

PAUL STRATHERN

CRICK, WATSON E O DNA

.....

em 90 minutos



JORGE ZAHAR EDITOR

DADOS DE COPYRIGHT

Sobre a obra:

A presente obra é disponibilizada pela equipe [Le Livros](#) e seus diversos parceiros, com o objetivo de oferecer conteúdo para uso parcial em pesquisas e estudos acadêmicos, bem como o simples teste da qualidade da obra, com o fim exclusivo de compra futura.

É expressamente proibida e totalmente repudiável a venda, aluguel, ou quaisquer uso comercial do presente conteúdo

Sobre nós:

O [Le Livros](#) e seus parceiros, disponibilizam conteúdo de domínio público e propriedade intelectual de forma totalmente gratuita, por acreditar que o conhecimento e a educação devem ser acessíveis e livres a toda e qualquer pessoa. Você pode encontrar mais obras em nosso site: [LeLivros.Info](#) ou em qualquer um dos sites parceiros apresentados [neste link](#).

Quando o mundo estiver unido na busca do conhecimento, e não mais lutando por dinheiro e poder, então nossa sociedade poderá enfim evoluir a um novo nível.



CRICK, WATSON
E O DNA
em 90 minutos

Paul Strathern

Tradução:

Maria Luiza X. de A. Borges

Revisão técnica:

Geraldo Renato de Paula

Doutorando em microbiologia/UFRJ



CIENTISTAS
em *90 minutos*

.....

por Paul Strathern

Arquimedes e a alavanca em 90 minutos
Bohr e a teoria quântica em 90 minutos
Crick, Watson e o DNA em 90 minutos
Curie e a radioatividade em 90 minutos
Darwin e a evolução em 90 minutos
Einstein e a relatividade em 90 minutos
Galileu e o sistema solar em 90 minutos
Hawking e os buracos negros em 90 minutos
Newton e a gravidade em 90 minutos
Oppenheimer e a bomba atômica em 90 minutos
Pitágoras e seu teorema em 90 minutos
Turing e o computador em 90 minutos

SUMÁRIO

.....

Introdução

O caminho do DNA:
uma história da genética

Crick e Watson

Posfácio

Genética:
alguns fatos, fantasias e fiascos

Datas na história da ciência

Leitura sugerida

INTRODUÇÃO

.....

O mais importante avanço científico da primeira metade do século XX foi a física nuclear. A relatividade e a teoria quântica começaram a desvendar os segredos do átomo, descobrindo a matéria primeira do universo. A física nuclear tornou-se a ponta de lança do conhecimento humano.

A descoberta da estrutura do DNA, feita em meados do século, criou uma ciência inteiramente nova. Tratava-se da biologia molecular, que começou a desvendar os segredos da própria vida. A biologia molecular veio a se tornar a física nuclear da segunda metade do século XX.

As descobertas que estão sendo feitas nesse campo (e outras possíveis, ainda por fazer) estão transformando toda a nossa concepção da vida. Como crianças, descobrimos os tijolos básicos da vida, e estamos também aprendendo como eles podem ser separados. Mais uma vez, a ciência deixou para trás a moralidade. Estamos adquirindo um conhecimento perigoso, sem uma idéia clara de como o deveríamos usar. Até agora, mal começamos a enfrentar os problemas morais suscitados pela física nuclear (que pode nos destruir). A biologia molecular está nos mostrando como transformar a vida em quase nada.

Essas apavorantes possibilidades passaram quase despercebidas àqueles que estavam empenhados em descobrir “o segredo da vida”. Para eles, aquela era uma das grandes aventuras científicas. Essa aventura pode ter sido pura em seus objetivos, mas os que dela tomaram parte não eram imunes à fragilidade humana. Toda a vida humana está aqui: ambição, suprema inteligência, leviandade, confusão entre desejo e realidade, incompetência e pura sorte (tanto boa quanto má) — tudo isso desempenhou um papel. A busca do segredo da vida revelou-se não diferente da própria vida. E a resposta, quando finalmente descoberta, caiu na mesma categoria. A estrutura do DNA é diabolicamente complexa, espantosamente bela, e contém as sementes da tragédia.

A CAMINHO DO DNA: UMA HISTÓRIA DA GENÉTICA

.....

Até pouco mais de um século atrás, a genética se resumia basicamente a uma conversa de comadres. As pessoas viam o que acontecia, mas não tinham idéia de como ou por que aquilo acontecia.

As referências à genética remontam aos tempos bíblicos. Segundo o Gênesis, Jacó tinha um método para assegurar que suas ovelhas e cabras dessem crias manchadas e pintadas: fazia-as acasalar diante de varas com tiras de casca removida, produzindo um efeito malhado semelhante.

De maneira mais realista, os babilônios compreendiam que para uma tamareira dar frutos, era preciso introduzir pólen da palmeira macho nos pistilos da palmeira fêmea.

Os filósofos gregos antigos foram os primeiros a olhar para o mundo de maneira reconhecivelmente científica. Como resultado, produziram teorias sobre quase tudo, e a genética não foi exceção. As observações de Aristóteles o levaram a concluir que macho e fêmea não dão contribuições iguais para sua prole. As contribuições de um e outro eram qualitativamente diferentes: a fêmea dava “matéria”, o macho dava “movimento”.

Segundo uma crença prevalecente nos tempos antigos, se uma fêmea tivesse se acasalado uma vez e tido progênie, as características desse primeiro parceiro iriam aparecer na progênie subsequente dessa mulher com qualquer outro macho. Essa história da carochinha chegou mesmo a ser dignificada pelos gregos com um nome pseudocientífico: telegonia (significando “geração à distância”).

Uma teoria mais interessante foi a pangênese, que sustentava que cada órgão e substância do corpo secretava suas próprias partículas, que depois se combinavam para formar o embrião.

Essas crenças retornam na teoria genética ao longo dos séculos, de uma maneira curiosamente semelhante à recorrência real dos traços genéticos. (A pangênese iria reaparecer ao longo de bem mais de 2.000 anos, e chegou até a ser aceita por Darwin.)

A biologia, e com ela a genética, transpôs o limiar da ciência no século XVII. Isso se deveu quase inteiramente ao microscópio, que foi inventado pelo polidor de lentes e falsificador holandês Zacharias Jansen no início daquele século. Os microscópios levaram à descoberta da célula. (Este termo foi usado pela primeira vez pelo físico britânico Robert Hooke, mas foi de fato mal aplicado aos minúsculos *espaços* deixados por células mortas, que o fizeram lembrar de celas de prisão.)

A descoberta de células sexuais (ou células germinais) provocou grande alvoroço. Logo microscopistas excessivamente entusiasmados se convenceram de que haviam observado “homúnculos” (formas humanas em miniatura) dentro das células, e teve-se a impressão de que o problema da reprodução estava resolvido. Num passo mais importante, o botânico

inglês Nehemiah Grew especulou que plantas e animais eram “inventos da mesma sabedoria”. Sugeriu que as plantas também tinham órgãos sexuais e exibiam comportamento sexual. Quando o biólogo sueco pioneiro Carl Lineu introduziu sua classificação para espécies de plantas e animais, foi aberto o caminho para a pesquisa mais sistemática. O estudo de híbridos deu lugar a novas especulações sobre a natureza do material genético.

Durante séculos havia sido amplamente aceito que a hereditariedade era transmitida pelo “sangue”. (Daí a origem de expressões correntes como “sangue azul”, “consangüinidade”, “sangue misturado” e assim por diante.) Isso não era apenas vago, mas inadequado. Como podiam os mesmos pais produzir prole diferente a partir do mesmo “sangue”? Além disso, o que explicava o aparecimento de características não presentes em nenhum dos pais, mas observadas em ancestrais mortos havia muito e em parentes distantes? Por exemplo, na reprodução de cavalos de corrida puro-sangue, era sabido que manchas reapareciam depois de um intervalo de *dúzias* de gerações. (Este exemplo revela uma das grandes oportunidades que a genética perdeu. Todos os puros-sangues ingleses são descendentes das 43 “Éguas Reais” importadas por Carlos II e de três garanhões importados alguns anos antes. Os livros de procriação retraçam cada linhagem às suas origens, com notas sobre as características de cada progênie. Mais de um século antes do nascimento da genética, qualquer treinador de Newmarket estava de posse de material suficiente para fundar essa ciência.)

Em meados do século XVIII, os cientistas haviam finalmente começado a especular ao longo de linhas que eram óbvias para qualquer criador de cavalos de corrida. A idéia da evolução começou a circular. Um dos primeiros a desenvolvê-la foi o filósofo-poetacientista do século XVIII Erasmus Darwin (avô do famoso Charles). Erasmus Darwin estava convencido de que as espécies eram passíveis de mudança. Qualquer criatura com “concupiscência, fome e um desejo de segurança” iria se adaptar organicamente a seu meio. Mas como?

O naturalista francês Jean Lamarck produziu a primeira teoria coerente da evolução. Lamarck nascera em 1744, filho de um aristocrata falido. Aos 37 anos havia se tornado botânico do rei. Quando veio a Revolução, Luís XVI foi executado junto com quem mais de sangue azul se pudera encontrar. Mas Lamarck forjou rapidamente um disfarce social adequado e ressurgiu como professor de zoologia em Paris. À luz dessa experiência, não é de surpreender que ele acreditasse no efeito do ambiente sobre a evolução.

Segundo Lamarck, “características adquiridas são hereditárias”. Em outras palavras, um homem que aprendeu a se tornar um exímio esgrimista vai transmitir essa qualidade para o filho. Isso soa bastante plausível — especialmente quando consideramos a família Bach. Com freqüência um filho exhibe de fato certas características adquiridas pelo pai. Mas não pela razão de Lamarck. O filho do esgrimista pode ter herdado o atletismo e a prontidão de reflexos do pai, mas não sua *habilidade real*. A falha da teoria das “características adquiridas” é demonstrada por um exemplo mais extremo: mesmo após serem cegados ao nascer durante gerações para trabalhar em minas de carvão, pôneis de mina continuavam não nascendo cegos. No entanto, não muito depois da morte de Lamarck, a idéia da evolução foi se tornando gradualmente mais difundida. (Até hoje, há uma estátua de Lamarck nos Jardins do Luxemburgo em Paris, com a inscrição “o descobridor da evolução”.)

O pai da evolução recebeu pouco reconhecimento em vida, mas o pai da genética não recebeu nenhum. Gregor Mendel nasceu em 1822 na Silésia, que era então parte do Império Áustro-Húngaro. Seus pais eram camponeses e ele foi obrigado a abandonar a universidade porque não tinha dinheiro. Para continuar seus estudos, entrou para o mosteiro, onde aprendeu ciência por conta própria, embora tenha sido reprovado em simples exames para professor. Alega-se que isso aconteceu porque sofria de “amnésia em exames”, embora o fato de ter tido as notas mais baixas em biologia sugira uma resistência mais profunda ao conhecimento sistematizado.

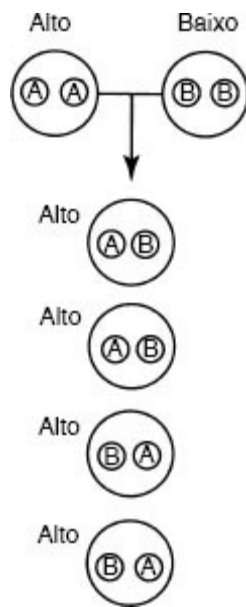
Apesar disso, foi em sistematização que Mendel revelou sua genialidade. Ele acabou indo parar num mosteiro vizinho a Brno, no que hoje é República Tcheca. Encarregado de cuidar do jardim do mosteiro, iniciou uma longa e sistemática série de experimentos, cruzando ervilhas comestíveis (*pisum*). Estudou sete diferentes caracteres das plantas, como a cor da flor, a altura, a forma da semente e assim por diante. Descobriu, por exemplo, que se plantas altas eram cruzadas com plantas baixas, o resultado eram plantas altas. Mas quando esses híbridos de primeira geração eram cruzados entre si, produziam 75% de plantas altas e 25% de baixas.

Mendel concluiu que cada característica era determinada por dois “fatores”, cada um fornecido por uma das plantas genitoras. Por exemplo, a característica estatura era determinada por um fator de “altura” e um fator de “pequenez”. O fator de “altura” e o de “pequenez” permaneciam ambos nas plantas. Eles não se misturavam, conservavam suas identidades distintas — mas um era dominante. Naquele caso, o fator “altura” era dominante. Isso explicava por que, quando as plantas eram cruzadas pela primeira vez, sua prole híbrida era toda alta. Mas quando os híbridos eram cruzados, os fatores “altura” e “pequenez” se separavam e se corrigiam.

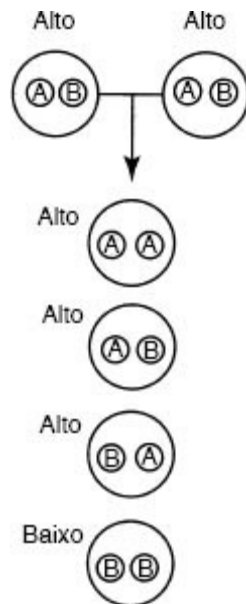
Cada um dos genitores fornece um fator para cada descendente, produzindo quatro combinações possíveis (ver figura na página seguinte).

Isto explicava a distribuição 75% : 25% de plantas altas e plantas baixas após o segundo cruzamento.

Os “fatores” de Mendel eram basicamente o que chamamos de genes. Ao que parecia, os genes eram a chave para a hereditariedade. Após realizar mais de 20 mil experimentos, Mendel chegou a novas conclusões. Em primeiro lugar, as plantas herdavam uma igual quantidade de “fatores” (ou genes) de cada um dos pais. Além disso, pares de genes distintos sempre voltavam a se emparelhar de novo independentemente um do outro. Ele sugeriu também que os genes eram transmitidos pelas células germinais.



PRIMEIRO CRUZAMENTO



SEGUNDO CRUZAMENTO

Mendel havia indicado por que certas características observáveis (como manchas num cavalo) podiam saltar gerações, e também por que filhos dos mesmos pais não exibem as mesmas características (porque o emparelhamento independente dos genes produz uma variedade de combinações).

