

JOHN DESMOND BERNAL

– CIÊNCIA NA HISTÓRIA –

Raquel Gonçalves Maia¹

Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
rmcgonc@gmail.com

John Desmond Bernal – Science in History – *John Desmond Bernal, the “Sage”, was an intellectual giant. He initiated his scientific life by decoding the structure of graphite and of solid and liquid water, in order to understand their peculiar properties. This was followed by the first three-dimensional resolution of a protein, of steroids, of sex hormones, of vitamin D; later, the structure of TMV, the tobacco mosaic virus, which is composed not only of protein, but also of nucleic acid, RNA. We owe to Bernal the design of modern structural biology. He founded and directed the Biomolecular Research Laboratory at Birkbeck College, University of London.*

But Bernal did not belong only to this world. He questioned himself about the social function of science, its role in history, its universality. His “Science in History” was truly the first sociological treatise of science. He lived in obsession. He defended “free love”, supported socialism and strove for peace. In wartime, he developed a crucial job in connection with the Allies. The D-Day success has a huge debt to Bernal.

Desmond Bernal was the most original and erudite scientist of his time and one of the great influences in science of the twentieth century.

John Desmond Bernal, o “Sage”, foi um gigante intelectual. Na sua vida científica começou por decifrar a estrutura da grafite e da água, sólida e líquida, a fim de compreender as suas peculiares propriedades. Seguiu-se a primeira resolução tridimensional de uma proteína, de esteróis, de hormonas sexuais, da vitamina D; mais tarde, a estrutura do TMV, o vírus do mosaico do tabaco, composto não só de proteína, mas também de ácido nucleico, RNA. A Bernal se deve a conceção da moderna biologia estrutural. Fundou e dirigiu o *Biomolecular Research Laboratory* no *Birkbeck College* da Universidade de Londres.

Mas Bernal não era só deste mundo. Interrogou-se sobre a função social da ciência, o seu papel na História, a sua universalidade. O seu “*Science in History*” foi, verdadeiramente, o primeiro tratado sociológico da ciência. Viveu em obsessão. Defendeu o “amor livre”, apoiou o socialismo, pugnou pela Paz. Em tempo de guerra, desenvolveu junto dos Aliados um trabalho crucial. O êxito do Dia D tem uma enorme dívida para com Bernal.

Desmond Bernal foi o cientista mais original e erudito do seu tempo e um dos maiores influenciadores do progresso na Ciência do século XX.

1. MICROCOSMOS

Foi na Irlanda, na rural Brookwatson, que nasceu John Desmond Bernal em 10 de maio de 1901. Foi o mais velho de cinco irmãos, filhos do rebelde Samuel (Sam) George Bernal e da educada norte-americana Elizabeth (Bessie) Miller. “Os limites do Mundo são as colinas... as colinas estão muito longe, roxas ou castanhas ou azuis ou pretas, eivadas de neve, não verdes como os nossos próprios campos. Casa e quintal, jardim, campos e rio, era este o meu mundo”. Bernal tinha 25 anos, quando iniciou a escrita do livro “*Microcosmos*”, que nunca terminou, onde relata factos e sentimentos da sua infância. E mais escreve: “Através dela (Mãe) eu imaginei o mundo exterior de beleza na forma e na língua” [1-4]. Bernal foi desde sempre um pequeno fenómeno, altamente acarinhado pela mãe. Com dois anos, se interpelado em inglês, em inglês respondia, se em francês, em francês retorquia. A sua precocidade evidenciavam-no na escola e a originalidade também. Os números ímpares fascinavam-no e, entre eles, havia os prediletos: o 3 era o máximo, mas também gostava do nove; os pares eram para as meninas...

A química cedo lhe correu no sangue; experimentou produzir hidrogénio gotejando ácido sulfúrico diluído sobre zinco usando uma garrafa na bancada no jardim. Era já noite e ainda nada acontecera. Acendeu um fósforo para ver melhor, bem de perto. Então aconteceu... aconteceu uma magnífica explosão e tudo ficou em chamas. Perfeito! Mais tarde, comprou um microscópio e foi em delírio que examinou diariamente a vida da água suja que a sua irmã Gigi se afadigou a coletar.

