

# FONTES PRIMÁRIAS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: AQUISIÇÃO DE SUBSUNÇORES PARA A APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE CARGA ELÉTRICA

## PRIMARY SOURCE AND MEANINGFUL LEARNING: ACQUISITION OF SUBSUMERS TO THE LEARNING OF THE CONCEPT OF ELECTRIC CHARGE

Sergio Luiz Bragatto Boss<sup>1</sup>

Moacir Pereira de Souza Filho<sup>2</sup>, João José Caluzi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UNESP-Bauru/Faculdade de Ciências/ Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência,  
serginho@fc.unesp.br

<sup>2</sup>UNESP-Bauru/Faculdade de Ciências/ Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência,  
moacir@fc.unesp.br

<sup>3</sup>UNESP-Bauru/Faculdade de Ciências/Departamento de Física/ Programa de Pós-Graduação em Educação  
para a Ciência, caluzi@fc.unesp.br

### Resumo

Este artigo apresenta uma discussão sobre a inserção de textos históricos (*fonte primária*) de Física em um curso de graduação em Licenciatura em Física. O trabalho visa analisar se discussões de textos históricos, em sala de aula, podem fornecer *subsunçores* para a aprendizagem do conceito de *carga elétrica*. Apresentamos parte dos dados coletados para uma dissertação de mestrado. Na pesquisa, foram aplicados textos históricos junto aos graduandos antes de o professor ministrar alguns tópicos do conteúdo da disciplina *Física Geral III*. Os dados foram coletados em dois momentos distintos, por meio de questionários. Fundamentamos nosso trabalho na *Teoria da Aprendizagem Significativa* de David Ausubel. Os resultados nos permitem inferir que, após a atividade com os textos históricos, os alunos passaram a ter disponível, em sua estrutura cognitiva, alguns subsunçores importantes para a aprendizagem significativa do conceito de carga elétrica.

**Palavras-chave:** Ensino de Física. Aprendizagem Significativa. História da Ciência. Carga Elétrica.

### Abstract

This paper presents a discussion about the insert of historical texts (primary source) of Physics in a Physic's course. The work analyzes discussions of historical texts, in classroom, they can supply subsumers for the electric charge concept. This work presents part of the data collected for a master's degree dissertation. In the research they were applied historical texts close to the students before the Professor to supply the content, and the data were collected in two different moments, through questionnaires. We based our work in the Theory of David Ausubel's Meaningful Learning. The data allow to infer that,

after the activity with the historical text, the students acquire some important subsumers for the Meaningful Learning of the electric charge concept.

**Keywords:** Physic's Education. Meaningful Learning. History of Science. Electric Charge.

## INTRODUÇÃO<sup>1</sup>

Há algum tempo tem-se discutido possíveis contribuições que a História da Ciência pode dar para o processo ensino-aprendizagem de conceitos científicos. Neste trabalho, discutiremos uma contribuição da História da Ciência para o aprendizado de conceitos de Física. Apresentamos aqui parte dos resultados de uma dissertação de mestrado (BOSS, 2009), a qual tem como objetivo verificar se a discussão de *fontes primárias*, em sala de aula, pode fornecer *subsunçores* aos graduandos. Para este artigo destacamos alguns resultados referentes ao conceito de *carga elétrica*. A coleta de dados foi realizada em uma turma de licenciandos em Física de uma Universidade Estadual do interior do Estado de São Paulo. A pesquisa fundamenta-se na *Teoria da Aprendizagem Significativa* de Ausubel.

Não é difícil para um professor de Física, seja ele docente de Ensino Médio ou Superior, perceber as dificuldades que os alunos têm para aprender os conceitos ministrados. Tais dificuldades têm sido descritas por algumas pesquisas, *e.g.*, (FURIÓ; GUIASOLA, 1998a, 1998b; GUIASOLA *et al.*, 2003). Desta forma, destacamos dois equívocos cometidos no ensino de Física, que entendemos serem fundamentais para o insucesso do processo ensino-aprendizagem dos conceitos científicos. O primeiro deles é a *banalização* dos conceitos, e o segundo é a *metodologia* utilizada para ministrá-los.

Segundo Dias (2001, p. 226-7), a Física não é *trivial* em sua essência. Entretanto, a utilização dos conceitos durante vários anos tende a "*trivializar*" o que não é fácil, trazendo a falsa sensação de que eles são "*óbvios*". Na medida em que a Física é tratada como uma disciplina de fácil compreensão, desprezam-se muitas dificuldades que os alunos têm para entendê-la. A apreensão dos conceitos físicos é bastante laboriosa e não pode ser tratada como algo corriqueiro.

