentos ópticos, radiotelescópios etc. Em um espectrógrafo, a luz refletida a partir de uma grade de difração, uma seqüência de ranhuras ou sulcos precisos ou de espelhos estreitos paralelos, produz uma série de espectros de interferência causada pela difração. Os sulcos na superfície de um vídeo disco podem produzir efeitos de difração. Como o ângulo sob o qual a banda de difração ocorre depende do comprimento de onda luminosa em questão, a luz pode ser decomposta pela superfície do disco em suas cores constituintes, dando origem a faixas coloridas .

[3] As causas das cores são diversas, no entanto todas elas têm a mesma origem: é a existência de elétrons na matéria, com suas variadas respostas aos diferentes comprimentos de onda da luz, o que faz o mundo multicolorido. Por mais diversos que sejam as causas das cores, todos os mecanismos têm um elemento comum: as cores são originadas pela interação das ondas luminosas com os elétrons. O estudo destas interações tem sido uma preocupação central da física durante todo o século XX e, em conseqüência, não devemos surpreender-nos que, para explicar a origem da cor, seja necessário recorrer a certas teorias físicas fundamentais.



2. MATERIAL

Um disco compacto com recobrimento metálico.	
Um disco compacto sem recobrimento metálico.	O recobrimento deve ser retirado cuidadosamente de modo a não arranhar a superfície.
Uma caixa (dentifrício, sapatos).	
Fontes de luz diversas	Lâmpadas de filamento, Lâmpadas econômicas, lâmpadas de iluminação pública.
Sal de cozinha, solução de cobre utilizada como algicida em tratamento de água de piscina.	

3. MONTAGEM DO ESPECTROSCÓPIO

Abrir com um estilete ou outro objeto cortante uma fenda com 2 mm de largura e uma abertura com diâmetro de 10 mm, uma em cada lado da caixa a ser montado o instrumento. Recortar um pedaço de CD transparente com 20 mm de lado e fixar na janela. Seu instrumento está pronto para ser usado. Dirija a fenda para uma fonte de luz e observe nas laterais do interior do instrumento (caixa) as cores dispersas por difração.

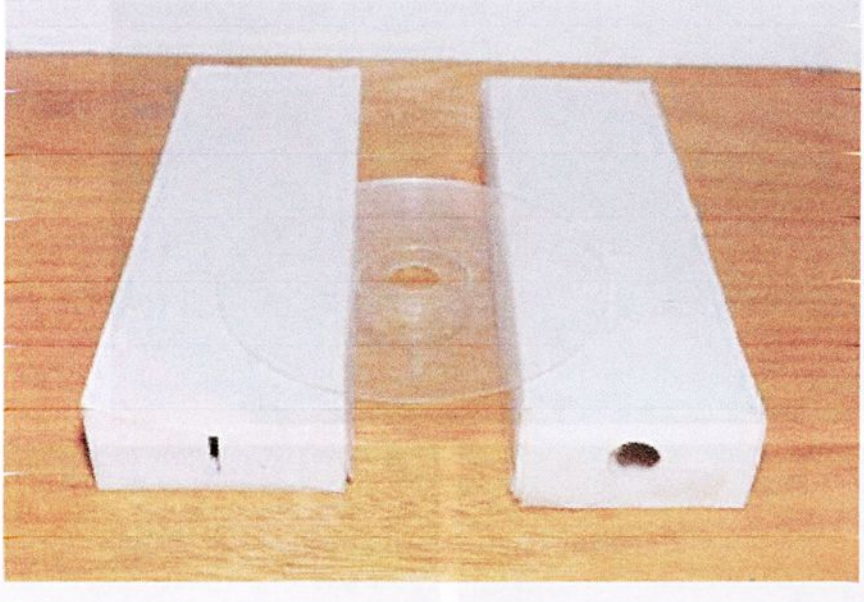


Figura 01: Espectroscópios e disco compacto sem recobrimento metálico. Vista da fenda à esquerda, abertura ocular à direita e rede de difração.

4. IDÉIA DO EXPERIMENTO:

O calor de uma chama excita moléculas e átomos de uma substância, fazendo-os emitir radiação luminosa. Nos fogos de artifício cada substância ao queimar, emite uma cor característica uma coloração característica. Diferentes cores representam diferentes comprimentos de onda. Quando são excitados por radiações não luminosas, como os raios

ultravioletas, substâncias diversas também emitem radiações luminosas de diferentes cores. Estudando o espectro dessas radiações, Bunsen (1811 – 1899) mostrou em 1860, que ele é típico para cada substância.

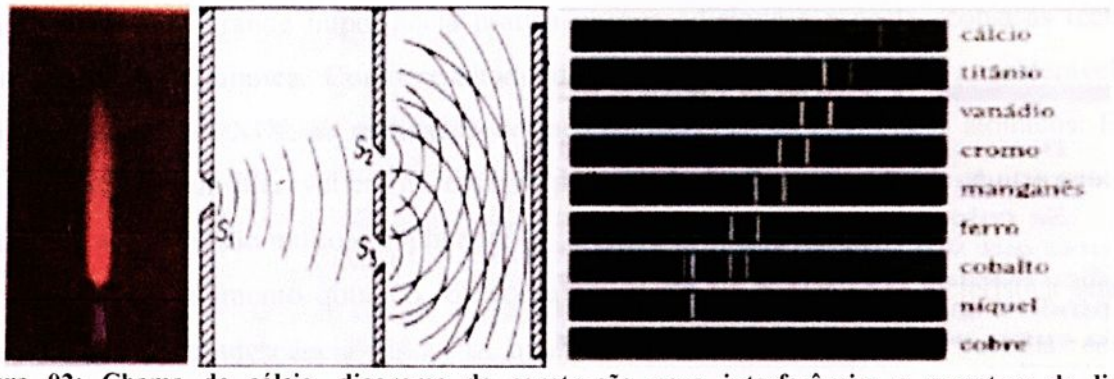


Figura 02: Chama de cálcio, diagrama de construção para interferências e espectros de linhas característicos de alguns metais. (fonte: diversas – montagem pessoal)

Observam-se dois tipos distintos de espectros: os chamados discretos, ou de linhas, e contínuos. O espectro discreto é caracterizado pela presença de apenas algumas freqüências ou cores. Este tipo de espectro que observamos é de lâmpadas de argônio, sódio e mercúrio.

