

"Podemos e devemos tratar a educação como uma ciência. Eu encaro os dados das minhas experiências laboratoriais da mesma maneira que trato os resultados das minhas aulas, que também são um laboratório", afirma Eric Mazur, professor de Física na Universidade de Harvard, criador de um método "experimental" de ensinar que "devolve" aos alunos a decisão de estabelecer os conteúdos da aula seguinte. Tendo abandonado a dada altura os métodos tradicionais de transmissão de conhecimentos, Mazur rompeu com a ideia, adoptada em todo o mundo, de que "as aulas de ciências são transferência de informação". Retirou a transferência de informação da sala de aula dizendo aos alunos, por exemplo, coisas tão simples como estudarem um assunto em casa para posteriormente o discutirem na aula. Recorrendo à chamada aprendizagem conceptual, faz com que os alunos se tornem os seus próprios professores. Para estes está, segundo Mazur, reservado o papel do "treinador": "Ensinar é apenas ajudar a aprender e é esse o meu papel como professor".

Entrevistado por:  
CARLOS FIOLHAIS e CARLOS PESSOA  
gazeta@teor.fis.us.pt

Eric Mazur, professor de Física na  
Universidade de Harvard

## "ENSINAR É APENAS AJUDAR A APRENDER"

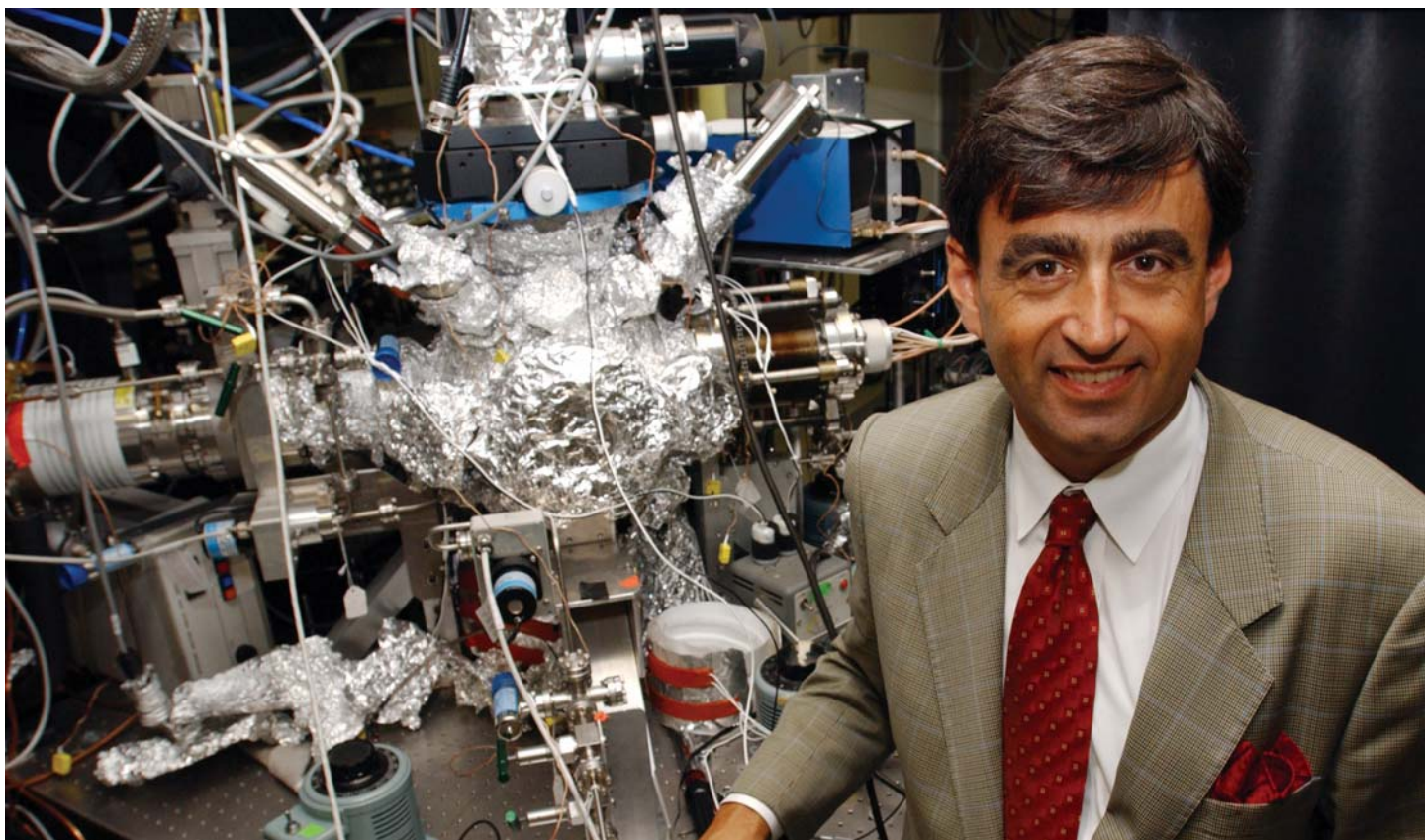
*Gazeta de Física - É verdade que os seus alunos costumam atribuir-lhe boas notas? E como consegue isso?*  
Eric Mazur - Quando comecei a ensinar, em 1984, ensinava tal como eu próprio tinha sido ensinado. Afinal, que outras formas há de ensinar? É natural, foi como nós aprendemos e, além disso, temos tendência para projectar a nossa própria experiência nas pessoas que nos rodeiam. O que pensamos é: "Eu aprendi assim e, por isso, eles também devem aprender assim". Ao fazer isto, acho que se cometem dois erros. Se olhar para a forma como fui ensinado percebo que aprendi, não devido a esse ensino, mas apesar dele.

