

## Dicotomias epistemológicas e representações: a Física a Química e a Teoria Quântica.

José Bento Suart Júnior<sup>1\*</sup>(PQ), Sílvia Regina Quijadas Aro Zuliani<sup>2</sup>(PQ), Marcelo Carbone Carneiro<sup>3</sup>(PQ)

- 1- *Universidade Federal do Pampa-Campus Caçapava do Sul/Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência – Faculdade de Ciências – UNESP – Bauru – suart@bol.com.br*
- 2- *Departamento de Educação/Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência – Faculdade de Ciências – UNESP – Bauru*
- 3- *Departamento de Ciências Humanas – Faculdade de Artes, Arquitetura e Comunicação – UNESP - Bauru/Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência – Faculdade de Ciências – UNESP – Bauru*

Palavras-Chave: Modelos Atômicos, Ligação Covalente

**Resumo:** A Mecânica Quântica apresenta complexa estrutura conceitual e filosófica que se reflete além da teoria colocando, inclusive, em questionamento as estruturas de construção da Ciência. As interpretações e modelos propostos pela teoria quântica são estruturantes de duas grandes ciências naturais: a Física e a Química. Contudo, uma análise dos documentos oficiais e de trabalhos em epistemologia das ciências naturais mostra que estas duas ciências se distanciam nestes âmbitos. No presente trabalho buscou-se tal dicotomia no ideário de licenciandos em Física e Química dentro das representações referentes aos modelos atômicos e à ligação covalente. O ideário obtido, através do método fenomenológico e analisado à luz da perspectiva bachelardiana denota representações que equivalem às apresentadas por alunos do ensino médio além da dicotomia pressuposta entre os modelos da Física e da Química no que se refere ao uso da matemática e de recursos pictóricos.

### Introdução

Usar a Química e a Física como formas de interpretação do mundo admite que se o conceba definido pelos modelos e teorias adotadas por estas Ciências e, conseqüentemente, os modelos de interação das estruturas constituinte da matéria e suas transformações. Sendo assim, a Teoria Quântica é uma poderosa ferramenta no entendimento das relações energéticas e estruturais quando se trabalha com a natureza microfísica. Ao observar a compreensão da natureza aos olhos da Química pode-se constatar diversos conceitos e abordagens que necessitam de elementos da Teoria Quântica e que em geral fazem parte dos tópicos iniciais em Química quer seja no Ensino Médio ou no Ensino Universitário.

Podemos citar entre eles, especialmente, as ligações químicas. Sem o uso do conceito de orbital (de uma visão probabilística da dispersão eletrônica) na interpretação das ligações química, tornam-se incompletos, por exemplo, os modelos para: as ligações  $\pi$ ; benzeno e sua estrutura ressonante; o íon cianeto e suas propriedades de ligante de campo forte; as estruturas de banda dos semicondutores e as propriedades térmicas, de maleabilidade e condutividade dos metais.

Os conceitos e propriedades citados acima se encontram alicerçados em uma noção que não tem sido contemplada dentro do ensino de Química: a idéia de orbital. Compreender um orbital admite que se compreenda a necessidade de admitir a estocasticidade presente no comportamento eletrônico, sua dispersão no espaço dada sua natureza dual. É claro que esta natureza evoca então conhecimentos advindos da Mecânica Quântica.

Em uma revisão da literatura referente ao ensino de tópicos de Mecânica Quântica Greca e Moreira (2001) e Ostermann e Moreira (2000) se deparam com

problemas semelhantes. As análises e metodologias desenvolvidas e apresentadas, até a época dos levantamentos, além de serem escassas geralmente encontram-se desprovidas de referenciais teóricos. Ostermann e Moreira (2000) concluem ainda que a área necessita de um amadurecimento nas linhas de pesquisas referentes ao ensino de Mecânica Quântica no ensino médio.

Nos dois levantamentos bibliográficos constata-se a dificuldade de abordagem por parte dos professores no desenvolvimento do tema em sala de aula. Geralmente a complexidade envolvida no que concerne à teoria como desenvolvimento científico-filosófico não é abordada, nem mesmo o desafio epistemológico que é a Mecânica Quântica, quanto à ruptura com os conceitos clássicos, geralmente utilizados nas tentativas de transposição didática.

