

10. ABR. 1983



# O MOCHO

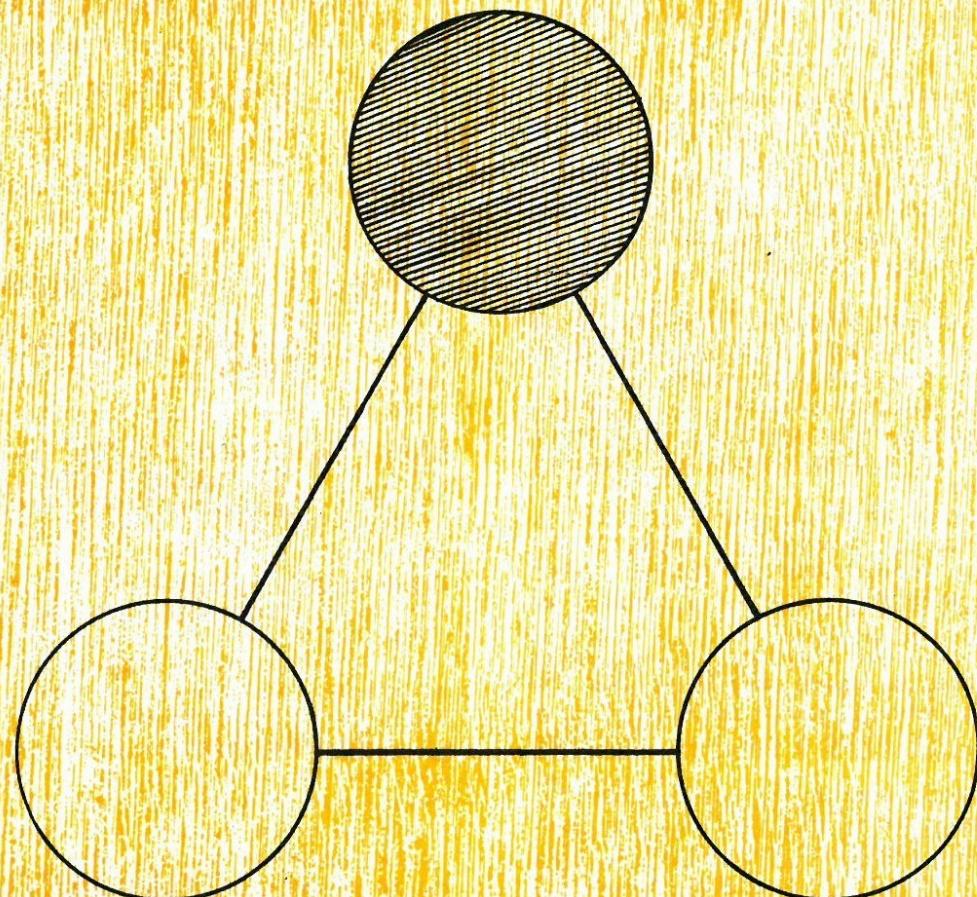
REVISTA DE ESTUDANTES DA F.C.T.U.C.

nº 7

dezembro 1981

UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
FACULDADE DE CIÉNCIAS

BIBLIOTECA MATEMÁTICA



## O MUNDO DAS PARTICULARES

# EDITORIAL

Apesar das más línguas comentarem que "O MOCHO" é um bicho em vias de extinção, a verdade é que de quando em vez o seu pio sábio vai provando categoricamente o contrário. Tal como hoje.

Será aliás inútil qualquer referência às qualidades deste velho pensador. Com um conhecimento, todo ele feito de rigor científico, mas também duma sabedoria intrinsecamente empírica, "O MOCHO" não gosta depiar muitas vezes, porque acredita plamente que "quem muito pia pouco avança".

É pois natural que muitos dos mais novos nesta casa ainda não o conheçam.

Visitando-nos de tempos a tempos o "MOCHO" não pode deixar de piar contra o problema do começo das aulas do 1º ano que não vê resolvido sempre que por cá aparece.

Feitas que foram as experiências do profédico e do 12º ano, o problema não ficou resolvido e estes alunos continuam a ter um ano lectivo mais pequeno, com a correspondente sobrecarga de matéria e grande percentagem de chumbos.

Como isto por si só não bastasse surge agora o atraso no início das aulas dos outros anos na maioria dos cursos desta casa, com todas as consequências imprevisíveis de um ano de exceção.

Bom, mas na sua essência "O MOCHO" é o mesmo. E nunca será de mais recordar a história simples deste nosso querido bicho.

Apareceu pela primeira vez na F.C.T.U.C. em 77; um pouco surpreendentemente ofereceu-se como "porta-voz" das nossas mensagens, dos nossos conhecimentos.

Ponto sempre um pouco obscuro, foi o porquê da sua saída da árvore e da opção de vida entre nós. Mas acreditamos que foi um acto de coragem e de sacrifício, como o é ainda o seu pio hoje.

O entusiasmo que a princípio lhe dedicámos foi esmorecendo na mesma medida em que "O MOCHO" começou a fazer já parte da F.C.T.U.C. e é por isso que admiramos a sua boa vontade em cá se manter.