P. - É o método tradicional, com recitações. O professor fala e os alunos ouvem...

R. - Exacto, usa-se isso nas igrejas... É um método muito antigo!

P. - A diferença é que, nas igrejas, por vezes funciona!

R. - Hum... Esse é o primeiro erro. O segundo erro é que a maioria dos alunos são diferentes de nós, e nem todos vão ser professores de Física. Interessam-se por coisas totalmente diversas, pois querem ser médicos, engenheiros, homens de negócios ou políticos e não têm a mesma inclinação para a Física. Penso que estes são os erros típicos em que incorremos quando começamos a ensinar.



Stephanie Mitchell/Harvard News Office, © 2001 President and Fellows of Harvard College.

P. - Como é que mudou os seus métodos de trabalho?

R. - Não mudei imediatamente porque considerava que estava a ensinar bem. Os meus alunos tinham boas classificações nos exames e também me atribuíam boas notas no inquérito final de avaliação dos professores...

P. - Então o método tradicional funcionava bem...

R. - Tinha quatro e meio numa escala de cinco. Era a nota mais alta na área de Física.

P. - Em suma, os alunos estavam satisfeitos e o professor também...

R. - Exactamente! E era por isso mesmo que eu achava que estava a fazer um bom trabalho. Seis anos mais tarde, colegas da Califórnia mostraram-me artigos sobre testes com questões muito fáceis. Por exemplo: "Um carro colide com um camião. A força exercida pelo camião sobre o carro é maior ou menor que a força do carro sobre o camião?". A confusão era grande.

P. - Está a sugerir que os professores faziam perguntas aos alunos que eles próprios não compreendiam bem?...

R. - Exacto. Os dados recolhidos nesse estudo são muito interessantes. Se colocar essa questão no início e

no fim do semestre a diferença entre o padrão de respostas é quase nula. Mais, se a analisar pela forma como os alunos são instruídos também não há diferença...

