

# Click! Estamos a Fazer Ciência!

## A Contribuição da Fotografia no Desenvolvimento da Física em Portugal

Marília Peres

Escola Secundária José Saramago-Mafra e Centro de Química Estrutural, Institute of Molecular Sciences, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal

imperes@ciencias.ulisboa.pt

### Resumo

A fotografia desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento da Física, permitindo a documentação e a análise precisa de fenómenos naturais e experiências científicas. Desde o registo do movimento por Étienne-Jules Marey e Eadweard Muybridge até a comprovação da teoria da relatividade de Einstein com as fotografias do eclipse solar de 1919, a imagem fotográfica tornou-se uma ferramenta essencial para a investigação científica. Neste artigo, analisa-se a função da fotografia no desenvolvimento de várias áreas associadas à Física, dentro do contexto português, durante o século XIX e início do século XX.

### Introdução

A fotografia terá nascido do desejo de captar uma imagem e guardá-la para um futuro próximo ou distante. Cientificamente foi mais do que isso, ela necessitou da conjugação de duas ciências: a física e a química. Se, por um lado, ela dependia dos conhecimentos de ótica e da instrumentação existente, dependia igualmente dos conhecimentos de química do fotógrafo.

Foi em 1839 que François Arago (1786–1853) apresentou, à Academia das Ciências de Paris, os trabalhos de Louis Daguerre (1787–1851) e Joseph Niépce (1765–1833) relativos à descoberta da Fotografia, considerando, com grande sentido de previsão, o contributo que teria para as Ciências e as Artes. Nesse discurso [1], Arago indicava as perspetivas de utilização da descoberta como um auxiliar indispensável ao cientista nas áreas da Astronomia, Arqueologia e Espectroscopia.

Sucessivos progressos técnicos e científicos encorajaram a prática fotográfica em diversas outras ciências. No início, a utilização da fotografia no papel de auxiliar documental da Ciência era entendida, segundo Jules Janssen (1824-1907), eminente astrónomo francês, como a “retina do cientista”, tal como referiu Louis Alphonse Davanne (1824-1912) na conferência que proferiu a 22 de novembro de 1891:

*“La Science est la recherche de la vérité, la Photographie en est l’expression, et, suivant la définition si juste de l’éminent directeur de l’Observatoire d’Astronomie Physique, M. Janssen: «La*

*surface photographique est la rétine du savant», bien supérieure à celle de l’œil, car elle voit mieux et conserve l’image des choses vues.” [2]*

Desde o início da fotografia que vários cientistas se apoderaram desta técnica. Por exemplo, em 1840 o médico Alfred Donné (1801-1878) obteve daguerreótipos de fotomicrografias. No entanto, não existiu um método único para que a ciência transformasse a fotografia num instrumento de trabalho. Se, por um lado, uns consideravam a objetiva fotográfica como uma extensão da retina que permitia ver o que era muito pequeno, ou o que estava muito longe, numa perspetiva unicamente documental, outros procuravam estabelecer padrões, como é o caso da fotografia solar ou da fotografia de espectros [3].

Outros cientistas ainda, nomeadamente nas áreas da Meteorologia, do Geomagnetismo e da Oceanografia [4], em vez de usarem o registo obtido diretamente através da câmara fotográfica, optaram por obter um registo indireto de uma grandeza física, em papel fotográfico em aparelhos de registo automático que podiam funcionar em contínuo, necessitando apenas da substituição do papel fotográfico.

O aumento da sensibilidade das placas fotográficas permitiu que se desenvolvesse a chamada fotografia instantânea, tendo sido iniciada com a câmara pistola (primeira câmara instantânea em forma de pistola) do inglês Thomas Skaife (1806–1876), que conseguiu obter tempos muito reduzidos entre duas fotografias [5]. Mais tarde, o físico e filósofo da ciência austríaco, Ernst Mach (1838-1916) foi um dos primeiros a investigar sistematicamente o movimento supersónico, usando técnicas fotográficas inovadoras, por volta de 1890. As fotografias de balas em movimento revelaram as ondas produzidas por uma bala sempre que esta ultrapassava a velocidade do som.

Em 1878 o fotógrafo inglês Eadweard Muybridge (1830–1904) usou múltiplas câmaras para conseguir captar o movimento de galope de um cavalo. Esta série de fotografias conseguiu provar que o cavalo fica, por instantes, com os quatro cascos no ar. Também, em França, o fisiologista Étienne-Jules Marey (1830–

1904) inventa a cronofotografia, aplicando-a ao estudo de movimentos, aerodinâmica, vibração, circulação de sangue, etc. [5].

Na área da eletricidade e do magnetismo, a possibilidade de reproduzir faíscas elétricas e efeitos magnéticos permitiu aos cientistas, fixar padrões para interpretação destes fenômenos.

A fotografia com Raios X, descoberta em 1895 por Wilhelm Röntgen (1845-1923), vem permitir uma nova visão sobre o mundo, desde o interior do corpo humano, de animais, de cristais, detalhes em maquinaria, arqueologia etc. Logo em 1896, começou a surgir por toda a Europa, incluindo em Portugal, a sua utilização médica.

