

## A sala de aula, o ensino de física e as novas tecnologias: a Professora Magali F. C. Lima entrevista a Professora Tatiana Rappoport

### Magali Fonseca de Castro Lima

Colégios Estadual Aura Barreto  
magafis@click21.com.br

### Tatiana Rappoport

Instituto de Física - UFRJ  
tgrappoport@if.ufrj.br

Como professora, acho difícil motivar os alunos. Eu digo a eles que a física possibilita entender como funciona "o Mundo" e eles não concordam. A verdade é que a física que eu tento ensinar na escola não explica as novas tecnologias. Procurei então saber se é possível mostrar para os alunos a física que explica o que eles, provavelmente, desejam saber. É bom lembrar o que os PCN's <sup>(1)</sup> nos solicitam: ...*"A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCN. "Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade".*

O vasto conhecimento de Física, acumulado ao longo da história da humanidade, não pode estar todo presente na escola média. Será necessário sempre fazer escolhas em relação ao que é mais importante ou fundamental, estabelecer para isso referências apropriadas. Eu pergunto: como fazer? Acho que a resposta está em apresentar para os professores informações sobre as pesquisas relacionadas com as novas tecnologias, pelas quais eles têm interesse. A entrevista foi feita com essa intenção. (Magali Lima, entrevistadora)

**Magali** – *Um dos maiores avanços tecnológicos no século XX foi à invenção do transistor, que conferiu aos físicos, Bardeen, Brattaine e Shockley o prêmio Nobel de Física em 1956. O transistor pode ser considerado a "célula central" da eletrônica. O que poderia ser considerado a "célula central" da spintrônica e que avanços tecnológicos tal dispositivo pode acarretar?*



**Tatiana** – Atualmente, não existe essa célula central da spintrônica. Gostaríamos de ter alguma coisa igual ou muito parecida com um transistor. O transistor manipula a carga dos elétrons com um campo elétrico, ou seja, ele deixa ou não passar elétrons, o ideal seria conseguir esse "filtro" baseado nos spins: dependendo do spin, mais meio ou menos meio, ser permitida ou não a passagem do elétron. Um dos primeiros projetos de spintrônica em semicondutores é um transistor de

spin, mas até hoje ninguém conseguiu realizar experimentalmente.

**Magali** – *Os professores de Física do ensino médio são freqüentemente questionados sobre a importância dos alunos em aprender os conteúdos eles expõem. Um dos argumentos utilizado por muitos professores é que através dele os alunos poderão entender as tecnologias das quais fazem uso e possivelmente contribuir para novos avanços tecnológicos. Quais são os conceitos básicos que podem ser apresentados aos alunos do ensino médio para que eles possam entender do que trata a spintrônica e as expectativas associadas a essa pesquisa?*

**Tatiana** – Primeiro eles precisam conhecer o conceito de spin. Esse conceito é apresentado pelos professores de química, mas não é feita nenhuma ligação com a física. Na verdade são necessários vários conceitos que não são introduzidos no ensino médio, e esse, em minha opinião, é um dos motivos pelos quais a física dada no ensino médio se distanciou da física do nosso cotidiano. Até 1950, o que se ensinava no Ensino Médio, que é a mesma coisa que se ensina hoje em dia, não estava muito longe da produção científica em Física.

Estava começando a evolução da mecânica quântica, mas as aplicações eram poucas. Descobriram o transistor na década de 50, então, até um pouco antes disso, ensinar apenas as Leis de Newton e circuitos elétricos satisfazia. Hoje em dia deve ser ensinado a eles mais um pouco de Física Moderna; aprender

um pouco dessa parte da física possibilitaria entender melhor como funciona tudo que eles vêem no dia-a-dia. Os alunos não têm idéia básica do funcionamento do computador, não sabem como os dados são armazenados no disco; daqui a pouco eles não vão saber nem como as lâmpadas das casas deles funcionam, porque estão sendo substituídas por LEDs. Existe uma distância entre o que eles aprendem e a curiosidade deles, então, é claro que eles vão se desinteressar. Os alunos estão cheios de dúvidas sobre como tudo funciona e a escola só mostra “a bolinha que desce o plano inclinado”.

