

## Ensinando quantidade de movimento: como conciliar o tempo restrito com as atividades de ensino investigativas na sala de aula?

**Alex Bellucco do Carmo**

### Resumo

Propomos o uso de questões abertas como atividade de ensino que leva em conta parte do processo de investigação científica na sala de aula, como forma de minimizar a tensão entre a elaboração de atividades investigativas mais complexas e a falta de tempo para desenvolvê-las. Apresentamos uma série de questões sobre quantidade de movimento, utilizadas em sala de aula, que se apresentam muito úteis para a introdução deste tema, economizando tempo nas aulas de Física e criando um momento de repouso para o professor entre um laboratório aberto, por exemplo, e outra atividade, sem perder a noção de ensino por investigação de vista. Tais atividades se mostraram muito úteis em nosso trabalho nos últimos três anos, em uma escola pública do Estado de São Paulo, possibilitando uma

participação ativa dos estudantes, que tiveram a oportunidade de exercitar seu raciocínio lógico-proporcional e suas habilidades de argumentação e escrita, além de adquirir os conteúdos propostos.

**Palavras-chave:** Ensino por investigação, Questões Abertas, Ensino de Física e Quantidade de Movimento.

### Introdução

Existe uma tendência no ensino de física em transformar as aulas em investigações com muitas das características científicas, tais como propor um problema, formular hipóteses, testá-las, desenvolver um plano experimental, selecionar variáveis relevantes, estimular processos de argumentação, testar os limites do modelo construído etc. Apesar do tempo consumido nestas atividades, há um grande ganho em termos de conteúdos procedimentais (formas e processos em que a ciência é construída e as maneiras pelas quais os cientistas abordam um fenômeno natural) e atitudinais (pensar criticamente sobre as relações ciência, tecnologia e sociedade), além dos conceituais (conceitos, modelos e teorias mais comuns nas aulas de física).

Em contrapartida, diversos fatores dificultam a reflexão e ação diária do professor sobre este tipo de atividade. No Estado de São Paulo, por exemplo, nos três anos do ensino médio, o professor conta, em média, com duas aulas semanais. Ademais,

não se dispõe de tempo hábil para preparar atividades de demonstração ou laboratório, devido a uma sobrecarga de aulas e atividades pré-estabelecidas pelas diretorias de ensino, a serem inseridas nos HTPC's (Hora de Trabalho Pedagógico Coletivo). Somando-se a esse quadro, geralmente o docente de Física está isolado de seus pares, dificultando a troca de experiências e a preparação de materiais (são raras as escolas que dispõem de mais de um licenciado em Física).

Na atual proposta curricular do Estado de São Paulo, baseada no trabalho do GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física), são sugeridas diversas atividades com materiais de "baixo-custo" que podem, com um pouco de reflexão, serem adaptadas a uma metodologia investigativa. Porém, ao contabilizar todas as atividades propostas, o número de grupos formados por série de ensino e o tempo hábil para preparação destes materiais, verificamos que o termo "baixo-custo" já não se aplica devidamente.

Em meio a esse cenário, o professor pode perguntar: "*o que eu posso fazer frente a essa problemática?*". Propomos como resposta a esta questão, a inserção de atividades na sequência de ensino, que levam em conta o caráter investigativo do ensino de física, de elaboração não tão complexa e laboriosa quanto, por exemplo, um laboratório investigativo, que possam minimizar esse quadro em que professor se vê de mãos atadas diante de sua realidade e da falta de tempo, na medida em que podem ser intercaladas com atividades mais trabalhosas.

Trazemos exemplos dos quais obtemos resultados satisfatórios em nossas aulas nos últimos três anos, relacionados ao tema: Conservação da Quantidade de Movimento. Antes de relatá-los, faremos uma breve revisão sobre as atividades investigativas, e em seguida, apresentamos uma sugestão de *como usar uma questão aberta para investigar um fenômeno físico*.

### **Ensino por Investigação.**

Gil-Pérez et. al. (1999a) mostram que o ensino de ciências deve estar associado a questões que estimulem os estudantes a levantar suas concepções, que devem ser tratadas como hipóteses de pesquisa.

Dessa forma, elimina-se o conflito das ideias dos alunos com os conhecimentos científicos típico da proposta de mudança conceitual, que costuma criar um bloqueio à aprendizagem. Assim, a aprendizagem de ciências é concebida como uma investigação orientada, na qual os estudantes, com a ajuda do professor, participam de um processo de reconstrução dos conhecimentos científicos.

