

dos sistemas Biológicos” que é opcional), pouco se pode esperar do que pode ser ensinado nestas condições limitadas.

Se um dia se puder chegar a um amplo consenso entre os químicos e cientistas de áreas relacionadas sobre a integração da Evolução Química como parte fundamental e integrante da química, esforçar-me-ia pessoalmente pela introdução desta matéria numa fase inicial do *currículo* universitário (por exemplo no 2.º ano da Universidade). A Evolução Química seria uma cadeira obrigatória a ser introduzida tanto a nível introdutório como (mais tarde) a nível avançado. Penso que resultaria imediatamente da parte dos alunos um grande aumento de motivação e interesse pelos problemas mais fundamentais da química e da ciência em geral. Posso prever que os colegas dos departamentos de física, matemática, astronomia, filosofia, geologia se uniriam nesse esforço comum, e cada faculdade contribuiria para um curso introdutório acerca de como ocorreu o começo da Vida na Terra (ou em qualquer outro lugar?). Teríamos assim mais uma grande oportunidade para ultrapassar o

lamentável fosso existente entre as ciências naturais e a filosofia, para não mencionar muitas outras lacunas, mais estreitas mas igualmente profundas, existentes no seio das próprias ciências naturais e que possivelmente seriam ultrapassadas. Cientistas e estudantes poderiam reaprender a exprimir-se numa linguagem comum e a retomar formas de comunicação que se perderam há séculos! Estou plenamente convencido de que só este objectivo justificava o grande esforço exigido e possivelmente também contribuiria significativamente para a compreensão comum da origem da vida e da espécie humana e (inconscientemente!) para uma reformulação profunda do humanismo cosmopolita uma vez que então se aceitaria que o *Homo sapiens* tem realmente uma origem única e natural.

- (1) Quando neste texto falamos de “Alemanha” ou “Alemão” referimo-nos apenas a observações recolhidas na República Federal da Alemanha; no entanto a orientação tradicional no sistema educacional da República Democrática Alemã é igualmente forte.

ORIGENS DA VIDA: ALGUNS PROGRESSOS E PROBLEMAS RECENTES

É para mim um grande prazer contribuir com uma breve introdução para esta secção trimestral do Boletim da Sociedade Portuguesa de Química devotada às Origens da Vida. Não há dúvida de que o grau com que pudermos aplicar o conhecimento contemporâneo dos princípios químicos à compreensão da complexidade resultante da evolução dos organismos vivos é um teste às capacidades cognitivas da nossa ciência. Os meus parabéns e as maiores felicidades à Sociedade neste seu novo empreendimento!

A. I. Oparin foi o principal responsável pelo renascimento do interesse pela origem da vida como tema de investigação científica. A influência de Oparin e de H.C. Urey no trabalho de S.L. Miller e nas tentativas posteriores de estudo experimental da origem da vida foi documentada em muitos artigos de revisão e livros (ver, por exemplo, Miller e Orgel, 1974; Fox e Dose, 1977). As numerosas conferências internacionais que se têm realizado sobre este tema constituem já uma tradição estabelecida, e as actas destes encontros constituem um registo fascinante do progresso neste campo (Clark e Synge, 1959; Fox, 1965; Buvet e Ponnampertuma, 1971; Oró e outros, 1974; H. Noda, 1978; Y. Wolman, 1981). Nos últimos anos os temas de interesse estendem-se por um largo espectro, desde a formação de moléculas simples até à atmosfera e hidrosfera primitivas até à auto-replicação de polinucleótidos e à origem do código genético. Estes temas ocupam os extremos mais afastados possíveis da série dos problemas exequíveis, uma vez que se referem

Alan W. Schwartz(*)

— em certo sentido — ao princípio e ao fim do período de evolução química.

A COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA PRIMITIVA E O PROBLEMA DAS FONTES DOS REAGENTES CRÍTICOS

As pedras básicas constitutivas dos sistemas biológicos são sintetizadas segundo uma lista particularmente reduzida de reacções envolvendo reagentes simples e correntes. Exemplos destas reacções são a formação de açúcares a partir de formaldeído (a reacção das *formoses*), a formação de certos aminoácidos, purinas e pequenas concentrações de uracilo, entre outros produtos, a partir de HCN (oligomerização de HCN), e a síntese de uma grande variedade de amonoácidos a partir de aldeídos simples e HCN (síntese de Strecker). Na Figura 1 são sumarizados os esquemas mais importantes destas sínteses. Em algumas áreas torna-se necessário invocar alguns sistemas de reacções adicionais, tal como a síntese da citosina a partir de cianoacetaldéído e guanidina. Todos estes reagentes são produzidos directamente em atmosferas modelo constituídas por N_2 e pequenas concentrações de CH_4 e H_2O , excepto a guanidina que é um produto da oligomerização de HCN. Existem contudo grandes dúvi-

(*) Laboratory of Exobiology, Faculty of Science, The University, Nijmegen, Holanda.

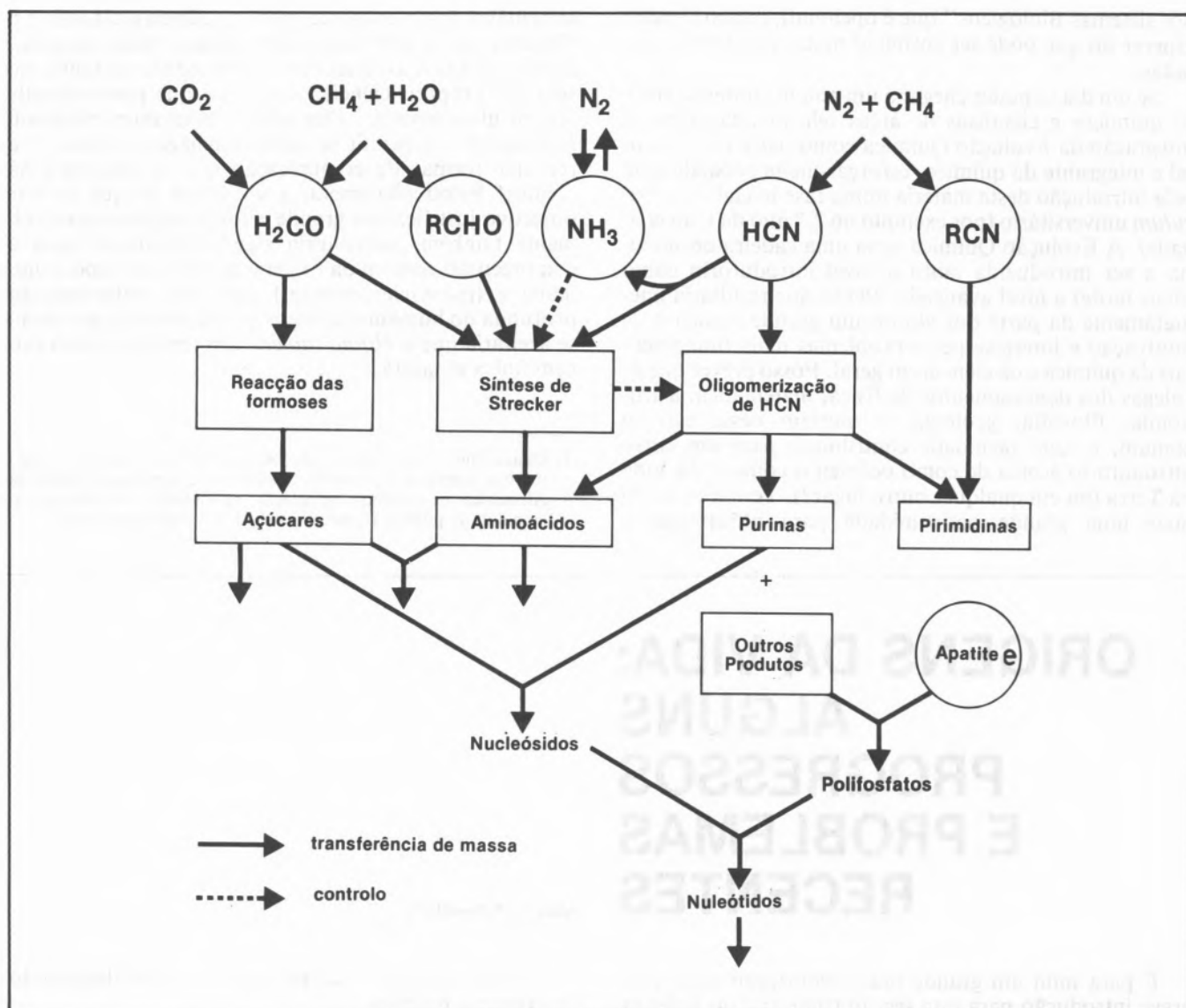


Fig. 1

Vista geral dos percursos chave para a síntese prebiótica das pedras base constitutivas dos sistemas biológicos (de Schwartz, 1983)

das de que tenha existido metano na atmosfera por um período de tempo suficientemente longo, ainda que em pequenas concentrações (1-10%), para assegurar o fornecimento constante de reagentes para a evolução química.

Um outro problema é o de saber como se terá produzido o amoníaco de Strecker e como se terá mantido em concentração apreciável apesar da sua esperada rápida decomposição (Para uma revisão recente destes problemas ver Schwartz, 1983. O conhecimento actual sobre o estado reduzido da atmosfera primitiva é revisto por Chang e outros, 1983). Mantém-se um debate bastante animado que conduziu a um aumento de interesse relativamente ao que poderia ser descrito como um mecanismo "autotrófico" para a origem da vida (ver, por exemplo, Hartman, 1975; e Chittenden e Schwartz, 1981). Estas considerações, contudo, trazem dúvidas não tanto sobre as ideias gerais da evolução química mas sobre a questão desta ter sido um processo planetário em grande escala ou ter requerido condições especiais (por exemplo, a "sopa primitiva" de Oparin e Haldane contra os minerais argilosos de Bernal).

PROGRESSOS RECENTES NA QUÍMICA DA OLIGOMERIZAÇÃO DO HCN

A única fonte de adenina e das outras purinas tida geralmente como um processo plausível na Terra primitiva é a oligomerização do HCN. A síntese da adenina, originalmente descrita por Oró, em soluções fortemente amoniacas de HCN, foi mais tarde descrita como decorrendo em soluções mais diluídas de HCN sem adição de NH_3 (Voet e Schwartz, 1981 e referências aí incluídas). Demonstrámos recentemente que a oligomerização do HCN e a síntese da adenina são estimuladas por formaldeído, ambas tanto à temperatura ambiente como em soluções diluídas congeladas (Schwartz e outros, 1982; Schwartz e Goverde, 1982). Embora se possa produzir alguma adenina directamente em soluções amoniacais sem hidrólise adicional (Oró e Kimball, 1962), tanto a cinética da reacção como estudos subsequentes sugeriram o envolvimento dum precursor desconhecido. Tal precursor foi recentemente identificado, tendo-se verificado tratar-se de adenina-8-carbonizamida (Figura 2). Será interessante estudarem-se as propriedades desta

purina, uma vez que é produzida em concentrações iniciais muito mais elevadas do que as da própria adenina.

Passando ao nível de organização, foi possível sintetizar, nucleósidos de purinas, mas esta reacção falha no caso das pirimidinas. A despeito do muito esforço despendido por diversos grupos de investigadores, este permanece num problema difícil. A fosforilação de ambas as classes de nucleósidos para produzir nucleótidos e mesmo pequenos oligonucleótidos, usando uma vez mais produtos de oligomerização do HCN, não apresenta dificuldades adicionais (Lohrmann e Orgel, 1974; Schwartz, 1974).