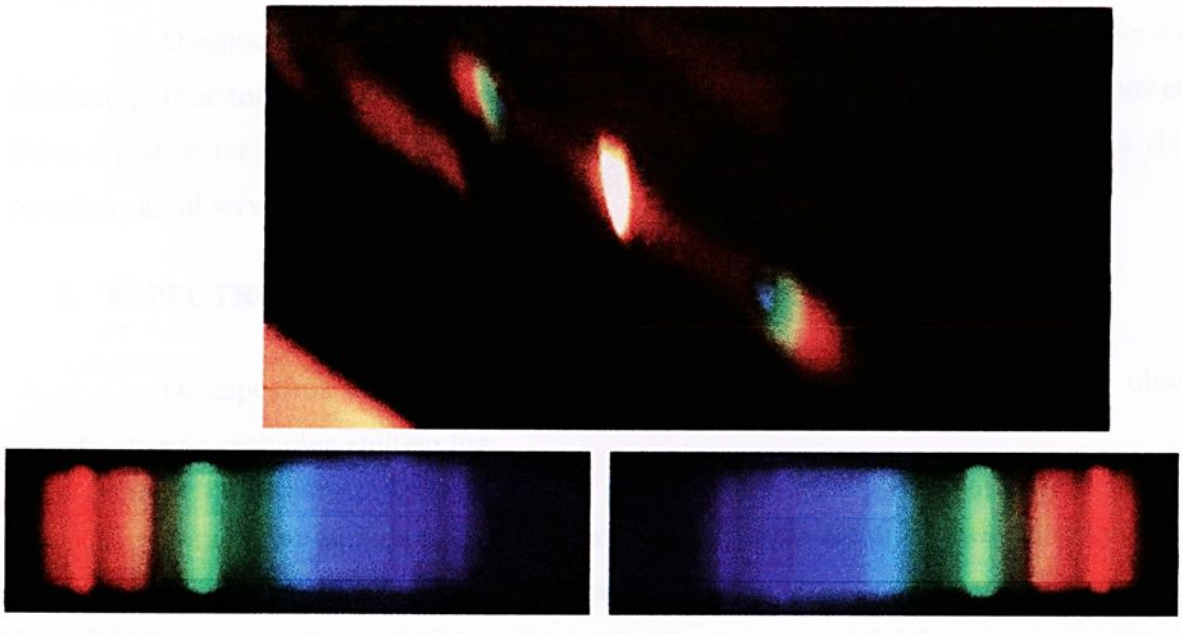


Figura 03: Espectros contínuo e de linhas. Chama de vela e luz de vapor de mercúrio respectivamente. (Imagens cedidas por Cavalcanti e Tavolaro - 2002)

Em contraste com o espectro contínuo da radiação eletromagnética emitida, por exemplo, pela superficie de sólidos em alta temperatura, a radiação eletromagnética emitida por um átomo livre está concentrada em um número discreto de comprimentos de onda. Cada uma dessas componentes de comprimentos de onda é denominada uma linha por causa das linhas que as mesmas produzem no espectro.

Investigando-se os espectros emitidos por diferentes espécies de átomos, observa-se que cada espécie de átomo tem o seu próprio espectro característico, isto é, um conjunto característico de comprimentos de onda, nos quais as linhas do espectro são encontradas. Essa característica é de grande importância prática porque adiciona a espectroscopia às técnicas usuais de análise química. Como resultado dessa motivação, um esforço considerável foi dedicado, no século XIX, na realização de medidas precisas dos espectros atômicos. E, de fato, um esforço considerável era necessário, pois os espectros consistem de muitas centenas de linhas e em geral são muito complicados.

Cada elemento químico fornece uma coloração de chama característica quando aquecido até á incandescência. Essa luz, quando separada em um prisma, ou uma rede de difração, possui um padrão de comprimentos de ondas específicas, individuais para cada elemento. As linhas que aparecem representam freqüências emitidas quando os elétrons mudam de um nível de energia maior para um de energia menor. A diferença entre estas energias corresponde a uma determinada cor emitida. Como conseqüência, todos os átomos possuem níveis discretos de energia, ou seja, os elétrons no átomo só podem ter determinadas energias que variam de átomo para átomo.

O espectro de metais incandescentes, que é o caso da lâmpada de filamento, é dito contínuo porque todos os comprimentos de onda estão presentes. Nos metais, os elétrons estão livres e podem ter todos os valores de energia. Portanto todas as freqüências na faixa visível ou cores são observadas.

5. ESPECTRO DE EMISSÃO

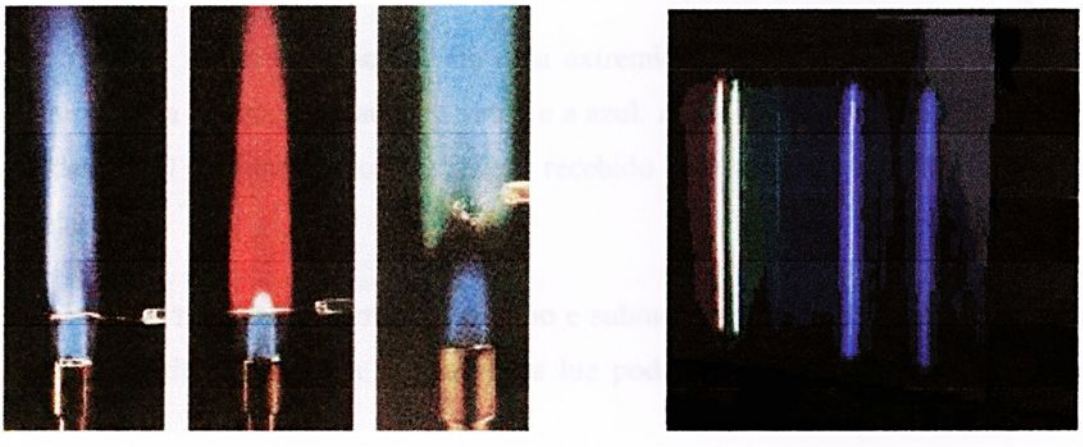
Os espectros de emissão são constituídos pelas linhas brilhantes que se observa quando átomos excitados emitem luz.

A radiação emitida pelos gases pode ser separada em diferentes comprimentos de onda por meio de um prisma ou rede de difração. Pode-se observar a luz emitida por um gás bombardeado por elétrons em uma lâmpada fluorescente. Inicialmente, para pequenas energias, o gás praticamente não emite luz. Porém, ao atingirmos o primeiro nível de energia, a luz aparece repentinamente. O exame espectroscópico dessa luz nos permite ver linhas definidas, o que indica que a luz emitida tem um comprimento de onda bem definido e, portanto, fótons de uma só energia.

unesp

Para o caso do mercúrio, por exemplo, quando a colisão dos elétrons atinge 4,9 eV, o espectroscópio nos mostra luz ultravioleta. O comprimento de onda desta luz é de 2537 Å. Esta linha bem definida é uma das que caracterizam o espectro do mercúrio, mas dificilmente ela aparece só. Um tubo de descarga com gás de mercúrio apresenta sempre muitas linhas de comprimentos de onda bem definidos (figura 02). Essas linhas são típicas do espectro do mercúrio. Não são porém, todo o espectro do mercúrio.

Alguns dos mecanismos de excitação e emissão de radiação são: o aquecimento de um gás a altas temperaturas, a colocação em uma chama dos vapores de uma substância, produzindo uma descarga elétrica no interior do gás ou provocando a circulação de corrente elétrica em um gás sob baixa pressão.