O segundo ponto a ser destacado refere-se à forma como a Física tem sido "*ensinada*", ou melhor, como seus conteúdos têm sido ministrados. Segundo os *Parâmetros Curriculares Nacionais* (PCNs), o ensino de Física é realizado por meio da apresentação de conceitos, leis e "*fórmulas*" de maneira desarticulada e sem significado para os alunos. A teoria e a abstração são colocadas e exigidas desde o início do processo de aprendizagem, relegando o desenvolvimento gradual da abstração. Prioriza e dá ênfase excessiva à utilização de "*fórmulas*", em situações artificiais, separando a linguagem matemática de seu significado físico. Preza pela resolução mecânica de exercícios repetitivos, buscando, de certa forma, a aprendizagem pela automatização ou memorização e não pela construção paulatina e sólida do conhecimento. (BRASIL, 2000, p. 22).

Mencionamos neste trabalho apenas esses dois equívocos, embora existam outros. Entendemos que a História da Física possibilita evidenciar que teorias e conceitos não são *óbvios* e, desta forma, auxilia na busca por um ensino que preze pela compreensão conceitual e pela aprendizagem significativa. A inserção da História da Ciência no Ensino

---

<sup>1</sup> Uma discussão *preliminar* dos dados apresentados aqui foi feita no trabalho: BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; LISBOA-FILHO, P. N.; CALUZI, J. J. História da Ciência e Aprendizagem Significativa: o Conceito de Carga Elétrica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XI, 2008, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Sociedade Brasileira de Física, 2008.

de Ciências justifica-se por várias razões e objetivos. Dentre eles, destacamos a sua utilização para auxiliar na compreensão dos conceitos científicos, como evidencia Matthews (1994, p. 50).

Acreditamos que a união entre História da Ciência e Teoria da Aprendizagem Significativa pode contribuir para melhorar a compreensão do conteúdo específico. Superando, desta forma, a aquisição mecânica de “*fórmulas*”, *equações* e *expressões matemáticas* que, muitas vezes, os alunos decoram e utilizam sem compreender o seu significado real (VANNUCCHI, 1996, p. 19). Por meio do estudo histórico é possível fazer a análise conceitual; é possível evidenciar como se deu a enunciação de um conceito, conhecendo as perguntas que foram respondidas pelo seu surgimento e as questões e os problemas que o originaram; é possível entender, ainda, a função do conceito dentro de uma dada teoria (DIAS, 2001, p. 226-7; DIAS; SANTOS, 2003, p. 1616). Estes são alguns dos elementos que julgamos importantes quando buscamos a aprendizagem significativa.

Segundo Villani *et al.* (1997, p. 44), para tornar algumas teorias inteligíveis para os alunos de graduação (*e.g.*, a Teoria da Relatividade, Mecânica Quântica, etc.) é necessário complementar e enriquecer os processos de ensino, indo além dos aspectos experimentais e matemáticos. E defendem que isto pode ser feito por meio da inserção da História da Ciência nas aulas. Martins (1988) apresenta um exemplo bastante interessante de como o conhecimento histórico pode contribuir para o esclarecimento conceitual do fenômeno da produção de campo magnético em torno de um fio percorrido por corrente elétrica.

Traçaremos, neste trabalho, algumas considerações sobre como a discussão de textos históricos de fonte primária, em sala de aula, pode auxiliar os alunos na compreensão do conceito de *carga elétrica*. Em nossa pesquisa de mestrado trabalhamos os textos originais sob a perspectiva da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, sendo que os consideramos *fornecedores de subsunçores*.

## ALGUNS ASPECTOS DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

O referencial teórico desta pesquisa é a *Teoria da Aprendizagem Significativa* de Ausubel. Devido aos limites do presente texto pontuaremos apenas alguns aspectos essenciais desta teoria, os quais são necessários para analisar e discutir os dados apresentados aqui.

“A aprendizagem significativa envolve a aquisição de novos significados e os novos significados, por sua vez, são produtos da aprendizagem significativa.” Esta aprendizagem ocorre na medida em que uma determinada idéia relaciona-se de forma *não-arbitrária* e *não-litera*l a alguns conhecimentos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 34; AUSUBEL, 1968, p. 38-9)<sup>2</sup>. Os conhecimentos relevantes da estrutura cognitiva que servem de ancoradouro para a nova informação são denominados *subsunçores*. Sendo assim, a aprendizagem significativa só ocorre se o aprendiz tiver subsunçores disponíveis em sua estrutura cognitiva. Caso não haja subsunçores para o material de aprendizagem se apoiar, não será possível a aprendizagem significativa. Um exemplo disso é a memorização automática de definições, conceitos ou proposições.

Por exemplo, um aluno pode aprender a *lei de Ohm*, que afirma que a diferença de potencial (voltagem) é diretamente proporcional a corrente elétrica em um circuito<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> A referência (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980) será referida neste trabalho como (AUSUBEL *et al.*, 1980).