Outros autores (BARROS e BASTOS, 2007; LOBATO e GRECA, 2005; MONTEIRO, 2009; OSTERMANN e RICCI, 2005; OSTERMANN et al, 2008; PINTO e ZANETIC, 1999; REZENDE JÚNIOR e DE SOUZA CRUZ, 2009) reconhecem em diferentes pesquisas os mesmos problemas colocados por Greca e Moreira (2001) e Ostermann e Moreira (2000) ao longo da trajetória das pesquisas em ensino de ciências se verificarmos as produções (observando-se os critérios de avaliação das publicações de acordo com o sistema Qualis da Capes) em artigos publicados nos últimos dez anos (1999 a 2009). Contudo as propostas e estudos pertencem ao universo da Física, e procura-se aqui sustentar as necessidades e possibilidades referentes à Química também. Quer seja por via CTS ou Histórico-filosófica, os documentos oficiais defendem aspectos mais gerais, que recaem sobre a interdisciplinaridade e o contexto escolar, sobre a necessidade de modificar a visão tradicional de Ciência construída na escola.

Os PCNEM de Física são claros quanto à utilização de modelos, especialmente ao tratar dos modelos microscópicos, os quais devem estar associados aos fenômenos macroscópicos que querem explicar.

Ao citar elementos da óptica e do eletromagnetismo, os PCNEM fazem uma ligação direta com as estruturas da Mecânica Quântica, em associação com a discussão dos modelos microscópicos. Segundo os parâmetros:

A natureza ondulatória e quântica da luz e sua interação com os meios materiais, assim como os modelos de absorção e emissão de energia pelos átomos, são alguns exemplos que também abrem espaço para uma abordagem quântica da estrutura da matéria, em que possam ser modelados os semicondutores e outros dispositivos eletrônicos contemporâneos (BRASIL, 1999, p.234).

Por outro lado, os PCNEM de Química explicitam o uso do conhecimento advindo do cotidiano, fazendo deste o ponto de partida para a construção de novos conhecimentos, admitindo mudanças conceituais. Importante ressaltar que a Química é vista como uma “ciência nuclear”, da qual se obtém conhecimento para a interpretação de outras ciências:

Nessa etapa, desenvolvem-se “ferramentas químicas” mais apropriadas para estabelecer ligações com outros campos do conhecimento. É o início da interdisciplinaridade (BRASIL, 1999, p.242).

No entanto a natureza quântica da matéria parece ser colocada em um nível desnecessário de abstração para o entendimento da natureza para os PCNEM referentes à Química:

Entretanto, um entendimento amplo da transformação química envolve também a busca de explicações para os fatos estudados, recorrendo-se a interpretações conforme modelos explicativos microscópicos; Nessa fase inicial, não se pode pretender esgotar tal assunto, procurando-se apresentar as idéias menos complexas acerca da estrutura atômica e ligação química e que são suficientes para dar conta dos fatos macroscópicos que se quer explicar (BRASIL, 1999, p.242).

Parece, a tal discurso, que os conceitos estruturados de forma clássica seriam suficientes na busca pelas explicações dos fenômenos estudados. É necessário refletir sobre as imagens e os conceitos em se tratando de atomística, já que cabe questionar o quanto essas abordagens são menos complexas para os estudantes (elemento também evocado por Terrazzan (1994)).

Frente ao presente desafio epistêmico, os conteúdos de atomística, em que se encontram as definições de modelos atômicos, estão permeados por muitas definições e conceitos de domínio da Física, o que necessita de uma abordagem interdisciplinar, como já criticado por Terrazzan (1994). Lopes (2004) observa que:

Se por conceito se entende os objectos de conhecimento então temos de ter em consideração o conjunto de propriedades que constituem o conceito, os fenômenos que entram na sua especificação, etc. (p.100)

Contra esta divisão do conhecimento, a interdisciplinaridade aparece como um modo de aproximar os conhecimentos e de privilegiar o trabalho dinâmico e contextualizado.

Mas o que se encontra então é uma verdadeira ruptura entre as duas Ciências. Os conteúdos referentes aos modelos atômicos são abordados nos primeiros tópicos do primeiro ano do ensino médio na disciplina de Química, e mostram-se cognitivamente elevados, porém, são essenciais ao desenvolvimento dos tópicos seguintes como ligações químicas. Neste sentido, constatam-se os problemas relativos à escassez de produções na área voltada para Química, cujo problema Rezende Júnior e de Souza Cruz, (2009) apontam:

[...] quando se remete à FMC, os problemas têm implicações mais nocivas, visto que a mesma é praticamente inexistente no EM, sendo que alguns de seus tópicos e temas se fazem presentes caricatamente na disciplina de Química. (p.318)

O presente distanciamento não se revela somente na Física e na Química como disciplinas escolares, mas como Ciências Naturais também.