O MECANISMO GENÉTICO COMO DEFINIÇÃO FUNCIONAL DA VIDA

Alguns autores sugeriram que o mecanismo genético actual representa uma estrutura que "tomou conta" da tarefa de impressão final da informação celular proveniente dum mecanismo inorgânico anterior e mais primitivo (Cairns-Smith, 1971). A possibilidade de que esta ultrapassagem genética tenha acontecido não pode ser refutada, mas duvida-se de que seja uma hipótese necessária ou mesmo útil. O problema da origem do aparelho genético pode ser abordado a partir de dois pontos de vista diferentes: a partir da bioquímica contemporânea para trás, na direcção das origens, ou a partir dos detalhes da química prebiótica, tentando projectar para a frente no tempo evolutivo. Em qualquer dos casos o problema da origem do aparelho genético representa o horizonte desse ponto de vista. Até que sejamos capazes de propôr modelos detalhados para estados hipotéticos intermediários na evolução deste mecanismo, é-nos permitido utilizar, embora bastante arbitrariamente, o instante temporal da sua aquisição como definindo a fronteira entre o vivo e o não vivo. Presentemente, existem apenas conhecimentos muito limitados de como surgiu o processo de tradução de polinucleótidos codificados em polipéptidos funcionais (para uma revisão deste domínio ver Schuster, 1981). Contudo, têm-se obtido sucessos

mais apreciáveis nas tentativas para modelar o processo de replicação dos ácidos nucleicos.

PROCESSOS RECENTES NA MODELAÇÃO DA REPLICAÇÃO DE POLINUCLEÓTIDOS

O progresso mais excitante foi talvez alcançado na área da síntese de polinucleótidos. Trabalhos recentes de Orgel e seus colaboradores demonstraram que, a partir de 2-metilimidazólios de 5'-AMP (metafosfato de adenina) ou GMP (metafosfato de guanina), podem sintetizar-se polinucleótidos bastante longos (40-50 unidades) contendo A (adenina) ou G (guanina), em matrizes de poli U (uracilo) ou poli C (citosina), respectivamente. A polimerização é notavelmente estereoselectiva, produzindo quase exclusivamente a ligação natural 3'-5' (Inoue e Orgel, 1983a). Embora a técnica de polimerização dirigida por matrizes não seja aplicável à polimerização de imidazoles nucleotídicos pirimidínicos em matrizes polipurínicos, estes compostos podem ser incorporados, juntamente com nucleótidos purínicos, por meio de uma matriz mista contendo C como componente maioritário (Inoue e Orgel, 1983b). Esta reacção foi desenvolvida como modelo da polimerase do ARN, embora tenha implicações claras no que respeita à evolução química. Um problema sério ao tentar fazer-se tal extrapolação é, evidentemente, a questão da origem da primeira matriz. Além disto, a importância da citosina como um componente necessário à matriz, devido ao efeito estabilizador do par de bases C-G (ver Schuster, 1981), cria um problema especial, uma vez que a citosina é hidrolizada rapidamente em solução para dar uracilo (Miller e Orgel, 1974). É então necessário imaginar-se que tenha havido uma reposição sintética contínua de citosina na Terra primitiva, bem como uma reposição sintética contínua da citidina e do polinucleótido contendo citidina. Isto coloca um embaraço adicional na sequência dos factos imagináveis para síntese prebiótica, uma vez que nenhuma síntese de "disparo único" será suficiente: é necessário um processo contínuo.

Como sempre, novos avanços neste campo tendem a produzir novas questões. O sucesso da síntese de polinucleótidos em matrizes (usando um polinucleótido pré-formado) aumenta unicamente a premência da pergunta de onde veio o primeiro polinucleótido. É de esperar que, no contexto da investigação em evolução química, em progresso crescente, venham em breve a surgir mais respostas.