Conhecemo-lo como bicho sábio, aberto, e com um brio invulgar na sua profissão de porta-voz, e por isso lembramos que adiram a ele. Falem-lhe daquilo que sabem e do que têm dúvidas, para que "O MOCHO", sempre com amigos, nunca se recorde, com demasiada saudade, de sua velha árvore.

PIU!!!

Os artigos assinados são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.



## O MOCHO

REVISTA DE ESTUDANTES DA FACULDADE  
DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Nº 7

DEZEMBRO 1981

Redacção: Biblioteca - DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - COIMBRA

Equipa Coordenadora: Carlos Leal, Daniela Morujão, Manuel Fiolhais, Margarida Mano, Margarida Silva, Natália Almeida.

Composição e Impressão: Serviço de Textos da Universidade de Coimbra.

\*

NA CAPA: Protão

## SUMÁRIO

	Pág.
Crise energética	3
Sofia Kovalewsky	5
O mundo das partículas	7
Jardins Botânicos	12
A Aterosclerose	14
Demonstrar o impossível	17
Lasers	19
Ponto de interrogação	23

# CRISE ENERGÉTICA

GUIDA MANO

Em Outubro de 1973 a sociedade, reconstruída após a 2<sup>a</sup> Guerra Mundial, sofre a primeira crise energética profunda.

Com a guerra israelo-árabe do Kippour agudiza-se o problema latente já há alguns anos, devido à incessante procura de petróleo. Em Dezembro do mesmo ano este produto sofre um aumento considerável e a partir daí o problema da resolução da crise estava eminente.

Efectivamente as fontes de onde provém a energia utilizada no mundo inteiro podem-se agrupar em dois blocos. Por um lado as fontes energéticas que estão intimamente ligadas com a Terra (energia térmica, mecânica, dos oceanos, ventos etc.) fontes essas que apresentam a grande vantagem de serem inesgotáveis mas que desempenham um papel insignificante na energia utilizada mundialmente. Por outro lado a de combustíveis fósseis (urânia, hulha, petróleo, gás natural, etc.) que apresentam vantagens consideráveis como a facilidade de transporte e armazenamento mas que são recursos não-renováveis.

Sendo a procura mundial de energia saciada principalmente pelos recursos não-renováveis, o problema do esgotamento destas fontes de energia é a base da crise da década de setenta. Se tivermos em conta estatísticas que atribuem ao petróleo 40 a 65% da energia utilizada e se considerarmos que estas reservas constituem 1 a 15% do total das reservas mundiais não renováveis, não será difícil, através da taxa de consumo 77/78 (3 biliões de toneladas) de prever teoricamente o esgotamento dos poços petrolíferos num prazo de 30 a 50 anos, enquanto os outros agentes energéticos existiriam em abundância.

Na realidade o problema foge bastante a qualquer estatística e sabemos que as soluções práticas não têm uma rigidez matemática que confirme a pura teoria. Nas economias de mercado por exemplo seria evidente o aumento explosivo de preços que travaria a procura antes do esgotamento da fonte energética. No entanto, perante este problema, novas hipóteses tiveram de ser aventadas e a investigação energética tornou-se uma preocupação.

## ENERGIA TERMONUCLEAR

O processo de produzir energia termonuclear não está ainda totalmente controlado pelo homem apesar de nos últimos anos os progressos terem sido encorajadores.

Trata-se dum processo de fusão de dois núcleos leves que leva à formação de um terceiro elemento com núcleo mais estável e à consequente libertação de energia. Todavia para que a fusão se possa processar é indispensável que os núcleos leves estejam a temperaturas elevadas.

No Tokamak (máquina onde se forja a fusão) não havia ainda sido conseguido alcançar temperaturas suficientemente elevadas. Apenas a partir de 1978 se conseguiram temperaturas que fazem prever a possibilidade de alcançar os 100 milhoes de graus (temperatura das estrelas).

É esta a reacção que ocorre no interior do sol e dum modo geral nas estrelas. Em termos práticos trata-se do processo utilizado na bomba de hidrogénio. As dificuldades consistiam essencialmente no dominar a explosão da bomba de forma a controlar a energia da reacção. Para tal acontecer era necessário tentar reproduzir as condições existentes no sol aquecendo os dois elementos e impedindo-os de tocarem nas paredes do recipiente (por ex. no Tokamak).

A fusão nuclear poderá ser a médio prazo uma inesgotável fonte de energia com desperdício radioactivo equivalente apenas a uma milésima parte da de um reactor nuclear vulgar.

## ENERGIA ATÔMICA

A energia atómica resulta do processo inverso da fusão termonuclear e é bastante mais fácil de controlar.

Este processo consiste na cisão de um núcleo pesado como o urânia e o plutónio em dois núcleos mais leves e a consequente libertação de energia.

Nesta reacção surge normalmente uma desintegração em cadeia que poderá originar uma explosão (se rápida), ou a construção de reactores nucleares (se controlada). A recepção em cadeia, por exemplo do urânia, é bastante semelhante à combustão da madeira que é queimada intensamente.