Para Greca e Santos (2005) uma teoria física é a coexistência de dois conjuntos de signos: signos matemáticos e lingüísticos. De tal maneira que, embora o modelo matemático seja carregado de forma implícita ele não constitui por si só uma descrição dos fenômenos, ou seja, seria este semanticamente cego. Para os físicos, os modelos são então instrumentos de trabalho, representações simplificadas de um problema.

Na Química encontra-se um processo bastante diferenciado pelo qual a representação pictórica admite outro nível de complexidade. A manipulação mental dos modelos é que permite que a realidade química se torne inteligível.

Segundo Greca e Santos (2005):

Na Química o processo de modelação tal como é apresentado aos estudantes é bastante diferenciado. Na Física desde o início da carreira universitária, modelar uma situação envolve, como vimos, expressar matematicamente as relações físicas entre os objetos idealizados para modelá-la, a partir dos supostos de um dado modelo. Na Química, no entanto, este tipo de modelação é deixado para níveis mais avançados. Em geral, ao nível universitário introdutório, se pretende que os estudantes sejam capazes de modelar uma situação a partir da utilização de uma representação pictórica, que lhes permita raciocinar e que possa ser expressa na sua contrapartida simbólica. (p. 36)

Para ilustrar a separação conceitual admitida entre as duas áreas, as autoras (GRECA e SANTOS, 2005, p. 43) usam os modelos atômicos:

Um conteúdo interessante de observar essas diferenças entre as formas de modelar em Química e em Física e as dificuldades que essas diferentes formas trazem para a compreensão dos estudantes é o que se refere aos modelos atômicos. O que acontece quando os alunos aprendem modelos atômicos que são ensinados sob um ponto de vista químico e mais tarde devem reinterpretar esses mesmos modelos sob o ponto de vista físico? Sob o ponto de vista químico eles aprendem o átomo como um sistema material, concreto, realista, cujos elétrons percorrem clássicas trajetórias bem definidas. Este modelo não se reduz somente a uma analogia "didática", senão que ele serve de base para a compreensão dos processos de interação entre espécies atômicas e moleculares diferentes. Esse modelo realista permite que o aluno compreenda mecanismos de reações químicas, ligações entre átomos, etc. Tanto é assim que muitos alunos ao representar na fórmula de Lewis uma ligação química entre íons, representam elétrons como partículas que trocam de átomos, alguns alunos inclusive representam com símbolos e cores diferentes os elétrons de cada espécie em ligação. Por outra parte, quando o estudante deve estudar o mesmo assunto na Física deve compreender que não pode associar-se o elétron a uma partícula clássica, que pelo princípio da incerteza, o elétron não possui nem dimensão nem posição definidas, que são indistinguíveis os elétrons de diferentes átomos, e que a melhor forma de descrever o comportamento é dado pelo quadrado da amplitude de onda de uma equação matemática, que é a equação de Schrödinger. Os alunos também devem apreender que é impossível ter uma representação analógica apropriada para essa abstração matemática.

O contexto descrito acima coloca esta pesquisa dentro de um âmbito um tanto quanto particular: os trabalhos realizados com relação ao tema escolhido são escassos tanto quanto as abordagens interdisciplinares. Tal contexto fortalece o distanciamento apresentado e conseqüentemente agrava os problemas de ensino-aprendizagem.

Seria, no entanto, este distanciamento disciplinar somente existente no ensino médio? Se ele existe caberia aos professores a responsabilidade pela aproximação a partir de uma visão interdisciplinar. Admite-se para tanto que os cursos de graduação têm grande responsabilidade no processo de construção não apenas dos conceitos mas também das estruturas epistemológicas da Física e da Química e conseqüentemente destas como disciplinas no ensino básico.

Cabe então a investigação acerca dos modelos e representações de futuros professores acerca das estruturas atômicas e das representações acerca das ligações químicas frente a este contexto.

## Objetivos

O presente trabalho tem por objetivo verificar a partir das descrições de licenciandos formandos em Física (AF) e Química (AQ) o ideário e as representações de átomo e conseqüentemente de ligação covalente dentro dos cursos de graduação em Licenciatura e Física e Licenciatura em Química, como perspectivas conceituais frente aos tópicos de Mecânica Quântica.