(a) **(b)**

Figura 04: (a) Sais vaporizados colorem as chamas (Os cientistas – Bunsen) e (b) Espectro de linhas (laboratório de física avançada do Instituto de Física da Universidade de São Paulo – São Carlos)

6. CONTEXTO

Bunsen e Kirchoff, em 1861, descobriram a análise espectral, isto é, a maneira de determinar a presença de elementos a partir de seu espectro óptico. Tal constatação levou à descoberta de que cada elemento químico emite um espectro característico, sendo possível por meio de um prisma ou rede de difração a determinação do comprimento de onda da linha espectral.

Apesar da descoberta de Newton do fenômeno da dispersão da luz solar por um prisma (1664), só muito mais tarde foram retomados os estudos sobre as propriedades da luz emitida pelos corpos incandescentes.

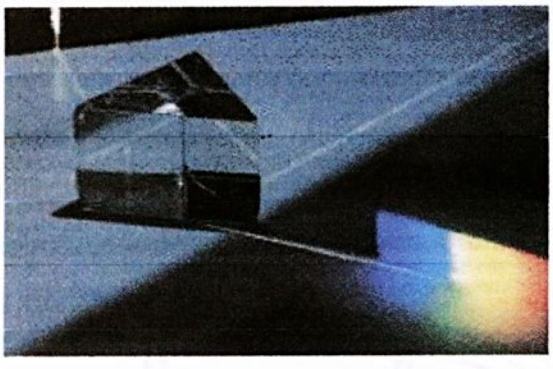


Figura 05: Decomposição da luz por meio de um prisma. (fonte: Enciclopédia Folha de São Paulo)

Aparece no espectro acima, em uma extremidade a luz vermelha e, na outra, a violeta e entre elas a laranja, a amarela, a verde e a azul. A luz vermelha é a que corresponde ao menor desvio. O conjunto de cores quando recebido num anteparo constitui o chamado espectro solar.

Um gás rarefeito encerrado num tubo e submetido a uma descarga elétrica emite luz cuja cor depende da natureza do gás. Essa luz pode também ser decomposta por um prisma.

Na decomposição da luz ao atravessar uma fenda, o feixe luminoso sofre dispersão e as radiações são recebidas em um anteparo, resultando uma figura com um conjunto de linhas coloridas definidas, espaçadas regularmente (semelhante aos códigos de barras presentes em produtos comerciais) sendo características do material emissor.

7. A NATUREZA DA LUZ

Em grande parte, em virtude do impacto do gênio criativo de Sir Isaac Newton (1642 – 1727), que defendeu o modelo corpuscular (tipo partícula), a teoria ondulatória da propagação da luz, até por volta de 1850, não havia sido realmente aceita. Por essa época, as experiências finalmente dominaram o modelo corpuscular, e por volta do início do século a teoria ondulatória estava consolidada. Muitos cientistas imaginaram que o modelo corpuscular havia sido abandonado para sempre.

unesp

8. EXPERIMENTO DE YOUNG

Esse experimento pode ser considerado como uma investigação clássica a respeito da natureza da luz, que fundamenta os elementos básicos no desenvolvimento de uma teoria ondulatória, pela primeira vez realizado pelo médico e físico Inglês Thomas Young em 1801. Nesse experimento, Young identifica o fenômeno denominado por Interferência. Observando que quando a luz proveniente de uma fonte é dividida em dois feixes, e os dois feixes são então recombinados, a combinação dos feixes, mostra um diagrama de luz e franjas escuras. Young conclui que as franjas resultam do fato de que quando um feixe se recombina, seus picos e vales podem não estar em fase (em passos).

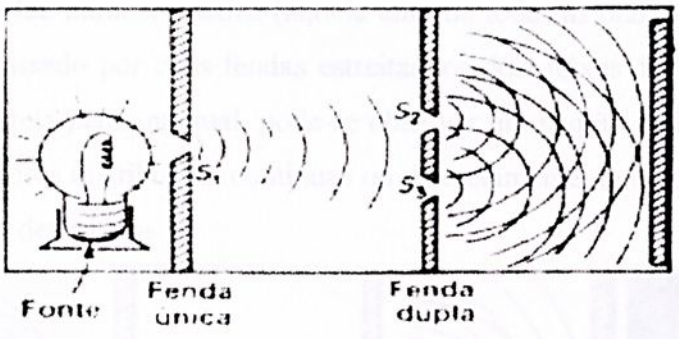


Figura 06: Ilustração do experimento de Young 1 (fonte: Pohl – Introdução à Mecânica Quântica)

Quando dois picos coincidem, estes se reforçam cada um ao outro, resultando em uma linha de luz; quando um pico e um vale coincidem, eles se cancelam mutuamente e uma linha escura é produzida. Cientistas ingleses não aceitaram a teoria ondulatória de Young até sua confirmação, muitos anos depois, com o trabalho dos físicos franceses François Arago e Augustin-Jean Frésnel.

9. FRANJA DE INTERFERÊNCIA

Uma franja de interferência pode ser definida como uma faixa luminosa ou escura causada por feixes de luz em fase ou fora de fase. Ondas de luz e propagação de ondas semelhantes, quando se sobrepõe – se encontram -, serão somadas se elas se encontrarem na mesma fase (isso ocorre quando as ondas estão ambas aumentando ou ambas diminuindo). Os feixes se cancelarão se as cristas das ondas estiverem fora de fase. Esses fenômenos são chamados interferência construtiva e destrutiva.

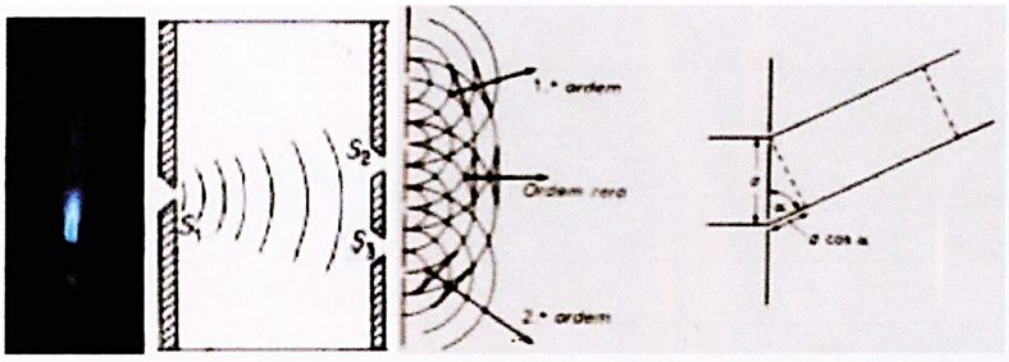


Figura 07: Princípio de construção de Huyghens para o fenômeno de Interferência - Construtivas e Destrutivas . Difração: construção de Huyghens e diferença de caminho. (fonte: diversas – montagem pessoal)

Se um feixe de luz monocromática (aquele em que todas as ondas têm o mesmo comprimento de onda) é passado por duas fendas estreitas, os dois feixes de luz resultantes podem ser dirigidos a uma tela plana na qual, pode-se observar um padrão de linhas claras e escuras ou, um padrão de cores distribuídas continuas ou discretamente, que correspondem a interferências construtivas e destrutivas.