<sup>3</sup>  $V = iR$  - É importante ressaltar que esta equação define a resistência R para qualquer condutor que obedeça ou não à lei de Ohm, entretanto, ela só pode ser chamada de lei de Ohm quando R é constante, *i.e.*, a lei de

Entretanto, para que essa proposição seja aprendida significativamente o estudante precisa ter o significado dos conceitos de *corrente elétrica*, *diferença de potencial*, *resistência elétrica* e das *relações de proporcionalidade* em sua estrutura de conhecimentos, caso contrário, será possível apenas a *aprendizagem mecânica* (memorização) do conteúdo. Além disso, é preciso que o aluno esteja disposto a aprender e busque relacionar tais conceitos tal como estão expressos na lei de Ohm. (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 35).

A teoria de Ausubel ressalta a importância das *tarefas de ensino*, às quais é conferido um *potencial significativo*. Há dois fatores que determinam o potencial significativo da tarefa de ensino: i) *a natureza do assunto*, que deve ser suficientemente não-arbitrário e não-aleatório, permitindo, desta forma, que ele estabeleça uma relação não-arbitrária e não-literal com informações correspondentemente relevantes localizadas no domínio da capacidade intelectual humana; ii) *a estrutura cognitiva de cada aluno*, pois a aquisição de significados se dá em cada indivíduo, e desta forma, não é suficiente que o conteúdo ministrado seja somente relacionável à idéias relevantes que a maioria dos seres humanos pode adquirir, é preciso que cada aprendiz tenha estas idéias relevantes em sua estrutura cognitiva. (AUSUBEL *et al.*, 1980, p.36-7).

No processo de aprendizagem significativa as relações não-arbitrárias e não-literais que ocorrem entre os subsunçores e novo conteúdo não são uma mera conexão, é algo mais “forte”, sendo que, tanto a nova informação quanto aquela que o aluno já possui se modificam no processo de aprendizagem. (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 48; MOREIRA; MASINI, 1982, p. 13).

Uma vez que a presença de subsunçores na estrutura cognitiva é uma condição *sine qua non* para a aprendizagem significativa, a Teoria de Ausubel propõe uma estratégia para facilitar esta aprendizagem. A estratégia consiste na utilização de *materiais introdutórios* adequados, claros e estáveis denominados *organizadores prévios*. Estes são ministrados antes do conteúdo de aprendizagem. O objetivo é fornecer subsunçores relevantes e aumentar a discriminação entre aquilo que o aluno já sabe e o conteúdo a ser aprendido. (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 143; AUSUBEL, 2003, p. 66; MOREIRA; MASINI, 1982, p. 11). Os organizadores prévios devem ser apresentados em um nível de abstração mais elevado, de maior generalidade e inclusão do que o material a ser aprendido (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 143; AUSUBEL, 2003, p. 66).

Há algumas razões pelas quais se justifica a utilização de organizadores prévios: i) a importância de se ter idéias relevantes e apropriadas disponíveis na estrutura cognitiva, para a aprendizagem significativa; ii) as vantagens de utilizar conceitos mais gerais e inclusivos de uma disciplina como idéias de esteio ou subordinadores<sup>4</sup>; iii) os próprios organizadores prévios tentam tanto identificar um conteúdo relevante já existente na estrutura cognitiva (e a ser relacionado com ele), como indicar a relevância deste conteúdo e sua própria relevância para o material de aprendizagem. (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 144).

Com isso, a principal função dos organizadores prévios é superar o limite entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele deverá aprender – são úteis na medida em que

---

Ohm expressa uma proporcionalidade direta (para alguns materiais) entre diferença de potencial (V) e a corrente elétrica (i) (YOUNG; FREEDMAN, 2004, p. 139).

<sup>4</sup> Isto se dá porque Ausubel assume que o sistema psicológico humano (mecanismo de transformação e armazenamento de informações) se organiza de forma hierárquica, tal como uma pirâmide, em que os conceitos mais inclusivos, mais gerais e mais abstratos ocupam uma posição no topo da pirâmide e subsumem, de forma progressiva e descendente, as idéias mais diferenciadas. (AUSUBEL, 2003, p. 44).

funcionam como *pontes cognitivas*. Eles “*permitem prover uma moldura ideacional para incorporação e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue na aprendizagem*”. (MOREIRA, 1999, p. 155; MOREIRA; MASINI, 1982, p. 12).