## Metodologia

O presente trabalho é um recorte, com foco nos resultados, da dissertação de mestrado “A dialética do conhecimento científico, a prática e a experimentação: uma análise do ideário de licenciandos e sua relação com a epistemologia da ciência moderna” desenvolvida a partir de pesquisa realizada concernente a tópicos de História e Filosofia da Mecânica Quântica nas visões da Física e da Química dentro da formação de licenciandos (SUART JÚNIOR, 2010).

O método de pesquisa qualitativa, especificamente a fenomenologia, foi o empregado.

Nesta pesquisa optou-se pela utilização da observação participante. Nesta perspectiva o pesquisador deve buscar entender como os sujeitos enxergam suas próprias situações, tentando aprender o que as pessoas definem como importante e real.

A observação participante pode ser conceituada como uma estratégia de campo que combina ao mesmo tempo a participação ativa com os sujeitos, a observação intensiva em ambientes naturais, entrevistas abertas informais e análise documental (Moreira, 2002, p.52)

A Fenomenologia tem ganhado paulatinamente reconhecimento como metodologia de pesquisa qualitativa. Toda vez que se queira dar destaque à experiência de vida, o método fenomenológico pode ser adequado.

Para Merleau-Ponty a fenomenologia é o estudo das essências que recoloca a essência na existência das coisas. Na fenomenologia há a procura pela facticidade. O mundo é considerado anterior a qualquer reflexão, abstendo-se à descrição direta da experiência. Assim quer-se um retorno às coisas mesmas, ao mundo irrefletido, a busca do contato primeiro e não da explicação segunda advinda da filosofia com suas análises ou da Ciência com suas relações causais (CARNEIRO e GENTIL, 2009).

Assim buscou-se dentro dos cursos de Licenciatura em Física e Licenciatura em Química, contidos numa universidade pública na cidade de Bauru/São Paulo o ideário dos licenciandos em relação às questões descritas anteriormente.

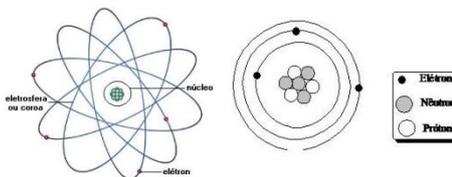
A coleta de dados se deu dentro de uma atividade em sala de aula especialmente desenvolvida, numa abordagem histórico-filosófica, que convidava a discutir elementos de filosofia da Mecânica Quântica, epistemologia da Ciência e especialmente as concepções de Método Científico, sua validade, e estrutura frente ao desafio colocado pela Ciência Moderna.

A atividade em questão foi desenvolvida dentro dos cursos no contexto de duas disciplinas que abarcam tais questionamentos (Filosofia da Ciência (Lic. Em Física) e Estágio Supervisionado em Ensino de Química II (Lic. Em Química). Os dados foram

coletados através da gravação em vídeo das aulas, questionário especialmente desenvolvido para a atividade e relatórios no formato tradicional, elaborado pelos alunos para a atividade.

Os resultados apresentados se referem a duas questões propostas no questionário mencionado:

1 -Observe os desenhos abaixo:



Do que se tratam? Escolha na sua opinião, a partir da resposta anterior, aquele que julgar mais adequado explicando os motivos de sua escolha. Se nenhum dos dois desenhos estiver de acordo esboce o seu.

2- Pensando sobre a ligação covalente, como ela acontece? Desenhar é uma boa forma de representação e nos ajuda a lembrar do fenômeno ou conceito. Nessa perspectiva, você pode esboçar uma imagem de uma ligação covalente e explicá-la.

Os dados obtidos foram analisados à luz da epistemologia de Gaston Bachelard no que se refere à noção de perfil epistemológico e do marco teórico apontado dentro das produções em ensino de ciências colocadas anteriormente.

Em “A Filosofia do Não”, Bachelard (1991) apresenta a noção de Perfil Epistemológico. O perfil retrataria as diversas concepções de um mesmo conceito embasadas por diferentes visões epistêmicas. Estas concepções coexistem e se apresentam em diferentes intensidades. Bachelard cria um esquema em que no eixo das abscissas encontram-se as perspectivas e no eixo das coordenadas estaria sua intensidade de recorrência. Nesta perspectiva o conhecimento progrediria filosoficamente do animismo para o realismo, deste para o positivismo, para o racionalismo, então indo a um racionalismo completo chegando finalmente ao racionalismo dialético. O perfil, no entanto, é uma noção particular de cada conceito, para um dado estado cultural e estes variam em suas definições para cada uma das filosofias admitidas.