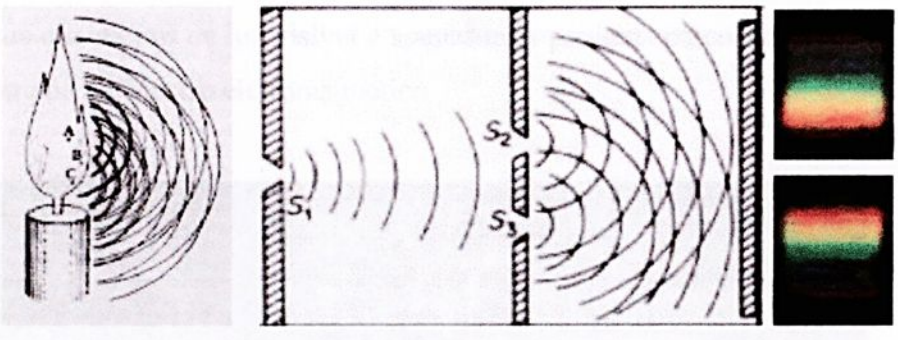


Figura 08: Ilustração do experimento de Young 2. (fonte: diversas – montagem pessoal)



Figura 09: Espectroscopia de chama com rede de difração de discos compactos. (foto gentilmente cedida por Cavalcanti e Tavolaro - 2002)

Aquilo que chamamos de luz visível é apenas uma pequena parcela dos vários tipos de radiação, que compõe o espectro eletromagnético.

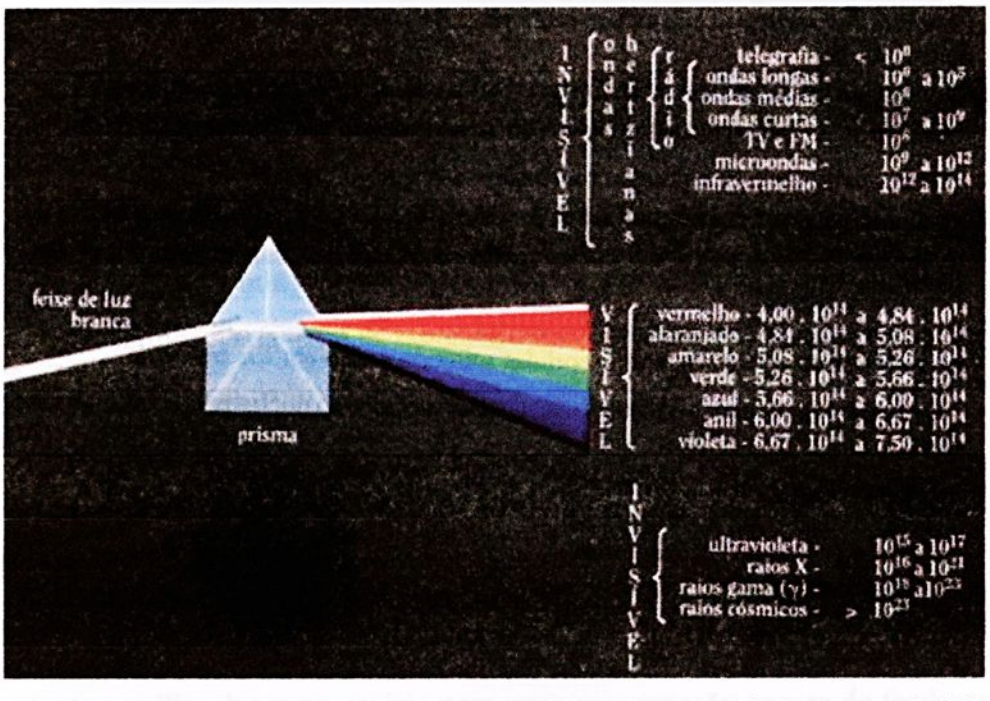


Figura 10: Espectro completo das radiações eletromagnéticas. A parte visível corresponde à decomposição da luz branca ao atravessar o prisma. (fonte: Reis. M. – Química)

10. A NECESSIDADE DA TEORIA QUÂNTICA

Na interpretação das experiências sobre radiação, Max Planck (1858 – 1947), em 1900, verificou ser necessário postular que a energia era transferida em unidades ou pacotes chamados "quantas", que se tornou evidente a partir da interpretação do efeito fotoelétrico elaborada por Albert Einstein (1879 – 1955) em 1905. (figura 10)

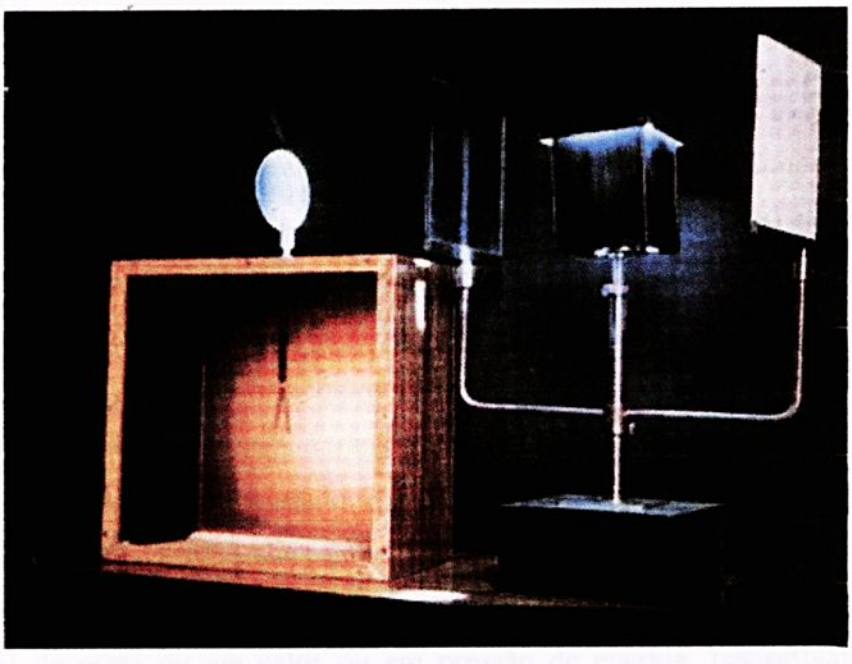


Figura 11: Instrumento para investigação do efeito fotoelétrico - Observado pela primeira vez pelo físico alemão Heinrich Hertz: a incidência de luz sobre determinadas substâncias causa a emissão de elétrons. Foi pela explicação desse fenômeno que Einstein deu importante contribuição para o desenvolvimento da recém criada mecânica quântica. (fonte: Os cientistas – Einstein – O efeito fotoelétrico)

Essa experiência mostra que quando a luz atinge uma superfície metálica limpa, os elétrons[4] podem ser emitidos da superfície. Os resultados mostram que a energia cinética dos elétrons emitidos varia com o comprimento de onda da luz incidente. Variando-se a intensidade da luz de um dado comprimento de onda, varia-se somente o número de elétrons imitidos por unidade de tempo, mas não a energia cinética de cada elétron. Pode-se observar que existe uma energia ou comprimento de onda mínimo ou crítico que a luz deve ter para os elétrons escaparem da superfície.