Portanto, o tratamento de situações problemáticas abertas é a base de um ensino por investigação, em que teoria, prática e resolução de problemas, além de não haver distinção entre si, devem ser vistos como investigações próximas as dos laboratórios científicos para que ocorra uma aprendizagem efetiva de ciência (GIL-PÉREZ ET. AL. 1999b).

Isto implica que as formas de agir científicas, como formular e testar hipóteses, buscar uma teoria que explique o fenômeno, usar a matemática para interpretar a situação problema, devem estar presentes em todas as atividades de ensino, como leitura de textos, laboratório, demonstração, resolução de problemas e questões etc.

Chinn e Malhotra (2002, apud MUNFORD e LIMA, 2007) apresentam algumas diferenças entre a ciência e o ensino por investigação, que podem influenciar a prática na sala de aula gerando uma visão distorcida da ciência, em dois aspectos que resumizamos nas tabelas a seguir:

#### 1º – Cognitivos:

**Tabela 1:** distorções entre a ciência e a sala de aula – aspectos cognitivos

<b>Ciência</b>	<b>Sala de Aula</b>
Gerar questões de pesquisa	Estudantes recebem as questões
Planejamento das investigações	Poucas variáveis
Realizar observação	Falta de visualização do “erro” nas mensurações, dos vieses de suas observações etc.
Explicar resultados	Transformar dados brutos em outros; variáveis não são idênticas as teóricas.
Desenvolvimento de teorias	Professor apresenta a teoria; falta de integração de estudos.
Estudar outros relatos de pesquisa	Não se faz isso na sala de aula.

#### 2º – Epistemológicos:

**Tabela 2:** distorções entre a ciência e a sala de aula – aspectos epistemológicos

<b>Ciência</b>	<b>Sala de Aula</b>
Propósito de pesquisa: refinar modelos teóricos	Detectar regularidades fáceis de observar
A construção social do conhecimento	Não aparece nas aulas: estudo de trabalhos anteriores, procedimentos instucionalizados, debate entre colegas etc.

Munford e Lima (2007) propõem como alternativa a essas críticas: gerar as próprias questões, selecionar variáveis, desenvolver controles, fazer múltiplas observações, observar ou avaliar variáveis interferentes, utilizar modelos análogos, transformar observações, considerar limitações metodológicas, desenvolver teorias sobre mecanismos, realizar vários estudos do mesmo tipo, realizar vários estudos de diferentes tipos e estudar relatos de pesquisa de especialistas.

Uma proposta de ensino que engloba a grande maioria desses aspectos (ver AZEVEDO, 2004; CARMO & CARVALHO, 2009a, 2009b; CAPECCHI, 2004a, 2004b; MOREIRA, 2005; NASCIMENTO, 2004), e que inclusive, consegue aproximar a sala de aula da atividade científica, tanto de forma cognitiva quanto epistemológica, é apresentada por Carvalho et. al. (1999). Esta metodologia conta com as seguintes atividades (CARMO, 2006):

- Utilização de textos históricos – que colocam os estudantes na problemática com a qual os cientistas se

defrontaram e os levam ao levantamento de hipóteses, à construção coletiva do conhecimento e à sua socialização;

- Utilização de textos de apoio – que dão embasamento teórico a todas as atividades desenvolvidas;
- Demonstrações experimentais investigativas – que, através de perguntas realizadas sobre um experimento, trazem o levantamento de hipóteses, a análise qualitativa a partir dos conhecimentos disponíveis e levam à construção coletiva do conhecimento;
- Laboratório aberto – que, a partir de uma problemática, se propõe a elaborar um teste experimental, desenvolvendo as habilidades de manipular, questionar, organizar, comunicar e escrever, além de proporcionar o levantamento de hipóteses e o desenvolvimento de um modelo teórico;
- Questões abertas – que, com o uso de uma questão sobre física do cotidiano, introduz o desenvolvimento da argumentação, o levantamento de hipóteses e a escrita científica;
- Problemas abertos – que, partindo de uma questão aberta, devem definir condições de contorno, a fim de chegar a uma resposta numérica;
- Uso de recursos tecnológicos – que ajuda a visualizar o modelo, facilita a compreensão e motiva os estudantes.

Portanto, estas atividades da metodologia de ensino por investigação proporcionam uma participação intensa dos alunos, propiciando o aparecimento e aquisição de diversas características do trabalho científico na sala de aula.