## Resultados e Discussão

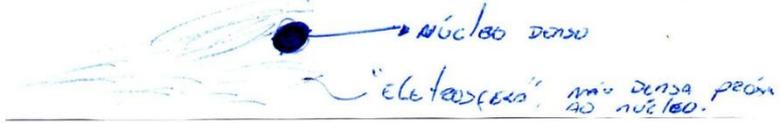
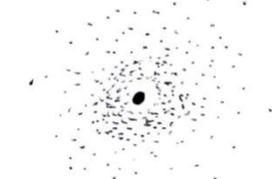
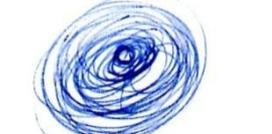
Se admitirmos a existência de um perfil epistemológico, partido de uma recorrência histórica tal que se coloque então dentro deste os parâmetros, no eixo das abscissas, referentes aos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr e um modelo dialético constituído pelas contribuições de Heisenberg, Schroedinger e Dirac, encontra-se nas repostas às questões propostas referências aos três últimos níveis epistêmicos, especialmente em relação à primeira pergunta realizada, tendo como foco os modelos atômicos.

Ao analisar os desenhos propostos relativos aos modelos atômicos os alunos da licenciatura em Física não esboçaram desenhos de um terceiro modelo com o qual concordassem, diferentemente dos alunos do curso de licenciatura em Química que

propuseram diferentes desenhos (quadro 1) em geral, em busca de uma forma pictórica capaz de revelar dispersão na eletrosfera.

A inexistência de desenhos entre os físicos para se referir a um modelo que se adapte melhor ao seu esquema conceitual vai ao encontro da análise realizada por Greca e Santos (2005), que revelam que o aspecto pictórico é recorrente na Química enquanto na Física o aspecto matemático é determinante enquanto Ciências.

**Quadro 1. Representações pictóricas de licenciandos em Química para o modelo atômico**

AQ1	
AQ9	
AQ16	
AQ19	
AQ23	

Alguns alunos dos dois cursos avaliam os desenhos através de uma “situação de sala de aula”, abordando tais esquemas através de um parâmetro de nível de complexidade. O que se pode verificar nas falas de AF11, AQ4 e AQ7:

*AF11: Este adequado é bastante relativo, sobre o ponto de vista do que é ensinado no ensino médio fica-se o primeiro modelo como “adequado” onde encontro o núcleo com a “massa” nêutrons e prótons e ao redor “girando” temos os elétrons. Já em níveis quânticos falamos de átomos como energia, não podendo mais falar que o modelo atômico é assim. Pra mim depende com quem você trabalhar e o que quer mostrar.*

*AQ4: “Ambos são modelos atômicos teóricos construídos com o intuito de se estudar o átomo e seu comportamento. Outros modelos teóricos foram propostos para se explicar fenômenos químicos. Acredito que a escolha do modelo atômico dependerá daquilo que se quer explicar e para quem o conteúdo quer ser passado. Por exemplo,*

para se tratar classificação periódica para alunos do primeiro ano o segundo seria de fácil compreensão, porém se queremos aprofundar mais o assunto devemos recorrer a outros modelos. Dependerá muito da situação, para a graduação em química e física ou qualquer outro curso acredito que o modelo quântico deve ser utilizado, pois os ouvintes já possuem capacidade de absorver e compreender, já que esse modelo é um pouco abstrato”

AQ7: “Se trata de modelos para exemplificação de átomo. Os dois são similares, um em 3 dimensões e outro em 2 dimensões. Para explicação inicial do conceito de átomo, em sala de aula, pode ser utilizado, porém, deve-se evoluir até o conceito atual, representando os orbitais, e tentando fazer com que o aluno “enxergue” a fim de se entender o modelo atual.”

Outro ponto de convergência encontrado é a análise dos modelos frente à dualidade onda-partícula, expressando os alunos que os desenhos em questão denotam apenas uma natureza corpuscular para o elétron, ou em que se admite uma estruturação matemática para o modelo (a equação de Schroedinger).