A energia atómica é desde a segunda guerra mundial uma fonte de energia cada vez com maior ascendente apesar de acesas críticas de uma faixa de população a nível mundial. Apesar dos inconvenientes e da profunda alteração que uma aceitação iria acarretar nas estruturas da sociedade existente, não apenas os E.U.A. e a U.

R.S.S., mas todos os países desenvolvidos duma forma geral (França nomeadamente) investem largas somas neste tipo de energia.

### ANIQUILAMENTO

É também uma forma de produzir grandes quantidades de energia através do contacto entre a matéria e a anti-matéria. Este processo está ainda longe de ser explorado, no entanto a quantidade de energia libertada é gigantesca.

Segundo dados de Berkovski o contacto entre 1 grama de matéria com 1 gr de anti-matéria produz energia capaz de iluminar durante 1 hora um país do tamanho da França (6 000 toneladas de carvão mineral).

### HIDROGÉNIO

O hidrogénio é apontado por alguns como a saída milagrosa para a crise energética.

Na realidade o hidrogénio obtido a partir da água (oceanos, rios, lagos) é um elemento que praticamente não polui e que poderia resolver muitos dos problemas que se põem.

É um elemento muito mais leve do que qualquer combustível fóssil (3 a 4 vezes mais leve) o que permite uma maior facilidade no transporte e armazenamento. A sua elevada temperatura de combustão é um ponto positivo na medida em que permite uma maior segurança. Além do mais é um produto não tóxico.

O hidrogénio é a única fonte energética utilizável para transportes visto que a energia nuclear (utilizada experimentalmente) tem desvantagens económicas.

Nos E.U.A. já circulam em experiência, autocarros a hidrogénio e prevê-se que ainda nesta década sejam comercializados aviões a hidrogénio.

Presentemente o custo do hidrogénio é bastante superior ao dos combustíveis fósseis (3 a 4 vezes mais). É possível que com a utilização em série e a vulgarização, o preço possa vir a igualar o dos combustíveis agora utilizados que será infalivelmente agravado devido ao esgotamento.

### ENERGIA SOLAR

Em 1968 um engenheiro checoslovaco propôs o aproveitamento da energia solar livre no espaço (acima da nossa atmosfera) em quantidades bastante superiores (15 vezes mais) às que nos chegam à superfície terrestre. O projecto na altura foi julgado demasiado ambicioso e de certa forma remetido para um futuro mais longínquo. No entanto com a crise aberta em 1973 a hipótese foi revista e começaram a fazer-se estudos nesse sentido.

Duma forma sintética o processo consiste na emissão da energia solar, captada por satélites em órbita estacionária, em forma de micro-ondas que na Terra seriam convertidas em electricidade.

Este tipo de energia tem, sem dúvida, vantagens apreciáveis. Nomeadamente, não seria necessário armazená-la e a produção seria quase constante visto as condições climatéricas não interferirem. As células solares que envolvem o satélite produzirão constantemente energia que poderá ser enviada por micro-ondas independentemente da hora do dia e das condições meteorológicas.

Em termos numéricos a luz solar que chega à superfície terrestre por m<sup>2</sup> contém um quilotárt de energia pelo que teoricamente a luz solar recebida em 100Km<sup>2</sup> satisfaria plenamente as necessidades humanas no período de 1 ano.

Existem também desvantagens. Uma delas é o custo. A construção de satélites e receptores, bem como a montagem de todo o sistema implicaria custos bastante notáveis. E como em qualquer sistema novo, existe a preocupação das desvantagens encobertas. É imprevisível o efeito das micro-ondas e do calor nelas contido no equilíbrio térmico da natureza, no clima, e mais especificamente nos habitats das zonas perto do receptor ... no próprio homem.

### CULTURAS AGROENERGÉTICAS

O problema das culturas agroenergéticas mais do que uma fonte de energia é um problema político e económico.

No mundo de hoje nota-se um desvio considerável dos recursos agrícolas para a utilização de culturas independentes da alimentação.

O álcool anidro está a ser experimentado no Brasil em substituição do petróleo e prevê-se a fabricação de carros a álcool numa tentativa de superar a actual crise dos transportes. Existem bastantes pesquisas nomeadamente no que diz respeito à copaíba (árvore da qual se extraí um líquido que poderia, sem necessidade de adaptação nos motores dos automóveis, substituir a gasolina).

As explorações generalizam-se e as culturas agroenergéticas são já uma realidade.

Analizando, por exemplo, a utilização do álcool, os atrativos são claros:

- diminuição substancial na poluição, visto que a sua combustão é limpa.
- o facto de ser uma energia renovável.
- a maior distribuição a nível mundial de capacidade energética, na medida que este potencial estaria tão repartido quanto a própria agricultura.
- e inclusivamente uma necessidade de aumentar o emprego, visto que todo o processo de destilação do álcool exigiria maior número de mão-de-obra do que o processo de refinação do petróleo.