## **Usando questões abertas: o que fazer quando o tempo e nem o fôlego são suficientes.**

Uma das grandes dificuldades no trabalho diário do professor de física é conseguir conciliar essa ampla gama de variedades de atividades, com apenas uma ou duas aulas semanais, além das burocracias rotineiras do trabalho escolar, tais como as citadas na introdução deste artigo.

Isto não quer dizer que não se deva desenvolver um problema de pesquisa com o objetivo de levantar hipóteses e montar um plano experimental para testá-las, como por exemplo em um laboratório aberto, o qual consideramos indispensável em qualquer curso de física; mas que atividades de tal natureza possam ser intercaladas com outras que contenham algumas características da ciência, que não levem tanto tempo e que não sejam demasiadamente trabalhosas.

Nesse sentido, propomos o uso de questões abertas para introduzir temas variados de física. Com elas instigamos o levantamento das concepções dos estudantes (que são tratadas como hipóteses a serem testadas), ao resolverem a questão em pequenos grupos, gerando um trabalho escrito.

Após esta etapa, pode-se debater com toda a sala as diferentes respostas chegando a um consenso, onde o professor pode deve sistematizar os resultados introduzindo os conceitos pertinentes.

Ressaltamos que nem sempre isso pode ser feito em uma mesma aula, pois a situação irá depender do assunto abordado e da familiaridade da sala em resolver problemas.

Geralmente, o debate com todos alunos acontece em uma aula posterior à resolução.

Apesar desse tipo de metodologia de trabalho não ser trivial, e muito menos simples de ser aplicada, ela é menos laboriosa com relação as outras mencionadas acima. Logo, as questões abertas podem ser usadas como “um ponto de respiro” dentro de uma sequência de ensino.

A seguir apresentamos exemplos de atividades envolvendo tais questões e que temos utilizado em turmas do primeiro ano do ensino médio em uma escola da Rede Estadual de Ensino de São Paulo, nos últimos três anos, com resultados satisfatórios em termos de participação e aproveitamento.

### O que é quantidade de movimento afinal? O problema das colisões.

Ao estudar as causas dos movimentos, muitos professores apenas abordam as leis de Newton. Um dos conceitos fundamentais, sendo usado pelo próprio Isaac Newton para introduzir sua segunda lei, é a quantidade de movimento. Porém, apesar de sua importância, mesmo na ciência contemporânea, este tema tem sido pouco abordado nas salas de aula, geralmente por falta de tempo.

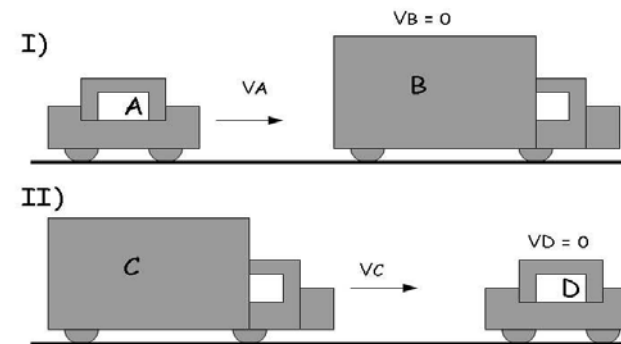
Propomos questões que possibilitem o levantamento de hipóteses sobre o que influencia uma colisão entre dois objetos, procurando perceber o que é a quantidade de movimento e sua conservação, e posteriormente sobre a variação da quantidade de movimento, buscando perceber o conceito de força.

Iniciamos o primeiro momento com o título e um desenho da situação, seguidos de três questões semi-abertas:

**Quadro 1:** questões abertas sobre conservação da quantidade de movimento

#### Momento Linear ou Quantidade de Movimento

Observe as situações a seguir e responda:



- O que acontecerá com as velocidades de **todos** os carros depois da colisão, nas situações I e II?
- O que influencia as velocidades dos carros após as colisões?
- Podemos dizer que o “movimento” de um carro passa para o outro?  
Justifique todas as suas respostas.

Boa parte dos alunos consegue perceber que as velocidades dos carros A e C irão diminuir, e que as velocidades dos carros B e D tendem a aumentar, e ainda, que isto irá depender da massa (ou “peso” na linguagem deles) de todos e da velocidade de A e C. Esta última condição é mais difícil de se perceber, logo, questionamentos “secundários” são desejáveis,

tais como: “supondo que os carros fossem ultra-resistentes, e a velocidade de A fosse mais de 10000Km/h, o carro B 'ganharia' grande velocidade?”.