Em 1866 Mendel concluiu um artigo sobre seu trabalho, intitulado “Experimentos com plantas híbridas” (*Veruche über Pflanzenhybriden*), e o publicou na revista da Sociedade de Ciência Natural de Brno. O artigo resume os experimentos de Mendel e as brilhantes deduções estatísticas que o levaram às suas revolucionárias conclusões. Estas — hoje conhecidas como leis de Mendel — iriam ser o fundamento da genética contemporânea.

Mas isso aconteceria num futuro distante. Como seria de esperar, poucos cientistas preeminentes estudavam as páginas da revista da Sociedade de Ciência Natural de Brno. Naquele momento, ninguém se mostrou interessado nas conclusões revolucionárias de Mendel; diante disso ele enviou seu artigo para von Naegeli, o mais eminente botânico alemão, na

Universidade de Munique. Lamentavelmente, Naegeli se afezava à crença da geração espontânea. Em sua concepção, os elementos biológicos eram criados espontaneamente pela natureza no nível celular, combinando-se depois para produzir espécies puras. A criação de espécies ocorria, portanto, sem qualquer razão aparente, ao sabor do puro capricho da natureza. Segundo essa teoria, híbridos não passavam de anomalias e conseqüentemente as provas experimentais de Mendel eram irrelevantes.

Apesar dos anos de laboriosa pesquisa de Mendel, Naegeli lhe disse que, se quisesse convencer alguém de suas conclusões, precisava efetuar outros experimentos ainda. Sugeriu que, dessa vez, utilizasse a pilosela (*Hieracium*). Infelizmente, a pilosela era um caso excepcional, e os resultados obtidos por Mendel não coincidiram com suas conclusões anteriores. O monge ficou um tanto desiludido e, mais ou menos na mesma época, foi escolhido para abade de seu mosteiro. Não lhe sobrava mais muito tempo para outros experimentos na exaustiva escala anterior, e ele morreu sem reconhecimento em 1884.

O trabalho de Mendel não viria à luz até 1900. Somente então, 34 anos depois da publicação de seu artigo original, ele recebeu a aclamação universal que merecia. Mas um renome tão amplo pode ter um preço. Em 1936 as descobertas de Mendel foram esmiuçadas pelo cientista britânico Sir Ronald Fisher, pioneiro da estatística contemporânea, que descobriu que o monge cometera um pecado científico imperdoável: em algumas ocasiões, havia ajustado seus números para fazer sua estatística se ajustar à sua tese. Felizmente, nessa época a ciência da genética estava muito solidamente encaminhada, não correndo o risco de ser derrubada por esse torpedo pedagógico. (A genética atual não está sozinha nessa situação. Margaret Mead, a mãe da antropologia contemporânea, impôs-se como expressão máxima mundial no seu campo em 1928, com a publicação de *Coming of Age in Samoa*. Só muitos anos mais tarde, quando a antropologia já havia erguido uma sólida estrutura sobre esse fundamento, descobriu-se que muitos dos achados pitorescos e otimistas relatados nesse trabalho eram pura fantasia. Mas a antropologia, como a genética, estava bem estabelecida demais para ser arruinada por meros fatos.)

Mendel havia refutado conclusivamente a teoria da hereditariedade pelo “sangue” — que implicava que as características dos pais se misturam na prole. Mas como seu trabalho permanecia desconhecido, essa teoria continuou a florescer. Até Charles Darwin acreditava que a hereditariedade era transmitida dessa maneira. Ele aceitava também a telegonia, tendo testemunhado um caso em que uma égua, que havia cruzado anteriormente com uma zebra, deu à luz um potro com listras após se acasalar com um garanhão árabe. E, diferentemente de Mead ou de Mendel, Darwin tinha um respeito escrupuloso pelos fatos. Só podemos presumir que ele foi ludibriado pelo esperto dono de uma zebra, ou que um dos cavalos tinha um ancestral listrado.

Felizmente, o trabalho de Darwin no campo análogo da evolução ia se provar mais duradouro. A publicação de seu *A origem das espécies* em 1859 introduziu a idéia da “sobrevivência dos mais aptos”. As espécies evoluíam por seleção natural. Toda a história da vida na Terra parecia ficar explicada.

Apesar disso, os lamarckistas franceses continuavam a acreditar na transmissão de características adquiridas. Segundo eles, a girafa desenvolvera seu pescoço comprido em

conseqüência do esforço de esticar o pescoço para alcançar folhas altas feito continuamente ao longo de gerações. Essa teoria iria ser definitivamente refutada na década de 1890 pelo impiedoso biólogo alemão August Weismann, que certamente ficara profundamente impressionado com as cantigas de ninar que ouvira na infância. Evocando cenas da canção “Os três camundongos cegos”, ele conduziu experimentos em que amputou as caudas de camundongos por várias gerações. Apesar dessa prática sinistra, as caudas dos camundongos nunca desapareceram nem encurtaram. Weismann extraiu uma importante conclusão: a herança hereditária é transmitida por células germinais (células sexuais), e não é influenciada pelo que ocorre com o organismo.

Aquele outro mito persistente, a teoria do sangue, foi finalmente sepultado pelo primo de Darwin, Francis Galton. Numa outra série de experimentos impiedosos mas claramente decisivos, Galton fez transfusão do sangue de coelhos brancos para coelhos pretos. Talvez os coelhos tenham tido a impressão de que estavam ficando verdes, mas de fato a transfusão não produziu efeito algum. Quando os coelhos pretos estavam bem o suficiente para retomar suas atividades normais, descobriu-se que nenhum animal de sua numerosa progênie tinha pêlo branco. Certamente a hereditariedade não era transmitida pelo sangue.

Darwin pode ter explicado o que acontecia com características hereditárias, mas a maneira como estas eram realmente transmitidas de geração para geração continuava sendo um mistério. Weismann e Galton haviam demonstrado conclusivamente que isso ocorria no nível celular. E, o que era ainda mais importante, Mendel havia mostrado que a informação era transmitida por “fatores” (genes) — mas esta informação continuava a dormir num número antigo da revista da Sociedade de Ciência Natural de Brno.

Nesse meio tempo, houvera avanços num campo que, naquela época, parecia ter pouca relevância para a genética. Em 1869 o bioquímico suíço Friedrich Miescher, de 25 anos, estava investigando a composição dos glóbulos brancos do sangue, em Tübingen. Como material, usava bandagens recolhidas no anfiteatro de operações de um hospital local — uma rica fonte de pus, cujo principal ingrediente são glóbulos brancos. Acrescentando uma solução de ácido clorídrico, conseguia obter núcleos puros. Depois desnudava esses núcleos ainda mais, acrescentando álcali, em seguida ácido. Ao cabo desse processo, obtinha um precipitado cinza completamente diferente de qualquer substância orgânica previamente conhecida. Deu a ele o nome de nucleína — já que era parte do núcleo. Era o que hoje conhecemos como DNA.

Dez anos depois, o pioneiro alemão da pesquisa da estrutura da célula, Walther Flemming, começou a usar os recém-descobertos corantes de anilina para corar núcleos de células. Descobriu que aqueles corantes davam cor a uma estrutura em forma de bandas dentro do núcleo. Chamou isso de cromatina (a partir do grego *chroma*, que significa cor). Cerca de dois anos mais tarde descobriu-se que a nucleína e a cromatina reagiam precisamente da mesma maneira: pareciam conter a mesma substância. A cromatina consiste no que hoje chamamos pela palavra derivada cromossomos, que por sua vez contêm nucleína, ou DNA. E o DNA é o que compõe os genes descobertos por Mendel. Todas as peças desconstruídas estavam começando a se encaixar.

No entanto, só podemos ver isso em retrospecto. Na época, esses desenvolvimentos

estavam inteiramente dissociados. As pessoas envolvidas não sabiam para onde seu trabalho estava levando — mesmo que tivessem de fato objetivos imediatos (como descobrir a estrutura da célula ou compreender os padrões da hereditariedade). O quadro mais amplo só iria emergir quando a conexão entre esses desenvolvimentos fosse estabelecida.

Desde a década de 1870, o biólogo alemão Oskar Hertwig havia feito uma importante descoberta enquanto estudava ouriços-do-mar sob o recém-desenvolvido microscópio iluminado. Durante a fertilização, o esperma penetrava o óvulo, e os núcleos do esperma se fundiam com os do óvulo. A importância da cromatina (cromossomos) nesse processo evidenciou-se rapidamente quando o embriologista belga Edouard van Beneden começou a estudar um verme nematóide intestinal encontrado em cavalos, chamado *Ascaris megalocephala*. Esse parasita de cabeça grande tinha poucos e grandes cromossomos, o que facilitava a observação. Beneden descobriu que tanto o óvulo quanto o esperma forneciam o mesmo número de cromossomos no processo de fertilização. Descobriu também que há um número constante de cromossomos por célula, o qual varia segundo a espécie. (*Ascaris megalocephala*, por exemplo, tem apenas quatro cromossomos por célula, ao passo que a célula humana contém 46.)

Mas se os núcleos do esperma e os núcleos do óvulo continham ambos igual quantidade de cromossomo, e ambos forneciam igual quantidade deles, a quantidade de cromossomos devia *duplicar* durante a fertilização. Beneden verificou que isso não acontecia. De fato, o número de cromossomos permanecia constante, mantendo-se o número característico da espécie. Beneden deu a esse processo, pelo qual o número de cromossomos se reduz à metade nas células germinais (formadas pelo óvulo e o esperma), o nome de meiose, da palavra grega para “diminuição”. A meiose foi finalmente explicada por Flemming, o descobridor original da cromatina. Ele verificou que, em vez de se fundir diretamente, os grupos de cromossomos se partiam ao comprido em duas metades iguais. Estas se espalhavam pela célula, e *depois* se fundiam umas com as outras. Aqui, no nível celular, ocorria um processo que apresentava extraordinária semelhança com a divisão de “fatores” descrita por Mendel.

Durante os primeiros anos do século XX, o experimentador americano Thomas Hunt Morgan deu-se conta dessa semelhança; mas ele não estava convencido dos achados de Mendel. Morgan, um bisneto do homem que compusera o hino nacional dos Estados Unidos, empreendeu uma exaustiva série de experimentos em que cruzava moscas-das-frutas (*Drosophila*). Tendo um ciclo de vida de apenas 14 dias, essas moscas permitem um rápido trabalho estatístico. Apesar de encontrar discrepâncias com as descobertas de Mendel (que não tinham nenhuma relação com a ocasional manipulação dos dados por Mendel), Morgan acabou por se convencer de que o monge estivera na pista certa.

Ampliando o trabalho de Mendel sobre “fatores” (genes), Morgan mostrou que a *Drosophila* tinha quatro grupos de genes vinculados. O fato de alguns genes permanecerem freqüentemente unidos de geração para geração sugeria um mecanismo de ligação. Morgan concluiu que eles só poderiam estar ligados em cromossomos. Como havia quatro grupos de genes, inferiu que a *Drosophila* tinha quatro cromossomos.

Um trabalho estatístico adicional mostrou que o arranjo dos caracteres da *Drosophila* não seguia as leis de Mendel. Ele podia ser explicado pela divisão e recombinação dos

cromossomos que Flemming já havia observado. A divisão permitia que alguns genes no mesmo cromossomo se redistribuíssem enquanto outros permaneciam ligados. Isso significava que genes separados um do outro por uma distância maior no cromossomo estavam mais sujeitos a formar novas parcerias. E quanto maior fosse a frequência de rearranjos, mais distantes entre si estariam os genes. Morgan compreendeu que era possível mapear genes.

Em 1911 Morgan produziu o primeiro mapa dos cromossomos, indicando a localização relativa de cinco genes ligados ao sexo. Apenas uma década depois, havia ampliado esse mapa para incluir as posições relativas de mais de dois mil genes nos quatro cromossomos da *Drosophila*. As coisas estavam caminhando depressa.

Começaram a caminhar ainda mais depressa quando um dos alunos de Morgan descobriu um método para aumentar a taxa de mutação da *Drosophila*. Hermann Müller descobriu que, quando eram irradiadas com raios X, as moscas produziam mutações numa taxa 150 vezes maior que a normal. Os raios X produziam também mutações que não ocorriam na natureza. Estranhos híbridos com asas deformadas e órgãos sexuais malformados começaram a aparecer. Isso levou Müller a concluir que os raios X causavam uma reação entre as substâncias químicas nos genes. Essencialmente, uma mutação parecia ser o resultado de uma reação química.

A alegria de Müller com essa descoberta vital foi temperada por uma percepção soturna: a ciência estava avançando de maneira descontrolada. A lenda de Frankenstein, a produzir monstros em seu laboratório, estava se tornando verdade. Raios X podiam ser usados também para produzir seres humanos mutantes.

A genética estava ganhando consciência de seus perigos inerentes. Descobertas nesse campo eram descobertas sobre os segredos da própria vida. Revelavam como a vida passava de geração para geração, e como *mudava*. O que era conhecido podia também ser usado.

Nessa altura a possibilidade de isolar o gene continuava remota. Tudo que os cientistas podiam observar, mesmo através do mais potente microscópio, era a débil sombra do cromossomo. No que dizia respeito aos genes, a ciência ainda estava procurando seu caminho às apalpadelas. Mas a demonstração feita por Müller de como se podia aumentar a mutação significava que as propriedades do gene podiam agora ser amplamente analisadas. Talvez não fosse possível ver o gene, mas era possível descobrir o que havia nele.

O experimentos de Müller com raios X o tornaram famoso e, em 1932, ele assumiu um cargo em Berlim. Um ano depois, uma perigosa mutação humana (não decorrente, até onde sabemos, de irradiação por raios X) assumiu as rédeas políticas na Alemanha. Nem a estrutura dos genes de Hitler, nem as idéias dele sobre genética atraíam Müller, e ele deixou o país. Pena que tenha meramente trocado o fogo pela caldeirinha: mudou-se para a Rússia stalinista.