Por exemplo, o autor daquele artigo, David Hestenes, deu o teste a três grupos. O primeiro consistia em turmas com professores premiados. O segundo grupo compreendia turmas com professores com uma classificação muito baixa.

P. - Os maus professores...

R. - Sim, os maus professores. Finalmente, o terceiro grupo consistia em professores com turmas pequenas (até 20 alunos). Se compararmos a evolução nos vários grupos ao longo do semestre verificamos que não há diferença. Por outras palavras, os alunos não aprendem muito numa aula convencional (passiva), independentemente da forma como se ensina.

P. - Os resultados não dependiam da forma como se ensinava?!"

R. - Bem, eu li aquilo e interroguei-me: passar-se-á o mesmo com os meus alunos? Depois, lembro-me de ter pensado: "Não pode ser verdade! E muito menos com os meus alunos de Harvard!". Decidi mostrar a esse

autor que a situação era diferente com os meus alunos. Dei-lhes o teste e notei de imediato que havia algo de errado com a minha turma. Logo no início uma aluna perguntou: "Prof. Mazur, como é que respondo a estas perguntas? De acordo com o que ensinou ou de acordo com aquilo que eu penso?". Olhei para ela e pensei: "Qual é a diferença?". É claro que os alunos de Harvard são melhores do que um aluno médio americano, mas mesmo assim...

**P. - Eram alunos de Física?**

R. - Não, eram alunos de Engenharia e Medicina. Mas a melhoria não era significativa. Tiveram uma evolução de 8 por cento, 70 por cento no início do semestre e 78 por cento no final. Ora, vendo o teste era de esperar que os meus alunos tivessem 100 por cento e, por isso, fiquei perplexo. A minha primeira reacção foi pensar que havia algo de errado com o teste. Não sabia o que pensar. Por um lado, os meus alunos tinham boas notas em exames muito mais complexos, com integrações, derivações...

**P. - Talvez fosse pelo facto de serem conteúdos mais familiares enquanto as outras questões eram novas...**

R. - Bem, a questão mais difícil era a do camião e do carro! De facto, não sabia o que fazer e comeci a pensar noutros sinais dos alunos durante a minha carreira docente. Alguns atribuíam-me uma nota alta no questionário mas punham observações do género "A Física é uma seca!". Um outro aspecto que nos remete para os sermões nas igrejas é o seguinte. No primeiro ano em que leccionei decidi dar aos alunos um livro diferente do que eu usava para preparar as aulas. Escrevia cerca de 12 páginas de notas que entregava aos alunos no final da aula para que estivessem com mais atenção ao que eu dizia do que às notas que tomavam. Mas cerca de seis semanas mais tarde alguns alunos começaram a pedir-me que entregasse os apontamentos no início da aula para que não tivessem de escrever tanto: copiavam tudo o que eu escrevia no quadro! Alguém disse uma vez que o método das aulas é o processo pelo qual os apontamentos do professor são transferidos para os cadernos dos alunos sem que a informação passe pelo cérebro de nenhum deles.

Nessa altura decidi entregar as notas no início das aulas, mas os alunos continuavam a escrever nas margens... No ano seguinte voltei a leccionar a mesma disciplina e decidi que era mais prático entregar o conjunto completo dos apontamentos, em vez de os entregar em cada aula. No final do semestre cerca de 12 alunos (150 no total) escreveram no questionário de avaliação que "o prof. Mazur dá as aulas pelos apontamentos"! Bem vistas as

coisas, eles tinham razão. Se pensarmos bem, 99,9999 por cento das aulas de ciências em todo o mundo são transferência de informação.

Devo salientar dois pontos. O primeiro é que a educação é mais do que transferência de informação, é um processo em que desenvolvemos um modelo mental para assimilar essa informação. Mas numa aula convencional não há tempo para pensar, espera-se que essa assimilação seja feita após a aula. O segundo ponto tem a ver com as tecnologias de informação. Não estou a falar de computadores mas da invenção de Gutenberg, há quinhentos anos.