Sendo assim, entendemos que textos históricos podem ser utilizados para fornecer, aos aprendizes, conhecimentos relevantes que subsidiem a aprendizagem significativa dos conceitos. Neste trabalho, apresentamos uma proposta de discussão de *fontes primárias* em sala de aula, que foi feita com base em algumas características dos organizadores prévios. Entretanto, nossa proposta não é um organizador prévio legítimo, pois não possui todos os seus elementos e características essenciais. Discutimos textos históricos em sala de aula, com licenciandos em Física, antes de o conteúdo específico ser ministrado pelo professor da disciplina, buscando *fornecer subsunçores* para a posterior aprendizagem significativa. Intentamos que os alunos adquirissem tanto conhecimentos *mais gerais* quanto conhecimentos *mais diferenciados* do que o conteúdo específico a ser ministrado posteriormente. O objetivo deste trabalho é verificar se houve a aquisição de subsunçores, pelos aprendizes, para a aprendizagem do conceito de *carga elétrica*.

## METODOLOGIA

A coleta de dados foi realizada em duas etapas. A primeira delas foi realizada no primeiro dia de aula do semestre, sendo aplicado um questionário com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre parte do conteúdo de eletrostática. A segunda etapa foi realizada alguns dias após as discussões dos textos históricos, sendo aplicado um questionário com o objetivo de identificar os conhecimentos que os alunos adquiriram com as discussões sobre os textos. A coleta de dados ocorreu no mês de março de 2008. A aplicação dos textos históricos ocorria sempre uma aula antes de o professor da disciplina *Física Geral III*<sup>5</sup> ministrar o conteúdo referente àquele texto.

As discussões sobre o primeiro texto aplicado visavam fornecer subsunçores para a aprendizagem do conceito de carga elétrica. Esse texto era composto por fragmentos de quatro textos de fonte primária: Gray (1731), Du Fay (1733, 1735) e Franklin (1747)<sup>6</sup>. Estes textos não foram discutidos na íntegra porque são bastante longos. Desta forma, do texto de Gray foram escolhidos alguns experimentos sobre eletrização e sobre condução de eletricidade; dos textos de Du Fay foram selecionados trechos em que ele explica e discute seus dois princípios sobre eletricidade; e do texto de Franklin foi selecionado um trecho em que ele apresenta uma discussão sobre a teoria do fluido único para a eletricidade.

Para a discussão do texto em sala de aula solicitamos a alguns alunos que fizessem a leitura em voz alta, de forma que cada aluno lesse um parágrafo. Então, a cada parágrafo suscitávamos a discussão sobre aquilo que estava sendo lido. Os pesquisadores procuravam sempre fazer perguntas aos alunos de forma que por meio das respostas se estabelecesse uma discussão sobre o texto e sobre os fenômenos. Em alguns momentos os alunos não respondiam às perguntas. Então, os pesquisadores explicitavam e detalhavam um pouco mais o trecho lido, sempre buscando incentivar e fomentar a discussão.

Os dados – respostas dos graduandos aos questionários – foram trabalhados e apresentados em tabelas no item “*Dados*” deste artigo. Os questionários constituíam-se

<sup>5</sup> Eletricidade, Magnetismo e Eletromagnetismo.

<sup>6</sup> FRANKLIN, B. *Papers on Electricity*. Collected by Robert A. Morse, 2004. Este texto também está disponível em: FRANKLIN, B. The One Fluid Theory of Electricity. In: MAGIE, W. F. *A Source Book in Physics*. New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1935. p. 400-402.

apenas de questões abertas. Para a apresentação dos dados foram criadas algumas categorias descritivas. O tratamento e a análise dos dados foram feitos com base na *Análise de Conteúdo* (BARDIN, 1977). Segundo Bardin (1977, p. 42), a análise de conteúdo pode ser definida como um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que visa obter, por meio de conhecimentos sistemáticos e objetivos de descrição de conteúdo (*e.g.*, textos), indicadores (quantitativos ou não) que permitem inferir conhecimentos relativos às condições de produção/recepção dos textos – que neste trabalho provém das questões analisadas.

## DADOS

Como já dissemos, neste artigo estamos trabalhando especificamente com o conceito de carga elétrica. Devido aos limites do presente texto apresentaremos apenas uma questão de cada etapa da coleta de dados. Do primeiro questionário destacamos uma questão de caráter geral sobre carga elétrica. Do segundo questionário destacamos uma questão referente aos textos de Du Fay. Os resultados obtidos a partir destas duas questões são apresentados nas *Tabelas 01* e *02*, nas quais são indicadas as categorias descritivas e as porcentagens de graduandos que expressaram tais categorias em suas respostas. É importante destacar que a soma das porcentagens expostas nas tabelas pode passar de 100% porque há respostas que expressam mais de uma categoria.

### Etapa 01 – Levantamento dos Conhecimentos Prévios

#### Questão 01: O que você entende por carga elétrica?

Esta etapa foi realizada no primeiro dia de aula do semestre, antes que o professor da disciplina *Física Geral III* iniciasse suas aulas. Este questionário continha 19 questões que versavam sobre os temas: *carga elétrica*, eletrização, lei de Coulomb, campo elétrico e lei Gauss. As 19 questões eram conceituais, não sendo nenhuma numérica. O questionário foi respondido por 33 graduandos. Ver *Tabela 1* a seguir.