**Magali** – *Nos discos rígidos temos a aplicação da spintrônica nos metais. As pesquisas estão voltadas para aplicação da spintrônica em semicondutores. Quais as principais diferenças destas formas de aplicação e quais são os ganhos esperados com a aplicação da spintrônica nos semicondutores?*

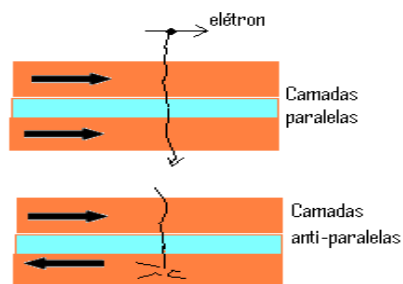
**Tatiana** – A idéia da spintrônica é manipular as propriedades de carga do elétron usando o spin dele ou o contrário, manipular as propriedades magnéticas usando a carga. Se eu



posso manipular a carga só usando o campo elétrico, por exemplo, não tem nada de spintrônica, mas se eu estou mexendo nas propriedades elétricas do material usando um campo magnético, ou usando um campo elétrico para mudar a propriedades magnéticas, isso é

spintrônica. O disco rígido é feito de material magnético e cada pedacinho dele está magnetizado numa direção e em um sentido. Quando eu vou gravar uma informação no meu disco, essa informação está gravada em *bits*, bits são **0** e **1**, que você pode interpretar diretamente com magnetização para um lado e magnetização para outro. Para isso, se eu quero guardar um **0** lá no meu disco preciso que a magnetização tenha uma seta num sentido, se eu quero gravar **1** tem que estar o contrário. Os processos de leitura e gravação de informações nos discos rígidos eram feitos por indução: na leitura, uma bobinazinha ficava próxima ao disco girando e a variação do campo magnético provocada pelo giro do disco induzia uma corrente, a leitura era feita de acordo com a intensidade da corrente. A gravação aplica o mesmo princípio, passamos uma corrente grande numa outra bobina, essa corrente gera um campo magnético intenso e este pode virar a magnetização do disco rígido. Não tem nada de spintrônica nisso, é só indução. Só que para isso a bobinazinha precisa experimentar uma variação de fluxo magnético grande, o que dependeria de um disco grande.

Para diminuir o disco começamos a utilizar o efeito chamado magnetoresistência gigante, cuja descoberta conferiu aos físicos, Albert Fert e Peter Grünberg o Prêmio Nobel de Física de 2007. Agora, temos "sanduíches" que intercalam materiais magnéticos e não magnéticos próximos ao disco rígido, que é magnetizado.



Por esse sanduíche passa uma corrente elétrica, mas a resistência desse sanduíche muda dependendo da orientação magnética de suas camadas externas. A magnetização de uma das camadas magnéticas é mantida constante e a outra camada magnética acompanha a magnetização do disco rígido.

Se a magnetização dessas camadas magnéticas for paralela, a resistência é pequena, se for anti-paralela a resistência é grande, então, ao passar a corrente sabemos qual a orientação do disco rígido. Sendo assim, precisamos apenas de uma corrente pequenininha, porque só queremos medir a resistência e para qualquer corrente que passe podemos fazer essa medida. Com isso, revolucionamos os HD's, eles começaram a ficar menores e mais potentes.

O que não tem ainda na spintrônica de metais? A gravação de dados. Também gostaríamos de gravar dados usando a spintrônica, passar uma corrente e de alguma forma conseguir inverter a magnetização. Consegue-se fazer isso hoje com pequenos pedaços de magneto através do efeito chamado spin torque, mas para isso é necessário utilizar uma corrente muito grande. Se fosse possível fazer algo parecido nos discos rígidos, também poderíamos gravar informações utilizando a spintrônica.

**Magali** – *Mas isso é no metal?*

**Tatiana** – Sim, no metal.

**Magali** – *E nos semicondutores?*

**Tatiana** – Entre os semicondutores também existem os semicondutores magnéticos, que tem tanto spin torque quanto magneto resistência, não sei se gigante, mas pelo menos bem grande.

Toda eletrônica é feita de semicondutores e toda gravação de informação é feita com metais magnéticos. Boa parte da informação é magnética, mas a transmissão de informação é toda eletrônica, só usando a carga do elétron. Então, a vantagem seria juntar essas duas coisas, o ideal seria não ter que passar do semicondutor para o metal para ler e gravar e do metal para o semicondutor para transmitir, poderia ficar sempre nos semicondutores. Então uma das possibilidades seria usar a spintrônica em semicondutores. Em metais magnéticos nós também perdemos uma informação sobre o spin que pode ser importante em processamentos de informação quântica.

