

# Entrevista a Andrea Cavalleri premiado com o *Europhysics Prize* de 2024

Bernardo Almeida<sup>1</sup>, Olivier Pellegrino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Escola de Ciências, Universidade do Minho

<sup>2</sup>Departamento de Metrologia, Instituto Português da Qualidade

<sup>1</sup>bernardo@fisica.uminho.pt, <sup>2</sup>OPellegrino@ipq.pt

O Prémio Europhysics Prize, promovido pela Divisão de Física Matéria Condensada da Sociedade Europeia de Física, foi atribuído em 2024 ao Professor Andrea Cavalleri. A Cerimónia de Entrega do Prémio e a palestra intitulada “Novos Materiais Quânticos” fizeram parte da 31.ª Conferência Geral da Divisão de Física Matéria Condensada da Sociedade Europeia de Física, que ocorreu em Braga, em setembro de 2024. Nesse âmbito, tivemos oportunidade de contactar com Andrea Cavalleri, de ouvir e discutir as suas ideias e de lhe fazer uma entrevista, apresentada a seguir. É uma oportunidade de o dar a conhecer aos nossos leitores.



Figura 1 - Andrea Cavalleri.

## Como começou o seu interesse pela ciência? Houve alguma figura (família/professor/outro) que o ajudou a nutrir esse interesse?

Desde criança que sempre me interessei por ciências, mas também por outras coisas. O meu pai era médico e professor universitário, e cresci numa família que valorizava as realizações intelectuais. No secundário, gostava de matemática e das ciências naturais, embora estas a um nível inferior. Estudei engenharia na universidade, com a ideia de ingressar no mercado de trabalho numa profissão de técnico ou de gestão. Embora, com o tempo, me tenha interessado cada vez mais por problemas fundamentais, física da luz, lasers, dispositivos e materiais. Atribuo esta mudança progressiva à escola italiana de engenharia na década de 1990, que insistia nos fundamentos paralelamente a todos os tópicos técnicos.

## Quando e como decidiu estudar Física?

Durante os meus estudos em engenharia de lasers, fui exposto à espectroscopia não linear em semicondutores, o que depois evoluiu num doutoramento em ciência de lasers, ciência de alta densidade de energia, física de plasmas e produção de raios X. Estes estudos aproximaram-me progressivamente da Física.

## Quem e o que o levou a estudar física da matéria condensada e, em particular, a explorar as propriedades quânticas dos materiais?

Depois de um pós-doutoramento num grupo de Química em San Diego, descobri fortuitamente que os Materiais Quânticos podiam ser incrivelmente interessantes. Por acaso, encontrei um cristal de  $\text{VO}_2$  no laboratório e queria estudar a possibilidade de uma transição de fase sólida para fase sólida induzida por laser, o que já tinha sido mencionado na literatura e discutida no grupo de San Diego, embora não de forma tão sistemática. Nesta altura, fiz uma mudança mental de espectroscopista de laser (por exemplo, medir qualquer coisa que fosse

remotamente útil para fazer uma boa física do laser) para um físico de matéria condensada (por exemplo, usar qualquer técnica para compreender como os sólidos operam e como manipulá-los). Recordo-me de uma conferência em Tsukuba, em 2001, a primeira da série “Transições de fase foto-induzidas”, quando já tinha três anos de pós-doutoramento, na qual encontrei a minha vocação para os Materiais Quânticos.