Nas resposta dos itens “a” e “b”, surgem ainda outras hipóteses sobre o freio de mão dos carros, a destruição ou explosão dos mesmos, o tipo de chão envolvido, a diminuição da velocidade com a distância, o choque inelástico onde o carros movimentam-se “grudados” etc. Cabe ao professor, ao apresentar o problema nos pequenos grupos, e mais tarde com toda a sala, ajudar a delimitar as condições de contorno, como ressaltar que o freio de mão dos carros B e D não estão puxados, que nesta colisão não houve explosão, perguntar “como seria a velocidade de todos os carros imediatamente após o choque?”, e assim por diante.

Apesar de parecer provocação dos alunos, muitos acreditam mesmo na hipótese da explosão, por exemplo. Em situações deste tipo, o professor deve se manter neutro, e perceber que os estudantes usam suas pré-concepções sobre o assunto, sendo essa uma situação que eles realmente acreditam acontecer. É preciso saber argumentar, sem se abalar, afinal é uma situação natural para eles, caso contrário pode ocorrer um estímulo negativo à realização da atividade.

No geral, a resposta c) é a mais difícil, pois falta a palavra adequada no vocabulário dos alunos. O professor precisa subentender os significados nas entrelinhas das respostas na hora de corrigir, já que não existe obrigação de se conhecer de antemão os termos científicos. Espera-se que o discente consiga perceber a existência de uma “quantidade” que

é transferida de um objeto a outro, que depende da massa e da velocidade.

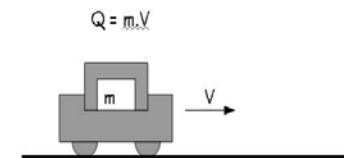
Na aula seguinte, ao organizar com a sala todas as respostas, pode-se definir a quantidade de movimento, além de iniciar o estudo de sua conservação, sempre se remetendo ao problema inicial. Posteriormente, pode-se quantificar os exemplos acima.

Em um momento posterior, procuramos (re)construir o conceito de força com a seguinte atividade:

**Quadro 2:** questões abertas sobre variação da quantidade de movimento.

### Varição da Quantidade de Movimento

Observe a situação a seguir e responda:



- Se mudar a velocidade do carro, muda a sua quantidade de movimento?
- Qual o símbolo que usamos para representar variação? Como poderíamos fazer para calcular variação da quantidade de movimento? Dica: lembrem como fizemos para variação do espaço, tempo e velocidade.
- O que pode causar essa mudança da quantidade de movimento?  
Justifique todas as suas respostas.



Neste ponto o estudante já tem uma certa intimidade com a expressão " $Q=m.V$ ". As questões "a" e "b" são um tanto fechadas, pois tem por objetivo estabelecer as bases para a discussão posterior da questão "c".

A maioria dos alunos percebe que a mudança de velocidade provoca uma variação da quantidade de movimento do carro. Muitos também mencionam a possibilidade de se alterar o valor da massa. O professor pode aproveitar essa situação para comentar a situação dos foguetes, em que a massa varia rapidamente.

Na questão "c", diversas palavras são usadas para explicar a mudança, tais como impulso, força, pressão etc. Cabe ao professor fornecer o termo correto. Aqui existe uma dificuldade em diferenciar impulso de força, geralmente, usamos gestos ou mesmo impulsionamos algum objeto na sala de aula com o intuito de minimizar essa dificuldade.

Na sequência, pode-se equacionar a situação usando as expressões para força, impulso e variação da quantidade de movimento, sempre se referindo à situação apresentada. Isso cria condições, mais adiante, para a discussão da segunda lei de Newton.

### Considerações finais

Apesar das atividades investigativas serem trabalhosas de executar, com o uso de questões abertas para introduzir alguns temas das aulas, procuramos minimizar essa situação.

Se por um lado há um maior envolvimento do professor e há mais tarefas a se desenvolver durante as aulas, por outro é bastante recompensador obter respostas originais e criativas dos alunos, vê-los formularem hipóteses, debaterem suas ideias com seus pares, discutirem a fenomenologia no lugar de procurar por operativismos mecânicos, além, de realizarem produções escritas com qualidade bem superior aos seus padrões normais.

Dessa forma, resgatamos o prazer em nossa profissão, e como consequência podemos desenvolver um atitude positiva frente a ciência em nosso aluno.

