

# Da Luz na natureza à Luz aplicada: visão de um químico

Carlos Serpa

Universidade de Coimbra

## Profissão: Fotoquímico.

Por vezes, apresento-me dizendo a minha profissão: “Carlos Serpa, Fotoquímico; Muito prazer.” De alguma forma a frase é dita como um desafio ao meu interlocutor, pois imagino serem diversas as interpretações dadas à natureza da minha profissão: o que será um Fotoquímico? Algo ligado à fotografia, aos fotões, à luz... Sim, a Luz está no cerne da minha vida profissional, porque está no cerne da nossa Vida. Fotões (ou luz) sempre estiveram presentes, desde o começo do universo, nos processos que deram origem à vida. O melhor e sempre maravilhoso exemplo é uma “simples” reação possível de baixo da luz do sol (em presença de clorofila) e em que os produtos são comida ( $C_6H_{12}O_6$ ) e respiração ( $O_2$ ).



A transformação pelas plantas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e água ( $H_2O$ ) em glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ) e em oxigénio ( $O_2$ ) ainda não foi reproduzida em laboratório com eficiência suficiente para a utilizarmos de forma útil. Mas é um exemplo de inspiração na natureza que, muitas vezes, guia o trabalho de um Fotoquímico. E existem muitos fenómenos na natureza que podem inspirar um Fotoquímico. Veja-se, por exemplo, a proteína rodopsina, pertencente ao conjunto de moléculas que nos permitem ver (Fig. 1). A luz absorvida por esta molécula é transformada num sinal eletroquímico e no processo uma “dança” concertada de eletrões leva a uma alteração da conformação da molécula. É nesta interação da luz com moléculas que se centra o trabalho de um Fotoquímico.

Sem o sabermos, muitos de nós começamos a

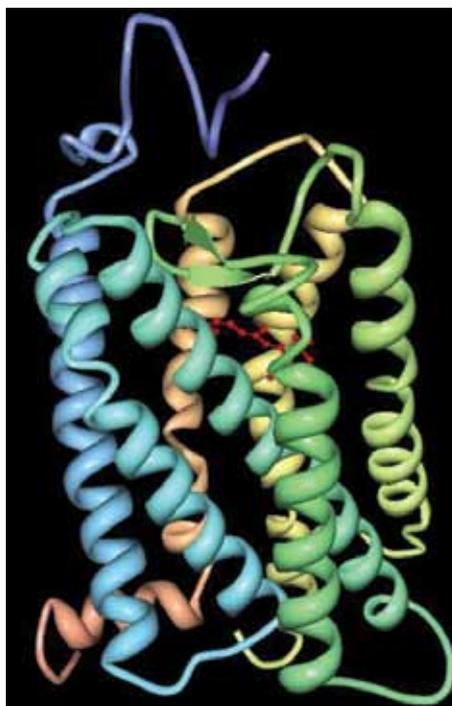


Fig. 1 - Estrutura cristalográfica da rodopsina bovina [1].

nossa vida com uma experiência Fotoquímica! A bilirrubina é uma molécula formada no processo de quebra de células vermelhas do nosso sangue, cuja acumulação provoca icterícia, revelada por uma cor amarela na pele. Um fígado ainda não completamente operacional (como muitas vezes acontece ao nascermos) não consegue transformar a bilirrubina na sua forma solúvel em água, permitindo a sua excreção. Felizmente a forma de bilirrubina insolúvel pode ser transformada numa forma solúvel pela simples exposição a uma luz de cor azul. Por isso, cerca de 60 % dos recém-nascidos passam algumas das primeiras horas da sua vida como sujeitos de uma “experiência Fotoquímica”. Mas tal continua ao longo de toda a vida: a molécula que denominamos Vitamina D, e sem a qual não conseguimos viver, é sintetizada na nossa pele a partir do colesterol apenas na



Fig. 2 - Criança recém-nascida em fototerapia para tratamento do excesso de bilirrubina.

presença de luz ultravioleta, proveniente essencialmente do sol.

Uma aplicação médica mais sofisticada da Fotoquímica é a Terapia Fotodinâmica. Nesta terapia, usamos luz para converter oxigênio em espécies letais para células cancerígenas. Isto é, o mesmo oxigênio que é fundamental à vida no seu estado de menor energia, pode ser uma espécie tóxica (ou precursor de espécies tóxicas) num estado de maior energia! Uma molécula desenvolvida para entrar preferencialmente em células cancerígenas é irradiada com um feixe de luz (muitas vezes um laser) e formam-se moléculas mais energéticas, na medida em que a energia dos fótons foi absorvida; dizemos que a molécula transitou para um estado excitado. A fotoquímica particular destas moléculas excitadas permite a reação com o oxigênio existente nas células, desencadeando as reações que dão origem a espécies de oxigênio excitado tóxicas e à morte celular.