**P. - Os livros.**

R. - Sim, mas antes de haver livros a transmissão de conhecimentos de uma geração para a outra era feita oralmente, como hoje nas aulas. Depois vieram os livros, e os livros são uma boa fonte de informação, mas passámos a lê-los aos alunos nas aulas. É ridículo! Se eu fosse professor de Literatura, por exemplo, não diria aos alunos que na aula seguinte iríamos ler "*Sonho de uma Noite de Verão*" mas sim que o lessem antes da aula. Assim, decidi que a primeira coisa que iria fazer seria retirar a transferência de informação da sala de aula. O que agora faço é dizer aos meus alunos que estudem um assunto em casa para posteriormente o discutirmos na aula.

**P. - E os alunos fazem isso?**

R. - Têm de fazer. Esse trabalho representa 20 por cento da nota final. Mas voltemos atrás. Uma vez estudado determinado assunto, posso explicar aos alunos o seu significado.

**P. - A chamada aprendizagem conceptual.**

R. - Exactamente. E faço-o usando uma técnica a que chamamos "Peer Instruction".

**P. - Mas essa técnica não é nova...**

R. - Não, de facto não se trata de uma novidade mas eu também não sabia nada da literatura especializada sobre a aprendizagem colaborativa... Só conhecia Sócrates! O que se passou numa aula foi o seguinte. Estava a discutir o teste conceptual com alguns alunos e a tentar explicar alguns problemas. Expliquei-os durante dez minutos e percebi pelas expressões deles que não estavam a entender. Pelo contrário, estavam ainda mais confusos. Eu não sabia o que fazer, não sabia explicar melhor. Resolvi então dizer-lhes para discutirem as suas dúvidas com o colega do lado e fiquei surpreendido com a agitação que se criou. De repente estavam todos a falar uns com os outros. Decidi formalizar este procedimento e o que faço hoje em dia é isso mesmo. Digo aos alunos para estudarem

antes da aula, depois faço uma breve introdução (não mais de cinco minutos senão eles adormecem) e coloco uma pergunta (a que chamo teste conceptual) no retro-projector. São perguntas conceptuais que não se podem resolver por equações. Por exemplo, há um barco no lago com uma pedra dentro. Se tirarmos a pedra o que acontece ao nível da água do lago? É uma questão contra-intuitiva, temos de perceber bem o Princípio de Arquimedes. Os alunos têm um minuto para pensar sobre a pergunta e em seguida votam na opção que consideram correcta (uso cartões com as letras A, B, C, etc.).

P. - Como em alguns programas de televisão...

R. - Hoje em dia utilizamos WAP e infravermelhos na votação. Depois de ver os resultados no ecrã peço a cada aluno que tente convencer o colega mais próximo de que a sua resposta está correcta. E quem vai conseguir ser mais persuasivo? A pessoa que compreendeu a pergunta. Ainda mais importante é que o aluno consegue explicar determinada questão ao colega melhor do que o professor, porque quanto mais se sabe sobre um assunto, mais difícil se torna explicá-lo, mais depressa se esquecem as dificuldades conceptuais.

P. - Então os alunos tornam-se os seus próprios professores.

R. - Sim.

P. - E qual é o papel que resta para o professor?

R. - O professor é o treinador. Concluindo, os alunos discutem o problema durante mais dois minutos e votam novamente. O que acontece é incrível: o número de respostas correctas aumenta consideravelmente. E no final do semestre a aprendizagem conceptual também melhorou.

P. - E o que acontece à capacidade de resolver um problema tradicional?

R. - Aí está uma boa questão. O que eu faço é falar sobre um assunto durante cinco minutos, apresento uma questão aos alunos e assim sucessivamente. Os alunos não podem adormecer nas minhas aulas, pois são permanentemente solicitados. Um outro aspecto importante é o *feedback* que obtenho com este método. Consigo ver imediatamente se os alunos estão confusos, se estão a compreender, etc.