Des tem agora 10 anos. Segue como aluno interno, juntamente com o irmão Kevin, para *Hodder Place*, a escola jesuíta de *Stonyhurst College*; depois, para a *Bedford School*, uma escola protestante pública situada na *English Midlands* – uma abertura de horizontes desejada pelo pai. A trigonometria “*c’est assez facile*”, escreverá ele à mãe, e a Física também o será, uma vez que logo no primeiro ano ganha uma bolsa de estudos nesta área.

A Grande Guerra afetou profundamente a Irlanda, tanto mais que em simultâneo decorria um período revolucionário independentista. Em 1918 os pais decidem que os filhos deveriam permanecer na Irlanda. Desmond continuou os seus estudos em Dublin entregue a si próprio. Vivia num quarto de hotel, com a visita diária de um tutor por uma hora, a fim de o encaminhar na preparação em matemática

¹ Professora Catedrática aposentada.

e ciências para uma entrada na Universidade de Cambridge. Só uma profunda motivação pessoal garantiu o êxito de tal empreendimento. Os resultados falam por si: uma bolsa de estudos para o *Emmanuel College* da Universidade de Cambridge, com merecida tradição de bem gerida sapiência.

2. TURNING POINT

Cambridge foi a libertação. É o próprio Bernal que afirma o seu restrito universo feito em pedaços, o “*turning point*”, uma nova luz e uma nova vida. Bernal faz amigos: ativistas políticos, economistas, historiadores, artistas... alguns cientistas. Enriquece o pensamento, os sentimentos e as sensações. Ganha o cognome de “*Sage*”.

Bernal leu muito, estudou muito. Ficou a saber que, após a descoberta dos raios X, Max von Laue (1879-1960; Prêmio Nobel da Física em 1914), sugestionado por uma conversa havida com o então jovem cristalógrafo Paul Peter Ewald (1888-1985), assumira que um arranjo tridimensional das partículas num cristal poderia ser detetado se estes fossem “fotografados” por raios X; tinha razão. Mais investigação levou-o ao conhecimento do trabalho de William Bragg (1862-1942) e de seu filho Lawrence Bragg (1890-1971), ambos galardoados com o Prêmio Nobel da Física em 1915.

Bernal ficou fascinado com a possibilidade de poder resolver matematicamente os diferentes tipos de arranjos dos átomos no espaço – “*crystal work*”, chamou-lhe ele. Uma boa parte deste projeto já tinha sido desenvolvida para os 230 grupos espaciais em cristalografia nos finais do século XIX, mas Bernal usou métodos por ele concebidos; tudo à margem do trabalho oficialmente requerido. Em consequência, Arthur Hutchinson (1866-1937), professor de mineralogia na Universidade de Cambridge e grande entusiasta das potencialidades da cristalografia de raios X, reconheceu em Bernal “*something of a genius*”! Hutchinson decide escrever uma carta de recomendação a William Bragg, acabara este de se instalar na *Royal Institution* e na direção do Laboratório Davy-Faraday.

3. GRAFITE E GELO

Em 1921, os átomos no espaço, a geometria assumida pelas moléculas, tomou conta da mente de Bernal. E, um estudo que começara por ser eminentemente mineralógico, expandiu-se, invadiu física, química, biologia, bioquímica, medicina... tecnologia. Nunca mais o abandonou; tal como a semente de genialidade com que nascera.