A interação da Luz com moléculas e materiais está na origem de novos métodos de transformar a energia da luz solar em energia utilizável, nomeadamente em eletricidade.

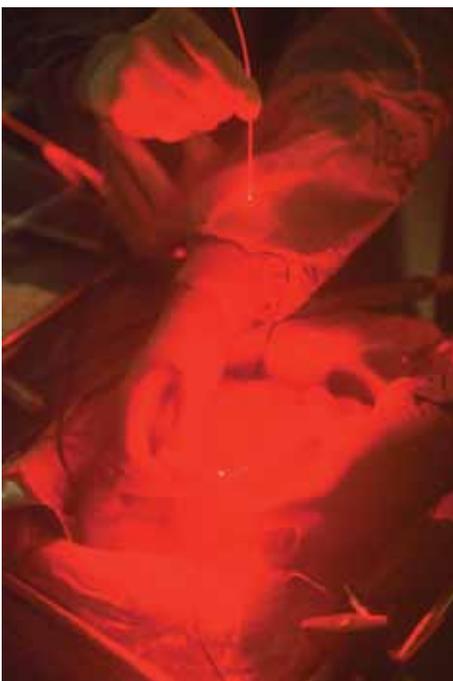


Fig. 3 - Ilustração de cirurgia oncológica utilizando terapia fotodinâmica associada à molécula fotofrina.



Fig. 4 - Michael Grätzel com uma célula solar com corantes, cuja tecnologia recebeu o seu nome (foto: EPFL).

As células baseadas em silício evoluíram da sua forma monocristalina para formas amorfas e policristalinas, permitindo o uso doméstico e industrial. Em células solares com corantes (Grätzel) e em células solares orgânicas, a absorção da luz solar dá origem a moléculas com estados excitados com grande tendência de perder eletrões. Um vez vencido o desafio de direcionar esses eletrões no sentido correto, transformamos a Luz numa corrente de eletrões. De forma a absorver a luz do sol, por vezes, usa-se moléculas idênticas às utilizadas na fotossíntese, em mais uma tentativa dos Fotoquímicos em mimetizar a natureza na sua interação com a Luz.

Na indústria dos plásticos, o processo de polimerização, em que uma quantidade elevada de moléculas pequenas se junta para dar origem a uma longuíssima molécula, necessita de uma ajuda extra. Essa ajuda pode ser dada por moléculas irradiadas por luz e conduzidas assim a um estado excitado, pois contêm exatamente a energia extra para iniciar todo o processo. Processo similar é usado nos consultórios médicos dentários, onde luz ultravioleta é usada para endurecer resinas dentárias.

Acreditará ainda que a Luz e a Fotoquímica estão presentes até na roupa que tem vestida? É muito provável que a sua roupa tenha sido lavada com detergentes que contêm branqueadores óticos, moléculas que absorvem a luz ultravioleta (que não é vista pelos nossos olhos) e emitem uma luz azu-

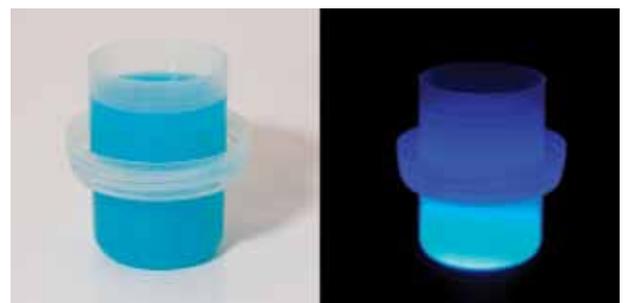


Fig. 5 - Fluorescência em detergente para a roupa exposto a luz ultravioleta.

lada, podendo então dizer-se: “branco mais branco não há”. Também a nota que poderá ter no bolso terá certamente uma marca de segurança feita com compostos fluorescentes. Quando colocada sob uma luz ultravioleta, revelará um desenho colorido.