Por coincidência, Müller encontrou ali a segunda discussão extracientífica que a genética do século XX seria obrigada a enfrentar. O comunismo estava criando o mundo do futuro; a engenharia social era considerada ciência — e vice-versa. Mas as coisas não eram tão fáceis assim.

Em última análise, a direção que a ciência assume será sempre uma questão de escolha humana. (Descobrimos uma maneira de deixar o planeta, em vez de uma maneira de limpar a baderna em que o transformamos.) A ciência pode acompanhar os desejos humanos, mas não

se *conforma* a eles. Na Rússia comunista, esperava-se que ela fizesse isso — pelo menos no que dizia respeito à genética.

Logo depois que Müller lá chegou, destacados geneticistas russos começaram a “desaparecer” porque não subscreviam a teoria prevalecente. Esta fora disseminada por um charlatão astuto e ambicioso chamado Trofim Lysenko, que afirmava acreditar no lamarckismo. A idéia de que a hereditariedade de organismos (incluindo seres humanos) podia ser influenciada pelo ambiente (como a sociedade) exercia óbvia atração sobre pensadores científicos do calibre de Stalin. Características adquiridas (como crenças comunistas) podiam ser herdadas, e um tipo completamente novo de ser humano iria emergir na utopia vindoura.

As idéias de Lysenko iriam transformar a biologia russa em motivo de riso durante 30 anos (1934-64). Durante esse período, esperava-se, na URSS, que cientistas sérios acreditassem que milho criado sob condições adequadas podia produzir semente de centeio, e histórias absurdas desse gênero. (Por dedução lógica, bichanos domésticos forçados a viver na natureza iriam produzir tigres — o que deve ter infundido nos cidadãos soviéticos certo receio de gatos perdidos.) Müller argumentou que esse tipo de despautério era completamente refutado pela irradiação de raios X. Moscas sujeitas a ela também produziam mutações “naturais” — o que provava que estas eram o resultado de mudanças químicas internas, que nada tinham a ver com sociedades de insetos. Müller acabou retornando para os Estados Unidos, onde se tornou ativo na campanha contra o uso abusivo da ciência, bem como contra os abusos cometidos pela própria ciência.

A hereditariedade era transferida por reação química, mas como isso funcionava? Quando analisado, o cromossomo portador dos genes revelava conter algumas diferentes proteínas e ácidos nucléicos. Uma das duas coisas, ou uma combinação delas, era evidentemente a portadora da informação genética. As proteínas eram a escolha óbvia, já que tinham uma estrutura mais diversificada, parecendo por isso capazes de transportar mais informação.

Essa conjectura foi refutada em decorrência de experimentos realizados por dois bacteriologistas que trabalhavam cada um de um lado do Atlântico. Ainda na década de 1920, em Londres, Fred Griffiths havia realizado experimentos com pneumococos, as bactérias que causam pneumonia. Ao microscópio, a superfície de uma colônia de células de pneumococos parecia reluzente e lisa quando elas eram infecciosas; quando não eram, porém, a superfície da colônia parecia rugosa. Se os pneumococos infecciosos lisos fossem aquecidos eles morriam, tornando-se rugosos e não-infecciosos.

Quando Griffiths injetava tanto células rugosas não-infecciosas quanto células lisas mortas pelo calor em camundongos, eles naturalmente continuavam não-infectados. Mas se injetava células ásperas vivas e células lisas mortas pelo calor, os camundongos *eram* infectados. Examinando esses camundongos, verificou que eles continham células lisas infecciosas. Estas haviam sido evidentemente reconstituídas a partir de uma mistura dos dois tipos de célula injetados. Alguma coisa nas células mortas havia causado essa transformação nas vivas. Um constituinte não-vivo das células lisas era evidentemente capaz de se combinar com um elemento das células rugosas. Investigações adicionais mostraram que essa mudança era permanente. Era herdada pela geração seguinte de células. Alguma substância química não-

viva havia se transferido e alterado o gene vivo.

O bacteriologista americano Oswald Avery, que trabalhava no Rockefeller Institute em Nova York, propôs-se a isolar esse “princípio transformador”, como o chamou. Em 1944, havia demonstrado que se tratava de um ácido nucléico. Mais especificamente, era ácido desoxirribonucleico (conhecido como DNA).

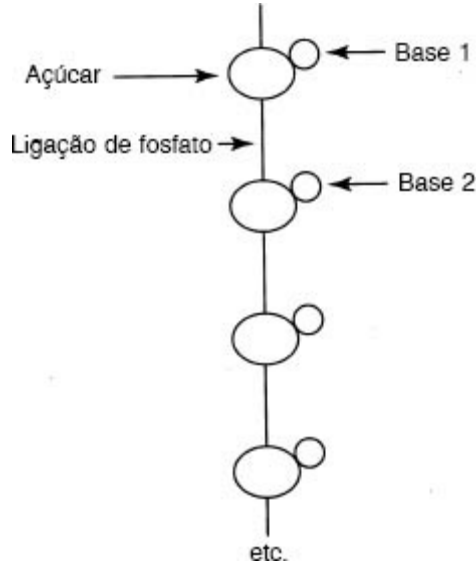
Nessa altura, havia sido feito considerável progresso na análise do DNA, embora sem se compreender sua importância. Muito pelo contrário. Essa visão negativa do DNA devia-se em grande parte ao químico de origem russa P.A.T. Levene, que também trabalhava no Rockefeller Institute. A análise havia mostrado que o DNA continha quatro bases: adenina, guanina, citosina e timina. Estas eram arranjadas em ordem variada ao longo de uma estrutura de ligação:



Pensava-se que a informação genética seria provavelmente transportada por quantidades diferentes de cada base. Mas a análise do mais elevado nível técnico realizada por Levene indicou que o DNA sempre continha quantidades iguais das quatro bases. Ele concluiu que o DNA era uma substância de estrutura enfadonha e de pouca relevância. As proteínas nos cromossomos eram os portadores da informação genética, exatamente como a maioria suspeitava.

Essa concepção deveria ter sido detonada pelos achados de seu colega Avery, que identificou o DNA como o “princípio transformador”. Mas Levene e Avery não se davam. Em matéria de temperamento, eram a tartaruga e a lebre. Levene tinha uma aparência impressionante, um tanto perturbadora: sob o cabelo emaranhado os olhos eram mascarados por óculos de lentes coloridas. Um *workaholic* obstinado, iria publicar o espantoso número de 700 artigos durante sua vida científica — e se considerava o gênio residente do instituto. Avery, por outro lado, filho de um clérigo inglês de inclinações místicas, era tímido por temperamento. Trabalhava com laboriosa exatidão, e era avesso a fazer estardalhaço em torno das suas descobertas. A consequência é que elas eram desprezadas pelo inflamado Levene. Para este, o acanhamento de Avery sugeria que ele continuava inseguro dos resultados que obtinha.

No entanto, análises adicionais levadas a cabo por Levene revelaram que os ácidos nucléicos tinham uma estrutura muito mais complexa do que originalmente se pensara. O DNA tinha uma “coluna vertebral” que consistia de moléculas de açúcar (desoxirribose), ligadas por um elo (de fosfodiéster). A cada molécula de açúcar estava presa uma das quatro bases.



Tratava-se de uma molécula muito grande, evidentemente capaz de transportar informação genética. Era preciso aceitar os achados de Avery, mesmo que a contragosto. A tartaruga também tinha um papel a desempenhar.

Perto dali, na Universidade de Columbia, também em Nova York, o químico Erwin Chargaff imediatamente se lançou num estudo mais aprofundado do DNA. Usando análise quantitativa, descobriu que as diferentes espécies pareciam ter cada uma seu DNA característico. Usando as mais recentes técnicas de purificação, conseguiu isolar as quatro bases nitrogenadas: adenina, timina, guanina e citosina. No início da década de 1950, ele havia descoberto que, ao contrário do que até então se pensava, essas quatro bases não eram de fato precisamente iguais. Representando as bases como A, T, C e G, ele descobriu que:

$$A + G = C + T, \text{ e também que } A = T \text{ e } G = C$$

As “regras de Chargaff”, como passariam a ser conhecidas, iriam obviamente ser essenciais na análise futura do DNA.

Mas a questão fundamental sobre o DNA ainda continuava sem resposta. Como aquele “princípio transformador” efetivamente transformava? Em outras palavras, como a informação genética era transportada, e como era transmitida? Esse era o “segredo” contido no DNA: o segredo da própria vida, e do modo como ela passava de uma geração para a seguinte. Para compreender isso, seria necessário desvendar a estrutura do DNA. Essa foi a situação que Crick e Watson encontraram ao entrar em cena.

CRICK E WATSON

.....

Desde a escola Francis Crick tivera uma atitude própria em relação à aprendizagem. Era um aluno promissor em matemática, mas estava muito mais interessado nas respostas que nos meios de chegar a elas. Essa atitude iria distorcer toda a abordagem de Crick do conhecimento. Com ele, sempre se podia contar com respostas — uma profusão delas, propostas com entusiasmo e convicção, mesmo quando se contradiziam entre si.

Francis Crick nasceu em Northampton em 1916, filho de um fabricante de sapatos local. Ganhou uma bolsa de estudos para Mill Hill, um pequeno colégio particular nos subúrbios de Londres, e depois estudou no University College, também em Londres. Ali aprendeu sobre os grandes avanços científicos que haviam ocorrido na virada do século. Lamentavelmente, estava inteirado de que desde então outros avanços haviam sido feitos, tornando muitos daqueles redundantes. Crick se formou com um diploma de segunda classe em física e um problema de atitude. Nos dias de hoje esses atributos, conjugados, iriam desqualificá-lo para trabalhos de pesquisa posteriores — mas Crick não se deixava desencorajar tão facilmente.

Cheio de confiança na própria capacidade, inscreveu-se para fazer pesquisa e foi rapidamente contemplado com uma tarefa condizente com seu caráter e suas habilidades. O professor “me deu o mais entediante problema imaginável”: construir um recipiente esférico de cobre (para testar a viscosidade da água). Sem se deixar abater, como sempre, Crick lembra: “Na verdade, gostei de fazer o aparelho, por mais aborrecido que fosse do ponto de vista científico, porque era um alívio estar fazendo alguma coisa depois de anos só aprendendo.” Crick tinha uma mente independente, e estava decidido a fazer alguma coisa com ela.

Foi salvo da perspectiva de encher o mundo de bóias pela deflagração da guerra. Recrutado pelo Almirantado, foi encarregado de projetar minas. Em 1940, casou-se.

Depois da guerra Crick se preparou para retornar à sua pesquisa. Em 1946 assistiu a uma conferência do americano Linus Pauling, reconhecido como o mais notável químico do século. Isso o despertou para as possibilidades da pesquisa química. Foi também por volta da mesma época que leu *O que é a vida?*, do físico austríaco Erwin Schrödinger, um dos fundadores da mecânica quântica. Esse livro sugeria como a física, sobretudo a mecânica quântica, podia ser aplicada à genética. Embora muitas das brilhantes sugestões desse texto tenham sido “modificadas” mais tarde, até seus erros iriam se provar inspiradores entre a geração vindoura de cientistas do pós-guerra.

Moléculas orgânicas, química da genética, mecânica quântica — esse embriagante coquetel de possibilidades de pesquisa logo tomou o lugar das velhas bóias. Em 1947 Crick se divorciou e se inscreveu como pesquisador em Cambridge. Ali começou a se inteirar do aspecto biológico da física biológica. Dois anos depois foi contratado pelo Cambridge Medical Research Council Unit para trabalhar no mundialmente famoso Laboratório Cavendish de física. Assim, na idade um tanto madura de 33 anos, Crick deu início a seu

primeiro trabalho real de pesquisa.

Sem se deixar desencorajar pelo fato de ter uma bagagem de apenas dois anos em biologia, Crick logo ficou famoso em todo o laboratório por sua capacidade de produzir uma torrente de teorias inovadoras — em geral relacionadas com as pesquisas de outras pessoas. Ele havia encontrado sua vocação, e nada o poderia deter. Logo ficou evidente que uma mente excepcional estava se desenvolvendo — para não falar de sua voz excepcionalmente alta e de seu riso tonitruante. Alguns achavam sua companhia agradável, em pequenas doses; para outros, sua mera presença dava dor de cabeça. Entre estes últimos estava o diretor do Cavendish, o idoso Sir Lawrence Bragg, que havia sido o mais jovem ganhador do Prêmio Nobel, aos 25 anos. Aproximadamente dois anos mais tarde um jovem americano chamado James Watson chegou ao Cavendish.

James Dewey Watson nascera em Chicago em 1928. Menino prodígio, havia sido “descoberto” por um produtor local de televisão, que o levou para o *Chicago Quiz Kid Show*. Aos 15 anos estava matriculado na Universidade de Chicago para estudar zoologia. Não tinha grande entusiasmo por essa matéria (seu interesse real era ornitologia) e, segundo um de seus professores, permanecia “completamente indiferente a tudo que acontecia em classe; nunca tomava nota de nada, e no entanto no final do curso tirou o primeiro lugar”.

Com 19 anos Watson se formou e foi para a Universidade de Indiana, em Bloomington. Ali foi afetado por dois eventos decisivos. Também leu *O que é a vida?* de Schrödinger e sofreu um profundo impacto. O gênio havia descoberto o gene, e Watson soube imediatamente que aquele era o seu assunto. Estava muito pouco qualificado, porém, para desenvolver pesquisa nessa área. Como ele admite: “Na Universidade de Chicago eu estava interessado principalmente em aves e consegui escapar dos cursos de química ou física que pareciam apresentar pelo menos uma dificuldade média.” Com a alegre despreocupação da juventude (que afeta igualmente gênios e idiotas), alimentou “a esperança de que fosse possível resolver o problema do gene sem que eu tivesse de aprender nada de química”.