No Laboratório Davy-Faraday, William Bragg foi explícito: Bernal iria começar por tentar decifrar a controversa estrutura da grafite. A grafite, as pontas macias dos nossos lápis, átomos de carbono ligados entre si tal como acontece com o diamante e, no entanto, tão diferente! Pelo menos desde 1917 que se amontoavam hipóteses estruturais sobre ela. Um “bom” cristal devia ser “fotografado” com raios X segundo diferentes ângulos de exposição... Bernal tudo montou, usando desde um relógio de alarme de cozinha, a clip de bicicleta e, evidentemente, uma fonte emissora de raios X e um goniómetro. Experimentalmente muito

difícil e envolvendo um sem número de cálculos. Porém, deduziu a célula unitária correta, a estrutura tridimensional simplificada e a sua relação com as propriedades metálicas, térmicas, elétricas e de absorção de luz que apresenta. Não satisfeito, comparou a estrutura da grafite com a do benzeno, obra da investigação da sua colega irlandesa Kathleen Lonsdale (1903-1971).

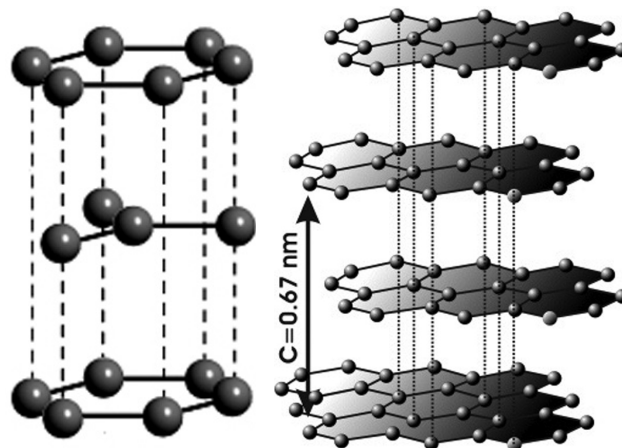


Figura 1 – Estrutura tridimensional da grafite.

Num extenso artigo, publicado em 1926, Bernal refere a grafite e demonstra como é possível construir um esquema estrutural de uma molécula a partir da dissecação das rotações e das manchas presentes nos diagramas de difração – um marco histórico na compreensão estrutural das moléculas por utilização de cristalografia de raios X [5].

Construiu ainda as chamadas “*Bernal charts*”, uma forma expedita de nomear a posição das manchas de difração de raios X através de duas coordenadas, e concebeu um instrumento apropriado para gerar diagramas de difração, com cristal simples ou em pó, com rotação ou sem ela. Descreveu o seu fabrico e modo de utilização [6]. O fotogoniómetro foi comercializado e obteve um êxito estrondoso. Tais realizações confirmaram o “*Sage*” no mundo da ciência.

A partir de 1929, Desmond Bernal vai dedicar grande parte da sua investigação às moléculas da vida, mas sem abandono de interesses anteriores. A estrutura dos líquidos-sólidos e, particularmente da água-gelo, acompanham-no [3,7].

Desmond Bernal está de novo em Cambridge, agora como “*first lecturer*” em cristalografia estrutural instalado no velho edifício do *Cavendish Laboratory*, o seu espaço transfigurado num local de convívio fascinante. Um almoço de queijo e pão fresco, fruta e café destilado num canto da bancada era sempre acompanhado de uma estimulante conversa sobre a origem da vida, a arquitetura medieval, a obra de Leonardo da Vinci, as potencialidades de resolução estrutural da difração de raios X ou a peculiar estrutura do gelo...

Foi numa longa espera no aeroporto em Moscovo, devida a intenso nevoeiro, que Bernal e Ralph Fowler (1889–1944), reputado físico especialista em termodinâmica do estado líquido, sem nada para comer nem lugar para sentar, dialogaram sobre a estrutura da molécula da água e dos cristais de gelo, as forças de atração que existiriam entre as moléculas... e, num *flash*, Bernal “viu” a disposição atômico-