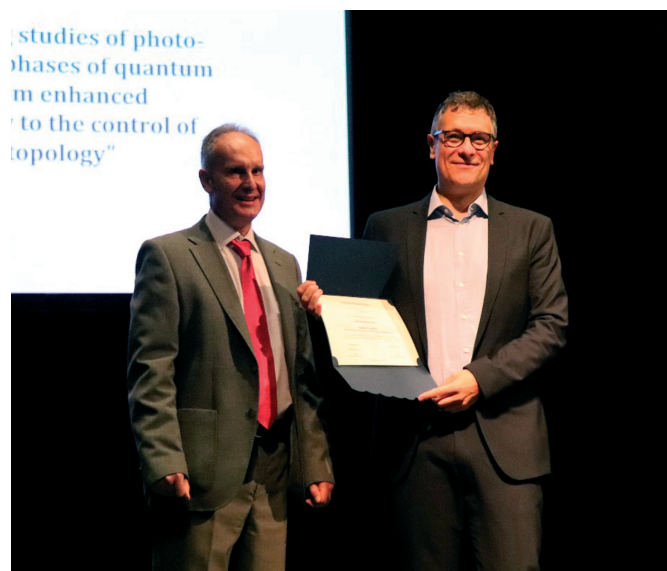


Figura 2 - Na cerimónia de entrega do prémio: Jose Maria de Teresa, presidente da Divisão de Física da Matéria Condensada (esquerda), e Andrea Cavalleri (direita).

### **Recebeu o Prémio Europhysics pela “investigação inovadora sobre fases emergentes foto-induzidas em materiais quânticos”.**

Já muito cedo no meu doutoramento, interessei-me pelo problema do controlo coerente, a utilização de impulsos óticos para controlar as propriedades dos sólidos. Os químicos estavam a trabalhar neste problema, mas os físicos da matéria condensada não pareciam interessados em qualquer coisa em que o material não estivesse em equilíbrio. Ao longo dos anos, estudei vários tipos de transições de fase nos sólidos, e sempre me focalizei na ideia de que um estímulo coerente poderia gerar novos fenómenos em sólidos, induzindo fases que não ocorrem em equilíbrio. O ingrediente adicional, neste trabalho, foi perceber que estes impulsos teriam de estar às frequências dos THz para serem significativos para os materiais. A minha experiência em instrumentação ótica deu-me confiança de que poderia construir estas fontes e aplicá-las à física da matéria condensada.

### **Como resumiria as suas principais contribuições neste campo?**

Penso que a capacidade de construir instrumentos que ninguém tinha me permitiu fazer perguntas que ninguém fazia. As minhas contribuições podem ser enumeradas em duas linhas: (1) o desenvolvimento do campo da fonónica não linear, a utilização da luz para deformar em ressonância a rede e para criar novas estruturas cristalinas que não são estáveis no equilíbrio, para alcançar

uma forma de descoberta de materiais dinâmicos. 2) a compreensão de que um sistema acionado pode ser mais ordenado do que o estado térmico antes do acionamento, quer devido à capacidade de destruir uma ordem concorrente que inibe um estado coerente, quer por causa da sincronização dinâmica. Estas ideias levaram-me ao problema do aparecimento de estados ordenados foto-induzidos, incluindo a ferroeletricidade, o ferromagnetismo e a supercondutividade.

### **Como explicaria a um público mais vasto o que é a fonónica não linear e porquê é significativa?**

A fonónica não linear é um campo melhor expresso com uma citação de Francis Crick – o descobridor da estrutura de dupla hélice do ADN: “se queres compreender a função, deves compreender a estrutura”. Por extensão, se se conseguir controlar a estrutura com a luz, então poderá controlar-se a função. O segundo ponto é que uma rede cristalina em equilíbrio pode ser deformada ao longo de vários modos de rede (chamados fonões), que podem, eles próprios, ser manipulados com a luz. Consequentemente, um campo eletromagnético adequado pode deformar a rede cristalina e, se o campo for grande, podem ser induzidas alterações grandes na rede. A manipulação de estruturas cristalinas com impulsos THz ressonantes tem permitido todos os tipos de fases induzidas interessantes.

### **A sua investigação sobre a supercondutividade induzida pela luz tem atraído uma atenção significativa. Vê aplicações possíveis deste fenómeno no mundo real?**

A ideia de que um campo de luz poderia aumentar a supercondutividade já era conhecida desde a década de 1960 para a radiação de micro-ondas. Estendemos isto aos impulsos THz e aos materiais quânticos, na procura de um estado induzido de temperatura alta no qual a coerência se estabeleça novamente. Explorámos muitas situações, algumas em que se sabia que outros tipos de ordem reduzem a supercondutividade (por exemplo, as fitas (“stripes”) de carga e de spin) e que os impulsos poderiam, portanto, aumentar a supercondutividade à custa destas fases concorrentes. Noutras situações, o estado induzido foi uma completa surpresa.