O efeito interpretado por Einstein demonstrou que o que fora postulado anteriormente por Planck era necessário para uma interpretação correta do fenômeno, ou seja,

[4] Descobertos por Thomson (1856 – 1940). Introduziu a idéia de associar uma quantidade de movimento às ondas eletromagnéticas. Estabeleceu a existência do elétron e mostrou que ele deveria ser uma partícula de carga elétrica negativa e com massa muito pequena em comparação com o mais leve dos átomos.

a luz não seria distribuída de maneira suave e contínua por entre as ondas, sendo em vez disso, entregue à superfície em parcelas chamadas fótons.

A idéia dos fótons permitiu explicar a emissão das linhas luminosas de comprimentos de onda discretos pelo átomo. Nos termos do modelo atômico de Bohr (1855 – 1963), datado de 1913, a emissão de fótons é explicada pela passagem de um elétron de órbita de raio maior para uma órbita de raio menor.

11. A DUALIDADE

A característica fundamental da mecânica quântica é o dualismo, apresentado por todas as partículas fundamentais. Às vezes, elas exibem o comportamento ordinário, tal como nós o julgamos em termos de partículas; em outras ocasiões, elas atuam como se fossem tipos de movimentos ondulatórios. Tomemos o fóton, por exemplo: ao discutir luz, nós podemos dizer que são três os processos básicos: emissão, transmissão e absorção. Os processos de emissão e absorção são concernentes à transformação da luz a partir de outra forma de energia ou vice-versa. Lembremos, por exemplo, que nós não detectamos a luz até ela atingir algum objeto absorvente, tal como olho, uma fotocélula ou um filme fotográfico. A energia luminosa é então, transformada num impulso químico, num impulso elétrico, numa transformação química do sal de prata ou em calor ou em pressão de energia, respectivamente. O olho humano é particularmente sensível e pode detectar um impulso de luz tão pequeno como sete fótons. (Pohl. Introdução á Mecânica Quântica)

Observa-se que todas as medidas e quaisquer outras que envolvam processos de absorção e de emissão indicam que a luz é fornecida ou absorvida em unidades quânticas, isto é, não continuamente. Observemos também, que os processos de emissão e absorção não tem nada a ver com o verdadeiro percurso ao longo do qual a luz é transmitida.

Imagine que se utilize uma lente, um cristal ou um conjunto de fendas para limitar a quantidade de luz e afetar seu percurso de transmissão. Então se conclui que é possível explicar corretamente o percurso de transmissão e as intensidades da energia que atravessa vários caminhos, se se utiliza a teoria ondulatória. A bela e simples experiência de difração de Young mostra mais efetivamente o caráter ondulatório da luz. Nela, a luz de uma única fonte (digamos de uma fenda) passa através de um par de fendas colocadas lado a lado. A luz que



emerge forma as franjas de difração num anteparo colocado em frente. Na teoria ondulatória são introduzidos os conceitos de comprimento de onda e de velocidade de transmissão.

Em resumo, a teoria dos fótons (partículas) é utilizada para descrever o comportamento da luz nos processos de emissão e absorção, porém a teoria ondulatória é utilizada para descrever processos de transmissão. As duas teorias completam-se mutuamente, cada uma descrevendo um aspecto diferente de comportamento da luz. O uso de ambos os pontos de vista permite uma descrição mais completa do que qualquer um dos dois isoladamente. Observe que não utilizamos ambas as teorias para o mesmo processo.

Com esses pensamentos em mente pode-se refazer mentalmente a experiência de difração. A luz de uma fonte puntiforme ou de uma fonte linear passa através de um sistema de fendas e as franjas de difração são registradas, digamos, sobre um filme fotográfico. É sabido que a ativação de filme fotográfico é um processo quântico tal como o efeito fotoelétrico anteriormente discutido. Do ponto de vista da teoria dos fótons, podemos considerar a experiência como a passagem de um feixe de fótons da fonte ao filme detector. Executando-se a experiência com um único fóton, não se poderia possivelmente obter a franja de difração completa sendo, quando muito, ativado apenas um grão de emulsão fotográfica. As experiências usuais, envolvendo um grande número de fótons, podem ser consideradas como a experiência de um único fóton, repetida muitas vezes. Deste ponto de vista, vemos que a franja de difração formada no filme, no final de nossa experiência, utilizando muitos fótons é simplesmente, uma expressão da probabilidade com que um único fóton emitido da fonte atingirá uma dada área de filme. As próprias ondas não são observadas nesta ou em qualquer outra experiência óptica. A própria experiência baseia-se em propriedades de fótons ou de partículas.

Observam-se sempre fótons, não as ondas luminosas. Pode-se razoavelmente, concluir que a luz é na "realidade" um feixe de fótons. A descrição ondulatória é, simplesmente, aquela que julgamos matematicamente mais conveniente para discutir a transmissão de luz.

A teoria ondulatória clássica difere, fundamentalmente, do ponto de vista fotônico (ou de partículas) porque ela trata de quantidades que variam continuamente, enquanto que o ponto de vista fotônico trata de processos descontínuos. Na teoria clássica, a energia do campo pode crescer gradualmente de zero em diante. O número de partículas, por outro lado,



é um número inteiro. Essa indivisibilidade da partícula está relacionada basicamente, com o princípio da incerteza de Heisenberg (1901 - ?). Utiliza-se a descrição ondulatória para se ter uma relação estatística que permite calcular as probabilidades dos acontecimentos.

Em 1924, reconhecendo a dualidade da natureza da luz, Louis de Broglie, fez a audaz sugestão de que uma partícula material tal como o elétron, podia ter também uma dupla natureza. A sugestão foi excelente e teve conseqüências de longo alcance. A idéia foi desenvolvida numa forma quantitativa por Erwing Schrödinger (1887 – 1961), em 1926, na célebre equação de onda e, unida à técnica igualmente perspicaz da mecânica matricial de Heisenberg, desenvolvida em 1925. Sabe-se agora, por exemplo, que nas experiências realizadas independentemente por Davisson e Germer e por G.P. Thomson, em 1927, os elétrons podem ser colimados através de fendas, tal como a luz na experiência de Young, daí resultando as franjas de difração de elétrons. A idéia de de Broglie foi assim corroborada. Experiências semelhantes de difração também foram realizadas com prótons e nêutrons. Deve-se considerar que os elétrons, durante a transmissão, não obedecem às leis de Newton da mecânica clássica, mas sim, às leis do movimento ondulatório. No momento da emissão ou da observação, eles podem ser considerados como partículas.

A nova mecânica ondulatória, porém, abandona quase inteiramente os aspectos da "partícula" clássica, uma vez que não se pretende conhecer a trajetória ou o movimento exato da mesma. Em vez disso, toda informação se considera estar contida na expressão matemática de uma função, cuja resolução permite uma descrição do comportamento dos sistemas em termos de probabilidades.