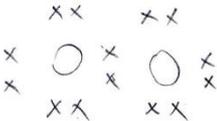
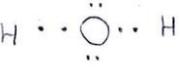
Verificam-se ainda argumentações referentes às formas das órbitas, em que o primeiro desenho teria uma órbita mais consistente que o segundo, mas que o segundo admitiria níveis de energia, fato inexistente no primeiro desenho, o que revela os ideais persistentes de níveis epistemológicos distintos como sugerido:

Órbita > Rutherford  
Níveis Energéticos > Bohr  
Dualidade/Dispersão > Heisenberg/Schroedinger/Dirac

Ao se observar os desenhos representativos das ligações químicas realizados pelos licenciandos dos dois cursos encontra-se concordância na utilização de recursos que remetem à representação de Lewis, ou ainda à utilização de símbolos dos elementos com representações de unidades eletrônicas (“x” ou ponto), como visto no quadro 2.

Encontram-se, nos licenciandos em Química, representações que fogem aos modelos tradicionais expostos acima. A recorrência na Física se dá em menor número. Os desenhos dos licenciandos são apresentados no quadro 3:

**Quadro 2 Representações pictóricas dos licenciandos para a Ligação Covalente, modelos tradicionais**

AQ2			AF2
AQ3			AF3
AQ8			AF6

AQ12			AF9
AQ13			AF10

**Quadro 3 Representações pictóricas dos licenciandos para a Ligação Covalente, modelos não tradicionais**

AQ1			AF1
AQ4			
AQ5			
AQ9			AF14
AQ16			

Os elementos textuais utilizados para as explicações dos desenhos também transparecem uma simetria entre as concepções dos alunos dos dois cursos e são apresentadas no quadro 4.

**Quadro 4 Elementos textuais dos licenciandos para a descrição da Ligação Covalente**

Química	Física
<ul style="list-style-type: none"> <li>• “compartilhamento de elétrons”</li> <li>• “compartilhamento de nuvens eletrônicas”</li> <li>• “poder polarizante”,</li> <li>• “estabilidade”</li> <li>• “camada de valência”</li> <li>• “aproximação”</li> <li>• “sem uma localização exata”,</li> <li>• “eletronegatividade”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “compartilhamento de elétrons”</li> <li>• “superposição de orbitais”</li> <li>• “diagrama de Lewis”</li> <li>• “ligação molecular”</li> <li>• “estabilidade”</li> <li>• “formação de substância”</li> <li>• “completar orbitais atômicos”</li> <li>• “camada de valência”</li> <li>• “gases nobres”</li> </ul>

Os dados citados vêm ratificar a coexistência de níveis epistemológicos reforçando a idéia de perfil epistemológico, já que ainda que se tenha afirmado na questão anterior a necessidade de elementos tais como dispersão eletrônica, os alunos recorrem à modelos um tanto quando simples para a representação da ligação covalente. Verifica-se ainda que, o que Bachelard colocaria como nível mais elevado no que se refere à ligação química, ou seja, a *Teoria dos Orbitais Moleculares*, onde se encontra uma dialética entre os fenômenos e o formalismo matemático, não foi encontrado entre as respostas dos alunos dos dois cursos.

Vale ainda observar que Fernandez e Marcondes (2006) concluem, após uma análise da literatura, que se pode agrupar as concepções dos alunos sobre ligações químicas em categorias. As autoras fazem referência às ligações químicas se absterem a formalização da regra do octeto ou ainda a estarem de acordo com princípios geométricos como causa das ligações, aspectos encontrados nas representações.

Muitas são as distorções nas concepções dos alunos acerca das ligações químicas. O conceito de compartilhamento não é claro, de forma que muitos acreditam que os elétrons estejam compartilhados igualmente, e que não existem regras governando o processo, o que desestrutura o conceito de eletronegatividade. O conceito de compartilhamento mistura-se à definição de compartilhar comum no cotidiano formando diversas concepções alternativas. (FERNANDEZ e MARCONDES, 2006)

As ligações químicas basear-se-iam unicamente na teoria do octeto, e sua importância estaria no preenchimento de uma camada, as quais parecem proteger os elétrons, como conchas, enquanto em uma nuvem eletrônica, os elétrons estariam embebidos por esta.