REFERÊNCIAS

- BUVET, R. E PONNAMPERUMA, C., Editores; 1971. *Chemical Evolution and the Origin of Life*. North-Holland, Amsterdam, 560 pp.
- CAIRNS-SMITH, A.G., 1982. *Genetic Takeover and the Mineral Origins of Life*. Cambridge University Press, 477 pp.
- CHANG, S., DES MARAIS, D., MACK, R., MILLER, S.L. e STRATHEARN, G., 1983. *Prebiotic Organic Synthesis and the Origin of Life*. In: J.W. SCHOPT (Editor), *Origin and Evolution of Earth's Earliest Biosphere: An Interdisciplinary Study*. Princeton University Press, em impressão.
- CHITTENDEN, G.J.F. e SCHWARTZ, A.W., 1982. Prebiotic photosynthetic reactions. *BioSystems* 14, 14-31.
- CLARK, F. e SYNGE, R.L.M., Editores; 1959. *The Origin of Life on the Earth*. Pergamon Press, London, 691 pp.
- FOX, S.W., Editor; 1965. *The Origins of Prebiological Systems and of Their Molecular Matrices*. Academic Press, New York.
- FOX, S.W. e DOSE, K., 1977. *Molecular Evolution and the Origin of Life*, 2.^a ed. (Marcel Dekker Inc., New York).
- HARTMAN, H., 1975. Speculations on the Origin and Evolution of Metabolism. *J. Mol. Evol.*, 4: 359-370.

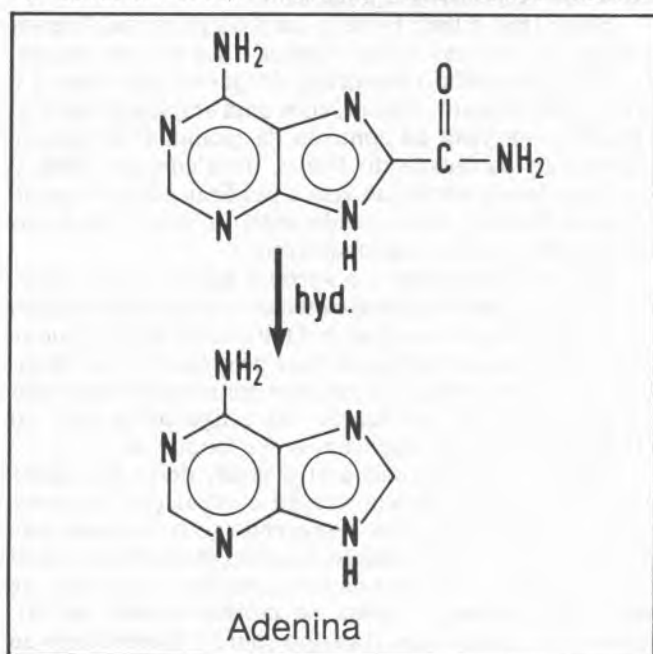


Fig. 2 — A adenina é produzida por descarboxamidação do precursor adenina-8-carboxamida. Os rendimentos em precursor obtidos para oligomerização em soluções de HCN são da ordem de 0,1 % (baseados no HCN inicial).

- INOUE, T. e ORGEL, L.E. (1983a), The Oligomerization of 2-MeImpG on Poly(C)-An RNA Polymerase Model, *J. Mol. Biol.*, em impressão.
- INOUE, T. e ORGEL, L.E. (1983b), A Non-Enzymatic RNA Polymerase Model. *Science*, 219: 859-862.
- LOHRMANN, R. e ORGEL, L.E., 1973. Prebiotic Activation Processes. *Nature*, 244: 418-420.
- MILLER, S.L. e ORGEL, L.E. (1974), The Origins of Life on the Earth (Prentice-Hall, New Jersey) 229 pp.
- NODA, H., Editor; 1978. Origin of Life. Center for Academic Publications Japan, 637 pp.
- ORÓ, J., MILLER, S.L., PONNAMPERUMA, C. e YOUNG, R.S., Editores; 1974. Cosmochemical Evolution & the Origins of Life. Volumes I e II. D. Reidel, Dordrecht, 523 and 334 pp.
- SCHUSTER, P. (1981), Prebiotic Evolution. In Gutfreund, H. (ed.), Biochemical Evolution, Cambridge University Press, pp. 15-87.
- SSHWARTZ, A.W. e GOVERDE, M., 1982. Acceleration of HCN Oligomerization by Formaldehyde and Related Compounds: Implications for Prebiotic Syntheses. *J. Mol. Evol.*, 18: 351-353.
- SCHWARTZ, A.W., 1974. An Evolutionary Model for Prebiotic Phosphorylation. In: K. DOSE, S.W. FOX, C.A. DEBORIN e T.E. PAVLOVSKAYA (Editores), The Origin of Life and Evolutionary Biochemistry. Plenum, New York, pp. 435-443.
- SCHWARTZ, A.W., 1983. Chemical Evolution: The First Stages. *Naturwissenschaften*, em publicação.
- SCHWARTZ, A.W., JOOSTEN, H. e VOET, A.B., 1982. Probiotic Adenine Synthesis via HCN Oligomerization in Ice. *BioSystems*, 15: 191-193.
- VOET, A.B. e SCHWARTZ, A.W., 1981. HCN Oligomerization-Isolation and Preliminary Characterization of A New Precursor of Adenine. In: WOLMAN, 1981, pp. 217-223.
- WOLMAN, Y., Editor; 1981. Origin of Life. D. Reidel, Dordrecht, 613 pp.