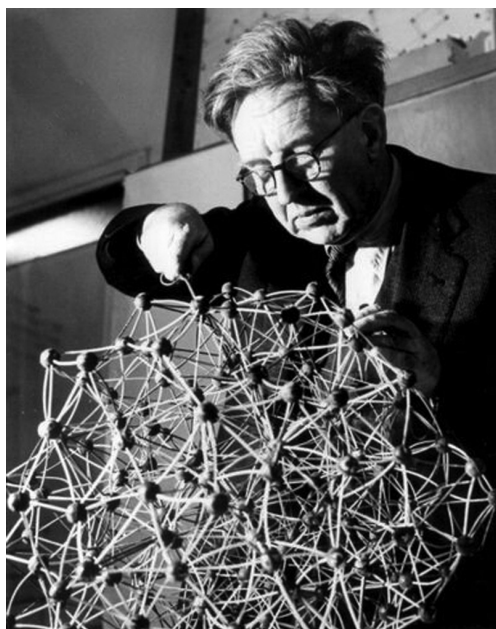


Figura 2 – Desmond Bernal construindo a estrutura “aleatória” de um líquido. Cortesia de Jane Bernal.

-molecular no gelo que justificava as suas propriedades anômalas. Em 1933, o *Journal of Chemical Physics* publicava um “extremamente interessante artigo” (palavras de Lawrence Bragg), que ficou conhecido por “regras Bernal-Fowler” ou “regras do gelo” [8].

Depois da Segunda Guerra Mundial, Bernal ainda continuou a investigar a estrutura de líquidos – e a construir modelos com as suas próprias mãos. Considerava o “acaso” uma variável fundamental na estruturação do estado líquido. Pensava e agia em conformidade: colocava uma vareta (uma ligação) e uma bola (um átomo), só um par, de cada vez que era interrompido no seu gabinete, mais ou menos de 5 em 5 minutos... Facto é que os modelos assim obtidos apresentavam densidade e características termodinâmicas muito semelhantes às observadas por via experimental. “Ordem e desordem”, assim ele veio a descrever a geometria do estado líquido nos anos 60.

4. ESTERÓIS, VITAMINAS E HORMONAS SEXUAIS

Em 1931 Bernal foi abordado, independentemente, pelo bioquímico John Haldane (1892-1964) e pelo zoólogo/anatomista Solly Zuckerman (1904-1993). Tinham sido isolados alguns cristais da hormona sexual feminina estradiol, por um lado, e da vitamina D₂, o ergocalciferol, por outro.

O desconhecimento destas moléculas era quase total. Como seria a sua constituição, átomos de carbono, de hidrogénio, de oxigénio? Como se dispunham no espaço para formarem a molécula? Que relação haveria entre estrutura, função, atividade biológica? Seria o estudo cristalográfico apropriado para responder a estas questões?

Bernal ficou entusiasmado com a dimensão do desafio. Inúmeras horas de trabalho, obtenção de cristais com dimensão adequada, diagramas de difração de raios X, um passo atrás dois à frente...

Bernal e colaboradores deduziram que o ergocalciferol era “parente” do ergosterol, um derivado do esteroide existente nas membranas de fungos e de organismos unicelulares com funções semelhantes às do colesterol nas células animais – um modelo de 4 anéis (3 hexagonais, com um aberto, e um pentagonal) e uma longa cauda. Em relação à hormona concluíram que a molécula de estradiol era constituída por 4 anéis de átomos de carbono condensados, 3 hexagonais e um pentagonal... Sob o seu olhar, desenhava-se uma semelhança estrutural clara entre a vitamina e a hormona – ausência de cauda no estradiol, sim, mas o mesmo conjunto básico de anéis. Mas Bernal não viu! Talvez fosse “impensável” relacionar a estrutura de dois compostos com funções tão distintas.

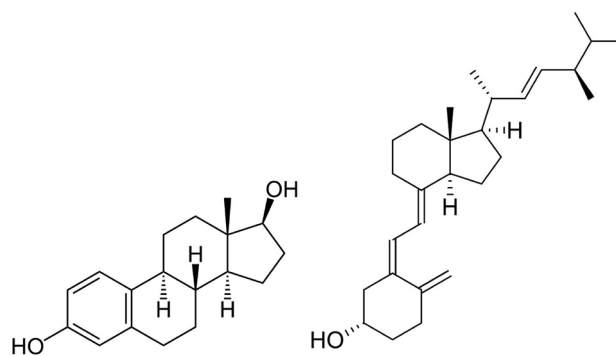


Figura 3 – Estruturas do Estradiol e da Vitamina D₂ (ergocalciferol).