No entanto as desvantagens também existem e têm a sua importância. Seria evidente que os países frios não poderiam cultivar plantas produtoras de "gasolina" excepto em estufas, o que não seria economicamente rentável. Existiria o problema da saturação das terras férteis que já

## UMA GRANDE MATEMÁTICA DO SÉC. XIX

# SOFIA KOVALEWSKY

DANIELA MORUJÃO

(1º ano Matemática)

É vulgar na época presente poderem as mulheres dedicar-se ao estudo das ciências exactas. Nem sempre assim aconteceu. Ainda no século passado a actividade científica era considerada apanágio dos homens. De entre as mulheres, só aquelas que revelavam grande talento e força de vontade indómita conseguiram frequentar a Universidade e obter um curso superior vencendo preconceitos sociais e limitações de ideais educativos. Sofia Kovalewsky foi uma delas. Não só frequentou o ensino superior como alcançou o grau de Doutora em Ciências pela Universidade de Göttingen, foi professora da Universidade de Estocolmo e a sua obra científica, versando alguns dos temas mais importantes da análise e suas aplicações, confere-lhe o 1º lugar entre as mulheres que cultivaram as ciências matemáticas.

Nasceu em Moscovo em 15 de Janeiro de 1850. Sua família pertencia à alta nobreza. Seu pai, general Corvino Krukovsky, era descendente directo dum rei da Hungria do século XIV. Sua mãe, filha de um general e neta dum astrónomo famoso, Sofia recebeu uma educação tradicional nas famílias russas aristocráticas, com mestras francesas e inglesas. Aos 12 anos de idade revelava já muitas das qualidades que mais tarde a iriam distinguir: inteligência, força de vontade, amor ao estudo e uma sensibilidade artística que se manifestava na composição de pequenas e ingênuas poesias.

O gosto pelas ciências revelou-se em Sofia durante a estadia de um seu tio, irmão da mãe, na casa paterna. Apercebendo-se este da vivacidade da criança todos os dias, após o jantar, ensinava-lhe um pouco de física e de história natural. Para Sofia estes momentos eram mais agradáveis do que muitas brincadeiras.

O encontro de Sofia com o mundo das matemáticas não deixa de ser curioso. As paredes dos quartos da casa onde moravam, em Palibino, necessitavam de ser forradas. Simplesmente, por um erro de medida, o papel não chegou para forrar completamente o quarto de Sofia e de sua irmã Anjuta e, para o terminar utilizaram-se, embora provisoriamente, folhas dum livro que servira para seu pai estudar cálculo infinitesimal. Teriam sido esses símbolos matemáticos, tornados familiares à custa de contemplados, embora incompreensíveis ainda, que orientaram inconscientemente Sofia Kovalewsky para o seu futuro de matemática eminente?

O certo é que, quando em S.Petersburgo, aos 15 anos, Sofia aprende as matemáticas elementares, a geometria analítica e os princípios de cálculo infinitesimal, suscita a admiração do professor pois os símbolos e as fórmulas que manejava pareciam-lhe velhos conhecidos.

Porque não pensar, no fim destes estudos, num curso universitário? Impossível. Na Rússia as Universidades eram vedadas ao sexo feminino. Teria de estudar no estrangeiro e para isso necessitaria de autorização paterna, autorização essa com que Sofia não contava. Sua irmã, algum tempo antes, desejava frequentar um curso de Letras numa Universidade Germânica mas não obtivera consentimento. Preconceitos de educação consideravam impróprio o estudo a nível superior para uma rapariga de tão elevada condição social.

A Rússia atravessava então uma daquelas crises periódicas que a sacudiram ao longo do século XIX e que traduziram as tensões existentes naquele vasto império entre a civilização oriental, com seus costumes despóticos e as ideias ocidentais coloridas de tolerância e de preocupações liberais. Entre a juventude a crise expressava-se na revolta contra tudo o que era tradicional, contra as ideias dos mais velhos e, especialmente, contra a autoridade familiar, com a intenção de renovar a face da Rússia, colocando-a a par das nações mais progressivas do Ocidente. Para levar a cabo este empreendimento abandonavam os jovens a casa paterna e nas Universidades alemãs e suíças iam procurar a cultura e a instrução necessárias. Muitas filhas de famílias da nobreza comungavam nesses ideais e, por meio de casamentos simulados com rapazes de ideias semelhantes iam estudar para o estrangeiro.

Sofia e sua irmã Anjuta, duas raparigas românticas, um pouco isoladas num solar aristocrata, onde os usos tradicionais imperavam e os divertimentos eram escassos, aderem a este movimento clandestino. Começa a grande aventura de Sofia. Mediante um plano habilmente arquitectado, consegue casar com Valdemar Kovalewsky, jovem estudante de geologia que desejava prosseguir os seus estudos numa Universidade alemã. Veriam separados como dois noivos; "só mais tarde se completaria o casamento, depois de terminarem os cursos universitários; entretanto o amor dos dois à ciência seria o único laço que os uniria" (1). Tinha então Sofia 18 anos.