LABORATÓRIOS DE QUÍMICA INSTALAÇÃO E FUNCIONAMENTO

Hernâni Maia
Universidade do Minho

Iniciamos hoje a publicação duma série de artigos sobre a instalação e funcionamento de laboratórios de química. O primeiro artigo desta série é um fac semile dum trabalho da autoria de Ferreira da Silva, publicado no Correio Médico em 1893, sobre o Laboratório Municipal de Química do Porto.

Por 1881 o Professor A.J. Ferreira da Silva, a quem está ligada a fundação da Revista e da Sociedade Portuguesa de Química, terminou a análise das águas do rio Sousa que a Câmara Municipal do Porto pretendia então utilizar para abastecimento da cidade. O sucesso alcançado com este projecto levou a mesma Câmara Municipal a reconhecer a necessidade de laboratórios para controlo químico da qualidade e a criar no ano seguinte, 1882, o Laboratório Municipal de Química do Porto, para a direcção do qual nomeou aquele ilustre químico. Os laboratórios foram então modeladamente equipados para a época e neles foram realizados numerosos e importantes trabalhos no campo da Química, nomeadamente sobre química legal e toxicologia e sobre química aplicada à higiene, à alimentação, à hidrologia, à farmácia, à indústria, ao comércio e à agricultura.

Pouco tempo após a sua fundação, o Laboratório Municipal de Química do Porto veio também a ser uma verdadeira escola de pós-graduação em Química, concedendo estágios de dois anos a licenciados, especialmente em medicina e farmácia. Por razões aparentemente pueris, este laboratório veio a ser extinto vinte e cinco anos após a sua fundação, ainda com Ferreira da Silva a ocu-

par o lugar de director, deixando assim um vazio que nunca foi preenchido. O seu espólio transitou para a Faculdade de Ciências do Porto, aonde, pelo menos até aos anos sessenta, foi encontrada utilidade para uma boa parte dos respectivos equipamentos.

Entre 1884 e 1885 Ferreira da Silva publicou diversos artigos nas revistas Saúde Pública e La Nature, descrevendo o Laboratório Municipal de Química do Porto e o seu funcionamento. Porém, após uma ampliação das instalações com vista ao controlo da qualidade do gás de iluminação da cidade do Porto, instalado em 1889, o ilustre químico portuense veio a publicar novo artigo no Correio Médico, descrevendo então a nova forma das instalações e o seu funcionamento.

Em justa homenagem a Ferreira da Silva e em comemoração, se não do primeiro século da exemplar criação do Laboratório Municipal de Química do Porto, que se completou no ano passado, mas pelo menos dos trabalhos da sua instalação, e também em comemoração dos noventa anos da publicação do artigo atrás referido (1893-1983), aqui o publicamos em *fac semile*.

Estando o nosso país a atravessar, desde há alguns anos, um período de construção e instalação de novos laboratórios de química e prevendo-se o interesse que poderá vir a ter a divulgação daqueles já instalados, com este trabalho de Ferreira da Silva iniciamos uma série de artigos neste domínio. Assim, no próximo número do Boletim publicaremos um trabalho sobre o Laboratório de Química da Universidade do Minho, e aqui deixamos desde já um convite para que nos sejam enviados novos trabalhos para publicação nesta série.

H.M