Ao longo da segunda metade do século XIX, os cientistas capturaram reinos anteriormente ocultos, fazendo fotografias, usando o microscópio e o telescópio e analisando o movimento, observando galáxias distantes, e olhando para dentro do corpo humano. A fotografia científica desde cedo revelou um outro olhar sobre o mundo que até aí era impossível.

*“Todos olhámos, mas nunca vimos as imagens com que a ciência sempre se fez. Como se elas não estivessem lá. Como se elas não tivessem que ter estado lá. Sempre, ao lado da palavra. Incapazes de falar por si só, mas necessariamente lá, como suporte de significados que, pelas palavras, se não conseguem dizer.” [6]*

#### **A Contribuição da fotografia para o desenvolvimento da Física**

Em 1907, Gaston-Henri Niewnglowski (1871–1953), fotógrafo e autor de vários livros sobre fotografia, publicou “Les Applications de la Photographie” [7], onde sistematizou as aplicações da fotografia em duas grandes áreas: ciências físicas e químicas e ciências naturais.

No campo das ciências físicas e químicas, Niewnglowski destacou aplicações ligadas ao visível e invisível ao olho humano, com exemplos como:

- Na metalografia, a fotomicrografia das superfícies metálicas revelava informações sobre características e defeitos dos metais;
- Na cinemática, a cronofotografia permitia determinar a velocidade de projéteis e fluidos;
- No estudo dos estados elétricos;
- Na acústica, usando o método estroboscópico, com diapasões com pequenos espelhos que permitiam refletir a luz enquanto vibravam, sobre uma placa fotográfica;
- Nos raios X, onde a fotografia era crucial para estudar comprimentos de onda curtos;
- Na interferência das ondas, a fotografia permitiu a descoberta do método interferencial de Lippmann para reproduzir cores;
- Na astronomia, onde destacou a cartografia do céu e a análise espectrográfica para estudar a composição atmosférica dos astros;
- Na meteorologia, com aparelhos de autorregisto e fotografias de nuvens;

Neste artigo, abordam-se algumas destas áreas nomeadamente na Meteorologia, no Geomagnetismo e na Espectrografia em Portugal.

#### **Fotografia Científica na Meteorologia e no Geomagnetismo**

Na segunda metade do século XIX, o aprimoramento da qualidade das imagens fotográficas e o desenvolvimento de novas técnicas tornaram a fotografia uma ferramenta valiosa para cientistas, permitindo o registo direto da natureza com câmaras fotográficas ou indiretamente, por meio de aparelhos fotográficos de autorregisto para fenômenos naturais.

Observatórios Meteorológicos e Astronômicos em toda a Europa, como o de Kew (considerado como de referência a nível internacional), foram equipados com esses instrumentos, que registavam variações de temperatura (psicrógrafos), pressão (barógrafos), eletricidade atmosférica (eletrógrafos) e magnetismo (magnetógrafos) com grande sensibilidade. Em Portugal, o Observatório Infante D. Luís de Lisboa, o Observatório Meteorológico e Magnético de Coimbra, e o Posto Meteorológico do Porto também possuíam estes aparelhos [8].

Na década de 1850, a Escola Politécnica de Lisboa (EPL) e a Universidade de Coimbra (UC) propuseram ao governo a criação de observatórios geomagnéticos, colaborando com a rede internacional de observatórios. O Observatório Infante D. Luís (OIDL) foi fundado em 1853 pela EPL e começou a funcionar regularmente em 1854, sob a direção de Guilherme Pegado, professor de Física Experimental e Matemática.

João Carlos de Brito Capello, observador do OIDL, visitou os observatórios de Paris e Londres e recomendou a compra de instrumentos. O Observatório comprou alguns instrumentos: magnetógrafos e o eletrógrafo de Thomson ao fabricante Patrick Adie e o baropsicrógrafo (que permitia registar em simultâneo a variação da pressão e a da temperatura atmosférica) ao fabricante Jules Salleron de Paris [3].

Em diferentes períodos, o Gabinete de Física da UC realizou observações meteorológicas, mas a falta de equipamentos adequados e instalações próprias impedia a regularidade e precisão dessas medições. Para superar essas limitações, o Conselho da Faculdade de Filosofia decidiu construir um observatório. O observatório entrou em funcionamento em 1864, ainda sem instrumentos de registo fotográfico. Em 1860, o professor de Física Jacinto António de Souza visitou observatórios em Madrid, Paris, Bruxelas, Londres, Greenwich e Kew. No seu relatório, recomenda que o Observatório de Coimbra adote o modelo de Kew, com magnetógrafos, eletrógrafo de Thomson e um baropsicrógrafo do fabricante Patrick Adie. Esses instrumentos foram adquiridos em 1866 [9].

O observatório foi projetado para acomodar os instrumentos de registo fotográfico desde o início. No rés-do-chão, uma oficina fotográfica abrigava o baropsicrógrafo; o eletrógrafo de Thomson estava no primeiro andar, enquanto os magnetógrafos foram instalados na casa subterrânea. Existia guarda fotógrafo, responsável por auxiliar no uso dos instrumentos de registo. Apesar do início das operações dos magnetógrafos em 1866, o diretor relatou várias irregularidades, como variações na inten-

sidade do gás e a humidade do prédio recém-construído, além da inexperiência dos guardas fotógrafos [9].