Para Bernal, estruturas de hormonas e de vitaminas eram peças de um *puzzle* que, em crescendo, descortinaria a solução dos problemas químico-biológicos fundamentais: o conteúdo das células, a atividade das células, a reprodução celular...

5. PEPSINA E TMV

Proteínas há muitas, com as mais variadas funções e, ao tempo, todas por compreender. Um excelente exemplo é a pepsina, produzida pelas paredes do estômago, com a sua ação enzimática de digerir as proteínas cortando-as em peptídeos simples ou mesmo em aminoácidos. Cristais da enzima vieram literalmente parar às mãos de Bernal para que os estudasse – “*I know a man in Cambridge who would give his eyes for those crystals...*”; o portador dos cristais era o sueco Glenn Millikan [9] e o seu criador o bioquímico britânico John St Leger Philpot, então a trabalhar em Estocolmo.

Os resultados de difração de raios X foram espetaculares e, com um pouco de sorte, foi mesmo possível a Bernal propor a sua estrutura 3D, esferoide achatada nos polos, embora sem elucidação mais detalhada. Corria o ano de 1934 [10]. Neste trabalho gigantesco Bernal não estava só. A sua mais diletta colaboradora era a jovem Dorothy Crowfoot (1910-1994), depois Hodgkin por casamento, possuidora de uma capacidade de visionamento tridimensional extraordinário. Veio a ser uma das grandes senhoras, senão a maior, da decifração estrutural por cristalografia de raios X das moléculas da vida; foi galardoada com o Prémio Nobel da Química em 1964.

A especulação sobre a estrutura das proteínas, para além da simples sucessão dos seus aminoácidos, ocorreu naturalmente. Foram várias as hipóteses estruturais avançadas, mas neste desafio foi Linus Pauling (1901-1994; Prémio Nobel da Química em 1954 e Prémio Nobel da Paz em 1962) quem levou a melhor. A “hélice alfa” e a “folha beta” são as formas dominantes da estruturação secundária das proteínas [11].

Depois das estruturas dos esteróis e da pepsina terem sido exploradas até ao limite do possível nas condições tecnológicas da época, eis que surge um novo desafio – o TMV, sigla universalmente usada para designar o *Tobacco Mosaic Virus*. Minúsculas agulhas de cristais de TMV foram-lhe entregues pelos bioquímicos de Cambridge Frederick Bawden (1908-1972) e Norman Pirie (1907-1997) – não era ele o melhor cristalógrafo de raios X da Europa, o mais sábio? O TMV é o agente infeccioso responsável por grandes prejuízos nas colheitas da planta. As folhas ganham descolorações características e a planta perde o seu vigor.

Desmond Bernal, e o seu colaborador Isidor Fankuchen (1904-1964) foram infatigáveis no planeamento e conceção do equipamento ideal para o estudo em causa. Sem entrar em pormenores, diremos que os diagramas de difração de raios X permitiram postular a existência de dois constituintes: proteína e um “ácido nucleico do tipo ribose”, por outras palavras, RNA – ácido ribonucleico. A substância ativa do vírus do mosaico do tabaco não era só proteína!

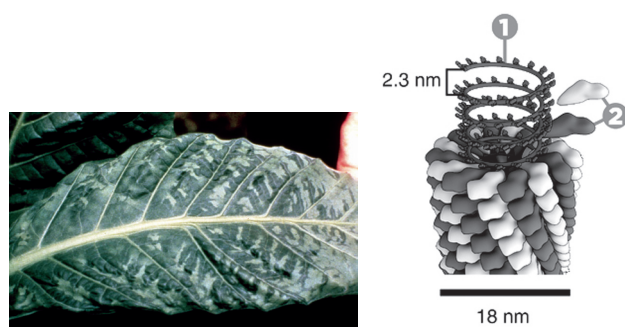


Figura 4 – Folha da planta do tabaco infetada com o TMV; Estrutura do TMV (1- RNA; 2- Proteína protetora).