Segundo Fernandez e Marcondes (2006):

*Um outro problema que deve ser considerado é que, tanto nos textos como em sala de aula, os átomos e as moléculas são representados de muitas maneiras: como círculos, bolas, núcleo e camadas, bolas separadas ou juntas etc. Os autores desses textos e os professores provavelmente supõem que os alunos compreendem facilmente o que isso significa (diferentes modelos com diferentes propósitos). (p.23)*

Os dados encontrados sugerem total concordância com as autoras o que revela que os cursos de graduação não teriam sido capazes de construir representações mais elaboradas e estruturadas dos que as problemáticas representações encontradas no ensino médio.

### **Algumas possíveis conclusões e considerações finais**

O contexto do qual emerge esta pesquisa é complexo e contraditório. Os documentos oficiais mostram direcionamentos distintos para o ensino das disciplinas de Física e Química, ainda mais no contexto dos conteúdos de Ciência Moderna. Os documentos oficiais abordam distintamente os conceitos referentes à Ciência Moderna para Física e Química ainda que coloque o uso da interdisciplinaridade como fundamento de um ensino de uma Ciência não ingênuo.

Se a Fenomenologia permite a descrição do vivido destes sujeitos então admite-se que tais concepções apresentadas expressam a vivência dos alunos, ou seja, as descrições referentes aos modelos em análise revelam o que é vivenciado na formação inicial docente (no mundo da vida da escola).

Claro está, que Física e Química são áreas com abordagens metodológicas extremamente distintas, e com pressupostos filosóficos diversos e talvez contraditórios se concordarmos com Greca e Santos (2005).

As descrições mostram múltiplas concepções para um mesmo conceito, concordando com o Perfil Epistemológico defendido por Bachelard e assim revelam também a concordância do ideário com a perspectiva de Greca e Santos (2005) quando alunos da Licenciatura em Física abdicam de recursos pictóricos para representar seu ideário, enquanto do outro lado um caráter especialmente pictórico se revela nas respostas ao questionário dos licenciandos em Química.

Os dados em questão nos guiam agora junto ao ideário concebido pelos licenciandos em busca de posturas, vieses, contradições ou antagonismos dentro da formação inicial, e de processos que possam mudar tal cenário, e que permitam uma melhor fundamentação dos tópicos em Mecânica Quântica nos currículos do Ensino Médio e Universitário.

## Referências

- BACHELARD, G. **A filosofia do não**. Lisboa: Editorial Presença, 1991.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Ciência da Natureza Matemática e Suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.
- CARNEIRO, M. C; GENTIL, H. S. (Org). **Filosofia Francesa Contemporânea**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.
- FERNANDEZ C., MARCONDES M.E.R.. Concepções dos estudantes sobre ligações químicas. **Química Nova na Escola**, nº 24, p. 20-24, 2006.
- GRECA, I. M., SANTOS F. M. T. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da Física e da Química. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.10, n.1, 2005.
- GRECA, I. M., MOREIRA M. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da mecânica quântica introdutória. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.6, n. 1, p. 29-56, 2001.
- LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 119-132, 2005.
- MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, Jenner Barretto,. A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 557-580, 2009.
- NÚÑEZ, I. B.; NEVES, L. S.; RAMALHO, B. L. Uma reflexão em relação ao estudo da mecânica quântica: o caso do princípio da incerteza. **Revista Iberoamericana de Educacion**, 2002. Disponível em: <[www.rieoei.org/deloslectores/Beltran.PDF](http://www.rieoei.org/deloslectores/Beltran.PDF)>. Acesso em: 07 ago. 2010
- OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. S. F. Investigando a aprendizagem de professores de física acerca do fenômeno da interferência quântica. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 35-54, 2008.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.5, n. 1, p. 23-48, 2000.
- OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Conceitos de física quântica na formação de professores: relato de uma experiência didática centrada no uso de experimentos virtuais. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 22, n. 1, p. 9-35, abr. 2005.
- PINTO, A.C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999

REZENDE JUNIOR, M. F.; DE SOUZA CRUZ, F. F. Física moderna e contemporânea na formação de licenciandos em física: necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 305-21, 2009.

SUART JÚNIOR. A dialética do conhecimento científico, a prática e a experimentação: uma análise do ideário de licenciandos e sua relação com a epistemologia da ciência moderna. 2010. 228p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2010

TERRAZZAN, E. A. **Perspectivas para a Inserção de Física Moderna na Escola Média**. 1994. 241f . Tese (Doutorado em Educação)- Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.