Passado pouco tempo ela, o marido e uma amiga vão para Heidelberg. Valdemar para se dedicar ao estudo da geologia e da paleontologia, Sofia para se dedicar à matemática. Três meses se manteve em Heidelberg, seguindo os cursos do matemático Königsberger e dos físicos Helmholtz e Kirchhoff. Os elogios dos professores deram-lhe ânimo para desejar continuar estudos em Berlim com o famoso Weierstrass que aí ministrava cursos de Análise Superior. Os regulamentos em Berlim não permitiam que as mulheres assistissem aos cursos. Weierstrass, informado por Königsberger do valor de Sofia, resolveu avaliar-a por si próprio propondo-lhe três problemas difíceis na suposição de que ela não os resolvesse. Passado uma semana, porém, a jovem matemática apresentou-lhos bem resolvidos. Apesar dessa prova a Universidade não permitiu a sua frequência às aulas e o grande Weierstrass repetiu-lhe particularmente as suas lições, tornando-se Sofia a discípula predilecta e uma grande amiga da família.

A guerra franco-prussiana tem entretanto lugar. Em Janeiro de 1871, mal soube do cerco de Paris pelos Prussianos, dirige-se para essa cidade onde a irmã então vivia e, quando se deram os sucessos da Comuna, Sofia, seu marido Valdemar e sua irmã Anjuta passam dias angustiosos tratando os feridos nas ambulâncias, enquanto o noivo de Anjuta, revolucionário comunista participava nos combates. Condenado depois à morte conseguiu fugir. Com Anjuta voltou para Palibino e Sofia regressou com Valdemar a Berlim.

Quatro anos permaneceu nesta cidade, quatro anos de intenso labor, ao fim dos quais se encontrava com a saúde arruinada mas publicou três trabalhos científicos:

"O primeiro é consagrado à teoria das equações parciais. Sofia estuda de um modo profundo e elegante a questão delicada da existência de integral das equações às derivadas parciais de qualquer ordem. O segundo liga-se à teoria dos integrais abelianos. O terceiro é dedicado ao estudo mecânico dos anéis de Saturno. Neste trabalho é estudo o equilíbrio dos anéis de Saturno, questão que tinha sido considerada por Laplace na sua célebre Mecânica Celeste"(2).

Com a publicação destes trabalhos surge o seu primeiro triunfo: com base neles a Universidade de Göttingen concedeu-lhe, em 1874, uma honra extremamente rara; o grau de doutora em ciências com dispensa de provas orais.

Tendo Valdemar concluído estudos, voltam para Palibino, para casa de seus pais, onde se encontrava Anjuta e o marido; regresso que, apesar de tudo, tem pouco de glorioso. Sofia já não é a rapariga alegre e cheia de ambições e esperanças, que demandara há seis anos, terras de Alemanha. É uma criatura triste e cansada. A morte de seu pai, acontecida entretanto vem rodeá-la de solidão. É nessa altura que resolve consumar o casamento com Valdemar. Desloca-se para S. Petersburgo e depois para Moscovo onde seu marido é professor de paleontologia na Universidade. Aí lhe nasceu, em 1878, a única filha.

Poderia supor-se que Sofia, realizada a ambição científica que a sua inteligência privilegiada impunha, encontraria agora, junto do marido e da filha uma situação que lhe proporcionasse tranquilidade e equilíbrio espiritual. Tal não sucede, porém. Abandona nessa altura o estudo das matemáticas para se dedicar à criação literária; escreve uma novela, "Privat-Dozent", cujo tema é a vida universitária alemã e que alcançou grande sucesso. Seguidamente vai compondo obras de investigação matemática, alterando com trabalhos literários. O estado de espírito de Sofia vai variando entre uma intensa alegria e um grande desespero.

Valdemar suspende por essa altura os seus trabalhos científicos; envolve-se em negócios, em actividades industriais, na mira de enriquecer. Sofia, julgando-se abandonada, traz a filha a uma amiga em Moscovo e parte para Paris. Aí recebe a notícia do suicídio do marido que tinha perdido os seus bens numa empresa mineira. Tão profundamente se impressionou que teve uma doença gravíssima, chegando a perder-se as esperanças de a salvar. Os seus problemas financeiros avolumam-se; o dinheiro mal dá para viver.

A situação, porém, modifica-se graças à ajuda do matemático sueco Mittag-Leffler, professor da Universidade de Estocolmo, o maior discípulo de Weierstrass e continuador da sua obra e de sua irmã Carlota Leffler, notável romancista. Graças ao seu prestígio científico e social Mittag-Leffler conseguiu criar provisoriamente na Universidade de Estocolmo, uma cadeira de Análise Superior que Sofia foi convidada a rege, transformando-se depois em cadeira definitiva para o qual foi nomeada professora vitalícia. A presença de uma mulher na Universidade era uma situação insólita e agitou certos meios da Suécia que consideravam algo despropósito e pouco agradável uma mulher, ainda por cima nova e bonita, ensinando matemáticas superiores. Tinha Sofia nessa altura 33 anos.