**Tabela 1** – Respostas à Questão 01

CONCEPÇÕES DE CARGA ELÉTRICA	PORCENTAGEM DE ALUNOS
1. Quantidade/divisão de prótons e/ou elétrons	30,3%

2. Propriedade ou característica da matéria	6,1%
3. Energia	18,2%
4. Algo com propriedade de atrair e repelir	9,1%
5. Propriedade magnética	3%
6. Movimento ordenado de elétrons	3%
7. Ente físico/grandeza física	6,1%
8. Indica a polaridade de uma partícula	3%
9. O que é capaz de mostrar se um corpo está carregado + ou –	3%
10. Partículas eletrizadas positiva ou negativamente	3%
11. Carga contida nos elétrons	3%
12. Meio elétrico (prótons ou elétrons)	3%
13. Partícula eletricamente carregada	3%
14. Cargas de mesmo sinal se repelem e de sinais diferentes se atraem	78,8%
15. Cargas diferentes se atraem	15,2%
16. Não responderam	9,1%

## Comentários

A análise e a categorização desta questão foram bastante laboriosas, tendo em vista que a diversidade das respostas era grande, como mostra o número de categorias com apenas um aluno (3%). As respostas nos chamam à atenção porque o conceito de carga elétrica é um conteúdo que, teoricamente, foi visto no terceiro ano do Ensino Médio. Contudo, a tabela acima evidencia várias confusões que os alunos fazem em relação a este conceito. Vamos comentar algumas categorias que mais nos chamaram a atenção. Na resposta mais comum entre os alunos, *categoria 1*, cerca de 30% deles entendiam a carga elétrica como a *quantidade ou a divisão de prótons ou elétrons no material*. As respostas mostram que estes alunos confundiam o conceito de *carga elétrica* com o conceito de *eletrização*. A *categoria 3* mostra que cerca de 18% dos alunos confundiam o conceito de *carga* com *energia*. A *categoria 6* mostra que um aluno confundia carga elétrica com corrente elétrica. Um dos alunos mencionou que a “*carga elétrica caracteriza a matéria em relação a sua propriedade magnética*” (*categoria 5*). Apenas 6% dos alunos definiram a carga elétrica como uma propriedade da matéria (*categoria 2*).

## Etapa 02 – Levantamento dos conhecimentos adquiridos com as discussões sobre o texto histórico referente à carga elétrica

**Questão 02:** Du Fay fez vários experimentos sobre eletricidade e propôs dois princípios gerais que, segundo ele, regiam os fenômenos elétricos. Enuncie-os.

A segunda etapa da coleta de dados foi realizada após a aplicação do texto histórico. Este questionário continha onze questões, das quais os alunos deveriam escolher cinco para responderem. Foi respondido por 33 graduandos.

**Tabela 2** – Respostas à Questão 02

RESPOSTAS	PORCENTAGEM DE ALUNOS <sup>7</sup>
1. Descreveu os dois princípios satisfatoriamente	66,7%
2. Descreveu apenas o segundo princípio satisfatoriamente	11,1%
3. Corpos com mesmas características se repelem e com características diferentes se atraem	55,5%
4. Descreveu de forma equivocada	22,2%

### Comentários

Uma resposta satisfatória para esta questão deveria conter os seguintes elementos: i) o *primeiro princípio* afirma que corpos eletrizados se repelem e que um corpo eletrizado atrai um corpo não-eletrizado; ii) o *segundo princípio* propõe a existência de duas eletricidades distintas (vítrea e resinosa), sendo que, corpos dotados com eletricidade de mesma natureza se repelem e, corpos dotados com eletricidades de naturezas distintas se atraem.

Destacamos, em ambos os princípios, o fenômeno da interação entre os corpos. No primeiro, as características da interação são: i) um corpo neutro e outro eletrizado se atraem; ii) dois corpos eletrizados se repelem. No segundo, a interação se dá de forma diferente, pois Du Fay postula a existência de *duas eletricidades*, sendo que: i) a interação entre corpos com o mesmo tipo de eletricidade é repulsiva; ii) a interação entre corpos com eletricidades de naturezas distintas é atrativa. Note que, em ambos os princípios a atração se dá por corpos em “*estados elétricos*” distintos e a repulsão se dá por corpos em “*estados elétricos*” iguais.<sup>8</sup>

### DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A *Questão 2* refere-se aos dois princípios propostos por Du Fay para a eletricidade, os quais possuem elementos importantes que podem subsidiar a aprendizagem significativa do conceito de *carga elétrica*. Como já foi visto, o *primeiro princípio* afirma que corpos eletrizados se repelem e que um corpo eletrizado atrai um corpo não-eletrizado. O *segundo princípio* propõe a existência de duas eletricidades distintas (vítrea e resinosa), sendo que, corpos de mesma eletricidade se repelem e corpos com eletricidades diferentes se atraem. Um aspecto importante de ambos os princípios é a interação atrativa/repulsiva, bem como a característica elétrica dos corpos envolvidos. Vamos ver, então, como o conceito de carga é definido e, de que forma os conhecimentos adquiridos com texto histórico podem subsidiar a aprendizagem significativa.