No norte de Portugal, em 1842, médicos como Macedo Pinto em Bragança e Pereira da Silva no Porto realizaram observações meteorológicas. Em 1853, Pereira da Silva e Câmara Sinval instalaram uma estação meteorológica no Hospital de Santo António, batizada de Observatório da Escola Médica do Porto [3].

Em 1882, a direção do OIDL decidiu estabelecer postos meteorológicos de qualidade superior, para poder dispor de uma rede nacional. Assim, em 1883 ficou instalado na Serra do Pilar, no Porto, um novo Posto Meteorológico e Magnético. Mais tarde este Posto teve a designação de Observatório Meteorológico da Princesa D. Amélia, voltando em 1913 a designar-se Observatório Meteorológico da Serra do Pilar. Em 1901 este Observatório passou a estar associado à Academia Politécnica do Porto. Esta mudança não se fez acompanhar da respetiva dotação financeira, tendo ficado por isso destituído de meios e de instrumentos para poder trabalhar [10].

No início do século XX (1903), os diretores dos Observatórios de Lisboa, Coimbra, Porto e Açores (Pina Vidal, Santos Viegas, Francisco Paula Azeredo e Afonso Chaves, respetivamente) decidiram distribuir as tarefas de monitorização meteorológica e magnética entre as suas instituições. Coimbra ficou responsável pelos dados magnéticos (apesar de Lisboa ter iniciado esses estudos anteriormente, eles estavam suspensos); o Porto cuidaria da eletricidade atmosférica; Lisboa centralizaria as observações para climatologia e previsão do tempo; e os Açores teriam um conjunto completo de tarefas, limitado pelos recursos. Em 1909, também ficou decidido que Lisboa centralizaria as comunicações sísmicas [3].

Em 1904, o Observatório do Porto adquiriu equipamentos como o eletrómetro de quadrante Kelvin-Mascart, isoladores, uma pilha de 50 elementos e um registador fotográfico com pêndulo e lanterna. A primeira tentativa de instalação do serviço ocorreu entre 1919 e 1920. Em 1927, foi adaptado um gabinete no primeiro andar para os instrumentos (figura 1), e os registos regulares começaram até 1933.

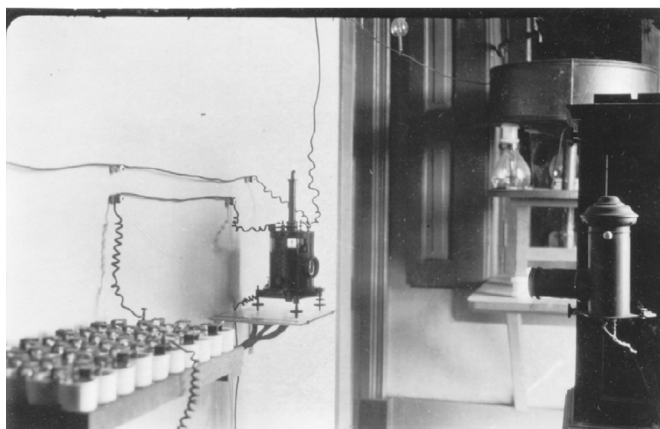


Figura 1 - Sistema completo para o registo fotográfico da eletricidade atmosférica, sem autor, c. 1927. Da esquerda para a direita: pilha de 50 elementos, eletrómetro, coletor com sistema gota a gota, caixa com papel para registo fotográfico e lanterna com lâmpada a gás (coleção do Instituto Geofísico da Un. do Porto, cortesia de M. Monteiro do Museu de Ciência da FCUP).

Os instrumentos dessa instalação ainda existem e fazem parte do acervo do Museu de Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

O baropsicrógrafo:

Em 1864, o diretor do OIDL, Fradesso da Silveira, descreve um novo instrumento construído por Jules Salleron de Paris para o registo fotográfico das variações barométricas e psicrométricas: o baropsicrógrafo (figura 2). Este era um instrumento fotográfico, que iria registar simultaneamente a pressão e temperatura (leituras de termómetros de bolbo seco e bolbo húmido), em dois papéis fotográficos, com a mesma lâmpada. O barógrafo e o psicrógrafo funcionavam reunidos com um só relógio e um só bico de gás.

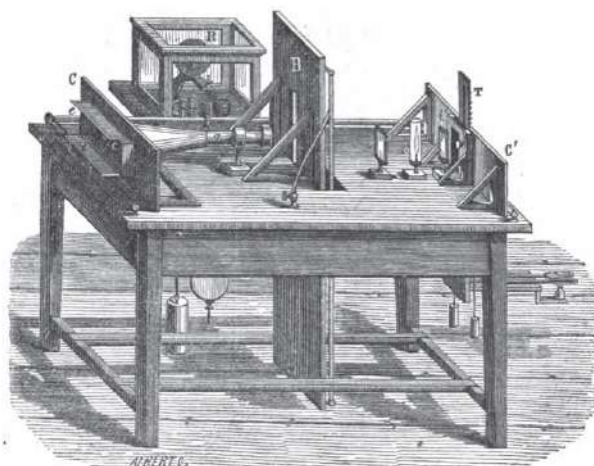


Figura 2 - Baropsicrógrafo de Salleron [11] (Legenda: R - relógio, B - chapa de lousa a que se ligava o barómetro e um sistema compensador de réguas metálicas, T - psicrómetro, b - bico de gás; C e C' - os alvos móveis que transportavam o papel sensibilizado; l e l' as lentes coletoras e a - câmara escura).