### Luz, câmara, ação!

No nosso laboratório de Fotoquímica, tudo se inicia com a Luz. Em cada experiência, repetimos a frase de um realizador de cinema: Luz, câmara, ação. Com a *Luz* (que muitas vezes é a luz intensa e de uma só cor de um laser), iniciamos o processo que queremos estudar. Preparamos a *Câmara* com que vamos olhar para o processo induzido pela Luz e seguimos a *Ação!* A Luz pode também ser encarada como ferramenta para estudar fenómenos que não têm necessariamente a ver com a luz. Recentemente temos usado moléculas que são fortemente ácidas apenas quando no respetivo estado excitado; com um impulso de luz laser rapidamente podemos tornar ácida uma solução. Moléculas que emitem luz podem ser muito úteis enquanto sondas. Mesmo dentro de um animal, podemos ver para onde vai determinada molécula se a ela ligarmos uma molécula fluorescente. E também a velocidade com que a fluorescência desaparece é muito informativa acerca do ambiente onde essa molécula se insere.

### Fazer luz.

Mas enquanto químico, não estou apenas interessado em utilizar a Luz, também estou interessado em “fazer luz”. Durante muito tempo, obtivemos luz fundamentalmente a partir da energia térmica, nas lâmpadas incandescentes, num processo com eficiências menores que 10 %. A eficiência foi aumentada para o dobro com a transformação de energia elétrica em excitação de átomos (de mercúrio) numa lâmpada fluorescente. Ao contrário das lâmpadas incandescentes, que emitam todas as cores do arco-íris, numa luz que se apresenta branca aos nossos olhos, a luz fluorescente obtida pela emissão de átomos de mercúrio corresponde às cores específicas dos níveis energéticos dos átomos de mercúrio. Trata-se de luz obtida quando os eletrões excitados regressam ao seu estado fundamental. A razão para a nossa perceção da luz de lâmpadas fluorescentes não ser colorida deve-se à presença de uma cobertura de fósforo, que converte a luz emitida num espectro mais contínuo. Mais recentemente, conseguiu-se elevar para 30 % a eficiência de conversão de eletricidade em luz com díodos emissores de luz (LED). Com o arranjo em camadas de materiais convenientes, nomeadamente de semicondutores, cuja diferença de energia entre dois estados (denominados de condução e de valência) conseguimos modelar de forma a ser igual à energia de luz visível. É a emissão de luz de junções destes materiais, cada qual com a sua cor, que permite a iluminação LED com “luz branca”. Para além das formas mais convencionais de produzir luz, uma



Fig. 6 - *Malacosteus niger* (à direita), um peixe de águas profundas que utiliza a bioluminescência para confundir e capturar as suas presas.

terceira forma, que podemos chamar de luz líquida, produz luz a partir de reações químicas. A luminescência química é responsável por algumas das mais belas imagens das profundezas dos oceanos, pois espécies animais usam a respetiva capacidade de fazer luz como forma de comunicação. As reações químicas que produzem luminescência têm aplicações algo frívolas, como divertidos bastões coloridos, mas também mais sérias, como na Química Forense, onde quantidades mínimas de ferro são detetadas numa reação entre o reagente luminol e a água oxigenada, produzindo uma luminescência azul, e permitindo identificar a presença de sangue.

### Laser: Uma outra forma de fazer luz.

Em 1917, Albert Einstein postulou a possibilidade de um feixe de luz (radiação) ao passar por um dado meio poder ganhar energia induzindo a emissão de luz por átomos (ou moléculas) no estado excitado, luz essa que deveria ser da mesma cor dos fótons do feixe. Mas esta emissão “estimulada” teria de competir com o processo mais comum de absorção da luz pelos átomos no estado fundamental. Existindo usualmente bastantes mais átomos no estado fundamental, a absorção ganha versus a emissão estimulada. Mas em 1954, uma equipa liderada por Charles Townes conseguiu direcionar um feixe de moléculas de amónia no estado excitado para uma pequena caixa retangular espolhada, obtendo uma inversão de população, na medida em que assim a maioria das moléculas de amónia na caixa estava no estado excitado. As dimensões específicas da caixa permitiram um efeito de ressonância e tinha nascido o maser (*microwave amplification by stimulated emission of radiation*), pois a luz emitida tinha um comprimento de onda na gama dos micro-ondas. Os materiais (sólidos, como por exemplo o rubi) e a forma de obter a inversão de população (por intermédio de uma lâmpada intensa) são distintos no laser de luz visível que Theodore Maiman fez pela primeira vez pulsar em 1960 e que viria a ser o primeiro numa série altamente prolifera de tipos de laser. Os avanços em cores disponíveis, intensidades e a miniaturização permitiram a sua utilização em diversos campos e o nascimento de uma indústria. Theodore Maiman aparentemente escreveu pela primeira vez no seu caderno de laboratório o acrónimo que

viria a transformar-se na palavra *laser* em Novembro de 1957.