Segundo Young e Freedman (2004, p. 1-2), não é possível dizer o que é a carga elétrica, mas é possível descrever seu comportamento e suas propriedades. A carga elétrica, tal como a massa, é uma das principais propriedades das partículas que constituem a matéria. Nussenzveig<sup>9</sup> (2001, p. 03) afirma que o análogo da massa gravitacional, a carga elétrica, se manifesta de duas formas diferentes, que se convencionou chamar de *positiva* e

<sup>7</sup> Dos 33 graduandos, 09 optaram por responder esta questão.

<sup>8</sup> As expressões “*estado elétrico*” e *característica elétrica* se referem à forma como os corpos estão em relação à eletricidade, ou seja, *não-eletrizados* ou *eletrizados* com eletricidade vítrea ou resinosa.

<sup>9</sup> Livro texto adotado no curso de *Física Geral III*.



*negativa*. Isso leva à possibilidade da *atração* e da *repulsão*, enquanto interações entre massas são sempre atrativas. Ou seja, a carga elétrica é uma propriedade intrínseca da matéria que se apresenta na natureza de duas formas diferentes, convencionalmente chamadas de positiva e negativa. Uma característica importante da carga elétrica é a interação entre cargas. Pode ocorrer atração, se forem cargas de naturezas distintas (*e.g.*, positiva e negativa), ou repulsão, se forem cargas de mesma natureza (*e.g.*, positiva e positiva).

Note que, para o *segundo princípio* de Du Fay a atração elétrica ocorre sempre entre corpos em “*estados elétricos*” distintos, isto é: i) um corpo eletrizado e outro não-eletrizado ou, ii) um corpo eletrizado com eletricidade vítrea e outro eletrizado com eletricidade resinosa. A repulsão, por sua vez, ocorre entre corpos no mesmo “*estado elétrico*”, isto é: i) dois corpos eletrizados com eletricidade vítrea ou, ii) dois corpos eletrizados com eletricidade resinosa. Na medida em que o aluno adquire os conhecimentos referentes a estas características da interação repulsiva/atrativa entre dois corpos, ele adquire atributos essenciais do conceito de carga elétrica. Posteriormente, esses atributos presentes na estrutura cognitiva do aprendiz podem ser reunidos sob uma “*definição*” mais geral de carga, como aquela mencionada por Young e Freedman (2004) e Nussenzveig (2001). Assim, conhecimentos mais específicos da estrutura cognitiva podem ser subordinados ao material de aprendizagem (*i.e.*, conteúdo ministrado) que é mais geral e inclusivo, podendo ocorrer a *aprendizagem significativa superordenada*.

Nossos dados mostram – *Tabela 2* – que aproximadamente 78% dos alunos (*categorias 1 e 2*) que optaram por responder a *Questão 2* descreveram satisfatoriamente o *segundo princípio*. Isso evidencia que a maioria dos alunos sabe que Du Fay postulou a existência de duas eletricidades distintas. Os dados também mostram que 55% dos alunos disseram: corpos com a mesma característica elétrica se repelem e corpos com características elétricas diferentes se atraem. Desta forma, os dados evidenciam que pouco mais da metade desses graduandos adquiriram conhecimentos que são atributos essenciais do conceito de carga elétrica. Deste modo, podemos inferir que os licenciandos possuem idéias relevantes em sua estrutura cognitiva que podem subsidiar a *aprendizagem significativa superordenada*, tal como observamos anteriormente.

Entretanto, a *Tabela 1* mostra que na avaliação de conhecimentos prévios 79% dos alunos mencionaram que *cargas de mesmo sinal se repelem e de sinais diferentes se atraem*, e 15% mencionaram que *cargas diferentes se atraem*. Sendo assim, poderíamos imaginar que a maioria dos alunos já possuía os conhecimentos elencados no parágrafo anterior quando ingressaram no curso de *Física Geral III*. Temos, então, dois comentários para fazer a respeito disso.

*Primeiro*, a discussão do texto de Du Fay é importante porque pode auxiliar o aluno a reconhecer quais elementos do conteúdo ministrado posteriormente podem ser aprendidos significativamente e, desta forma, relacionar esses elementos a aspectos relevantes de sua estrutura cognitiva (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 143; AUSUBEL, 2003, p. 66; MOREIRA; MASINI, 1982, p. 11). Isto é importante no processo de aprendizagem porque se não for dada a devida relevância a um determinado subsunçor que o aluno possui, a aprendizagem significativa pode não ocorrer.