O segundo acontecimento decisivo na vida de Watson nessa época foi estudar com o microbiologista Salvador Luria, que havia fugido da Itália de Mussolini para os Estados Unidos. Luria era um dos fundadores do Grupo Fago, composto por geneticistas de primeira linha que estavam investigando a auto-replicação no nível viral. Os vírus eram considerados uma espécie de gene nu, e os vírus mais simples são os bacteriófagos — também conhecidos simplesmente como fagos. Luria estava fazendo importantes avanços nesse campo, usando irradiação de raios X.

Schrödinger havia mostrado a direção a Watson, Luria lhe mostrou como rumar para ela. Watson lançou-se numa tese de doutorado sobre fagos, tendo Luria como orientador. De início Luria não se aborreceu com a ignorância de Watson em química. Na verdade, segundo Watson, “ele detestava expressamente a maioria dos químicos, especialmente a variedade competitiva que florescia na selva da cidade de Nova York”. Assim Watson começou a escrever uma tese sobre fagos. No entanto, a essa altura Luria estava começando a suspeitar que a real natureza dos fagos (e portanto também dos genes) só iria ser elucidada quando a estrutura química deles fosse compreendida. Assim, sugeriu a Watson que pelo menos tentasse aprender um pouco de química.

Watson seguiu o conselho de seu mentor com entusiasmo e se pôs a estudar química por sua própria conta. Os resultados foram espetaculares, embora não exatamente como seus resultados acadêmicos costumavam ser. Depois de uma tentativa de aquecer um pouco de benzina volátil diretamente sobre uma chama, nunca mais foi bem-vindo aos laboratórios. Dali em diante, seu conhecimento de química permaneceu em grande parte teórico.

Em 1950 Watson ganhou uma bolsa da Fundação Merck para estudar o metabolismo bacteriano em Copenhague, sob a supervisão do bioquímico Herman Kalckar. Uma escolha curiosa, considerando-se a aversão do seu orientador. Mas Watson evidentemente pensava de outra maneira: “Uma viagem para o exterior pareceu de início a solução perfeita para a completa ausência de fatos químicos na minha cabeça.” Só quando descobriu que o inglês de Kalckar era completamente incompreensível foi que ele começou a ter dúvidas sobre seu empreendimento. Estas se aprofundaram quando, certo dia, Kalckar anunciou que sua mulher o deixara e que não estava mais interessado em pensar sobre sistemas metabólicos de bactérias.

Kalckar resolveu se recuperar dos embates que sofrera passando uns dois meses na Estação Zoológica de Nápoles. Perguntou a Watson se gostaria de ir com ele. Dessa vez parece que Watson não teve nenhuma dificuldade em entender o inglês do chefe. Escreveu imediatamente para a Fundação Merck pedindo 200 dólares para despesas de viagem.

Num gélido dia de primavera em Copenhague, o bioquímico emocionalmente perturbado e seu assistente não-químico partiram para o ensolarado Mediterrâneo. Essa temporada à beira-mar à custa da Fundação Merck iria se provar a mais frutífera inspiração da vida científica de Watson.

Durante a estada de Watson em Nápoles, a cidade hospedou um congresso científico internacional com um pequeno número de convidados que não compreendia italiano e um grande número de italianos, nenhum dos quais entendia inglês, a única língua comum aos visitantes, se falado rapidamente. Ali Watson conheceu o neozelandês Maurice Wilkins, de 33 anos, que estava baseado no King's College, em Londres.

Wilkins tinha sido um físico ambicioso e durante a guerra havia trabalhado na Califórnia no Projeto Manhattan, que criou a primeira bomba atômica. O resultado o havia deixado desiludido com a física, e depois da guerra ele se interessou por biologia molecular. Ao retornar para a Grã-Bretanha, ingressara na unidade de biofísica do Medical Research Council do King's College. Ali havia começado a obter imagens do DNA com difração de raios X. Tinha até levado uma delas consigo para Nápoles, e mostrou-a a Watson.

A foto de Wilkins mostrava um padrão geométrico um tanto borrado, e Watson precisou que seu significado lhe fosse mostrado. Num abrir e fechar de olhos, decidiu que era aquilo que vinha procurando. O caminho para descobrir a estrutura química do DNA era aquele.

Apesar de saber ainda menos sobre difração de raios X do que sobre química, Watson escreveu para a Fundação Merck pedindo sua transferência para o Laboratório Cavendish, em Cambridge. Ali o Medical Research Council tinha uma outra unidade de difração de raios X, que lhe fora recomendada por Wilkins.

Copenhague, Nápoles, Cambridge — tudo isso no espaço de um ano. O menino prodígio de 22 anos certamente não esquentava lugar. Mas andava perambulando em torno *de quê?* A Fundação Merck cortou-lhe a bolsa em um terço, reduzindo-a para dois mil dólares,

informando-lhe que ela terminaria seis meses mais cedo, em maio de 1952 (pouco antes do início de nova temporada de turismo de verão na Europa).

Dessa vez a fundação havia resolvido que Watson devia sossegar. Eles não tinham por que temer. Com a visão megalomaniaca da juventude, o rapaz agora vira precisamente o que queria fazer. Iria desvendar o segredo da vida, nada menos. Iria descobrir a estrutura do DNA e ficar famoso no mundo inteiro. Isso era pura e simples ambição. Alguns dias depois de completar 23 anos, o quieto e aparentemente tímido Watson entrou no Laboratório Cavendish, em Cambridge.

Não custou muito a ficar conhecendo o dono da famosa gargalhada. Seu entendimento com Crick, então com 35 anos, foi instantâneo. Não demorou e Watson estava descrevendo Crick como “sem dúvida a pessoa mais brilhante com quem jamais trabalhei e o que está mais próximo de Pauling [o grande químico] que já vi ... Nunca pára de falar ou de pensar”. Crick parecia igualmente impressionado por Watson: “Foi a primeira pessoa que conheci que pensava sobre biologia do mesmo modo que eu ... [tinha] exatamente as mesmas idéias que eu, mas não consigo me lembrar exatamente quais eram.” Isso não é de surpreender. Na época, Crick vinha estudando biologia havia apenas dois anos, ao passo que o jovem Watson já tinha um doutorado na matéria.

O desengonçado e ingênuo jovem americano e o insolente e altissonante inglês talvez parecessem diferentes sob muitos aspectos, mas possuíam inegavelmente uma coisa em comum: uma autoconfiança sem limites. A unidade de difração de raios X no Cavendish estava estudando a estrutura da proteína; mas Crick e Watson rapidamente resolveram que essa não era a questão central. O que *eles* estavam interessados em descobrir era a estrutura do DNA.

Juntos, Crick e Watson reuniam uma considerável amplitude de ignorância para aquela tarefa. Crick tinha só dois anos de biologia; Watson não sabia nada de química e não tinha nenhuma experiência com difração de raios X. Era pouco provável que fossem estorvados em suas discussões por algum excesso de bagagem intelectual.

Essas discussões logo começaram a ocorrer com regularidade. Começavam de manhã, enquanto tomavam um café, na sala que partilhavam. Continuavam enquanto almoçavam no Eagle, um *pub* popular entre alunos de graduação, onde Crick introduziu Watson às alegrias da quente e sensaborona cerveja inglesa. E muitas vezes chegavam a continuar durante o jantar no minúsculo apartamento em que Crick vivia com sua nova mulher meio-francesa, Odile. Essas conversas não ficavam restritas a Crick e Watson: freqüentemente envolviam qualquer de seus colegas do Cavendish que estivesse disposto a escutar.

O Cavendish em Cambridge, juntamente com o King's College em Londres, era o centro mais avançado em difração de raios X. O Cavendish já tinha transformado a cara da ciência uma vez. Várias décadas antes, Rutherford e seus colegas haviam fundado a física nuclear, desenvolvendo essa ciência com uma miraculosa explosão de criatividade no Cavendish durante a década de 1930. Agora era a vez da biologia molecular. E isso iria se dever em grande parte à cristalografia por raios X.

O diretor do Cavendish, Sir Lawrence Bragg, havia desempenhado um papel proeminente na criação da cristalografia por raios X, ao lado de seu pai, Sir William Bragg. Essa era a técnica que havia permitido à visão humana estender-se além do alcance da luz. Por mais

potente que um microscópio seja, ele só pode ver objetos maiores que o comprimento de onda da luz. Os raios X são uma forma de radiação eletromagnética que tem um comprimento de onda de 5.000 a 10.000 vezes mais curto que o da luz (que é ele próprio de 1/10.000 ou 10^{-4} centímetros). Isso torna o comprimento de onda dos raios X semelhante em tamanho à distância entre os átomos num cristal.

Quando um fino feixe de raios X é passado através de um cristal, ele é difratado pelos átomos do cristal e emerge na forma de um padrão complexo. Se esse padrão é registrado numa chapa fotográfica, é possível tentar deduzir dele a estrutura do cristal. Esse processo pode parecer relativamente simples, mas envolve de fato um grande número de técnicas terrivelmente laboriosas e sofisticadas. Entre elas estão tarefas como posicionar, refinar e isolar os cristais individuais, bem como tentar a dedução de estruturas moleculares extremamente complexas a partir de padrões confusos.

A unidade de cristalografia por raios X no Cavendish era comandada por Max Perutz, biólogo nascido em Viena que havia abandonado a Áustria em 1936. Durante vários anos, as formidáveis habilidades experimentais de Perutz, secundadas pelos talentos teóricos igualmente formidáveis de Bragg, haviam sido devotadas a determinar da estrutura da hemoglobina (a proteína dos glóbulos vermelhos do sangue). Em 1951 eles estavam finalmente conseguindo alcançar algum sucesso.

Mas Perutz e sua equipe não eram os únicos interessados nesse tópico. O mestre Linus Pauling, de 50 anos, também estava tentando descobrir a estrutura de biomoléculas complexas. Trabalhando a partir de sua base no Caltech (o California Institute of Technology), ele já havia deduzido uma estrutura modelar para proteínas envolvendo uma hélice — uma espiral de moléculas muito semelhante a um saca-rolha. Ele sugeriu que aquela poderia ser a forma de muitas moléculas biológicas complexas, entre as quais o DNA. E em 1951, trabalhando com chapas de difração por raios X de antes da guerra, Pauling chegou a sugerir numa publicação uma estrutura do DNA que envolvia três hélices enroscadas.

No Cavendish, Crick e Watson estudaram a sugestão de Pauling, mas não se convenceram. Pauling simplesmente não havia introduzido detalhes suficientes. Na verdade sua idéia não passava de um brilhante palpito.

Nesse meio tempo, as coisas estavam avançando também na unidade de cristalografia por raios X do King's College, em Londres. Era aqui, e não pelos nossos dois espíritos livres no Cavendish, que o trabalho efetivo sobre o DNA deveria estar sendo feito. (Havia um acordo de cavalheiros entre o King's e o Cavendish: Perutz ficava com as proteínas e Wilkins com o DNA. Mas a essa altura Crick e Watson estavam interessados demais no DNA para se preocupar com cavalheirismo.)

Nesse estágio, Wilkins ganhara a colaboração de Rosalind Franklin, de 29 anos, que acabara de completar um trabalho de quatro anos com difração de raios X em Paris e era uma das maiores especialistas nesse novo campo. A chegada de Franklin tinha sido um golpe de sorte para Wilkins. Ela era ao mesmo tempo extremamente inteligente e atraente, ainda que preferisse dispensar maquiagem e se vestir displicentemente. Mas aquilo era a Grã-Bretanha da década de 1950, que tinha muito de uma Idade da Pedra no tocante às relações entre os sexos. Muitos simplesmente, Wilkins não tinha a menor idéia de como lidar com uma mulher

em seu laboratório. E “Rosy” Franklin não era uma mulher comum. Filha insubordinada de uma família culta de banqueiros judeus, tinha suas próprias idéias sobre como as coisas deviam ser administradas. Desde o primeiro instante houve “química” entre o solteiro Wilkins e a não-casada Franklin. Lamentavelmente, foi química negativa. E para piorar as coisas, Franklin chegou convencida de que estava assumindo o controle do trabalho de difração de raios X com o DNA. Wilkins, por outro lado, pensava que ela estava sendo admitida como sua assistente. Wilkins e Franklin começaram a trabalhar numa parceria difícil.

Como se tudo isso não fosse o bastante, o DNA estava se provando uma aplicação particularmente espinhosa para a difração de raios X. Tratava-se de uma macromolécula, que tinha de ser estudada intacta, já que de outra forma muitas de suas qualidades mais importantes se perdiam. Wilkins tinha recebido uma amostra particularmente pura de DNA de Berna. Essa amostra parecia melado. Como Wilkins explicou, quando um bastão de vidro era erguida de sua superfície “uma fibra quase invisível de DNA era puxada como o filamento de uma teia de aranha”. Nessa fibra individual estavam alinhadas moléculas e, embora o DNA não fosse estritamente cristalino, isso parecia não ter importância. Quando boa parte da água era retirada do DNA, sua estrutura exibia qualidades quase-cristalinas ordenadas, repetitivas, que se provavam tratáveis por cristalografia por raios X. Essa forma com redução de água era conhecida como “forma A”, e foi o tipo inicialmente usado no King’s.

Em novembro de 1951, Franklin já havia feito significativo progresso. Havia desenvolvido um novo método para reintroduzir água no DNA de forma A. Depois da reidratação, a estrutura do DNA era transformada. As diferenças se revelavam em padrões de difração de raios X. Franklin havia conseguido obter algumas das melhores imagens captadas até então. Mesmo assim, elas continuavam borradas, semelhantes a um filme de uma hélice de quatro pás girando.



Depois de medir os ângulos e os padrões que podiam ser deduzidos das chapas fotográficas, Franklin iniciou uma análise matemática dos resultados. Logo chegou a algumas conclusões importantes sobre a estrutura global do DNA.

Franklin resolveu divulgar suas conclusões num seminário no King’s. Wilkins convidou Watson, sabendo desde o encontro dos dois em Nápoles que ele estava interessado no DNA. (Embora, ao que tudo indica, Wilkins não tivesse a mais pálida idéia do *quanto* Watson

estava interessado no DNA — não desconfiava que Watson e Crick estavam planejando lhe passar a perna.)