Sendo o papel móvel, a folha ia recebendo sucessivamente a impressão da luz, tornando-se a sua leitura fácil e exata. O aparelho estava montado sobre uma mesa muito sólida de carvalho colocada sobre uma casa escura, no quarto pavimento do Observatório.

Este instrumento construído por Salleron sob as instruções do Observatório Infante D. Luís tinha a vantagem de reunir o barógrafo e o psicrógrafo de Ronalds, que foram construídos em 1854 e funcionaram em Oxford, no observatório de Radcliffe. Em Coimbra foi adquirido um baropsicrógrafo em 1867, ao fabricante Patrick Adie. Segundo Jacinto de Souza este instrumento era único pois resultou de discussões científicas entre Adie e ele próprio [3]. O baropsicrógrafo possuía um sistema de iluminação único e os dois sistemas registadores e estavam numa caixa de madeira e zinco.

Os magnetógrafos:

Os estudos sobre o magnetismo terrestre no OIDL começaram antes da década de 1860. Desde 1857, realizavam-se regularmente observações da declinação e inclinação da agulha magnética, utilizando um declinómetro de Jones e um inclinómetro de Barrow. O objetivo era comparar essas observações com as dos observatórios da Inglaterra e Rússia, a fim de analisar variações magnéticas ligadas à atividade solar. Eram visíveis as

variações observadas nos solstícios e durante auroras boreais [12]. Em 1863, um subsídio de D. Luís I permitiu a aquisição de novos equipamentos, incluindo magnetógrafos [13].

Os magnetógrafos de declinação, bifilar e de balança, equipados com registos fotográficos, foram instalados numa sala abobadada no pavimento inferior do observatório, construída para evitar humidade e variações de temperatura. Sem luz solar ou ferro na sua construção, a sala contava com colunas de pedra que sustentavam os magnetógrafos, cilindros registadores e um relógio (figura 3).

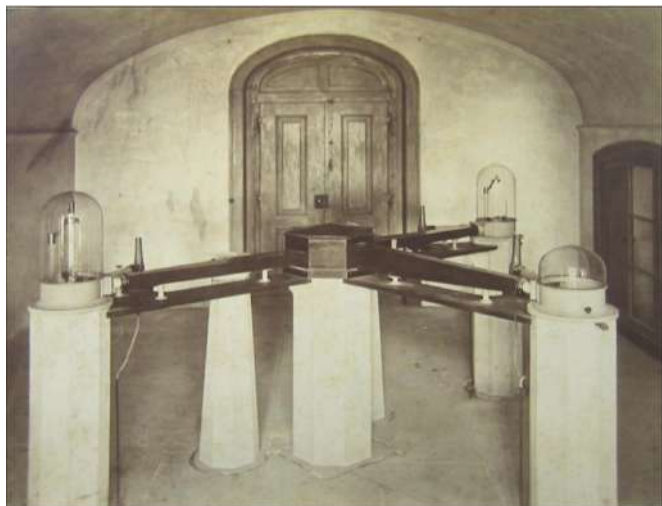


Figura 3 - A sala dos magnetógrafos do OIDL fotografia de Francisco Rocchini (Arquivo do Observatório Astronómico da Ajuda, pasta 723).

Cada magnetógrafo possuía dois espelhos: um fixo à barra magnética e outro no centro de cada pilar. A luz refletida por esses espelhos atingia os cilindros registadores, gerando uma linha curva contínua no papel fotográfico. Um espelho fixo criava uma linha reta de referência. Todos os instrumentos, fabricados por Patrick Adie, foram calibrados com os padrões do Observatório de Kew e começaram a operar em julho de 1863. O sistema de três registradores e o relógio ficavam em uma caixa octogonal de madeira (figura 4), e parte significativa deste conjunto ainda pode ser encontrada no espólio do Museu Nacional de História Natural e da Ciência (MUHNAC).



Figura 4 - Caixa octogonal com sistemas registadores para os três magnetógrafos, MUHNAC-UL000354 (fotografia de M. Peres, cortesia de MUHNAC).

Após as primeiras utilizações dos magnetógrafos, Capello enviou alguns exemplares dos registos obtidos, os magnetogramas, para o diretor do Observatório de Kew, Balfour Stewart. Após a comparação entre as curvas obtidas pelos dois observatórios por registo fotográfico, foi feita uma comunicação preliminar dos resultados obtidos, publicada em 1864, nos "Proceedings of the Royal Society of London", volume 13: "Results of a Comparison of Certain traces produces simultaneously by the Self-recording Magnetographs at Kew and at Lisboa; especially of those which record the Magnetic Disturbance of July 15, 1863" [14] (figura 5).