Bernal e Fankuchen sugeriram um arranjo espiralado constituído por pequenas unidades – um empacotamento caracteristicamente proteico. No interior, formar-se-ia uma espécie de tubo oco central, em cuja borda serpenteava o ácido nucleico. Impressionante como praticamente toda a explicação está correta, atendendo à exiguidade de cálculos que, ao tempo, era possível efetuar.

O TMV, muito estável, surge como um modelo em relação a todos os vírus, mas também como um modelo para a própria vida, abrindo caminho a vários desenvolvimentos na biologia do século XX.

Em 1937 é oferecida a Desmond Bernal a cátedra de física no *Birkbeck College* da Universidade de Londres. Bernal aceitou. A mudança de Cambridge para Londres implicou uma acomodação apropriada da sofisticada aparelhagem. Um escasso ano de adaptação e eis que começa a Segunda Guerra Mundial. Londres foi fortemente atacada e o

Birkbeck College muito sofreu. O equipamento de Bernal e dois dos seus colaboradores foram transferidos para Oxford e integraram durante a guerra o grupo de investigação de Dorothy Hodgkin. Bernal, por seu turno, integrou “o esforço de guerra”.

6. IMPULSO VITAL

Quando, em 1934, C. P. Snow publicou a novela “*The Search*”, ninguém duvidou que a personagem *Constantine* fora construída à imagem de Desmond Bernal. *Constantine* pesquisa em cristalografia de raios X em Cambridge e é “o mais original, a mente mais indomável (“*wildest*”) de Inglaterra”. A energia de Bernal era incontrolável. À sua personalidade cativante e ao seu discurso intenso e variado aliava-se um saber enciclopédico. A teoria psicanalítica de Sigmund Freud e o socialismo marxista de Karl Marx exerceram uma enorme atração sobre Bernal.

O “*Sage*” casou-se com Eileen Sprague, tinha ele 21 anos. Foi um casamento aberto que permitiu diversas aventuras sentimentais. Nos anos 30, para além de um secreto romance com Dorothy Hodgkin, houve outra mulher importante na vida do “*Sage*”: Margaret Gardiner (1904-2005), nome bem conhecido nas Artes e na Política. Deste encontro nasceu o polémico historiador Martin Bernal (1937-2013). Mais tarde, outra mulher terá na sua vida uma posição relevante: Margot Heinemann (1913-1992), inteligente e radical, crítica literária, professora de literatura inglesa. Tiveram uma filha, Jane, em 1953, médica psiquiatra.



Figura 5 – Desmond Bernal e o filho Martin (ca. de 1955). Cortesia de Jane Bernal.

Bernal não foi um espectador da guerra. Em 1939, ele e o seu colega Zuckerman realizaram as primeiras análises sobre os efeitos do bombardeamento inimigo sobre cidades, edifícios, pessoas e animais. Birmingham e Hull foram os exemplos. Estes aspetos estavam em acordo com a ideia da ciência ser posta ao serviço do “esforço de guerra”, em termos de minimização de estragos e riscos de vida. A partir de 1942, ambos serviram como conselheiros científicos de Lord Mountbatten, o Chefe de Operações Combinadas dos Aliados [12].

Na Conferência de Quebec, “*Quadrant*”, realizada em 1943, onde se encontraram os principais líderes ocidentais,



Figura 6 – Desmond Bernal, Margot Heinemann e a filha Jane (≈1955). Cortesia de Jane Bernal.

Bernal foi o único cientista britânico presente. Perante uma demonstração que envolveu uma banheira, uma máquina de produção de ondas e uma mini frota de vinte barquinhos de papel que transformaram, perante olhares políticos, teoria em prática, foi-lhe conferida a tarefa de examinar e coletar informação sobre as possibilidades de desembarque de tropas aliadas em França. Em 1944, a Operação *Overlord*, nome de código de onde resultará a Batalha da Normandia, estava em marcha. A escolha do local de desembarque, do dia e da hora do Dia D – o seu êxito! – muito devem às informações fornecidas por Bernal. E muito mais terá feito, confidencialmente, pelo “esforço de guerra”.