Preparação de aulas, conversas científicas e literárias com os irmãos Leffler, festas em que era o centro das atenções, viagens ao estrangeiro durante as férias e vida com a filha que se lhe reuniu, fizeram dos primeiros anos na Suécia época de felicidade. Chegou mesmo a ser moda em Estocolmo os pais darem às filhas o nome de Sofia.

Contudo bem depressa atingiu a saciedade. Começou a aborrecer-se de Estocolmo, capital monótona e triste, a desejar viver numa grande cidade onde não faltasse estímulos para o estudo, mais ampla convivência e manifestações de arte mais requintada, como Paris e Berlim. Por vezes brotava na sua alma a nostalgia da pátria e arrependia-se de ter fugido de casa de seus pais.

No meio desta crise, em 1888, dá-se o encontro de Sofia com Nansen, o grande explorador dos mares polares, para os seus contemporâneos símbolo do heroísmo e da devoção à ciência. Resolvem unir-se pelos laços matrimoniais. A felicidade de Sofia não foi, porém, duradoura. Nansen pretendia que a noiva abandonasse o es-

# O MUNDO DAS PARTÍCULAS

MANUEL FOLHAIS

(5º ano Física)

De que é feita a matéria?

Volvidos vinte cinco séculos sobre a primeira tentativa de resposta a esta questão por parte dos pensadores gregos Leucipo e Demócrito, que formularam mesmo uma teoria atomista segundo a qual "todas as coisas são formadas por seres reais indivisíveis - os átomos - e vácuo", uma resposta cabal ainda não foi encontrada. Este problema, foi passando com o decorrer dos séculos do campo da mera especulação filosófica para o campo da ciência e constitui nos dias de hoje importante e fascinante objecto de investigação em física.

Durante muito tempo os átomos foram tidos como os constituintes indivisíveis da matéria. A primeira hipótese duma estrutura interna para os átomos foi proposta por J.J. Thomson, em 1904, e segundo o qual um átomo seria uma esfera uniformemente carregada com carga positiva, estando imersas no interior tal como as sementes num fruto, partículas com carga negativa - os electrões - ficando o conjunto electricamente neutro. Tal átomo seria, porém, indivisível por meios químicos, quer dizer nas transformações químicas comportava-se como uma esfera rígida. Este modelo viria a ser abandonado mais tarde por se revelar inadequado à interpretação dos factos experimentais. Foi Rutherford quem fez cair definitivamente esta tese ao analisar os resultados duma experiência de bombardeamento de uma fina folha de ouro por partículas  $\alpha$ . O átomo teria de ser constituído por uma pequena e densa região com a carga positiva toda aí concentrada - o núcleo - circundada por uma nuvem de electrões. Mais tarde constatava-se que afinal o núcleo era composto de protões e neutrões (em conjunto designados nucleões).

Partícula elementar tem sido a expressão usada para designar certo corpúsculo julgado constituinte último da matéria. Contudo, como vemos, a história da física foi demonstrando que o carácter de elementaridade traduzia afinal o então estado de (des)conhecimento. Partículas elementares foram sucessivamente os átomos; depois os nucleos e os electrões; mais tarde transitava para electrões, protões e neutrões este carácter de elementaridade. Parece pois natural perguntar se esta sequência estará terminada, ou, como alguns pretendem, se terminará mesmo.

A despeito das tentativas feitas no sentido de isolar eventuais constituintes dos protões e neutrões terem todas fracassado, a ideia de que estas partículas não são elementares no

sentido acima referido, parece cada vez mais consolidada. Aliás, experimentalmente já se deu conta da existência dum certa estrutura granular para os nucleões. Protões e neutrões devem ter uma estrutura interna que ainda é, digamos, inacessível. Contudo, se os hipotéticos constituintes destas partículas - os quarks - ainda não foram detectados, há fortes razões para não duvidar da sua existência.

Antes de falarmos sobre quarks é importante conhecer mesmo muito superficialmente a evolução da Física das Partículas desde os anos trinta. Então as partículas elementares eram quatro: o protão, o neutrão, o electrão e o neutrino. Estas eram as "partículas de matéria". À elas juntava-se uma quinta, o fotão, "quantum de radiação". As partículas de matéria tinham spin semi-inteiro ( $1/2$ ) enquanto o fotão tinha spin 1. O neutrino, partícula neutra e sem massa aparecia nos processos de emissão  $\beta$ . Refira-se que às quatro citadas partículas correspondem as seguintes antipartículas: o antiproto, o antineutrão, o antielectrão (positrão) e o antineutrino. Uma vez conhecidas estas partículas importava classificá-las e agrupá-las em famílias. Foram considerados dois grupos de partículas: os leptões (partículas leves) e os hadroes (partículas pesadas). Este segundo grupo era constituído pelo protão e neutrão, formando o electrão e o neutrino o grupo dos leptões. O fotão constituía sózinho um terceiro grupo. Estas considerações podem-se resumir no quadro seguinte onde se apresentam algumas características das partículas:

	PARTÍCULA	MASSA	SPIN	CARGA
hadroes	protão (p)	938,28	1/2	+e
	neutrão (n)	939,57	1/2	0
leptões	electrão(e)	0,51	1/2	-e
	neutrino( $\nu$ )	0,00	1/2	0
	fotão ( $\gamma$ )	0.00	1	0

(os valores de massa referem-se à massa de repouso e vêm expressos em MeV - milhão de electrões-volt. Recorda-se que a massa e energia são equivalentes, equivalência que se expressa em termos da relação de Einstein  $E=mc^2$ , e que  $1 \text{ MeV} = 1,783 \times 10^{-27} \text{ g}$ . Os valores de carga vêm em unidades de carga e, no electrão igual a  $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ ).