Para poder compreender sobre o que Franklin iria falar, Watson tratou rapidamente de aprender alguma coisa sobre cristalografia (que era o que supostamente deveria estar fazendo no Cavendish, para início de conversa). Partiu então para Londres para assistir ao seminário.

Ali ficou sabendo que os resultados obtidos por Franklin pareciam confirmar que o DNA era helicoidal. Na concepção dela, ele consistia em algo entre duas e quadro cadeias helicoidais entrelaçadas. Cada hélice tinha uma coluna vertebral de fosfato-açúcar, com bases ligadas a ela (adenina, guanina, timina, citosina), aproximando-se muito do que Levene havia sugerido (ver p. 33). Mas, o que era importante, parecia que as bases estavam presas ao interior da hélice, possivelmente formando ligações entre as cadeias helicoidais.

Depois do seminário, Wilkins e Watson foram comer juntos num restaurante chinês no Soho. Ali Wilkins chorou suas mágoas sobre a vida difícil que tinha com Franklin no laboratório. Aquilo era muito parecido com um casamento inglês padrão da década de 1950. Wilkins aparentemente se fechava numa concha de polidez distante, enquanto Franklin adotava uma atitude fria e inflexível. Não havia praticamente nenhum intercâmbio entre os dois. Para Watson, aquilo não parecia ser a equipe que ia produzir o bebê.

Watson voltou para Cambridge no trem noturno num estado de ânimo muito inspirado. Franklin não parecia interessada em tentar fazer um modelo do DNA. Tudo que parecia decidida a fazer eram penosas mensurações das chapas de difração, para tentar estabelecer uma correspondência entre elas e comprimentos de ligação conhecidos entre moléculas. O método dela se baseava em fatos.

Esse estava longe de ser o modo de trabalhar de Watson. Seguindo as pegadas de seu grande compatriota Pauling, Watson acreditava em construir modelos. Sem dúvida, esse podia ser um processo um tanto aleatório. Depois que se montava o quebra-cabeça, as imagens da difração muitas vezes não encaixavam. Isso significava dar uma mexidinha nas ligações químicas até que elas se encaixassem. Nesse caso a bíblia de Watson era *A natureza da ligação química*, de Pauling, o maior compêndio de química já escrito. Ele continha um projeto para estrutura de moléculas biológicas complexas no nível das ligações.

Crick era outro que não acreditava em perder tempo com pesquisa desnecessária. Afinal de contas, seu forte era a especulação teórica. (Como todo o mundo sabia muito bem no Cavendish: Crick estava sempre metendo o bedelho nos experimentos dos outros, e saindo-se com teorias instantâneas. O mais irritante era que suas teorias geralmente eram brilhantes — e às vezes até corretas.)

Infelizmente, o trabalho de montagem de modelos de Crick e Watson logo esbarrou em algumas dificuldades locais. Para começar, ele dependia imensamente do duvidoso domínio de Watson sobre a cristalografia por raios X. Em particular, do que ele entendera do que Franklin falara em seu seminário. Sem mais complicações, Watson e Crick se jogaram na montagem de um modelo com três hélices interligadas. (Afinal, as chances aqui eram de três para um.) Mas quando se tratou de decidir se as bases deviam ser presas ao interior ou ao exterior das cadeias helicoidais, apostaram claramente no cavalo errado. Puseram as bases do lado de fora — presumivelmente porque Watson havia esquecido, ou entendido mal, o que

Franklin dissera.

O problema era que Franklin estava lidando com fatos — e seria insensato ignorá-los, quando se queria descobrir a resposta certa. Watson evidentemente não via as coisas dessa mesma maneira. Mas Crick via. Tinha plena consciência da devoção de Franklin aos fatos — mas tinha sua própria maneira oblíqua de encarar essa questão. Suspeitava que Franklin não sabia o que estava fazendo. Em sua opinião, todos os dados necessários para a determinação da estrutura do DNA já estavam muito possivelmente disponíveis — residiam entre as fotografias de difração de Franklin.

Crick e Watson eram o Gordo e o Magro. Apesar da diferença de idade de 12 anos, formavam uma parceria entre iguais. Ambos eram brilhantes no seu campo de escolha (sobre o qual o outro não sabia praticamente nada). Assim nenhum dos dois se sentia em dívida para com o outro. Sugestões ignorantes, mas originais, podiam ser feitas, livres até dos enganos adquiridos a partir de um conhecimento incompleto. E essas sugestões podiam ser descartadas pelo outro, sem ninguém ficar melindrado. Na verdade, havia momentos em que essas sugestões equivocadas podiam inspirar uma linha de pensamento especializado até então não considerada. O resultado era que, quando Crick e Watson eram bons, eles eram *muito* bons — e quando eram ruins, eram cômicos.

Mas eles tinham consciência disso (em grande parte, suspeita-se, porque essa era uma situação permanente para Crick.) Isso era uma sorte, porque o modelo que eles produziram originalmente tinha pouquíssimo a ver com a realidade.

Sem saber disso, Crick e Watson convidaram orgulhosamente Wilkins e Franklin para passar um dia em Cambridge. Queriam que a equipe do King's examinasse o brilhante novo modelo do DNA que tinham feito. Este foi rapidamente denunciado por Franklin como uma piada — embora ela própria não estivesse achando graça nenhuma naquela perda de tempo. Ficando mais irritada a cada minuto que passava, disparava uma pergunta após a outra, cada uma das quais parecia expor uma nova falha. O modelo simplesmente não correspondia aos dados dos raios X. De maneira alguma. Então ficou claro que Watson tinha entendido mal algo de ainda mais fundamental no seminário de Franklin em Londres. O DNA de forma A que Franklin usava era desidratado. Para montar a verdadeira estrutura do DNA, tinha-se de prever uma maior quantidade de água. Muito bem, Watson tinha feito isso. Mas ele captara o número errado — deploravelmente errado. O modelo deles tinha um *décimo* da água que devia ter.

O almoço que se seguiu no Eagle foi uma situação espinhosa. Franklin desfechava raios a torto e a direito; seu parceiro a contragosto, Wilkins, só queria não estar ali; Crick ensaiou um discurso enquanto tomava sua cerveja; e Watson ficou ali sentado, morto de vergonha, com seu copo de xerez seco.

Quando voltaram para o laboratório, Crick voltou a se sentir mais parecido consigo mesmo. Numa disposição de ânimo incrível, recusou-se a entregar os pontos sem lutar. Bravamente, Watson lhe deu uma aprovação débil, bastante desajeitada, enquanto os outros ficaram em silêncio. Então Wilkins sugeriu que ele e Franklin ainda poderiam pegar o próximo trem de volta para Londres se andassem depressa. O dia terminara.

Como era inevitável, as notícias desse fiasco logo chegaram a Bragg. O chefe do

Cavendish também não achou graça. Bragg já tinha aversão por Crick, cuja simples presença continuava a lhe dar dor de cabeça. Crick foi rapidamente visto como o vilão da peça, tendo desviado o jovem estudante de pesquisa americano do bom caminho. (Quando talvez tivesse acontecido o contrário.)

Bragg pediu para ver Crick em seu escritório e lhe passou uma carraspana. Crick havia não só rompido o acordo de cavalheiros entre o Cavendish e o King's, como tinha posto em risco novos subsídios governamentais por meio do Medical Research Council, que financiava as duas unidades. Os tempos continuavam duros na Grã-Bretanha do pós-guerra, e muitos pensavam que o Medical Research Council era um desperdício de dinheiro. Qual era o sentido de o governo financiar projetos científicos puramente teóricos, como a pesquisa da estrutura da proteína e do gene, quando o país mal acabara de se ver livre do racionamento de comida?

Bragg começou fazendo a Crick algumas perguntas pertinentes. Que diabo ele pensava que iria acontecer caso vazasse a informação de que o King's e o Cavendish estavam de fato duplicando o trabalho um do outro, numa competição desnecessária para saber quem ia “vencer”? Ora, eles iriam todos para o olho da rua. E no que dependesse de Bragg, Crick lá ficaria para sempre. Com a recomendação que tendia a receber de Bragg, teria sorte se acabasse pesquisando as propriedades químicas da aspirina.

Bragg terminou proibindo Crick terminantemente de fazer qualquer outro trabalho com o DNA. De agora em diante, o assunto seria domínio exclusivo do King's. Crick recebeu ordem de voltar para seu trabalho sobre proteínas, o trabalho pelo qual estava sendo pago. Watson, por sua vez, foi encorajado a retornar para seu próprio campo, os fagos. Ele optou por trabalhar com a estrutura do vírus do mosaico do tabaco (TMV).

E a história terminou por aí. Pouco antes do Natal de 1951, a corrida de Crick e Watson pelo troféu do DNA estancou por completo. Ou pelo menos era o que parecia. Mas ninguém havia contado com a ambição sem limites de Crick e Watson, e os esforços que estavam dispostos a fazer para saciá-la.

Em retrospecto, considera-se que Watson tinha uma atitude “americana” em relação à ambição. Por outro lado, Crick estava em rebelião contra a rigidez da classe média inglesa (o discreto solo em que vicejava aquela espécie agora extinta do ‘cavalheiro’). Atitudes desse tipo teriam hoje ampla acolhida, mas na época eram vistas como inescrupulosas. E com alguma razão, como veremos.

O projeto de Watson para o estudo do TMV era, em suas próprias palavras, “a fachada perfeita para disfarçar meu persistente interesse no DNA”. Um dos principais componentes do TMV era o ácido nucléico. Na verdade, seu conteúdo de ácido nucléico era uma variante do DNA, chamada RNA, mas Watson tinha certeza de que aquilo poderia “fornecer uma pista vital para o DNA”. A atitude de Crick era tipicamente direta. Ele podia ter sido proibido de *trabalhar* com o DNA, mas ninguém na face da Terra poderia proibi-lo de *pensar* sobre ele.

Crick resolveu tentar uma nova estratégia. Em vez dos quatro tipos diferentes de bases ficarem presos ao exterior das colunas vertebrais de hélices enroscadas (como no modelo anterior), deviam na verdade ficar dentro. Mas como poderia haver espaço para isso? Felizmente todos os quatro diferentes tipos de bases consistiam de moléculas planas. Crick concluiu (mais uma vez sem base em qualquer indício) que as bases deviam se encaixar umas

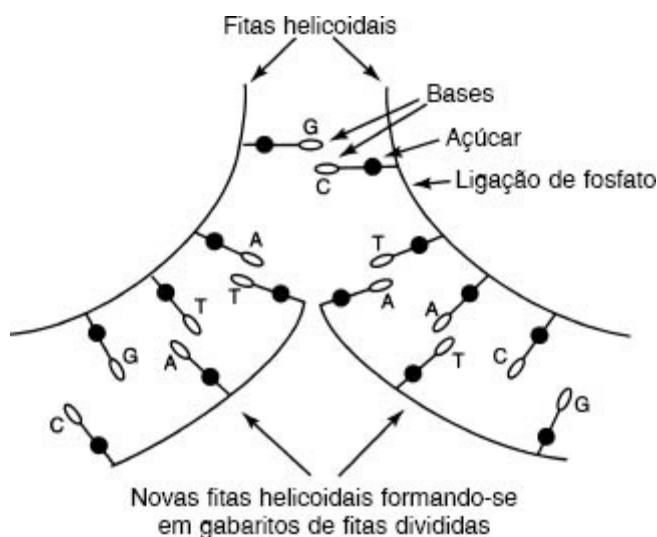
nas outras, como dois baralhos entremeados. Em outras palavras, elas estavam empilhadas umas sobre as outras dentro das colunas enroscadas. E se de algum modo elas se atraíssem umas às outras, isso ajudaria a manter coesas as fitas excessivamente longas e finas de hélices enroscadas (as colunas vertebrais). Especulação em cima de especulação, como num castelo de cartas.

Como parte desse novo regime de pensamento sobre o DNA (não de trabalho com ele), Crick começou a especular alto com alguns colegas cientistas enquanto tomava umas cervejas no Eagle. Acabou se envolvendo profundamente numa conversa com John Griffiths, um jovem doutorando de matemática. Griffiths vinha a ser sobrinho de Fred Griffiths, cujos experimentos com pneumococos rugosos e lisos, na década de 1920, tinham inspirado Avery a provar que o DNA era o transmissor genético. Esse vínculo não era mera coincidência. John Griffiths tinha o palpite de que certos problemas do DNA podiam ser mais bem resolvidos por matemática, e já tinha feito alguns cálculos preliminares usando dados conhecidos sobre as quatro bases.

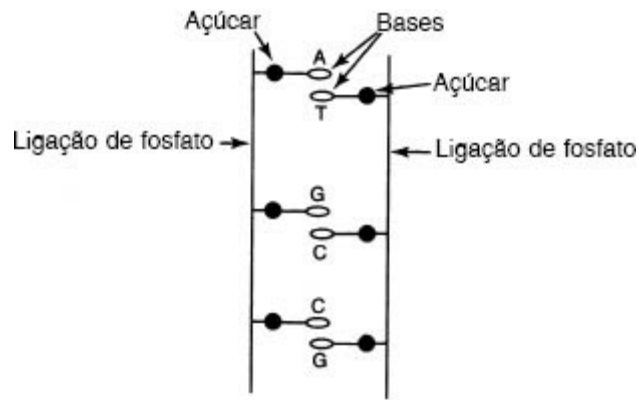
Como sempre, Crick logo estava discutindo os problemas fundamentais. Qualquer estrutura para o DNA tinha de explicar (ou pelo admitir) a replicação — o processo pelo qual ele transmitia sua informação genética. Crick sabia que isso devia envolver de algum modo a seqüência codificada das quatro bases, que agora pareciam estar empilhadas no interior das hélices entrelaçadas.

Griffiths entregou a Crick alguns cálculos que tinha feito com relação às quatro bases — adenina (A), guanina (G), timina (T) e citosina (C). Havia conseguido descobrir quais das bases eram atraídas uma pela outra. Segundo ele, G atraía C e A atraía T.