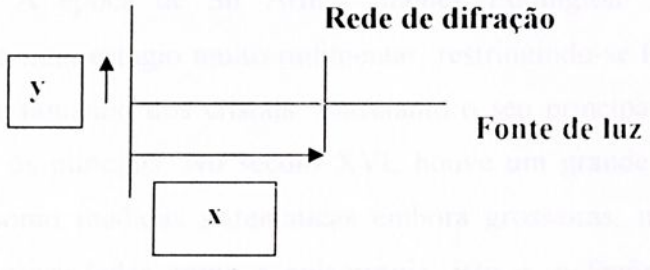
12. ALGUMAS APLICAÇÕES NÀ QUÍMICA E NA FÍSICA

"Slater (1939) afirma que "provavelmente tenha sido desafortunado o fato de que a física e a química estivessem sempre separadas. Agora, com a teoria quântica e a mecânica ondulatória e suas aplicações sobre as interações atômica, não existe em realidade, nada que as separe".

Na primeira década de aplicação da mecânica quântica à química e à física, muitos problemas, insolúveis até então, foram resolvidos. Entre estes, para apontar uns

poucos, estavam o espectro atômico e o sistema periódico dos elementos[5]. Estes são casos de sucessos, mas, o dia a dia do tubo de ensaio e da fita métrica ainda não passou. Cálculos mecânicos quânticos precisos sobre quaisquer dos mais simples sistemas estão além da capacidade dos homens e de seus melhores computadores. Nós devemos ainda voltar ao laboratório para muitas respostas, porém, invocando a mecânica quântica para as interpretações.

13. QUANTIFICANDO A DISTÂNCIA d ENTRE DUAS PISTAS CONTÍGUAS DO CD



A teoria prevê que os máximos ocorrerão sob ângulos θ dados pela expressão:

$$n\lambda = d \operatorname{sen} \theta$$

onde, n é o número de ordem do máximo (neste caso, n = 1). Tomando-se um valor aproximado para o comprimento de onda λ do vermelho de (0,67 ±0,05) μm, com a medida tomada aproximadamente na metade da região do espectro. Fazendo:

$$\operatorname{sen} \theta = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

o espaçamento d poderá ser assim expresso:

$$d = \frac{\lambda\left(\sqrt{x^2 + y^2}\right)}{y}$$

Uma outra maneira de obter o valor de d para o mesmo CD é através do uso de um apontador a laser ("laser pointer"): a geometria é a mesma. Em vez de luz de uma fonte qualquer, se usa o feixe do laser com comprimento de onda fornecido pelo fabricante.

---

[5] A tabela periódica é um dos símbolos mais interessante da ciência, um documento que contem boa parte do conhecimento sobre química. A história do sistema de classificação periódico dos elementos químicos se iniciou

14. UMA LEI IMPORTANTE: A LEI DE BRAGG

Pode-se afirmar que o início do estudo dos sólidos se originou do interesse nas formas geométricas regulares apresentadas pelos cristais. Este estudo deu lugar a uma ciência, a Cristalografia. Conhecemos de nossa experiência diária, que os materiais ao nosso redor se apresentam em três estados distintos que chamamos sólidos, líquidos e gases. Ao contrário dos dois últimos, os sólidos apresentam forma própria, definida. O estudo desses dependeu em muito, do desenvolvimento da cristalografia.

À época de Sir Arthur Stanley Eddington[6] (1882 – 1944) a cristalografia permanecia num estágio muito rudimentar, restringindo-se fundamentalmente às observações de forma e tamanho dos cristais. Entretanto o seu principal valor consistia em identificar e classificar os minerais. No século XVI, houve um grande interesse no estudo dos cristais naturais, como medidas sistemáticas embora grosseiras, mas que chegaram a revelar-nos algumas propriedades como a anisotropia, isto é, o fenômeno em que suas propriedades (mecânicas ou ópticas, etc.) eram diferentes dependendo da direção dos planos cristalinos dentro deles. Pode-se considerar a Cristalografia como ciência a partir de 1669, com a descoberta de que nos cristais de quartzo, os ângulos formados por pares de faces similares eram sempre os mesmos, apesar das suas faces variarem consideravelmente em forma e tamanho. Esta descoberta feita pelo físico dinamarquês Nicolaus Steno, foi o primeiro marco do conhecimento de uma regularidade intrínseca dos cristais, envolvendo não mais aparências externas, mas propriedades internas.

Somente no fim do século XVIII foi que a cristalografia teve um avanço real com as descobertas dos cristalógrafos franceses J.L.B. Romé de Lisle e o abade René Just Haüy, que são considerados os pais da Cristalografia, porque mostraram basicamente que os ângulos entre as faces do cristal eram os mesmos, independente da formação do cristal (natural ou artificial), e estas consistiam em uma característica do mesmo. Pode-se dizer que neste século havia um interesse no estudo da origem da regularidade e da simetria dos cristais e, com o desenvolvimento da teoria atômica, pareceu claro que as propriedades macroscópicas refletiam um arranjo extremamente ordenado de átomos e moléculas. O estudo macroscópico teve o seu auge no século XIX.

---

em torno de duzentos anos. O termo periódico aplicado à tabela reflete o agrupamento, em intervalos regulares, das propriedades químicas dos elementos.

[9] Sir Eddington, astrônomo inglês, comenta em 1927, que conhecemos mais sobre o interior de uma estrela do que o interior de uma mesa. Eddington se refere aos estudos desenvolvidos por ele sobre a composição e movimentos estelares.

Para o desenvolvimento da cristalografia faltava ainda uma ferramenta que fornecesse dados sobre a estrutura interna dos cristais. Praticamente nada era conhecido sobre o arranjo dos átomos na matéria em estado sólido. Max Theodor Felix von Laue (1879-1960) físico alemão, prêmio Nobel de 1914, especialista em física teórica, considerando o efeito de difração da luz, fenômeno que constitui na interferência da luz espalhada, por uma distribuição periódica de obstáculos, sugeriu como possível constatação da regularidade da distribuição dos átomos nos cristais pela difração de raios X pelos mesmos. Em outras palavras, uma distribuição periódica de obstáculos (átomos regularmente distribuídos) nos cristais os levaria a apresentar o fenômeno da difração.

Como com a interferência, a luz espalhada produz pontos claros e escuros "projetando" a distribuição dos obstáculos, deixando os raios X impressionar um filme colocado de modo a receber a "luz" que emerge do cristal, far-se-ia uma "fotografia" da distribuição dos átomos.