### Lasers aplicados à medicina.

Desde os anos 60 do século XX até aos nossos dias, o laser tornou-se omnipresente. Utilizamos lasers no nosso dia-a-dia em leitores de códigos de barras ou na leitura de dados musicais, ou em técnicas mais sofisticadas de deteção de imagens de eventos muito rápidos ou em máquinas de impressão 3D com tecnologia substractiva com lasers de precisão controlados por computador. Também na indústria, a utilização de lasers de alta energia nos processos de corte de alta precisão e soldadura de metais se tornou usual. Já a utilização de lasers em medicina é hoje comum, nomeadamente na cirurgia dos olhos. Em cirurgia, o bisturi pode agora ser um feixe intenso de luz laser, permitindo o corte e a separação de tecidos com o mínimo de sangramento. Mesmo para utilizações em estética, os impulsos de luz intensos e os lasers tornaram-se habituais. Recentemente, com a utilização de lasers e de novos materiais conseguimos desenvolver uma metodologia inovadora para destabilizar momentaneamente a estrutura da pele e permitir a passagem eficiente de medicamentos e cosméticos, através de ultrassons de alta frequência.

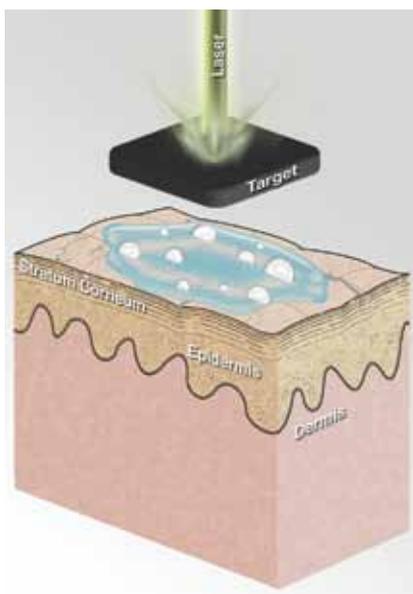


Fig. 7 - Na piezoporção um impulso de laser rápido permite a produção de ultrassons de alta frequência que interagem com a pele.

### Luz, presente e futuro.

A Luz estará cada vez mais presente no futuro da nossa civilização. Prevê-se não só o contínuo avanço nas já referidas aplicações em Biologia e Medicina, ou nas energias alternativas, mas também novas aplicações nas Ciências do Espaço ou no controlo molecular de máquinas nanométricas por intermédio da luz. Um dos desafios mais importantes no âmbito das fontes energéticas será a descoberta de um combustível alternativo. O hidrogénio é uma forte possibilidade, mas a sua obtenção a partir da eletrólise da água é energeticamente desfavorável. Apenas a Luz do sol poderá fornecer a energia necessária. Para os (Foto) Químicos, prever o que pode acontecer numa célula ou num órgão através da compreensão de átomos e moléculas continuará a ser um objetivo. Novas fontes de luz laser,

cada vez mais rápidas, permitirão a visualização da matéria a quatro dimensões. A evolução de moléculas no espaço em tempo real, com a microscopia eletrónica ultrarrápida a evoluir de um mero conjunto de fotografias, para um filme completo.



PS: Já depois de finalizar este pequeno texto e como que a provar a completa entrada do laser nas nossas vidas, deparei-me nas ruas de Coimbra com o anúncio de um número do circo *Circolândia* denominado “o laser humano”. Demonstra a presença da luz e do laser num ramo que não tinha referido: o entretenimento. Deixo a fotografia a ilustrar este artigo.

### Referências

1. <https://en.wikipedia.org/wiki/Rhodopsin>



**Carlos Serpa**, doutorado em Fotoquímica pela Universidade de Coimbra e pós-doutorado no Caltech (EUA), é atualmente investigador na Universidade de Coimbra e Diretor Executivo do Coimbra Laser Lab. Os seus interesses de investigação

centram-se na (Foto)Química de materiais para aplicações em saúde e energia, no estudo da permeação de membranas biológicas com ondas fotoacústicas, e no enrolamento de proteínas e peptídeos. É sócio fundador e Diretor Executivo da LaserLeap Technologies, empresa impulsionada pela utilização inovadora de lasers e criada com base em tecnologia patenteada.