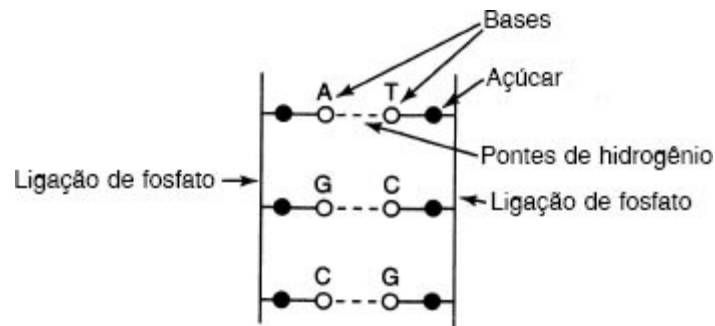
Num lampejo de suprema inspiração, Crick viu que aquilo podia ser a chave para a replicação do DNA. Se as fitas helicoidais se dividissem, poderiam então se tornar os gabaritos para a formação de fitas complementares *precisamente similares àqueles de que tinham se separado*.



Aquele foi realmente um salto gigantesco de imaginação por parte de Crick — porque ele não tinha entendido que o próprio Griffiths havia imaginado um modelo muito diferente. Griffiths baseara seus cálculos na idéia de que as bases estavam dispostas lado a lado, borda com borda, e unidas por ligações de hidrogênio.



MODELO DE GRIFFITHS



Uma outra vantagem da combinação da atração das bases de Griffiths era que ela atendia imediatamente às regras de Chargaff (que decretavam que as bases sempre ocorriam nas quantidades $A = T$ e $G = C$). Infelizmente Crick continuava na ignorância deste fato decisivo — pela espantosa razão de que nunca tinha ouvido falar das regras de Chargaff! (Em defesa de Crick, sugeriu-se que Watson devia ter certamente mencionado essas regras em algum momento, talvez várias vezes — mas Crick, evidentemente, não estava ouvindo. Se este é o argumento da defesa...)

Tudo isto revela não só a assombrosa ignorância de Crick sobre o assunto com que estava lidando, mas também seus igualmente assombrosos poderes de imaginação ao ser capaz de lidar com ele nessas circunstâncias. (Para não dizer nada da fanfarronada envolvida.) Somente um gênio do alto de seus poderes podia alimentar a esperança de se sair da enrascada com tal descaramento.

Havia razões, é claro, para esse trabalho feito tão às pressas. Crick e Watson sabiam que outros estavam na pista do DNA. Tinham certeza de que estariam sempre à frente da oposição no King's (porque Wilkins continuava tendo a imprudência de mantê-los informados do seu progresso). Mas Linus Pauling era uma outra história. Ele já havia proposto uma estrutura bastante provisória do DNA. Era apenas uma questão de tempo antes que chegasse realmente lá.

Em seguida Watson ficou sabendo que Pauling era esperado em Londres para uma conferência. Inevitavelmente, iria querer ver o que estava acontecendo no King's. Até então Pauling só utilizara chapas de difração de raios X de antes da guerra — mas assim que visse as últimas chapas nada seria capaz de detê-lo.

Crick e Watson podiam apenas ranger os dentes, e continuar fingindo que estavam

trabalhando em seus projetos independentes. A essa altura o trimestre de verão havia começado. Watson começou a jogar tênis e a se interessar por garotas. Para se diferenciar dos outros americanos de cabelo à escovinha de Cambridge, começou a dar um toque britânico a seu sotaque de Chicago e deixou o cabelo crescer. Cabelo comprido era raro na década de 1950, mas no caso de Watson os resultados eram ainda mais raros. Sua vasta cabeleira insistia em continuar de pé, dando-lhe uma aparência eletrizantemente chocante. Só Crick parecia não notar, sobretudo porque estava ocupado demais rindo das próprias tiradas enquanto tomava cerveja.

Mas a sorte estava sorrindo para Crick e Watson. Em maio chegaram notícias de que Pauling não iria mais à Inglaterra. O maior químico do mundo fora impedido de embarcar no avião no Aeroporto Idle-wild de Nova York. No último instante, o Departamento de Estado americano havia confiscado seu passaporte sob a alegação de que ele poderia desertar para a Rússia stalinista. Pauling era um franco defensor de uma Conferência Mundial da Paz, e isso era equivalente a ser um espião comunista na era do macarthismo nos Estados Unidos.

Mas nem tudo eram boas notícias. No King's, Franklin havia feito alguns avanços espetaculares na técnica de difração de raios X. Com eles, estava convencida agora de que, no fim, o DNA *não* era uma estrutura helicoidal. Até Wilkins parecia concordar com sua idéia, ainda que com relutância. (Como mais tarde veio à tona, Franklin não havia realmente deixado Wilkins ver suas provas nesse estágio. Presume-se portanto que deve ter sido a pura força de seus argumentos, ou talvez a força com que ela os apresentou, que levou a melhor.)

Nessa altura Watson havia terminado seu trabalho sobre o TMV. Segundo ele, as chapas de difração de raios X mostravam que se tratava de uma estrutura helicoidal. De fato, seus indícios eram baseados em resultados que Franklin (que, afinal, era a especialista) havia agora concluído *não* indicarem um hélice.

Apesar da surpresa anunciada por Franklin, Watson continuou insistindo em que o DNA *tinha* de ser helicoidal. Era encorajado nisso por Crick, que não sabia sobre o que estava falando. Agora Franklin havia permitido a Wilkins estudar suas imagens, e este as havia mostrado para Crick e Watson numa visita que lhe fizeram em Londres. Num relance, Crick havia concluído que a teoria não-helicoidal de Franklin se fundava num erro de interpretação. Embora as imagens não mostrassem a simetria radial necessária para hélices, em sua opinião aquilo se devia a padrões de cristal superpostos. A conjectura de Crick era brilhante e ousada — tendo a vantagem adicional de concordar com o que ele achava que acontecia. Assim, Crick e Watson não se deixaram convencer pela maior autoridade em cristalografia do DNA por raios X do mundo.

Outras opiniões não eram descartadas tão facilmente. Em julho de 1952 o próprio Chargaff chegou a Cambridge. Crick e Watson atormentaram John Kendrew, o brilhante assistente de Perutz, até que ele lhes arranhou um encontro com o grande homem.

De início, Chargaff ficou com o pé atrás. Quem eram aqueles intrometidos, que afirmavam saber tanto sobre o DNA? Ele era um dos maiores especialistas do mundo no assunto, e nunca sequer ouvira falar deles. Quando Chargaff foi informado de que o rapaz com cabelo de Harpo Marx e sotaque britânico postiço era de fato americano, concluiu, compreensivelmente, que estava na presença de um maluco. (No relato franco e aberto que faz desse período, Watson

não tem medo de assumir o papel do bobo. Vale a pena ter em mente, contudo, que esse rapaz de 24 anos que fazia o bobo estava também desempenhando um papel de igual destaque numa das maiores revoluções científicas de todos os tempos.)

No início, Chargaff não ficou assim tão certo com relação a Crick. Mas Crick logo lhe forneceu dados suficientes para que avaliasse seu calibre. Podemos só imaginar a reação de Chargaff quando Crick deixou escapar por distração que não tinha ouvido falar das regras de Chargaff. Para não desperdiçar mais tempo, Chargaff começou a fazer algumas perguntas básicas a Crick. Nas palavras de Watson, “ele levou Francis a admitir que não se lembrava das diferenças químicas entre as quatro bases”. Imperturbável como sempre, Crick explicou que “sempre poderia verificar isso no livro”.

Vários anos mais tarde, Chargaff iria escrever com amargura: “Pares mitológicos ou históricos — Castor e Pólux... Romeu e Julieta — devem ter parecido muito diferentes antes e depois de seus feitos. De todo modo, pareço ter perdido o arrepio do reconhecimento de um momento histórico: uma mudança no ritmo cardíaco da biologia. Até onde pude entender, eles queriam, sem o estorvo de qualquer conhecimento da química envolvida, encaixar o DNA numa hélice.”

Crick e Watson haviam aprontado mais uma. Mas havia evidentemente algo de cativante naquele par de comediantes. Mesmo que seu entusiasmo pudesse parecer equivocado para muitos, era sem dúvida contagiante.

No outono de 1952 Watson fez amizade com Peter, filho de Linus Pauling, que havia chegado ao Cavendish para fazer pesquisa como pós-doutorando. Peter Pauling foi convidado a partilhar da sala de Watson e Crick e logo estava participando entusiasmadamente das conversas dos dois.

Certo dia Peter Pauling contou a Crick e Watson que havia recebido uma carta do pai. Hirtos, ouviram Peter Pauling lhes contar que o pai havia voltado novamente sua atenção para o DNA. Estava elaborando um artigo em que delineava sua estrutura e havia prometido mandar uma cópia para Peter antes da publicação.

Pronto. Por menos que quisessem, Crick e Watson sabiam que não podiam competir com Linus Pauling. Não nas atuais circunstâncias. Qualquer tentativa séria da parte deles de chegar à estrutura global enormemente complexa do DNA dependia de construção de modelo, e agora isso estava fora de cogitação. (Os termos da proibição de Bragg tinham sido particularmente explícitos no tocante a essa questão.) Tudo que podiam fazer era especular sobre o que Pauling poderia apresentar — e isso logo se provou irritante demais para ser expresso. Dali em diante, as conversas no escritório ficaram basicamente limitadas a Watson e Peter Pauling — que partilhavam do mesmo entusiasmo pelas mocinhas dinamarquesas.

Como anunciado, Peter Pauling recebeu uma cópia do artigo do pai. Após lê-lo, passou-o para Crick e Watson. Eles leram que Pauling pai havia proposto uma estrutura que continha três cadeias helicoidalmente entrelaçadas com a coluna vertebral de açúcar e fosfato *fora* da espiral. Isso era assombrosamente parecido com a estrutura que Crick e Watson haviam mostrado para Franklin e Wilkins no desastroso dia que estes tinham passado em Cambridge — a não ser pelo fato de Pauling ter dado um pouco mais de atenção à elaboração dos detalhes e feito a correspondência entre eles e os indícios obtidos por raio X (para não

mencionar que cuidara de incluir a quantidade certa de água).

Desesperançado, Watson imaginou “se já teríamos podido ter o crédito e a glória de uma grande descoberta se Bragg não nos tivesse segurado”. Mesmo no desespero, Watson continuava sendo capaz de atos excepcionais de otimismo. Mas isso foi só o começo. Depois Watson se convenceu de que talvez o maior químico do mundo tivesse cometido um erro. E se ele tivesse manipulado uma das suas somas, ou feito um erro nas ligações químicas?

Com a obstinação da juventude, Watson se concentrou na verificação dos detalhes precisos da estrutura de Linus Pauling — as ligações químicas, os números, a localização dos átomos-chave. “Imediatamente senti que havia alguma coisa de errado.” E dessa vez *ele* estava certo. Inacreditavelmente, Pauling havia deixado de dar aos grupos fosfatos, que formavam os elos em cada cadeia, qualquer ionização. Isso significava que não havia carga elétrica para manter as longas e finas cadeias coesas. Sem isso elas iriam simplesmente se desemaranhar e se desintegrar. Pior ainda, sem essa ionização o modelo que Pauling havia proposto para aquele ácido nucléico *não era nem sequer um ácido*.

O maior químico do mundo havia cometido uma asneira de menino de escola. (Superava até os esforços de Crick e Watson nesse campo — a ausência de moléculas de água, a ignorância das regras de Chargaff etc.)

Obviamente era apenas uma questão de tempo antes que Pauling se desse conta desse disparate. Crick e Watson calcularam que tinham apenas seis semanas para produzir sua própria resposta.

Watson, com seus 24 anos, não conseguia se segurar com relação à gafe de Pauling. Depois de contá-la para todo o mundo que quisesse ouvir em Cambridge, pegou o trem para Londres para poder contá-la também para o pessoal do King's. Como Wilkins estava ocupado quando ele chegou, foi interromper Franklin em seu laboratório (em geral um “templo” onde poucos ousavam se aventurar). Mostrou-lhe imediatamente o artigo de Pauling, assinalando o erro que tinha percebido. Infelizmente, sentiu também necessidade de ressaltar a espantosa semelhança que havia entre a estrutura de três hélices do DNA do grande químico e aquela que 15 meses antes ele e Crick haviam proposto (e à qual ela tanto se opusera).

Foi um movimento imprudente. Franklin não era receptiva a críticas maliciosas, especialmente de gente como Watson (que, compreensivelmente, via como um rapaz presunçoso cujas pretensões só eram igualadas por sua incompetência). Gélida, contendo a fúria, Franklin lembrou a Watson que não havia o mais ligeiro indício para amparar uma estrutura helicoidal para o DNA. Tolamente, Watson começou a contradizê-la, citando indícios que obtivera em seu próprio trabalho sobre o vírus do mosaico do tabaco (TMV). Isso acabou exasperando Franklin a tal ponto que ela saiu de trás de sua bancada de laboratório — aparentemente disposta a investir contra ele. Quando ela cruzava o laboratório, a porta se abriu. Wilkins havia chegado, na hora H. Watson fugiu porta afora e sumiu pelo corredor. (Discussões sobre a chave da vida são evidentemente tão perigosas num laboratório quanto num *pub*.)

Mais tarde Wilkins confortou o abalado Watson o melhor que pôde. Chegou até a lhe mostrar alguns dos últimos trabalhos de Franklin com raios X. Eram realmente espantosos. Franklin havia conseguido obter imagens por difração de raios X de uma forma inteiramente

nova de DNA. Essa forma B, como se tornou conhecida, ocorria quando as moléculas de DNA estavam cercadas por grandes quantidades de água. Isso produzia padrões por difração de raios X de impressionante clareza e simplicidade.