*Segundo*, parece-nos que as respostas dos alunos sobre a interação entre cargas elétricas são mnemônicas. Ou seja, os alunos apenas decoraram que cargas iguais se repelem e que cargas diferentes se atraem. Esta impressão emerge das próprias respostas dos alunos, por exemplo: “[...] *cargas opostas se atraem e cargas iguais se repelem.*” [Al.

03]; “[...] *cargas opostas se atraem e cargas iguais se repelem.*” [Al. 12]. Acreditamos que os alunos sabem que cargas elétricas de naturezas diferentes se atraem e que cargas de mesma natureza se repelem, mas eles não entendem isso como uma propriedade importante das cargas. Desta forma, a discussão do texto de Du Fay é relevante porque aponta para essa importante característica das cargas elétricas. Isto é, para a essência da interação repulsiva/atrativa, ou seja, para o fato de as cargas existirem na natureza de duas formas distintas, com características intrínsecas distintas.

Mencionaremos agora duas idéias que um aluno precisa ter para poder compreender o conceito de carga elétrica. i) É importante o aluno aceitar que *a matéria tem uma propriedade elétrica que se apresenta na natureza de duas formas distintas*. Esta idéia pode ser evidenciada com as discussões sobre o *segundo princípio*. Nossos dados mostram que 78% dos alunos (Tabela 2) que responderam à *Questão 2* descreveram de forma satisfatória o *segundo princípio*. Portanto, estes alunos adquiriram a idéia mencionada acima. ii) *A propriedade da matéria que se apresenta de duas formas distintas (hoje denominada de carga elétrica) é o que leva à possibilidade da interação atrativa/repulsiva dos corpos*. Esta idéia também pode ser evidenciada com as discussões sobre a proposição do *segundo princípio*. A partir desta idéia o professor pode mostrar que a carga elétrica é responsável *pela interação atrativa/repulsiva da matéria*.

É importante ressaltar que nas discussões sobre os textos históricos realizadas em sala de aula, procurávamos que os graduandos entendessem os textos a partir dos elementos conceituais presentes nos próprios textos. Ou seja, discutimos a interação atrativa/repulsiva da matéria com base nas eletricidades vítrea e resinosa, e não com base no conceito de carga elétrica.

Chamou-nos bastante a atenção duas respostas dadas à *Questão 2*: “*Du Fay propôs dois tipos de eletricidade uma de atração e outra de repulsão.*” [Al. 34]; e “[...] *Du Fay percebe que a eletricidade vítrea tinha tendência de atração e que a eletricidade resinosa tinha tendência de se repelirem.*” [Al. 05]. Isto não está correto. Du Fay, em momento algum, define as eletricidades em termos de atração e repulsão ou, em termos de eletricidade atrativa e eletricidade repulsiva. Isso fica evidente no texto discutido em sala com os graduandos: “*Ambos os grupos [de eletricidade vítrea e resinosa] repelem os corpos que contraíram uma eletricidade de mesma natureza que as suas. Eles atraem, ao contrário, aqueles cuja eletricidade é de uma natureza diferente da sua.*” (DU FAY, 1733). Portanto, a atração e a repulsão são definidas em termos da interação entre os corpos carregados eletricamente, não são uma propriedade das eletricidades, tal como propuseram os alunos. Em outro trabalho nosso (GUÇÃO *et al.*, 2008) consta o seguinte erro veiculado por um livro didático de Ensino Médio: “[...] *na França o cientista Charles François Du Fay (1698-1739) constatava a existência de dois tipos de eletricidade: uma atrativa, outra repulsiva.*”. Ou seja, as respostas dadas pelos dois graduandos são muito semelhantes ao que consta no livro didático. Não podemos afirmar que os alunos tenham estudado com este livro ou tenham adquirido tal conhecimento em livros didáticos de Ensino Médio. Mas, em nosso *caderno de notas* consta a anotação de que um aluno, no dia da aplicação do *Questionário 2*, reportou, em uma conversa informal, que alguns colegas haviam estudado para o trabalho<sup>10</sup> em livros didáticos do Ensino Médio. Tal aluno mencionou, inclusive, que achava isso um equívoco, tendo em vista que na disciplina *História da Ciência*, que ocorreu concomitantemente a disciplina *Física III*, já havia sido discutido alguns erros de História

---

<sup>10</sup> Pois o *Questionário 2* foi um *trabalho* para nota da disciplina *Física Geral III*.

da Ciência veiculados em livros didáticos. Portanto, há a possibilidade de os alunos terem adquirido tal conhecimento em um livro didático. Aproveitamos para chamar a atenção para o fato de que a História da Ciência quando apresentada de forma equivocada, tal como ocorre em alguns livros didáticos de Ensino Médio e Superior, pode ser nociva ao processo ensino-aprendizagem. Alguns desses equívocos podem ser vistos em (CALUZI, *et al.*, 2007; GUÇÃO *et al.*, 2008), entre outros.