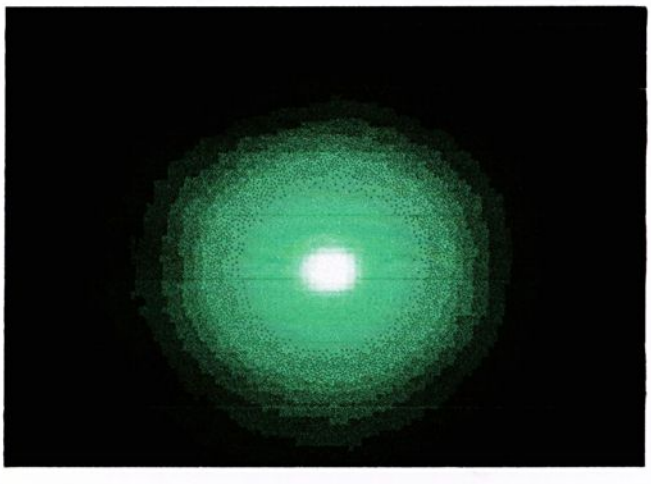


Figura 12: Difração de elétrons em grafite
(fonte: laboratório de física avançada do Instituto de Física da USP – São Carlos)

Foi somente em 1912 que W. Friedrich e P. Knipping trabalhando sob a orientação de Laue[7] corroboraram experimentalmente a sua sugestão, e este foi o início do estudo da estrutura interna dos cristais com raios X. Sir William H. Bragg (1862 – 1942) e seu filho Lawrence (1890 - ?), neste mesmo ano, com o estudo da difração dos raios X estabeleceram que se λ é o comprimento de onda da radiação X e d a distância entre dois planos de átomos no cristal e o ângulo de reflexão medido entre o feixe incidente e o plano do cristal respectivamente, tem-se:

$$n\lambda = 2d \operatorname{sen}.\theta$$

onde n é um número inteiro e pequeno, conhecido como ordem da difração. Portanto, medindo-se λ e θ para n = 1, calcula-se o valor de d que é a separação entre os átomos, segundo uma direção no cristal. Essa relação é conhecida como a lei de Bragg e é a base para o estudo não só dos cristais como dos raios X. Os métodos até então existentes para o estudo dos cristais determinavam somente os tipos de átomos constituintes, sem nada determinar quanto ao seu arranjo interno, pois envolviam reações químicas ou processos físicos, por exemplo, vaporizados ou em soluções, perdendo assim toda a possibilidade de se determinar sua estrutura. A importância da técnica de espectroscopia de raios X nos métodos de estudo dos cristais, torna-se evidente pela transformação que introduziu, não havendo mais a necessidade de se destruir o cristal, podendo-se assim estudar sua estrutura interna. Com a técnica da espectroscopia de raios X pode-se então determinar a estrutura de qualquer espécie de material cristalino ou não, mesmo fibras artificiais e plásticos. Esta técnica trouxe um grande avanço no estudo da estrutura interna dos cristais e, aliada com o aparecimento da difração de elétrons, nêutrons, etc., fez com que poucos campos da ciência se desenvolvessem tanto na primeira metade do século XX como a cristalografia.

[7] Em 1895, Roentgen (1845 – 1923), usando um tubo de descarga, descobriu que a cada descarga aparecia uma luminescência em uma placa recoberta co platinocianeto de bário, colocada à distância. As propriedades intrigantes desta radiação – era capaz de passar através da matéria – acabaram dando origem ao nome de raios X.

15. CATEGORIAS E MECANISMOS DE CAUSAS DAS CORES

As Causas das cores podem ser classificadas em 14 categorias diferentes dentro de cinco grandes grupos. Todos os mecanismos, com exceção de um (as vibrações dos átomos nas moléculas), possuem em sua origem a ocorrência de certas transições no estado dos elétrons que existem na matéria. As transições eletrônicas são as causas mais importantes da cor, porque a energia necessária para excitar um elétron corresponde à região visível.

TRANSIÇÕES ELETRÔNICAS NOS ÁTOMOS E ÍONS LIVRES; TRANSIÇÕES VIBRACIONAIS EM MOLÉCULAS	Excitações eletrônicas	Incandescência, chamas, arcos voltaicos, faíscas, relâmpagos, descargas em gases, alguns tipos de lasers.
	Vibrações	Cor azul-esverdeada da água pura e do gelo.
CORES DO CAMPO CRISTALINO	Compostos dos metais de transição	A maioria dos pigmentos, alguns lasers, alguns fósforos, alguns materiais fluorescentes
	Impurezas de matais de transição	Rubi, esmeralda, algumas fluorescências.
	Centros de cor	Ametista, quartzo.
TRANSIÇÃO ENTRE ORBITAIS MOLECULARES	Transferência de cargas.	Safira azul, magnetita.
	Ligações conjugadas	Corantes orgânicos, a maioria das cores de animais e plantas, lasers de corantes.
TRANSIÇÕES EM MATERIAIS QUE POSSUEM BANDAS DE ENERGIA	Condutores metálicos	Cobre, prata, ouro, ferro, bronze.
	Semicondutores puros	Silício, galena, diamante
	Semicondutores com impurezas	Diamante azul, diamante amarelo, diodos emissores de luz, lasers de semicondutores.
ÓPTICA GEOMÉTRICA E FÍSICA .	Refração dispersiva	O arco-íris, aberração cromática.
	Dispersão	O azul do céu, o vermelho do entardecer.
	Interferências	Película de óleo sobre água, recobrimento óptico em lentes, algumas cores de insetos.
	Redes de difração	Cristais líquidos, algumas cores de insetos.

QUADRO 01: Categorias e Mecanismos de causas das cores (Fonte: NASSAU. K. Las Causas del Color in Investigación y Ciência. N. 51, dez. 1980.)



EXPERIMENTO 1: IDENTIFICAÇÃO DE SUBSTÂNCIA PELA CHAMA[8]

Ao olhar a chama de uma vela, de um fósforo ou de um fogão a gás, você nota que elas apresentam cores diferentes. Podem ser vermelhas, verdes, amarelas, azuis, etc. Isto acontece porque a cor da chama depende do material que está sendo queimado.

Neste experimento você vai observar a cor da chama produzida por diversas substâncias. E em seguida vai identificar, pela cor da chama, as substâncias presentes em certas misturas. Realizará assim a análise química pelo mesmo processo utilizado por Bunsen – e ainda hoje empregado nos laboratórios.

QUADRO 1		CORES OBSERVADAS				
		amarela	Azul	Azul-esverdeado	vermelho	Violeta (roxo)
A	CLORETO DE SÓDIO					
B	CLORETO DE POTÁSSIO					
C	CLORETO DE CÁLCIO					
D	CLORETO DE ESTRÔNCIO					
E	CLORETO DE BÁRIO					
F	CLORETO DE COBALTO					
G	SULFATO DE COBRE					
H	NITRATO DE CHUMBO					
I	NITRATO DE POTÁSSIO					

Os íons cloretos possuem, quando formam sais de prata, uma propriedade que permite identificar sua presença em soluções de sais solúveis desses íons – os cloretos acima são todos solúveis em água. A adição de uma solução de sal de prata – nitrato de prata, por exemplo -, em quaisquer das soluções utilizadas no experimento, proporciona uma reação química com precipitação dos cloretos de prata correspondentes. Caso a reação seja realizada em condições estequiométricas, após a separação por filtração dos cloretos insolúveis, se as soluções forem submetidas ao teste de chama, a coloração das chamas terão as mesmas características da solução inicial do sal solúvel. Isso indica que, somente uma das partes do sal seja responsável pela emissão observada.

[8] Os experimentos 1, 2 e 3 têm como referência o projeto Os Cientistas – Funbec/Abril Cultural sob coordenação de Miriam Krasilchik, caixa Identificação de substâncias pela chama e Espectroscopia – Bunsen.