“No instante em que vi a imagem minha boca abriu e meu pulso disparou”, Watson lembrou. Era inacreditável que Franklin continuasse se aferrando à sua teoria não-helicoidal. Certamente a imagem do DNA de forma A era ambígua; mas aquela nova forma B não deixava sombra de dúvida (na opinião de Watson). Aquelas imagens mostravam que o DNA tinha uma forma inconfundivelmente helicoidal. E sua espantosa nitidez apontava para conclusões ainda mais empolgantes. Depois de alguns minutos de cálculos, deveria ser possível até descobrir *quantas* cadeias helicoidais havia.

Sentado no enregelante vagão de trem na viagem de volta para Cambridge, Watson, no seu entusiasmo, começou a fazer alguns esboços e cálculos nas margens do seu jornal. Quando foi para a cama aquela noite havia concluído que o DNA consistia de duas fitas helicoidais entrelaçadas.

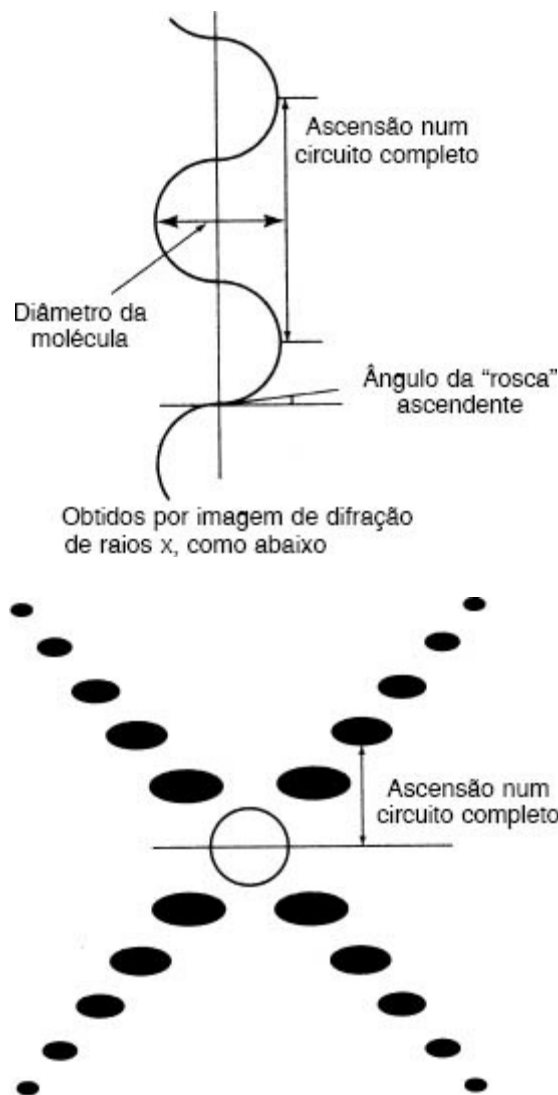
Na manhã seguinte estava eufórico. A partir do momento em que pôs o pé no Cavendish ninguém ficou livre de suas últimas idéias sobre o DNA. Quando Bragg, inadvertidamente, pisou fora de sua sala, até ele foi metralhado com o assunto. Em vez de se enfurecer diante dessa contravenção direta de sua ordem, Bragg mostrou-se surpreendentemente simpático. De maneira totalmente inesperada, deu até permissão a Watson para construir um novo modelo do DNA no Cavendish. A seu ver, não havia mais nenhum acordo de cavalheiros com o King's — o principal concorrente agora era Pauling. (Além disso, Watson havia passado matreiramente a impressão de que agora estava trabalhando sozinho. Bragg ainda não sabia que estava acabando de sancionar outro acesso de Crick com todos os seus decibéis).

A oficina mecânica lá em baixo no Cavendish foi imediatamente posta para produzir chapas metálicas, em forma e tamanho em escala correspondentes às quatro bases. Num instante Crick e Watson começaram a construir um modelo em escala, montando a intrincada estrutura de duas cadeias de moléculas helicoidais e entrelaçadas. Se seu palpite sobre Pauling estivesse correto, sobravam-lhes agora três semanas para chegar a uma resposta.

Tudo tinha que ser montado a partir dos tijolos clássicos dos conteúdos químicos conhecidos da complexa molécula do DNA. O tamanho de cada uma das moléculas individuais que se combinavam para formar essa molécula complexa e os comprimentos e ângulos das ligações químicas entre todas elas tinham de ser todos levados em conta.

Podemos ter uma idéia da esmagadora complexidade dessa tarefa a partir da seguinte analogia. Imagine um par de pentes, ambos com dois metros de comprimento, com dentes de tamanho desigual projetando-se em ângulos irregulares. Esses pentes devem ser ambos torcidos como saca-rolhas e depois entrelaçados, de modo que cada dente de um pente se encontre com o dente complementar do outro. Antes mesmo de começar, no entanto, é preciso calcular o comprimento exato, a posição e o ângulo de cada dente individual de cada pente.

Uma idéia da escala envolvida é dada pelo fato de que a largura combinada dos dois pentes enroscados é de menos de dois nanômetros. (Um nanômetro é 10^{-9} metros, em outras palavras, um bilionésimo de metro.)



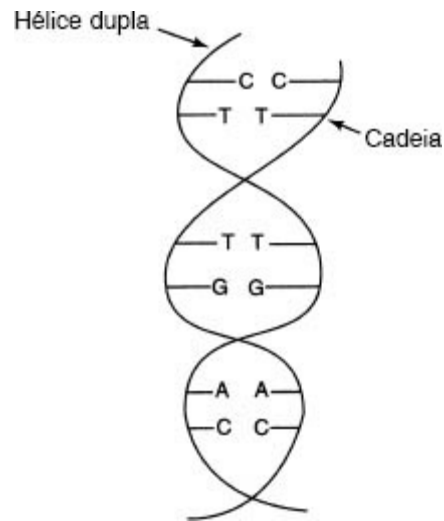
Como vimos, Crick e Watson já haviam refletido muito sobre essas questões. Mas outras características tinham de ser consideradas também. Um fator importante era a torção precisa de cada cadeia helicoidal de moléculas — saber se era enroscada estreitamente, como uma mola, ou de maneira mais aberta, como uma escada em espiral. A partir das imagens de DNA de forma B obtidas por Franklin mediante difração de raios X, Watson havia inferido que a estrutura era uma hélice dupla, mas os dados dela forneciam também algumas pistas ainda mais essenciais. Por exemplo, pelos padrões nas chapas de raio X era possível avaliar o diâmetro exato de cada molécula (em torno de 1,6 nanômetro). O ângulo das “roscas” ascendentes das hélices e a distância que subiam num “circuito” completo também podiam ser calculados com um grau de certeza muito maior.

Os dados mais claros que Franklin obtivera recentemente significavam também que Crick e Watson se viam numa situação inusitada. Tratava-se de *fatos* precisos, que *tinham* de ser levados em conta. Caso seu modelo não correspondesse a eles, quem estava errado eram eles, não Franklin. E por mais que torcessem os dados não conseguiriam mudar isso.

Como não é de surpreender, começaram fazendo alguns erros. E como também não é de surpreender, dados os participantes, foram por vezes erros crassos.

Contrariando sua própria convicção anterior, Crick e Watson tenderam de início a seguir a sugestão de Pauling de que as bases ficavam *do lado de fora* das cadeias helicoidais entrelaçadas. Por sorte, ambos possuíam autoconfiança suficiente para logo abandonar essa

hipótese. Eles estavam certos; e o maior químico da história estava errado mais uma vez. As bases tinham de estar no interior.



Griffiths havia sugerido que essas bases se atraíam umas às outras, A a T e G a C. Mas não seria melhor, e muito mais simples, se as bases semelhantes se atraíssem? Isso permitiria uma formação muito mais fácil de novas moléculas quando as cadeias se dividissem para se replicar. Parecia a solução ideal.

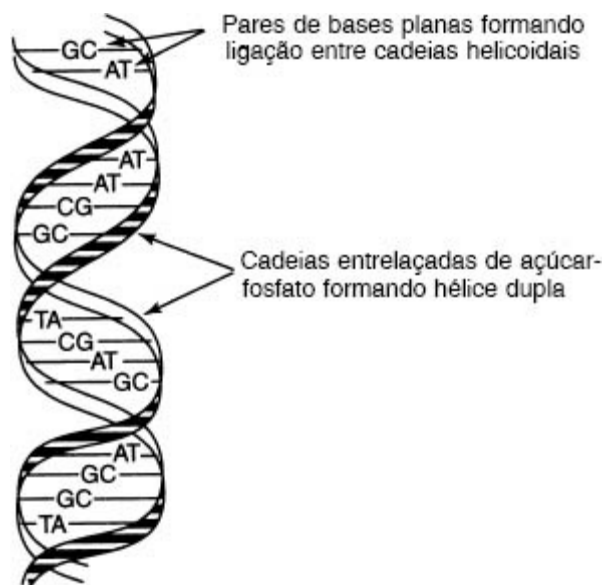
Depois Watson descobriu que as diferentes combinações entre bases semelhantes (C+C, G+G etc.) eram todas de tamanhos diferentes. Essas combinações simplesmente não cabiam dentro das cadeias enroscadas de duas hélices regulares. Após mais alguns cálculos, fez uma descoberta ainda pior. Isso parecia se aplicar a *qualquer* combinação de bases. Nenhuma delas se encaixava dentro das cadeias enroscadas. Parecia que Pauling estava certo: a idéia das “bases dentro” simplesmente não funcionava. Nessa altura o modelo pensosamente construído dos dois estava pela metade, mas iriam ter de abandoná-lo e começar tudo de novo. O problema era que, agora, simplesmente não tinham tempo para construir mais um modelo.

Crick se recusou a desistir. Era simplesmente absurdo pôr as bases do lado de fora. Continuou mexendo com o modelo hora após hora, medindo os comprimentos das ligações vezes sem conta, tentando organizá-los de tal modo que se encaixassem dentro das cadeias. Como sabemos, Watson tampouco era de entregar os pontos — mas sua reação à crise foi um pouco diferente. A temporada de tênis começara; e havia também uma nova leva de mocinhas escandinavas aparecendo nas festas.

Crick foi ficando cada vez mais irritado enquanto Watson entrava e saía rapidamente do laboratório, mostrando por que as sugestões “inspiradas” de Crick não iriam funcionar, antes de desaparecer em busca de arranjos de ligações mais agradáveis. Mas Watson também estava seguindo suas próprias linhas de pensamento, ainda que em bases mais esporádicas. E no curso delas fez uma descoberta importante. Talvez ele e Crick estivessem fazendo seus cálculos a partir da forma isomérica errada das bases. Não se tratava de um erro tão crasso quanto podia parecer. Cada base tinha um fórmula molecular que permitia duas estruturas moleculares diferentes — a forma enol e a forma ceto. Todos os indícios tinham apontado para a forma enol — seria possível que isso estivesse errado?

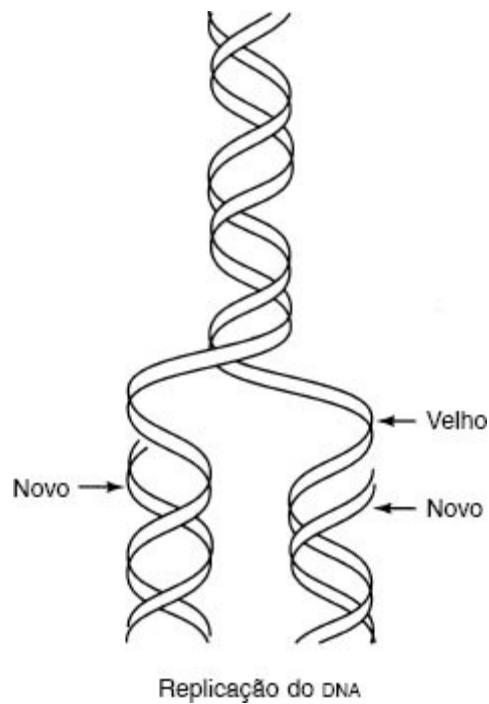
Watson mergulhou em alguns cálculos-relâmpago, mas foi inútil. Mesmo na forma ceto,

quando os pares de bases semelhantes se ligavam entre si continuavam não se encaixando na cadeia. Depois descobriram que quando os pares de base na forma ceto reuniam A-T e C-G, exatamente como Griffiths havia sugerido, eles *se encaixavam*, sim, dentro da cadeia. Mais ainda, quando unidos dessa maneira, os dois diferentes pares de bases eram idênticos em forma e tamanho. Isso significava que qualquer um dos dois pares podia ocorrer em qualquer lugar da cadeia, permitindo assim uma vasta permutação de pares. Tinham conseguido! Finalmente tinham descoberto a chave da estrutura do DNA.



Uma seção da molécula final de DNA a que Crick e Watson chegaram: "Estrutura se assemelha a uma escada em espiral com os pares de bases formando os degraus"

Após uma série de reajustes frenéticos, e uma pequena calibragem final, o modelo estava concluído. No dia 7 de março de 1953, exatamente cinco semanas depois que tinham começado a construí-lo, Crick e Watson exibiram orgulhosamente seu modelo para os colegas do Cavendish. A notícia logo começou a se espalhar por Cambridge. Dentro de poucos dias o rumor havia se infiltrado pelo mundo acadêmico em geral. Uns pesquisadores de Cambridge haviam descoberto o segredo da vida.



No dia 25 de abril de 1953, Crick e Watson publicaram um artigo na *Nature*, com o título pouco sensacionalista de “Estrutura molecular dos ácidos nucléicos”. Dizia tudo que era preciso em apenas 900 palavras e um diagrama simples.

Wilkins mostrou-se tipicamente altruísta na derrota, escrevendo elegantemente para Crick e Watson: “Acho que vocês são um uma dupla de belos patifes...” Outros foram menos caridosos com relação ao uso inescrupuloso que Crick e Watson tinham feito do material da unidade de difração de raios X do King’s. No seu modo de ver, Crick e Watson não tinham nenhum direito de reivindicar para si o crédito por aquela momentosa descoberta.