**Magali** – *Hoje a gente ouve falar muito no computador quântico. Qual seria o principal ganho da concretização desse computador?*

**Tatiana** – Imaginemos que hoje em dia conseguíssemos criar o computador quântico. Não iríamos conseguir fazer muita coisa nele, porque temos poucos algoritmos já feitos. Tem uma parte da ciência da computação que se dedica a criar algoritmos para esse novo tipo de computador. Criar, desenvolver esses

algoritmos, testar e ver se eles são mais eficientes no computador quântico do que em um clássico. Hoje em dia temos poucos algoritmos: de ordenamento de listas, de fatoração e também simulação de sistemas quânticos. Para os algoritmos de simulação de sistemas quânticos, sabemos que haverá um ganho muito maior em um computador quântico, até porque um computador quântico vai simular sistemas quânticos melhor que um computador clássico. A idéia de computador quântico surgiu em mais de um lugar, mas um dos caras que teve essa idéia foi Feynman, e o primeiro que ele disse foi exatamente isso; se quero simular um sistema quântico nada melhor do que um computador quântico para fazer isso. Se quisermos simular um sistema quântico, ou quebrar criptografias, fatorar números vamos fazer isso de forma mais eficiente num computador quântico. Se o computador quântico for criado agora ele vai ser mais ou menos como o computador clássico quando foi criado. Os computadores clássicos foram extremamente importantes na Segunda Guerra Mundial para quebrar uma porção de códigos de inimigos. Isso aí, obviamente, vai acontecer de novo. Na hora que aparecer um computador quântico, a primeira utilização dele será militar, depois que vão aparecer outras coisas, mas não será um computador que vai estar em sua casa imediatamente, vai ser um computador que ficará num lugar refrigerado, possivelmente funcionará a baixíssimas temperaturas, em um ambiente super controlado, vai ser um trambolhão [como eram os outros] e aí a gente não sabe ainda o que acontecerá depois.

**Magali** - Já em 1959, Richard Feynman palestrava sobre as perspectivas da nanotecnologia: a enciclopédia Britânica poderia ser escrita na cabeça de um alfinete. Hoje, quais são as expectativas dos pesquisadores quanto a potencialidade das pesquisas em nanotecnologia?

**Tatiana** – Na verdade a nanotecnologia está aí. Tudo sendo feito em escala nano e com bastante sucesso. Agora, o que a gente está vendo é como essas coisas vão aparecer no mercado. A nanotecnologia está sendo utilizada na indústria farmacêutica, na indústria de semicondutores, você pega um ledzinho desses aí, muitos são poços quânticos em uma das dimensões de semicondutor em escalas de alguns nanômetros, já têm LEDs feitos com pontos quânticos também. São muitas as aplicações e várias outras aparecerão. Percebemos que cada vez mais a indústria sofisticou-se para atender às necessidades do mercado, por exemplo, as lâmpadas vão ser substituídas por



lâmpadas de LED. A indústria de LEDs é uma indústria de semicondutores que faz coisas em escala nano. Em um LED de poços quânticos, temos uma camada fininha de semi-condutor, sobreposta por outro semicondutor e esta sobreposta pelo primeiro semi-condutor. Os elétrons, numa das dimensões ficam aprisionados numa escala nanoscópica. Os níveis de energia dos elétrons por conta desse confinamento em uma das dimensões ficam quantizados e a emissão de luz acontece quando após excitarmos o elétron

para um nível superior, esse elétron cai emitindo luz. Por que é extremamente eficiente? Você excita o elétron de uma determinada energia, transforma aquilo tudo, quando decai em fóton, não é aquele mecanismo de esquentar um filamento metálico e acontecer a irradiação como numa lâmpada normal, as perdas com os LEDs são bem menores. Com a questão do aquecimento global, a busca de um desenvolvimento sustentável, a tendência é a substituição das lâmpadas incandescentes todas por LED. Hoje em dia, em vários estados brasileiros os sinais de trânsito usam o LED, a gente daqui a pouco vai começar a ver lâmpada de geladeira e de várias coisas com LED também, então o LED veio para ficar. Agora para entender o LED tem que saber o mínimo de mecânica quântica.

Existem também uns materiais bem interessantes baseados em carbono, que são nano tubos de carbono, esses materiais tem propriedades mecânicas interessantes, são muito resistentes e podem ser utilizados para fortalecer tecidos, entre outras coisas. É interessante ressaltar que devem ser feitos vários testes com esses materiais, vários deles são tóxicos; aí entra uma questão mais complicada que é a legislação para esse tipo de novos materiais. Podemos ter o carbono numa determinada forma onde ele não oferece perigo, mas pode ser que em outra determinada forma seja tóxico; pode ser que ele entre no pulmão e cause algum tipo de dano, pois é uma nano partícula, uma nanoestrutura, pode ser que você inspire e fique preso no pulmão e à longo prazo cause complicações. Pode ser absorvido pela pele e causar algum tipo de problema. Tem toda



uma questão legal de testes para saber se esses materiais fazem mal ou não.