### **Como poderemos avançar a partir daqui?**

No que diz respeito às aplicações deste fenómeno, ainda é muito cedo para dizer. Embora estas fases induzidas apresentem alguns indícios de comportamento supercondutor, as suas propriedades macroscópicas ainda não possuem as propriedades espetaculares dos supercondutores em equilíbrio. No entanto, o diamagnetismo tipo Meissner recentemente demonstrado (Fava et al. Nature 2024) pode abrir perspectivas para dispositivos rápidos, com velocidade de processamento alta.



Figura 3 - Palestra de Andrea Cavalleri na cerimónia de atribuição do prémio Europhysics Prize

**Como é que impulsos óticos de terahertz e de infravermelho médio criam novas estruturas cristalinas?**

Como foi sugerido acima, um cristal possui  $N$  átomos por célula unitária e  $3N-3$  modos vibracionais, que deformam a estrutura cristalina. Excitar respostas de grande amplitude destes modos normais com a luz de infravermelho médio ressonante e utilizar combinações destes modos normais permite explorar um conjunto amplo de estruturas atômicas que não são alcançáveis no equilíbrio, devido à mistura não linear entre eles. Em segundo lugar, para aplicações em dispositivos, muitas fases dos materiais baseiam-se em pequenas alterações na posição dos átomos. Com a fonónica não linear, podemos redirecionar estas estruturas, por exemplo, para ligar ou desligar a ferroeletricidade ou para induzir ordem magnética em qualquer direção em certos cristais.

**Como vê a influência da integração de tecnologias baseadas na luz com materiais quânticos na próxima geração da ciência dos materiais?**

Há uma crescente consciencialização de que os estados de não-equilíbrio têm propriedades que não são simplesmente “uma confusão”. Este trabalho ajuda-nos a ver uma nova física interessante nos materiais com propriedades induzidas pela luz, e muito trabalho resultará dos avanços iniciais já feitos.

**Viveu em diferentes países e interagiu com diferentes pessoas em todo o mundo ao longo dos anos. Qual é o papel da colaboração interdisciplinar na sua investigação? Como é que moldou a sua investigação e descobertas?**

O meu trabalho foi enormemente enriquecido por trabalhar com pessoas de diferentes países, mas também em diferentes áreas. Já mencionei o meu trabalho inicial em ótica não linear e tecnologia laser, em ciência de raios X e em materiais quânticos. Muitas vezes, sinto que sei menos que qualquer especialista numa área determinada em que trabalho, mas que o meu background único me pode permitir fazer ligações que faltam a outros.



**Na sua opinião, quais são as capacidades mais importantes que um bom Físico experimentalista deve possuir?**

Um gosto apurado na seleção do que é um problema interessante. O resto virá. Se não souber fazer alguma coisa pode pedir ajuda. Se não perceber um pouco de física pode ler um livro ou perguntar a um colega. O gosto tem de vir de si. Não ter medo da execução. Como referido, irá descobrir a solução se tiver um bom motivo para o fazer. Aceder a financiamentos e estar preparado para o procurar. Capacidade de mudar-se para um local novo, para ter os recursos necessários para implementar a sua visão.

**Que conselhos daria a um jovem estudante que se interessa por ciências e pensa seguir uma carreira nesta área?**

Que não acredite que os especialistas de uma determinada área necessariamente compreendem as coisas a fundo. Confie no seu instinto e resolva os problemas a partir do zero. Faça coisas em que é bom e que são excitantes para si. Encontre as pessoas mais interessantes da área e converse com elas.

**Para terminar esta entrevista, qual pensa que será a evolução futura do campo dos materiais quânticos nos próximos anos na(s) sua(s) área(s)? Quais são os principais desafios?**

Isto é difícil de dizer, mas aqui vai. Novos materiais. Precisamos de apoiar a descoberta de materiais. Creio que os materiais quânticos “revestidos” (campos eletromagnéticos, cavidades quânticas, microfabricação, etc.) desempenharão um papel importante. Refira-se, em particular, os materiais quânticos em situações em que o meio ambiente faz parte do material – a chamada Emergência 2.0.

Obrigado pela sua contribuição!