Essas opiniões foram levadas em conta pelo comitê do Nobel. Em 1962 o Prêmio Nobel de Medicina foi conferido conjuntamente a Crick, Watson e Wilkins. Lamentavelmente, Rosalind Franklin havia morrido de câncer em 1958, aos 37 anos. Para enfatizar a natureza conjunta da descoberta do DNA, e o auxílio dado a Crick e Watson por colegas do Cavendish, o Prêmio Nobel de química do mesmo ano foi dado ao diretor da unidade de difração de raios X do Cavendish, Max Perutz, e seu colega John Kendrew. Apesar disso, são os nomes de Crick e Watson que ficarão para sempre associados à descoberta da estrutura do DNA.

POSFÁCIO

.....

De certo modo, a estreita relação entre Crick e Watson começou a naufragar assim que as acusações públicas começaram a ser disparadas. Watson logo voltou para os Estados Unidos, enquanto Crick continuou a trabalhar em Cambridge. Ele iria continuar ali, intermitentemente, durante 20 anos, tornando-se uma força propulsora no campo recém-aberto da biologia molecular. Seus principais trabalhos trataram da replicação do DNA e do modo como os genes transportam informação. Fez muitos trabalhos pioneiros sobre a decifração do “código” das bases do DNA.

Em 1977, aos 61 anos, Crick mudou-se para a Califórnia, onde trabalhou no Salk Institute, em San Diego. Conseguiu também conservar um fluxo estável de idéias tipicamente “brilhantes”. Em 1981 publicou um livro chamado *A vida em si*, em que afirmou que a vida na Terra teve origem no espaço cósmico. Sua teoria é tão mirabolante quanto parece. (Foguete não-tripulado chega dos confins da galáxia, transportando esporos primitivos de uma supercivilização que evoluiu bilhões de anos atrás. O resto, só lendo o livro...)

Nesse meio tempo, de volta ao planeta Terra, Crick também desenvolveu idéias sagazes sobre a questão cada vez mais central da consciência (Que é ela? Como funciona? Animais e plantas a possuem? etc.). Crick continua muito vivo e rindo.

Quanto a Watson, sua carreira pós-descoberta foi uma montanha-russa semelhante. De volta aos Estados Unidos, logo assumiu um prestigioso cargo em Harvard, onde continuou a fazer pesquisas com o DNA (em particular sobre seu papel na síntese das proteínas). Em 1965 publicou *Biologia molecular do gene*, que é amplamente considerado o melhor compêndio do tipo.

Três anos depois publicou *A hélice dupla*, seu relato pessoal da descoberta do DNA. Muitos viram nisso uma tentativa de atrair de novo a luz dos refletores. Isso ele sem dúvida conseguiu. O modo como falou de Rosalind Franklin nessa obra não podia deixar de gerar uma controvérsia pública. No entanto, o livro provou-se também um clássico: a mais brilhante autobiografia de uma descoberta científica já escrita.

Em 1988 Watson foi para Cold Spring Harbor, em Long Island. Ali, dirigiu o Projeto Genoma Humano, cujo objetivo era mapear todos os cem mil genes humanos (hélices duplas de DNA que, contêm ao todo cerca de três bilhões de pares de bases). Embora tenha se provado um brilhante administrador, Watson se afastou desse projeto com certa acrimônia em 1993. Se saltou fora ou foi empurrado é questão sobre a qual as fontes divergem. Segundo a versão oficial, ele se demitiu por uma questão de princípio — porque se opunha à idéia de o projeto patentear informação genética. Mas segundo uma fonte tão respeitável quanto a *Encyclopedia Britannica*, ele “se demitiu em razão de supostos conflitos de interesse envolvendo seus investimentos em companhias privadas de biotecnologia”. De uma maneira ou de outra, quando se faz uma das maiores descobertas da história da ciência aos 25 anos, qualquer coisa que venha depois será fatalmente um anticlímax.

GENÉTICA: ALGUNS FATOS, FANTASIAS E FIASCOS

.....

A descoberta da estrutura do DNA criou um ramo inteiramente novo da ciência — a biologia molecular. Isso resultou numa explosão do conhecimento humano tão espetacular quanto fogos de artifício. O estopim aceso pela biologia molecular logo irrompeu numa explosão de tecnologias e campos de pesquisas originais. Muitos destes — como a clonagem de genes, os bancos de genes e a identificação do DNA — eram literalmente inconcebíveis apenas poucas décadas atrás. Hoje o Projeto Genoma Humano encontra-se concluído.

- O físico nuclear italiano Enrico Fermi especulou certa vez ao longo das seguintes linhas:

Nossa galáxia contém 10^{11} (isto é, 100 *bilhões*) de estrelas, e há pelo menos 10^{10} galáxias. Nos 10^{10} anos desde que o universo começou, muitas destas devem ter desenvolvido, eras atrás, formas de vida extremamente inteligentes capazes de viagens espaciais. A Terra é particularmente favorável a tais criaturas.

“Eles já deviam ter chegado aqui a esta altura; nesse caso, *onde estão?*” perguntou ele a seu colega húngaro Leo Szilard.

Szilard respondeu: “Estão entre nós, mas usam o nome de húngaros”.

- Podemos ver desde já *como* brincar de Deus “construindo” a estrutura do DNA de qualquer tipo de indivíduo. Pode ser que um dia, talvez mais cedo que pensamos, venhamos a ser capazes de *fazer* isso. Mas mesmo olhando para o lado claro, isso conduz a uma incógnita paradoxal. Poderíamos certamente eliminar as doenças. Poderíamos também pretender produzir indivíduos excepcionais — digamos um Picasso, ou o próprio Einstein, ou mesmo um outro Crick. Um gênio é por definição o mais individual dos indivíduos (derivando a palavra do latim *genius*: aquela qualidade particular que é inata a uma pessoa ou coisa). Se pudermos fazer um, poderemos cloná-lo. Mas nesse caso a individualidade deixa de existir...

E isso se olharmos para o lado claro.

- Quando lhe perguntaram o que o estudo da biologia lhe havia ensinado sobre Deus, o geneticista J.B.S. Haldane respondeu: “Realmente não sei ao certo, a não ser que Ele devia gostar loucamente de besouros.” Há mais de 300 mil espécies de besouros, todas elas espécies verdadeiramente diferenciadas, compostas de organismos individuais extremamente complexos. Em contrapartida, só há dez mil espécies de aves.

- Com relação ao Projeto Genoma Humano, Watson escreveu em 1990: “Os Estados Unidos estabelecem agora como objetivo nacional o mapeamento e o seqüenciamento do genoma humano.” Um genoma é a totalidade dos genes contidos num único conjunto de cromossomos, como o que um dos pais doa ao filho. Há 23 cromossomos humanos numa célula germinal

humana. Cada cromossomo contém cerca de cem mil genes, ou hélices duplas de DNA. Essa coleção combinada de hélices de DNA contém cerca de três bilhões de pares de bases.

Watson comparou esse projeto à tentativa de pôr um homem na Lua. É igualmente ambicioso e vai custar muito menos. Tende também a se mostrar infinitamente mais valioso para a humanidade — a menos que esta espécie esteja pretendendo abandonar o esbulhado planeta Terra por esplêndidas pastagens alhures.

- Há mais de quatro mil doenças humanas hereditárias resultantes de falhas genéticas. Elas vão desde a anemia falciforme até a doença de Huntington, e falhas genéticas podem até desempenhar um papel na doença de Alzheimer e em certos tipos de esquizofrenia. Tais doenças podem apenas ser tratadas. Até o momento nenhuma doença hereditária pode ser curada.

À medida que partes do genoma humano forem sendo mapeados, iremos aprender como mudar a estrutura do gene. Isso vai nos permitir evitar tais doenças, e muito mais.

- Se a homossexualidade for resultado de um padrão genético herdado, e se este puder ser alterado para resultar em heterossexualidade, isso deveria ser feito? (Imagine vice-versa.)

- Os verbetes das enciclopédias científicas incluem hoje: amplificação de genes, banco de genes, clonagem de genes, expressão de genes, impressão de genes, mutação de genes, fundo de genes, sonda de genes, seqüenciamento de genes, emenda de genes, rastreamento de genes, terapia genética, código genético, engenharia genética, datiloscopia genética, mapeamento genético... Tudo isso está acontecendo *agora*.

- Quando o Projeto Genoma Humano foi montado na década de 1980, estimava-se que só se completaria em meados do século XXI. Com os avanços na tecnologia computacional, a expectativa transferiu-se para 2015. Hoje, antecipando o que se previra, esse projeto já foi concluído.

- Sabemos que anomalias geneticamente alteradas já foram produzidas. Vegetais geneticamente melhorados estão à venda nos supermercados. Já se “aperfeiçoou” gado para obter uma melhor produção de carne. De maneira mais perturbadora, um camundongo com uma orelha humana crescendo nas suas costas também foi engendrado. E estas são apenas coisas de que temos *conhecimento*... Experimentos do tipo Frankenstein não são mais mera ficção. Como o biólogo molecular John Mandeville expressou recentemente: “Seremos capazes de produzir praticamente qualquer coisa com engenharia genética, menos um bilhete de loteria premiado.”

- Só conhecemos a função dos 2% do genoma humano que contêm genes. O propósito dos outros 98% permanece desconhecido — o maior mistério por decifrar da biologia molecular. Uma sugestão é que isso seja um depósito de refugos para genes descartados, o que poderia até ser estudado por uma forma de arqueologia genética. (Isso nos permitiria ver o que nós, e na verdade a própria vida, *poderíamos* ter nos tornado.) Outra sugestão é que essa “zona

vazia” é de fato um terreno para a reprodução de formas inteiramente novas de genes, fornecendo assim uma espécie de indicador espectral do leme que norteia a direção da vida.

DATAS NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

.....

<i>antes de 500 a.C.</i>	Pitágoras descobre seu teorema.
<i>322 a.C.</i>	Morte de Aristóteles.
<i>212 a.C.</i>	Arquimedes morto em Siracusa.
<i>47 a.C.</i>	Incêndio na Biblioteca de Alexandria resulta em ampla perda de conhecimento clássico.
<i>199 d.C.</i>	Morte de Galeno, fundador da fisiologia experimental.
<i>529 d.C.</i>	Fechamento da Academia de Platão marca início da Idade das Trevas.
<i>1492</i>	Colombo descobre a América.
<i>1540</i>	Copérnico publica <i>A revolução dos orbes celestes</i> .
<i>1628</i>	Harvey descobre a circulação sanguínea.
<i>1633</i>	Galileu forçado pela Igreja a abjurar sua teoria heliocêntrica do sistema solar.
<i>1687</i>	Newton propõe a lei da gravitação.
<i>1821</i>	Faraday descobre princípio do motor elétrico.
<i>1855</i>	Morte de Gauss, “príncipe da matemática”.
<i>1859</i>	Darwin publica <i>Origem das espécies</i> .
<i>1871</i>	Mendeleyev publica a tabela periódica.
<i>1884</i>	Acordo internacional estabelece meridiano de Greenwich.
<i>1899</i>	Freud publica <i>A interpretação dos sonhos</i> .
<i>1901</i>	Marconi recebe primeira transmissão de rádio através do Atlântico.

- 1903* Os Curie recebem o Prêmio Nobel pela descoberta da radioatividade.
- 1905* Einstein publica a teoria especial da relatividade.
- 1922* Bohr recebe Prêmio Nobel pela teoria quântica.
- 1927* Heisenberg publica o princípio da incerteza.
- 1931* Gödel destrói a matemática.
- 1937* Turing delinea os limites do computador.
- 1945* Bomba atômica lançada em Hiroshima.
- 1953* Crick e Watson descobrem estrutura do DNA.
- 1969* Apollo 11 pousa na Lua.
- 1971* Hawking propõe a hipótese de miniburacos negros.
- 1996* Indício de vida em Marte?

LEITURA SUGERIDA

.....

James Watson: *The Double Helix* (Penguin) — Melhor autobiografia em primeira mão de uma descoberta científica já escrita, repleta tanto de detalhes pessoais quanto de ciência. Tendenciosa (contra Franklin, é claro), mas uma excelente leitura para cientistas e não-cientistas também.

Francis Crick: *What Mad Pursuit* (Weidenfeld & Nicholson) — Uma visão pessoal da descoberta científica.

Francis Crick: *Life Itself* (MacDonald) — A tese extraterrestre.

Robert Olby: *The Path to the Double Helix* (Constable) — Uma visão mais ampla, alternativa.

J.D. Watson e outros: *Recombinant DNA, a short course* (Scientific American).

FILÓSOFOS em
90 minutos

.....

por Paul Strathern

Aristóteles em 90 minutos
Berkeley em 90 minutos
Bertrand Russell em 90 minutos
Confúcio em 90 minutos
Derrida em 90 minutos
Descartes em 90 minutos
Foucault em 90 minutos
Hegel em 90 minutos
Heidegger em 90 minutos
Hume em 90 minutos
Kant em 90 minutos
Kierkegaard em 90 minutos
Leibniz em 90 minutos
Locke em 90 minutos
Maquiavel em 90 minutos
Marx em 90 minutos
Nietzsche em 90 minutos
Platão em 90 minutos
Rousseau em 90 minutos
Santo Agostinho em 90 minutos
São Tomás de Aquino em 90 minutos
Sartre em 90 minutos
Schopenhauer em 90 minutos
Sócrates em 90 minutos
Spinoza em 90 minutos
Wittgenstein em 90 minutos

Título original:
Crick, Watson and DNA

Tradução autorizada da primeira edição inglesa,
publicada em 1997 por Arrow Books,
de Londres, Inglaterra

Copyright © 1997, Paul Strathern

Copyright desta edição © 2001:
Jorge Zahar Editor Ltda.
rua Marquês de São Vicente 99, 1º andar
22451-041 Rio de Janeiro, RJ
tel (21) 2529-4750 / fax (21) 2529-4787
editora@zahar.com.br
www.zahar.com.br

Todos os direitos reservados.
A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo
ou em parte, constitui violação de direitos autorais. (Lei 9.610/98)

Ilustração: Lula

ISBN: 978-85-378-0444-5

Arquivo ePub produzido pela **Simplíssimo Livros**