Especificamente nas atividades propostas é preciso ainda pensar em uma forma adequada de diferenciar força e impulso envolvendo alguma atividade investigativa, já que é comum que os estudantes tratem estes conceitos como sinônimos. Além disso, o volume de material escrito para avaliar costuma ser maior do que em uma aula tradicional, e o docente precisa ter consciência de que é preciso modificar as formas quantitativas e subjetivas usais de atribuir notas, em favor de uma avaliação qualitativa pautada nas competências construídas, tais como: elaborar hipóteses, selecionar variáveis, justificar afirmativas, construir o raciocínio proporcional e sintetizar informações.

Por fim, cabe também ao professor selecionar adequadamente os conteúdos que irá abordar com maior ou menor profundidade, ou ainda, excluir do planejamento, de forma a otimizar o tempo nos cursos de Física em nível médio. Por exemplo, vale a pena estudar minuciosamente todos os

tipos de movimento em cinemática (o que constituía um problema para Galileu no século XVII)? Ou é melhor discutir alguns deles qualitativamente para que haja tempo de tratar de forma investigativa a quantidade de movimento, ou seja, um conhecimento fundamental na física contemporânea na detecção de novas partículas?

### Referências bibliográficas

- AZEVEDO**, M. C. ; Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. 1 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, v. 1, p. 19-33, 2004.
- CAPECCHI**, M. C. M. Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de física. 264f. 2004. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004a.
- \_\_\_\_\_. Argumentação numa aula de Física. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 59-76, 2004b.
- CARMO**, A. B. A linguagem matemática em uma aula experimental de física. 134f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- CARMO**, A. B.; CARVALHO, A. M. P. Construindo a Linguagem Gráfica em Uma Aula Experimental. Ciência e Educação (UNESP), v. 15, p. 61-84, 2009a.
- \_\_\_\_\_. Construindo linguagem matemática em uma aula de física. In: Sylvania Sousa do Nascimento; Christian Plantin. (Org.). Argumentação e Ensino de Ciências. 1 ed. Curitiba: Editora CRV, v. 1, 2009b, p. 93-117.
- CARVALHO**. A.M.P.; SANTOS, E.; AZEVEDO, M.C.; DATE, M.; FUJII, S. NASCIMENTO, V.B. Termodinâmica: um ensino por investigação. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1999.
- CHINN**, C; MALHOTRA, B.A. Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. Science Education, 86,175-218, 2002.
- GIL PÉREZ**, D.; FURIÓ MAS, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; GUIASOLA, J.; GONZÁLEZ, E.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFFARD, M. & CARVALHO, A.M.P. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? Enseñanza de las ciencias, v.17, n.2, p.311-320, 1999a.
- GIL PÉREZ**, D.; CARRACOSA ALÍS, J., DUMAS-CARRÉ, A.; FURIÓ MAS, C.; GALLEGO, R., DUCH, A.G.; GONZÁLEZ, E.; GUIASOLA, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; CARVALHO, A.M.P.; SALINAS, J.; TRICÁRICO, H. & VALDÉS, P. ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? Enseñanza de las ciencias, v.17, n.3, p.503-512, 1999b.
- MOREIRA**, E. F. Ensino por investigação: ensinando e aprendendo a cultura da ciência. 104f. 2005. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.



**MUNFORD**, D.; CASTRO e LIMA, M.E.C. de.; Ensino de ciências por investigação: em que estamos de acordo? Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, v.9, n.1, 2007.

**NASCIMENTO**, V. B. A natureza do conhecimento científico e o ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 35-57, 2004.

### Sobre os autores

**Alex Bellucco do Carmo** - Licenciado em Física e Mestre em Ensino de Ciências pela USP. Atualmente cursa o doutorado pela FEUSP e é professor assistente da UDESC/CCT. Trabalhou na rede pública de ensino de São Paulo e tem interesse pelos processos de ensino-aprendizagem envolvendo o ensino por investigação. E-mail: alexc@joinville.udesc.br.

## Teaching quantity of motion: how to balance limited time with the investigative activities of teaching in the classroom?

### Abstract

In this paper, we propose the use of open questions as a teaching activity that takes into account part of the process of scientific inquiry in the classroom. This is proposed as a way to minimize the tension between the development of more complex inquiry activities and lack

of time to develop them. We present a series of questions about quantity of motion, used in the classroom, which were very useful for introducing this subject, saved time in physics classes and created a moment of rest for the teacher between lab activities, without losing sight of the notion of inquiry based teaching. Such activities were very useful in our work over the past three years, in a public school of São Paulo, enabling active participation of students, who had the opportunity to exercise their logical and proportional reasoning skills as well as writing and argumentation abilities, in addition to acquiring the proposed contents.

**Keywords:** Inquiry based teaching, Open Questions, Teaching of Physics and Quantity of Motion.