7. BIOMOLECULAR RESEARCH LABORATORY

Desmond Bernal, após o seu desempenho em guerra, entrou em “estado de graça”. A *Royal Society* reconhece o seu contributo para a decifração estrutural de proteínas e outras substâncias e oferta-lhe a *Royal Medal* (1945). Logo em fevereiro de 1945, Bernal apresenta, no *Birkbeck College*, a proposta de formação de um centro de investigação em biomoléculas, multidisciplinar. O seu objetivo primordial seria o estudo estrutural e funcional de proteínas e vírus, em particular os que apresentassem interesse médico ou agrícola. Para o estudo em causa, Bernal pensa em novos microscópios, potentes tubos de raios X e programas computacionais adequados. Em 1 de julho de 1948 foi finalmente inaugurado o *Biomolecular Research Laboratory*, com o apoio da *Nuffield Foundation* e da *Royal Institution*, tendo agora Lawrence Bragg na direção.

Bernal regia a investigação e os investigadores, sem imposições; transmitia otimismo. Foi a personalidade do “*Sage*” que atraiu para o Laboratório figuras como David Bohm (1917-1992), Rosalind Franklin (1920-1958) e Aaron Klug (n. 1926; Prémio Nobel da Química em 1982).

Por mais diversificadas e ambíguas que tenham sido as atividades de Bernal “fora da instituição”, o seu trabalho no âmbito da química, da bioquímica e da emergente biologia

estrutural, como presidente de departamento e diretor de investigação, sempre prestigiou o *Biomolecular Research Laboratory* e o *Birkbeck College* – Bernal era o seu mais ilustre membro, internacionalmente reconhecido.



Figura 7 – Desmond Bernal, Irène Joliot-Curie, Chandrasekhara Raman e Frédéric Joliot-Curie na Índia (1950). Cortesia de Jane Bernal.

8. SCIENCE IN HISTORY

O objetivo da ciência, afirmou Bernal, é ter uma função eminentemente social. A sua própria vivência científica terá sido, porventura, a maior demonstração deste seu pensamento: começava a pesquisa de um problema fascinante, obtinha os primeiros resultados, intuía as suas potencialidades... e sugeria-o a outro investigador para que o explorasse e terminasse. Serão algumas centenas os artigos científicos publicados que não ostentam o seu nome, mas cuja génese esteve em Desmond Bernal.

Dorothy Hodgkin foi muito clara a este respeito quando recebeu o Prémio Nobel da Química; afirmou, sem rodeios, que o prémio deveria ter sido partilhado com Bernal [13]. Max Perutz [14] e Aaron Klug, entre outros, sempre reconheceram a importância de Bernal, em termos de conceções fundamentais, incentivo, acompanhamento e condições de trabalho que lhes proporcionou.

Bernal gostava de escrever e fê-lo com mestria. Em 1939, publica um dos seus livros mais famosos, “*The Social Function of Science*” [15] e, em 1954, o monumental “*Science in History*” em quatro volumes: “*The Emergence of Science*”, “*The Scientific and Industrial Revolution*”, “*The Natural Sciences in Our Time*” e “*The Social Sciences: Conclusion*”.

“*Science in History*” foi a primeira tentativa abrangente para analisar as relações recíprocas entre a ciência e a sociedade ao longo da História, desde a invenção do primeiro machado de sílex até à construção da bomba de hidrogénio. Trata-se de um estudo notável, onde se exemplificam as limitações que a ciência sofreu com os regimes feudais e, inversamente, como a ciência tem vindo a alterar aspetos económicos, sociais e políticos. Particularmente nas ciências sociais, o autor deriva para uma atitude claramente marxista da História. Nos capítulos finais, discute o papel da ciência na sociedade do futuro. Um livro cativante.