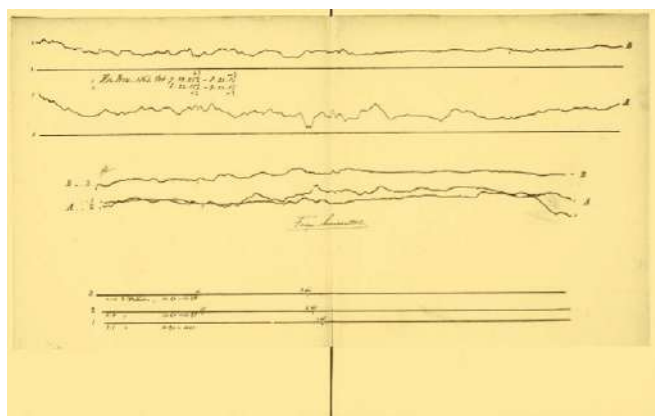


Figura 5 - Fotolitografia (processo fotomecânico utilizando uma matriz de pedra) de dois registos fotográficos correspondentes à variação da força horizontal nos dias 7 e 8 de outubro de 1863, registados nos Observatórios de Kew e de Lisboa [14].

Brito Capello terá tentado relacionar os dados obtidos a partir dos magnetógrafos sobre o campo magnético terrestre, com a atividade solar [15]. Por volta de 1870 iniciou um programa de fotografia solar, tendo conseguido obter fotografias com uma qualidade reconhecida internacionalmente em exposições internacionais. Os estudos efetuados indicam que entre as fotografias do Sol enviadas poderiam constar as quatro que pertencem ao arquivo do Instituto Geográfico Português (IGP) (figura 6) e duas que estão no Observatório Astronómico de Lisboa.

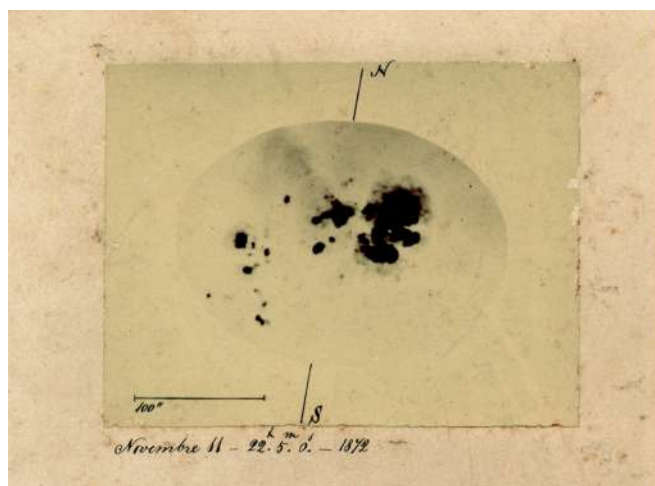


Figura 6 - Fotografia de manchas solares obtidas em 1872 (cortesia do IGP).

Por volta de 1880, a fotografia sofreu consideráveis avanços. Começou a usar-se gelatina em vez do colódio para produzir negativos. Com o uso da gelatina, a sensibilidade das placas fotográficas aumentou, tornando as operações fotográficas mais

rápidas [3]. Este facto permitiu potenciar a fotografia em todos os aspetos. Na Astronomia nasce uma nova era em que se conseguia fotografar objetos não detetáveis com a observação através da luneta. Ao mesmo tempo que se fotografavam estrelas longínquas, tornava-se possível fotografar o muito pequeno, conseguindo-se maiores ampliações.

Infelizmente, e apesar do investimento, o OIDL não teve a capacidade financeira que lhe permitisse acompanhar os novos desenvolvimentos instrumentais na área da fotografia astronómica, o que implicou o fim do projeto do estudo da atividade solar que durou aproximadamente dez anos nesta instituição [13].

A primeira tentativa para registar fotograficamente as variações magnéticas em Coimbra data de 1866. Estes magnetógrafos trabalharam até 1930, altura em que foram substituídos. Os instrumentos do século XIX fazem parte do espólio do Instituto Geofísico da Universidade de Coimbra (IGUC).

O IGUC detém uma importante coleção de magnetogramas que resultam do longo período de estudos sobre geomagnetismo neste Observatório, desde 1867 até hoje.

A leitura dos registos fotográficos era feita com tradutor de Gibson (figura 7) de modo a poderem ser elaboradas tabelas com os dados obtidos, publicadas nos Anais das respetivas instituições.



Figura 7 - Conversor de Gibson para a leitura de fotografias (fotografia de P. Ribeiro; cortesia do IGUC).

O processo fotográfico usado, conhecido por “Processo Le Gray”, que consistia essencialmente em usar papel encerado, tinha a vantagem de melhorar a nitidez e sensibilidade do registo de dados. É digno de nota que o processo Le Gray impedia a distorção da imagem durante os banhos de revelação, lavagem e fixação. Para melhorar a estabilidade das imagens produzidas, no Observatório de Kew era usado um banho de viragem com cloreto de ouro. Não foi possível encontrar vestígios de ouro nos magnetogramas cedidos pelo IGUC e analisados por Espectroscopia de Fluorescência de Raios X [3], admitindo-se por isso que o acabamento químico fotográfico não incluiu a viragem com cloreto de ouro.