P. - Estão "controlados"...

R. - Mais do que isso, existe uma reacção observável da parte dos alunos. Antes de prosseguirmos, deixem-me responder melhor a duas questões anteriores: o papel deixado ao professor e a resolução tradicional de problemas.

Em primeiro lugar, nos questionários de final de semestre já não há um único aluno que escreva "O Prof. Mazur dá as aulas pelos apontamentos." Agora escrevem "O Prof. Mazur não nos ensina nada! Temos de ser nós a descobrir". Quando li esses comentários fiquei algo magoado. Tinha alterado o meu método de ensino, colocado problemas novos e agora os alunos diziam que eu não ensinava?!... Mas depois comecei a reflectir sobre o que era ensinar. Em holandês, a minha língua materna, a mesma palavra significa ensinar e aprender, mas são coisas distintas, pois aprender não é necessariamente uma consequência de ensinar. Ensinar é apenas ajudar a aprender e é esse o meu papel enquanto professor.

P. - Então resta alguma coisa para o professor fazer!

R. - Sem dúvida! Quanto à resolução de problemas tradicionais, a resposta é simples: não uso nenhuns nas minhas aulas.

P. - Mas os seus alunos têm de aprender a calcular integrais, não têm?

R. - Claro. Eles têm de saber resolver problemas. Um engenheiro tem que saber projectar uma ponte e fazer os cálculos correctos. Fiz alguns testes para verificar a eficácia da aprendizagem conceptual. Preparei exames com problemas tradicionais e outros com questões conceptuais sobre o mesmo tema para verificar se resolver problemas significava compreendê-los e vice-versa. O que verifiquei foi que os alunos podem resolver problemas com facilidade sem os compreender. Descobri que se saem muito melhor nas questões conceptuais porque lhes dou ênfase nas aulas. Mas em relação à tradicional resolução de problemas não houve melhorias significativas. Por outras palavras, a compreensão dos problemas contribui para a sua resolução, mas a resolução de problemas não é indicador de uma boa compreensão.

P. - E o que pensa o Director da faculdade sobre o seu método?

R. - Em Harvard, basicamente cada professor goza de autonomia. Posso fazer o que achar melhor nas aulas, desde que não haja queixas dos alunos.

P. - Neste momento sente que o seu trabalho é apreciado em Harvard, não só pelos seus alunos mas pelos outros professores?

R. - Sim, é verdade. Em Harvard há professores assistentes, associados e titulares. Eu já era professor titular, depois passei a presidente e fui distinguido com o título de Professor Universitário de Harvard - só foram atribuídos 12 - como reconhecimento pelo meu trabalho.

P. - Pensa que seria possível fazer algo semelhante aqui?

R. - Como não conseguia estar presente em todas as conferências para que era convidado, escrevi em 1997 um livro que foi um grande sucesso. Professores do mundo inteiro quiseram lê-lo. Fizemos 2500 inquéritos na Internet, aos quais 700 pessoas responderam e descobrimos gente em todo o mundo que tinha lido o livro e o tinha aplicado nas suas aulas em vários domínios como Química, Astronomia, Física... Ou seja, quase um terço das pessoas a quem foram enviados os inquéritos tinham lido ou utilizado o livro. Além disso, estes resultados desconstuíram a ideia que eu tinha de que este tipo de testes só era útil no caso específico de alunos universitários, principalmente aqueles com mais dificuldades. Hoje em dia já existem livros de testes conceptuais com materiais de Astronomia, de Química e de Matemática. Uma outra questão é a de saber quem beneficia com este método na aula. Será que os melhores alunos não se sentem aborrecidos? Entrevistei alguns alunos e verifiquei que muitos dos melhores alunos estavam entusiasmados com os meus métodos. Como um dos alunos disse, quem beneficia mais são aqueles que aprendem ao ter de explicar aos outros colegas.