9. EPÍLOGO

Em 1963 Bernal sofreu um acidente vascular cerebral (AVC). Teve boa recuperação. Continuou ativo e seguiu-se um período de dedicação ao tema da origem da vida. Escreveu um livro, que detém esse título, cuja primeira edição data de 1967. Depois, foram vários os AVCs que o atingiram. Veio a falecer em setembro de 1971.

Bernal era surpreendentemente rápido na formulação de uma ideia inovadora e na extraordinária capacidade de ver interligações entre áreas aparentemente distantes da ciência, e para além da ciência. “O cientista mais brilhante que alguma vez conheci”, escreveu Linus Pauling sobre o “Sage”.

AGRADECIMENTO

A Jane Bernal, psiquiatra em função no *Cornwall Partnership NHS Foundation Trust*, filha de Desmond Bernal e de Margot Heinemann, pela generosa cedência de algumas fotografias que ilustram este artigo.

REFERÊNCIAS

- [1] No original: “*The limits of the World are the hills... the hills are very far away, purple or brown or blue or black, veined with snow, not green like our own fields. House and yard, garden, fields and river, that was my world*”; “*Through her (Mammy) I realized the outside world of beauty in form and language*”.
- [2] A. Brown, “J. D. Bernal – The Sage of Science”, Oxford University Press, Oxford, 2005.
- [3] R. Gonçalves-Maia, “Bernal”, Série “Dos Átomos e das Moléculas”, n.º 3, LF Editorial, São Paulo, 2016.
- [4] D.M.C. Hodgkin, *Biogr. Mems. Fell. R. Soc.*, **26** (1980) 16–84.
- [5] J.D. Bernal, *Proc. R. Soc. Lond. A*, **113** (1926) 117–160.
- [6] J.D. Bernal, *J. Sci. Instrum.*, **6** (1929) 343–353.
- [7] P. Trent, “The Scientist”, em “J. D. Bernal – A Life in Science and Politics”, ed. B. Swann e F. Aprahamian, Verso, Londres, 1999.
- [8] J.D. Bernal, R.H. Fowler, *J. Chem. Phys.*, **1** (1933) 515–548.
- [9] Glenn Millikan (1906–1947), fisiologista, era filho de Robert Millikan (1868–1953; Prémio Nobel da Física em 1923).
- [10] J.D. Bernal, D. Crowfoot, *Nature* **133** (1934) 794–795.
- [11] R. Gonçalves-Maia, “Pauling”, Série “Dos Átomos e das Moléculas”, n.º 2, LF Editorial, São Paulo, 2016.
- [12] Louis Francis Albert Victor Nicholas Mountbatten (1900–1979), homem de estado e oficial da marinha graduado, tio do Príncipe Filipe, Duque de Edimburgo, foi durante a Segunda Guerra Mundial *Supreme Allied Commander*, título usado pelo comandante-chefe duma aliança militar plurinacional, neste caso, do corpo dos Aliados. Foi o último Vice-Rei da Índia (1947) e teve papel importante na sua independência (1950). Foi morto pelo IRA, movimento republicano da Irlanda.
- [13] R. Gonçalves-Maia, “Hodgkin”, Série “Dos Átomos e das Moléculas”, n.º 4, LF Editorial, São Paulo, em publicação.
- [14] R. Gonçalves-Maia, “Perutz”, Série “Dos Átomos e das Moléculas”, n.º 5, LF Editorial, São Paulo, em publicação.
- [15] J.D. Bernal, “The Social Function of Science”, George Routledge, Londres, 1939.
- [16] J.D. Bernal, “Science in History”, Watts & Co., Londres, 1954; “Ciência na História”, vol. 1–3, Livros Horizonte, Lisboa, 1975–1976.

<http://rsbm.royalsocietypublishing.org/content/roybiogmem/26/16.full.pdf?>

Passado



A Sociedade Portuguesa de Química (SPQ) foi fundada em Dezembro de 1911

Publica desde 1977 um boletim trimestral - **Química**.



Presentemente está envolvida na publicação de treze revistas europeias de grande prestígio no âmbito da sociedade internacional ChemPubSoc Europe.

Presente e Futuro