Estes magnetogramas são uma importante fonte para o estudo da atividade solar. Na figura 8, é mostrado um exemplo relevante de um destes magnetogramas. Pode-se ver registada uma grande variação da componente D da força magnética, devido à grande tempestade solar que ocorreu entre 24 de outubro e 25

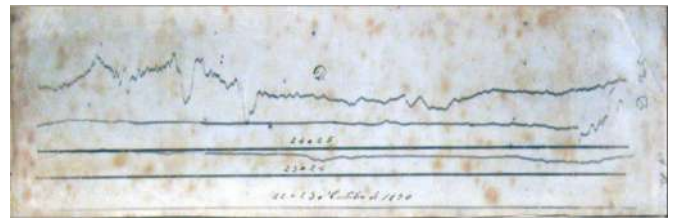


Figura 8 - Magnetograma da componente D, de 22 a 25 de outubro de 1870 do Observatório Meteorológico e Magnético de Coimbra (fotografia de M. Peres; cortesia do IGUC).

de maio de 1870. Este registo fotográfico foi estudado por Vaquero et al. em 2008 [16] que o relacionou com as manchas solares fotografadas por Rutherford em 22 de setembro de 1870.

### Fotografia e Espectroscopia no ensino e na investigação na Escola Politécnica de Lisboa e na Faculdade de Ciências de Lisboa

As cores do espectro foram fotografadas pela primeira vez pelo astrónomo inglês John Herschel (1792-1871). Em 1842, publicou em “On the Action of the Rays of the Solar Spectrum on Vegetable Colours, and on Some New Photographic Processes” [17] imagens fotográficas do espectro solar, com cinco tempos diferentes de exposição.

Apesar das experiências iniciais, a baixa sensibilidade das placas fotográficas e a dificuldade em obter o registo fotográfico das diferentes cores, limitou o uso da fotografia. Apenas em meados da década de 1860 é que as melhorias obtidas na técnica fotográfica permitiram obter espectros com qualidade relevante. Foi o astrónomo amador e fotógrafo Lewis Morris Rutherford (1816-1892) o primeiro a obter uma imagem fotográfica de um espectro capaz de competir com os desenhos existentes e publicados [18].

Porém, as placas de colódio na altura ainda não eram sensíveis nas regiões do amarelo e do vermelho. Só perto do final do século XIX com a divulgação das placas pancromáticas é que se conseguiram obter resultados satisfatórios na reprodução fotográfica de espectros, prática que se estendeu a instituições científicas e de ensino como foi o caso da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa [19].



Figura 9 - Espectrógrafo e acessórios Pulfrich e Löwe, da C. Zeiss, MUH-NAC-UL004446 (fotografia de M. Peres, cortesia de MUH-NAC).

Nesta área são de realçar os trabalhos desenvolvidos por António Pereira Forjaz Pimentel (1893-1972), no laboratório de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa. Em 1916, Pereira Forjaz era assistente de Física, quando obteve o grau de Doutor em Ciências Físico-Químicas (a primeira tese da Universidade de Lisboa), com uma tese intitulada "O Estudo da Análise Espectral dos Minerais de Urânio e Zircónio Portugueses", cuja parte experimental havia sido realizada no Laboratório de Física [20].

No seu trabalho, Forjaz decidiu utilizar o método fotográfico empregando um espectro conhecido, o do ferro ou o espectro solar, como referência. Para fotografar o espectro UV, Forjaz utilizou um espectrógrafo da C. Zeiss, com prisma de quartzo de Cornu e lentes acromáticas (figura 9).

Forjaz instalou os aparelhos em mesas muito pesadas e sólidas, no laboratório de Física, para evitar as oscilações e retificações constantes. As fontes luminosas utilizadas foram: chamas, faíscas, tubos de Geissler e arcos voltaicos. Apresenta-se o esquema da disposição dos aparelhos na figura 10.

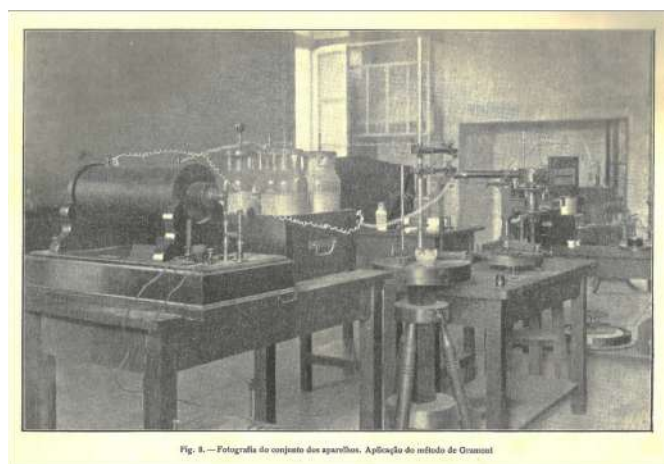


Figura 10 - Fotografia do conjunto de aparelhos usados por Forjaz, segundo o método Gramont [20].

Para a produção de faíscas, Forjaz utilizou bobines de indução. Ligava os elétrodos às armaduras de um condensador, que por seu turno estavam ligadas aos pólos do secundário de uma bobine, obtendo deste modo faíscas mais luminosas, que designou por faíscas condensadas [20].