Cada uma das partículas desempenhava um papel bem definido na constituição da matéria. A situação parecia clara: as cinco partículas elementares mais quatro tipos de interacções entre elas pareciam ingredientes suficientes para explicar a existência das coisas. Estas quatro interacções entre partículas elementares são as gravitacionais, as electromagnéticas, as fortes e as fracas. A interacção gravitacional é de todos bem conhecida pois é a que está em jogo no movimento de queda das maças para a terra, no movimento das estrelas, das galáxias, etc.. A interacção electromagnética também é relativamente familiar sendo uma sua manifestação a força repulsiva entre cargas do mesmo sinal e a força atractiva entre cargas de sinais contrários. Esta interacção é, ao contrário da anterior, só entre partículas carregadas. A interacção electromagnética está na origem da formação de átomos e moléculas. Nas interacções fortes só participam os hadrões, devendo-se a estabilidade dos núcleos a este tipo de interacção. A interacção fraca é responsável entre outros pelos processos de emissão de partículas  $\beta$  por parte de certos núcleos, processo que é de duas ordens: transformação dum neutrão, num protão, num electrão e num antineutrino; e transformação dum protão num neutrão, num positrão e num neutrino. Simbolicamente:

$$n = p + e^- + \nu \quad p = n + e^+ + \nu$$

Voltando à história da física das partículas elementares, em 1937 era detectada nos raios cósmicos uma nova partícula carregada negativamente: o muão ( $\mu$ ). Esta partícula vinha pôr em causa o quadro anterior de partículas elementares. Alias, pior que isso, não se sabia mesmo que papel atribuir ao muão na estrutura da matéria. Viria a concluir-se que se tratava dum leptão mas mais pesado que o electrão. Porém, complicações maiores haveriam de surgir.

Após a 2.ª Guerra Mundial e com o desenvolvimento dos aceleradores de partículas foi possível detectar a existência de dezenas e dezenas de outras partículas quer mais leves quer mais pesadas que os nucleões. A simetria entre hadrões e leptões patente no quadro anterior ficava completamente quebrada. É que além da quantidade e variedade de hadrões descobertos (o termo agora aplicado a todas as partículas que participam nas interacções fortes) elas evidenciavam spins quer inteiros quer fracionários. No fim dos anos cinquenta, e como corolário de intenso trabalho experimental, as características de um grande número de hadrões estavam conhecidas o que veio a permitir iniciar o trabalho teórico de organização e classificação das novas partículas. Reinava o caos. Agora não era só o muão a ter de ser considerado inútil, era um número muito grande de outras partículas, muitas das quais com tempos de vida do ordem dos  $10^{-23}$  s. Veja-se o quadro seguinte, uma lista parcial das partículas elementares com tempos de vida superiores a  $10^{-20}$  s. Nesta lista figura o neutrino  $\nu_\mu$  "companheiro" do muão no sentido em que ve o e do electrão (ícones com barra em cima designam antipartículas).

	PARTICLE	SYMBOL	CHARGE	MASS ( $10^8$ ELECTRON VOLTS)	LIFETIME (SECONDS)
LEPTONS	PHOTON	$\gamma$	0	0	~
	NEUTRINO	$\nu_e$ , $\bar{\nu}_e$ , $\nu_\mu$ , $\bar{\nu}_\mu$	0	0	~
	ELECTRON	$e^-$	-e	0.511	~
	MUON	$\mu^-$	-e	105.66	$2.199 \times 10^{-6}$
HADRONS	PION	$\pi^+$ , $\pi^0$ , $\pi^-$	-e	139.57	$2.602 \times 10^{-8}$
	KAON	$K^+$ , $K^0$ , $K^-$	-e	493.71	$1.237 \times 10^{-8}$
	ETA	$\eta$	0	548.8	$2.50 \times 10^{-17}$
	PROTON	$p$ , $\bar{p}$	-e	938.259	~
	NEUTRON	$n$ , $\bar{n}$	0	939.553	918
	LAMBDA HYPERON	$\Lambda$ , $\bar{\Lambda}$	0	1.115.59	$2.521 \times 10^{-10}$
	SIGMA HYPERON	$\Sigma^+$ , $\Sigma^0$ , $\Sigma^-$ , $\bar{\Sigma}^0$	-e	1.189.42	$8.00 \times 10^{-11}$
	CASCADE HYPERON	$\Xi^0$ , $\Xi^+$ , $\Xi^-$	0	1.192.48	$< 10^{-14}$
	OMEGA HYPERON	$\Omega^-$	-e	1.197.34	$1.484 \times 10^{-10}$
				1.314.7	$2.98 \times 10^{-10}$
				1.321.3	$1.672 \times 10^{-10}$
				1.672	$1.3 \times 10^{-10}$