Neste trabalho, verificamos que os sujeitos da pesquisa adquiriram alguns subsunçores com as discussões do texto histórico em sala de aula, o que pode, posteriormente, subsidiar a aprendizagem significativa do conceito de carga elétrica, tal como discutimos anteriormente. É importante ressaltar que a *disponibilidade de conteúdo relevante* (subsunçores) na estrutura de conhecimento de um aprendiz é uma variável decisiva para a aprendizagem significativa (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 37; AUSUBEL, 2003, p. 74).

## REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology: A cognitive view*. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, INC., 1968.
- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Paralelo, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Tradução de Luiz Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação Qualitativa em Educação*. Uma introdução à teoria e aos métodos. Tradução de M. J. ALVAREZ; S. B. SANTOS; T. M. BAPTISTA. Portugal: Porto Editora, 1994.
- BOSS, S. L. B.; CALUZI, J. J. Os conceitos de eletricidade vítrea e eletricidade resinosa segundo Du Fay. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 4, p. 635-644, 2007.
- BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; LISBOA-FILHO, P. N.; CALUZI, J. J. História da Ciência e Aprendizagem Significativa: o Conceito de Carga Elétrica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XI., 2008, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Sociedade Brasileira de Física, 2008.
- BOSS, S. L. B. *Ensino de eletrostática: a história da ciência contribuindo para a aquisição de subsunçores*. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias)*. Brasília: MEC, 2000.
- CALUZI, J. J.; SOUZA-FILHO, M. P.; BOSS, S. L. B. A história hipotética na Física: distorções da História da Ciência nos livros didáticos sobre o experimento de Oersted. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VI., 2007, Florianópolis. *Anais eletrônicos...* Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007. Disponível em: <[www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec](http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec)>. Acesso em: 3 set. 2008.
- DIAS, P. M. C. A (Im)Pertinência da História ao aprendizado da Física (um Estudo de Caso). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 23, n. 2, p. 226-235, 2001.
- DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S. O Passado, o Presente e o Cotidiano: Uma Tentativa de Ensinar Física. In: Nilson, M. D. (org.) *Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Sociedade Brasileira de Física, 1CD-ROM, p.1615-1623, 2003.
- DU FAY, C. F. C. Quatrième Mémoire sur l'électricité: de l'attraction & répulsion des corps électriques. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, p. 457-476, 1733.

- \_\_\_\_\_. A letter [...] concerning the Electricity. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, v. 38, p. 258-266, 1735
- FRANKLIN, B. *Papers on Electricity*. Collected by Robert A. Morse, 2004.
- FURIÓ, C.; GUIASOLA, J. Difficulties in Learning the Concept of Electric Field. *Science Education*. v. 82, n. 4, p. 511-526, 1998a.
- FURIÓ, C.; GUIASOLA, J. Dificultades de Aprendizaje de los Conceptos de Carga y de Campo Electrico em Estudiantes de Bachillerato y Universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 16, n. 1, p. 131-146, 1998b.
- GUIASOLA, J., ALMUDÍ, J. M.; ZUBIMENDI, J. L. Dificultades de aprendizaje de los Estudiantes universitários em La teoria Del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 1, p. 79-94, 2003.
- GRAY, S. A letter to Cromwell Mortimer, M.D. Secr. R.S. containing several experiments concerning electricity. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, v. 37, p. 18-44, 1731.
- GUÇÃO, M. F. B.; BOSS, S. L. B.; SOUZA-FILHO, M. P.; CALUZI, J. J. Uma análise do conteúdo histórico nos livros didáticos do Ensino Médio: Eletrostática. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XI., 2008, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Sociedade Brasileira de Física, 2008.
- MARTINS, R. A. Contribuição do conhecimento histórico ao ensino do eletromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 5, p. 49-57, 1988. (Número especial).
- MATTHEWS, M. R. *Science teaching – the role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge, 1994.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: A Teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.
- MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.
- SOUZA FILHO, M. P. *O erro em sala de aula: subsídios para o ensino do eletromagnetismo*. 2009. 229 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.
- VILLANI, A. et al. Filosofia da Ciência, História da Ciência e psicanálise: analogias para o ensino de Ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, n. 1, p. 37-55, 1997.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica: 3 Eletromagnetismo*. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.
- SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M. C. A História da Física como “Organizador Prévio”, in: *Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*, [www.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/programa](http://www.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/programa), seção CO.A2.02, 2005.
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Sears e Zemansky Física III: Eletromagnetismo*. 10. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2004.
- VANNUCCHI, A. I. *História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, USP, São Paulo, 1996.