Para fotografar o espectro, Forjaz usou chapas pancromáticas Wratten e Wainwright sensíveis até ao vermelho, conseguindo deste modo fotografar toda a zona visível.

Forjaz deu grande importância, nesta análise, ao conhecimento das riscas últimas descritas por Gramont, com vista a uma análise quantitativa. A análise espectral era praticamente irrealizável se fosse necessário medir todas as riscas conhecidas na época: 4695 riscas de ferro, 3912 riscas de tungsténio, etc. Assim, era necessário selecionar entre essas riscas as que realmente tinham interesse analítico. Nas análises realizadas, Gramont [21] destacava as riscas espectrais que apareciam para quantidades mínimas do elemento estudado, designando estas por "riscas últimas", ou seja, aquelas que desapareciam por último, quando as quantidades não eram mais do que vestígios.

Neste estudo Pereira Forjaz pode concluir sobre a presença de cada um dos elementos componentes dos minerais de urânio.

Além das conclusões de ordem mineralógica [20] apresentou outras relativas às técnicas usadas, de onde se destacam as que dizem respeito ao uso da fotografia:

- "É cómodo e rigoroso utilizar a espectrofotografia.
- Devem utilizar-se chapas sensibilizadas.
- É cómodo fazer aplicação dum espectro de referência.
- O espectro de referência preferível é obtido com a liga de Eder.
- Deve reproduzir-se esquematicamente a fisionomia do espectro da liga de Eder, antes de a empregarmos."

Em 1921, Pereira Forjaz apresentou à Académie des Sciences de Paris dois estudos que utilizavam a análise espectral: "Étude spectrographique d'une météorite portugaise" e "Étude spectrographique des minéraux portugais de tungstène" [22,23]. No primeiro estudo, inspirado por A. Gramont, Forjaz analisou um fragmento de ferro meteórico da Faculdade de Ciências, identificando-o como uma holosiderite com crosta de magnetita. Ele determinou a sua composição qualitativa. Esses trabalhos influenciaram significativamente o ensino e a pesquisa na Faculdade de Ciências.

Entre as décadas de 1920 e 1930, Forjaz conduziu investigações sobre a análise espectral das águas e sais portugueses, publicando nos Comptes Rendues de l'Académie des Sciences de Paris, incluindo "Spectrochimie des eaux minerales portugaises: L'eau du Gerez" [24].



Figura 11 - Conjunto de espectrógrafo de Cornu (MUHNAC-UL003592), câmara escura (MUHNAC-UL000170) e caixa de espectrogramas (MUHNAC-UL003572) (fotog. de M. Peres, cortesia de MUHNAC).

Para as suas análises, Forjaz encomendou ao fabricante Félix Péllin (descendente da famosa casa Dubosq) a construção de um espectrógrafo de Cornu, supervisionado por Gramont (figura 11) [19,24]. Os sais marinhos foram analisados com este equipamento, e os registos foram feitos em placas fotográficas anti-halo Lumière, usando como espectro padrão a liga de Eder. Esses registos fazem parte do espólio do MUHNAC (figuras 11 e 12).

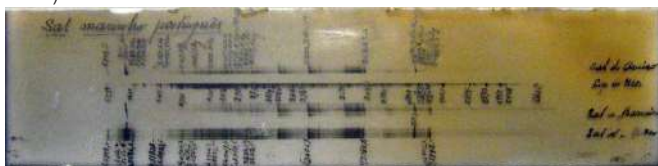


Figura 12 - Espectrograma do sal de Aveiro, obtido por Forjaz c. 1931, MUHNAC-UL003572 (fotografia de M. Peres, cortesia de MUHNAC).

## Considerações finais

As instituições portuguesas estudadas acompanharam de perto o que se fazia na Europa, relativamente ao uso científico da fotografia, integrando essa técnica nas suas práticas desde a sua invenção.

Na década de 1860, houve um significativo investimento na Escola Politécnica de Lisboa para adquirir equipamentos fotográficos, para a Física. Esse aumento parece estar relacionado com a criação do Observatório Meteorológico Infante D. Luís, onde se conduziam investigações com instrumentos fotográficos. O mesmo ocorreu no Observatório Meteorológico e Magnético da Universidade de Coimbra.

Verificou-se que durante o século XIX, os Observatórios Meteorológicos e Magnéticos europeus trocavam informações por correspondência científica, livros e periódicos. A evolução dos equipamentos permitiu que, em pouco tempo, essas instituições recolhessem dados sobre geomagnetismo e meteorologia de forma rigorosa e eficiente. O uso de dispositivos fotográficos, de grande sensibilidade, foi essencial para o crescimento e internacionalização dessas ciências.

A fotografia também desempenhou um papel crucial na espectroscopia a partir do momento em que a sensibilidade das placas fotográficas permitiu registar todo o espectro visível e próximo. O uso dos métodos fotográficos no registo e estudo dos resultados da análise espectroscópica resultou em trabalhos de investigação em Química e em Física de grande qualidade, que foram publicados no campo da espectroscopia.