**Magali** – Já realizam testes?

**Tatiana** – Tem gente testando. Já tive informações, por exemplo, que esses nano tubos de carbono podem causar danos quando inspirados, então deve-se tomar cuidado antes de fazer qualquer aplicação na indústria farmacêutica.

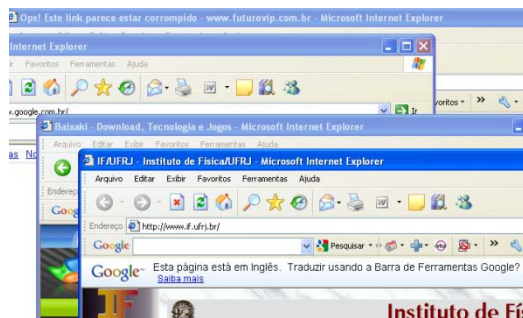
**Magali** - *Um dos leitores do Caderno Digital do jornal "O Globo", João Ribeiro, fez um comentário sobre sua entrevista, expressando receio sobre os riscos da pesquisa em nanotecnologia: "Quebrar uma chave criptográfica de 4Mb em segundos? Sou totalmente a favor do progresso, mas fico com receio quando penso no poder que o Homem vai alcançar em breve." Quais são os riscos e benefícios dessas pesquisas? Há uma previsão da necessidade de instruir e capacitar à sociedade que poderá em breve "receber" essa tecnologia?*

**Tatiana** – Os riscos... , a vida é perigosa, é arriscada. Fizemos coisas muito piores, inventamos a bomba atômica. E não sei se a gente vai conseguir, com nanotecnologia, fazer alguma coisa tão ruim quanto, a não ser que conseguíssemos fazer robzinhos que se auto-replicassem, e se espalhassem por ai, mas mesmo assim fica muito difícil de fazer de forma descontrolada. Acho que também inventamos algumas doenças multiplicando vírus que acabaram se espalhando. Esse aí é só mais um risco que corremos, não vejo nada demais.

Capacitar à sociedade é um problema, porque como eu falava cada vez mais o Ensino Médio está se distanciando desse tipo de coisa. Então o aluno que saí do Ensino Médio para trabalhar numa indústria de alta tecnologia não faz idéia do que ele está fazendo. A sociedade vai ter que começar a repensar a educação.

Acho que é necessária uma modernização na educação, o que já é uma discussão na área de educação, imagino.

Já vi algumas discussões sobre isso, sobre o porquê os alunos se sentem desmotivados, uma das causas seria essa. Os adolescentes estão acostumados a lidar com um volume grande de informação em paralelo e chegam à escola e a coisa vai mais devagar. Eles têm capacidade de absorver uma série de coisas, ficam com cinco, seis janelas abertas no computador ao mesmo tempo, e se viram bem. Eu até consigo, mas meu pai não, ele não consegue. Ele não entende que alguém consiga fazer isso, mas os adolescentes conseguem. Eu acho que a escola deveria aproximar-se mais desse dinamismo dos alunos.





## Glossário

**LED:** diodo semiconductor (junção P-N) que quando energizado emite luz visível por isso LED (Diodo Emissor de Luz).

**Nano partícula:** partículas de dimensões da ordem de  $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ .

**Spintrônica:** eletrônica baseada nas propriedades do spin.

**Transistor:** é um componente eletrônico utilizado principalmente como amplificador e interruptor de sinais elétricos.

## Sobre as professoras



Tatiana Rappoport é bacharel em Física pela UFRJ é mestre e doutora pela UFF. Fez estudos de Pós-doutorado na Universidade de Notre Dame (USA). É atualmente professora Adjunta do Instituto de Física da UFRJ onde dá aulas na graduação e na pós-graduação e desenvolve pesquisas em Física Teórica da Matéria Condensada. Em 2008 recebeu o Prêmio L'Oréal concedido para mulheres cientistas.



Magali Fonseca de Castro Lima é licenciada em física pela UFRJ onde atualmente cursa o Mestrado Profissional em Ensino de Física. É professora de física nas três séries do Ensino Médio e de Ciências na 9ª Série dos Colégios Estadual Aura Barreto, CIEP 201 e Futuro.

**Physics teaching and new Technologies in the classroom,  
schoolteacher Magali Lima interviews researcher  
Professor Tatiana Rappoport**

**Abstract**

In this interview with researcher Tatiana Rappoport, schoolteacher Magali Lima, motivated by her perception of the importance to introduce the discussion about topics of contemporary Physics in school, raises questions that explore concepts and results of recent research in the field of condensed matter Physics.

**Keywords:** contemporary Physics; condensed matter/  
spintronics; nanoparticl