P. - Falou de questões conceptuais mas não referiu experiências ou simulações. Também as fazem nos vossos cursos?

R. - Sim. Aliás, eu adoro demonstrações, sou um experimentalista! Nos últimos três anos, temos analisado a eficácia das experiências.

P. - São poderosas, do ponto de vista didáctico.

R. - Sim, mas mais como motivadores. Por exemplo, no início do semestre fazemos algumas demonstrações. No fim, os alunos lembram-se dos resultados dessas demonstrações não pelo que tinha sido mostrado mas de acordo com a sua compreensão. Por isso, se eles tiverem um modelo conceptual errado irão ajustar a memória a esse modelo. Dou um caso concreto. Fazemos uma experiência com duas balanças, uma placa e um objecto no meio. Se mover o objecto para um lado, ou outro, os valores das balanças variam. Há alunos que pensam que a placa distribui o peso do objecto pelas duas balanças, independentemente do sítio onde se coloca o objecto... E, de facto, no final do semestre há alunos que, questionados sobre o resultado da experiência referida, escrevem "como demonstrado na aula, o peso não se altera movendo o objecto de um lado para o outro"! Eles têm um modelo conceptual errado.

P. - Nós vemos aquilo que pensamos que estamos a ver...

R. - Exacto. O cérebro armazena melhor modelos do que factos. Por isso, o que fazemos em Física é trabalhar com modelos. Nunca mostro só a experiência. Primeiro coloco a questão conceptual, "Temos duas balanças e um objecto em cima de uma placa. O que acontece se mover o objecto?" Falo sobre a experiência, ouço as opiniões dos alunos, faço uma votação dos resultados e volto a questioná-los. Nesta altura, já estão ansiosos por ver a experiência! Temos de integrar a experiência e não mostrá-la isoladamente.

P. - E qual é a importância das tecnologias de informação no seu trabalho?

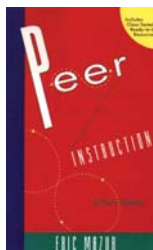
R. - Eu acho que as tecnologias de informação não são uma poção mágica. A maior invenção neste domínio foi há 500 anos com Gutenberg.

P. - Mas concorda que podem ser úteis?...

R. - Podem ser úteis mas também perigosas, no sentido em que as pessoas podem pensar que adaptando material antigo às novas tecnologias conseguem um melhor ensino. O importante é usar as novas tecnologias para fazer algo que de outra forma fosse impossível.

P. - O senhor é um cientista, um físico, e agora está envolvido em pedagogia. Acha que a educação é uma ciência, no sentido tradicional da palavra?

R. - Tenho que lhe dizer que fiquei fascinado com a pedagogia e a psicologia do ensino-aprendizagem e passei a respeitar muito mais os meus colegas do departamento de Psicologia. É uma ciência? Penso que podemos e devemos tratar a educação como uma ciência. Eu encaro os dados das minhas experiências laboratoriais da mesma maneira que trato os resultados das minhas aulas, que também são um laboratório.





## Centro de Física Computacional

Partículas e Campos  
Matéria Condensada  
Geofísica  
Ensino e História das Ciências

Escola de Física Computacional

Departamento de Física  
Universidade de Coimbra  
3004-516 Coimbra

<http://cfc.fis.uc.pt>  
Tel: 239410600  
Fax: 239829158

## CENTRO DE FÍSICA DAS INTERACÇÕES FUNDAMENTAIS

Instituto Superior Técnico

> Projecto de Investigação em Física de Partículas, Física Nuclear, Física Hadrónica, Física da Matéria Condensada, Relatividade e Cosmologia, Geometria Diferencial e áreas afins.

> Teses de Mestrado e Doutoramento com uma formação internacionalmente competitiva.

> 33 membros doutorados

Visite a nossa página <http://cfif.ist.utl.pt>