### Referências

- [1] F. Arago, "Œuvres Complètes", J. A. Barral, Paris (1858)
- [2] L. A. Davanne, "Invention et Applications de la Photographie, conférence du 22 Novembre 1891", in Conservatoire National des Arts et Métiers, "Conférences publiques sur la photographie, organisées en 1891-1892", Gauthier-Villars et Fils, Paris, pp.11-32 (1893)
- [3] I. M. Peres, "Fotografia científica em Portugal, das origens ao séc. XX: investigação e ensino em química e instrumentação". Tese de Doutoramento em Química, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/8692> (2013)
- [4] P. Regnard, "Recherches Expérimentales sur les Conditions Physiques de la Vie dans les Eaux", G. Masson, Éditeur, Paris (1891)
- [5] R. Callender, "Scientific Photography", in J. Hannavy, "Encyclopedia of Nineteenth-Century Photography", Routledge, New York & London, pp.1255-1258 (2008)
- [6] O. Pombo, "Introdução", in O. Pombo & S. Marco (ed.), "As imagens com que a Ciência se faz", Fim de Século - Edições, Lisboa, p.11 (2010)
- [7] G. H. Niewnolowski, "Les Applications de la Photographie", Garnier Frères, Librairie-Éditeurs, Paris (1907)
- [8] I. M. Peres, M. E. Jardim, & F. M. Costa, "The Photographic Self-Recording of Natural Phenomena in the Nineteenth Century", in A. Roca-Rosell (ed.), "The Circulation of Science and Technology: Proceedings of the 4th International Conference of the ESHS", Barcelona, 18-20 November 2010 SCHCT-IEC. Barcelona, pp.462-476 (2012)
- [9] J. Sousa, "Observatório Meteorológico e Magnético", in J. A. Carvalho (ed.), "Memória histórica da Faculdade de Philosophia", Imprensa da Universidade, Coimbra, pp.193-199 (1872)
- [10] A. Machado, "Observatório da Serra do Pilar: Breves notas históricas. Estado actual e desenvolvimento", Publicações do Observatório da Serra do Pilar, Porto (1929)

- [11] A. P. Vidal, "Curso de Meteorologia", Typographia da Academia, Lisboa (1869)
- [12] J. A. Silva, "Notícia dos trabalhos magneticos executados no Observatorio Meteorologico do Infante D. Luiz, na Escola Polytechnica, apresentada á Academia Real das sciencias pelo socio Joaquim Antonio da Silva", Memorias da Academia Real das Sciencias de Lisboa - Classe de Sciencias Mathematicas, Physicas e Naturaes, 2, pp.1-22 (1861)
- [13] V. Bonifácio, "Da Astronomia à Astrofísica. A perspectiva portuguesa (1850-1940)", Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro (2009)
- [14] J. B. Capello & B. Stewart, "Results of a Comparison of Certain traces produces simultaneously by the Self-recording Magnetographs at Kew and at Lisbon; especially of those which record the Magnetic Disturbance of July 15, 1863", Proceedings of the Royal Society of London, 13, pp.111-122 (1864)
- [15] V. Bonifácio, I. Malaquias & J. Fernandes, "Solar Photography in the nineteenth century: the case of the Infante D. Luiz Observatory (1871-1880)", Journal of Astronomical History and Heritage, 10 (2), pp.101-113 (2007)
- [16] J. Vaquero, M. A. Valente, et al, "The 1870 space weather event, Geomagnetic and auroral records", J. Geophys. Res., 113, 16 (2008)
- [17] J. W. Herschel, "On the Action of the Rays of the Solar Spectrum on Vegetable Colours, and on Some New Photographic Processes", Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 132, pp.181-21 (1842)
- [18] K. Hentschel, "Mapping the spectrum: techniques of visual representation in research and teaching" Oxford University Press, Oxford (2002)
- [19] I. M. Peres, "O Ensino da Análise Química Espectral: Um Compromisso entre Químicos, Fabricantes de Instrumentos Científicos e Professores (Um estudo de caso na Escola Politécnica e na Faculdade de Ciências de Lisboa, de 1860 a 1960)", Dissertação de Mestrado em Química para o Ensino. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa (2006)
- [20] A. Forjaz, Estudos de análise espectral realizados sobre os minerais de urânio e de zircónio portugueses. Tese de Doutoramento. Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (1916)
- [21] A. Gramont, "A Sur la Répartition des Raies Ultimes dans les Spectres Stellaires", Memorie della Societa Degli Spettroscopisti Italiani, 39, pp.77-78 (1910)
- [22] A. Forjaz, "Étude spectrographique d'une météorite portugaise", Comptes Rendues de l'Académie des Sciences de Paris, 173, p.1170 (1921)
- [23] A. Forjaz, "Étude spectrographique des minéraux portugais de tungstène" Comptes Rendues de l'Académie des Sciences de Paris, 173, pp.1170-1171 (1921)
- [24] A. Forjaz, "Spectrochimie des eaux minérales portugaises: L'eau du Gerez. Comptes Rendues de l'Académie des Sciences de Paris", 186, pp.1366-1367 (1928)



Marília Peres é professora de Física e de Química do ensino secundário na Escola Secundária José Saramago-Mafra. Doutorada em Química pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. É colaboradora do Centro de Química Estrutural-Ciências da Universidade de Lisboa e da Divisão de Educação da SPF. Atualmente faz investigação em História da Fotografia Científica, Química Fotográfica do século XIX e História da Química e da Física.