16. EXPERIMENTO 2: IDENTIFICANDO OS COMPONENTES DE UMA MISTURA

Preparar misturas dos sais, dois a dois. Testar na chama e anotar as cores observadas.

QUADRO 2		CORES OBSERVADAS				
MISTURAS		**amarela**	**azul**	**Azul-esverdeado**	**vermelho**	**Violeta (roxo)**
A						
B						
C						
D						
E						

As chamas de sais contendo potássio podem ser observadas com e sem filtro violeta. A chama violeta do potássio observada através do filtro violeta, que só deixa passar a luz de cor violeta, impede a passagem de outras cores.

17. EXPERIMENTO 3: ESPECTROSCOPIA

A identificação de substâncias químicas pela cor da chama é um método tradicional de análise química. A observação da chama a olho nu apresenta, entretanto, um inconveniente: ela depende da percepção de cada observador. Em certos casos, as cores podem estar mascaradas por outras, ou podem ser tão fracas que o olho humano não é capaz de distingui-las. Para verificar com mais precisão a cor das chamas, utiliza-se o espectroscópio.

Este experimento deve ser realizado em ambiente escuro. Será mais interessante trabalhar em grupo de duas pessoas.

Observe uma lâmpada elétrica comum, lâmpadas de iluminação de rua, de mercúrio e sódio, lâmpadas fluorescentes, o fio metálico aquecido e preencha o quadro 3, marcando com **X** na coluna da fonte analisada, as características observadas nos espectros, isto é, se as faixas coloridas estão bem juntas ou separadas.

QUADRO 3	FONTES OBSERVADAS				
Faixas coloridas	Lâmpada comum	Lâmpada fluorescente	Lâmpada de mercúrio	Lâmpada de sódio	Fio metálico
Estão bem juntas					
Existem espaços					

18. BREVE CRONOLOGIA

ESPECTROSCOPIA E RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO

Período:

- Newton (1664): Teoria da Luz e cores em 1675; associação entre grau de refrangibilidade e cor; cor e comprimento dos acessos.
- Huyghens: Princípio de destruição de ondas por interferência.
- Römer: Propriedades ondulatórias.
- Bourguer (1698 – 1758): Publica em 1729 *Optical Treatise on the Gradations of Light*, posteriormente Lei de Lambert, com aplicações em colorimetria e ainda mais adiante, Lei de Lambert-Beer.
- Brewster (1789 – 1826): Fundamentos da espectrometria de absorção; polarização da luz.
- Young (1802): Calcula o comprimento de onda das 7 cores reconhecidas por Newton, propriedades ondulatórias e trajetória retilínea.
- Herschel (1800): Descoberta da radiação infravermelha
- Ritter (1801): Descoberta dos raios ultravioleta
- Wollaston (1802): Obsevação de linhas escuras no espectro solar
- Fraunhofer (1814): Construiu a 1ª rede de difração, observando, do mesmo modo que Wollaston, linhas escuras no espectro do Sol, comparando-as com as linhas brilhantes da queima de sais.
- Kirchoff e Bunsen (1859): Fundamentam a análise espectroquímica e astrofísica.
- Kirchoff (1860): Enuncia o teorema da existência de uma função universal: A quantidade I (emissividade do corpo negro) é uma função do comprimento de onda e da temperatura (1), a partir da comparação da linha de emissão do sódio, em comparação com a região da linha escura no espectro solar, estabelecendo a correspondência entre a linha D do sódio com a linha escura do espectro solar (2).

- Lorentz (1866): Demonstra a partir das equações de Kirchoff, modificadas para expressar a velocidade finita de propagação de forças eletromagnéticas, a existência de correntes de ondas puramente transversais, as quais, em um meio perfeitamente transparente, propagam-se com a velocidade da luz, abrindo caminho para uma aproximação entre óptica e ondas eletromagnéticas.
- Ångström (1868): Sistematiza medidas de comprimentos de ondas de aproximadamente 1000 linhas de Fraunhofer, expressando-as em unidades de 10^{-10} metros.
- Stefan (1879): sugere que a energia total irradiada por corpos quentes, seria proporcional à quarta potência da temperatura.
- Hertz, H. (1887): Luz como onda eletromagnética e descoberta do efeito fotoelétrico.
- Stoney, G.J. (1891): Denominação do elétron.
- Wien (1893): Enuncia a relação entre comprimento de onda e temperatura, conhecida como Lei de Deslocamento de Wien e, em (1896), propõe uma equação para a distribuição de comprimentos de onda emitidos por uma cavidade, a partir dos resultados de Paschen do mesmo ano.
- Perrin, J. (1895): Elétrons são raios catódicos.
- Roentgen (1895): Descoberta dos raios x.
- Becquerel : Descoberta da radioatividade.
- Pierre e Marie Curie: Descoberta do Polônio e Rádio.
- Thomson: Estudos dos raios positivamente carregados.
- Lord Rayleigh (1900): propõe uma teoria acerca da emissão de radiação do corpo negro, a partir da hipótese conhecida como Princípio da Equipartição.
- Planck (1900): apresenta sua Lei de Distribuição, considerando a interação entre a radiação eletromagnética e os osciladores do corpo negro.
- Niels Bohr (1913): Estudo da estrutura e das radiações dos átomos.
- Einstein (1915): descoberta da lei do efeito fotoelétrico.
- De Broglie (1929): Natureza ondulatória dos elétrons.
- Heisenberg (1932): Criação da Mecânica Quântica.
- Schrödinger (1933) Descoberta de novas formas da teoria atômica.
- Davidson e G. P. Thomson (1937): Descoberta da difração de elétrons.



19. REFERÊNCIAS

CALUZI. J. J. (ORG). ÓTICA: UMA NOVA VISÃO. Projeto Pró Ciências. Unesp/Fapesp. Bauru. 1999.

CATELLI. F. Projeção de Espectros com um CD e Retroprojetor. Cad. Cat. De Ensino de física. 16, n. 1 p. 123-126, abr. 1999.

KRASILCHIK. M. (Org.) Os Cientistas – Bunsen: Identificação de substâncias pela chama e espectroscopia. Funbec/Abril Cultural - SP. 1972.

KRASILCHIK. M. (Org.) Os Cientistas – Einstein – O efeito fotoelétrico. Funbec/Abril Cultural - SP. 1972.

LEJBMAN. G.D.I. & HENNIES. C.E. – Átomos, Moléculas e Sólidos. Funbec. SP. 1975

NASSAU. K. Las Causas del Color in Investigación y Ciência. N. 51, dez. 1980.

PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITE. Física IV. Ed. UNB. 1967.

SEARS & ZEMANSKI. Física. Espectros e Física Atômica - Cap. 48, RJ. 1962

SCERRI. E.R. Evolución del sistema Periódico in Investigación y Ciência. Nov. 1988.

Biblioteca - UNESP - Bauru
Aquisição ..... Preço .....
Nº Processo .....
Depto. Solicitante .....
Procedência .....
.....
Incorporado em ...../...../.....

0810001328