A primeira organização dos hadrões consistiu em agrupá-los em pequenas famílias chamadas multipletos de carga ou multipletos de spin-isotópico. Dentro de cada família as massas são aproximadamente as mesmas bem como outras características excepto carga eléctrica. Por exemplo, protão e neutrão formam um dobleto: ambos são considerados como duas manifestações de um único estado de matéria - o nucleão - com uma massa de 939 MeV. Em 1962 os multipletos de carga eram organizados em "supermultipletos" que revelavam relações entre partículas que diferiam noutras propriedades para além da carga. Muito sumariamente diremos que esta classificação consiste em agrupar os hadrões em famílias em que o elemento comum é o spin. Cada família é então desdobrada de acordo com dois números quânticos, um de spin-isotópico (que é uma medida do número de partículas nos já referidos multipletos de carga); o outro é o número quântico de estranheza. Este número quântico foi introduzido nos anos cinquenta para descrever hadrões ditos estranhos pois os seus tempos de vida eram anormalmente longos, indo de  $10^{-10}$  a  $10^{-23}$  s, tempos enormes comparados com  $10^{-17}$  s. Este número quântico de estranheza dá conta da distribuição da carga nos multipletos..

Este tipo de classificação das partículas elementares levantava porém algumas objecções. É neste contexto que em 1964 os físicos Gell-Mann e Zweig, independentemente, propõem novo esquema que consiste em interpretar os hadrões como estados ligados de partículas mais elementares. Esta hipótese não é mais que a repetição da hipótese atomista de Dalton. Alias parece natural procurar explicar um número muito grande de formas mais ou menos complexas em termos de diferentes arranjos de um número pequeno de objectos. Este esquema já se tinha mostrado bem sucedido quando foi sucessivamente aplicado às moléculas, aos átomos e aos núcleos. As partículas elementares que, agrupadas de diferentes maneiras originam os vários hadrões são os quarks. Houve, de início, necessidade de três quarks (e claro, três antiquarks). Estas partículas devem ter propriedades bastante cu-

riosas, entre elas a carga. Todas as partículas conhecidas têm uma carga que é múltiplo inteiro da carga do electrão. Porém os quarks devem ter cargas fraccionárias. O problema consistia agora em atribuir determinadas propriedades aos quarks e sabê-los agrupar por forma a originarem os hadrões conhecidos.

Os hadrões podiam-se dividir em dois grandes grupos: os bariões e os mesões (ver quadro anterior). Estes distinguem-se daqueles através de um número quântico, o número quântico bariônico que assume o valor 1 para os bariões e o valor 0 para os mesões (-1 para os antibariões). Leptoess também têm número bariônico 0. O primeiro modelo de quarks baseava-se em três regras simples:

- mesões são constituídos por quark-antiquark:  $Q\bar{Q}$
- bariões são constituídos por três quarks:  $QQQ$
- antibariões são constituídos por três antiquarks:  $QQ\bar{Q}$

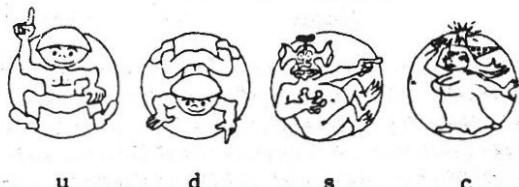
O estabelecimento das propriedades (massa, carga, número bariônico, spin, estranheza, etc.) de cada um dos quarks foi feito com base nos valores que estas grandezas tomam nos diferentes hadrões, e com base nas regras anteriores. De qualquer combinação destes quarks resultava uma partícula conhecida. Para classificar os hadrões, temos vindo a dizer, são precisas certas quantidades designadas "números quânticos" associados a certas leis de conservação. Interessa-nos aqui considerar os chamados números quânticos internos, os que seleccionam transições entre hadrões. Um número quântico interno "inventa-se" do seguinte modo: vê-se experimentalmente se é ou não possível a transição entre dois grupos de partículas, isto é, se um grupo de partículas podem interactuar dando origem a um outro grupo de partículas; se a reacção não se verificar não obstante a conservação dos números quânticos conhecidos para cada grupo não "impedirem" que ela se dê, então é porque há pelo menos um outro número quântico que tem valores diferentes num e outro grupo, o que não permite a reacção. Ilustraremos com um exemplo: a reacção  $n \rightarrow e^+ + e^-$  não se pode dar. Há conservação da carga mas não há, por exemplo do número bariônico (0 para o electrão e positrão e 1 para o neutrão).

Os transportadores dos números quânticos são os quarks. O número quântico de spin e bariônico para qualquer dos três quarks deverá ser  $1/2$  e  $1/3$  respectivamente, características estas comuns a todos os quarks mas outras há que são diferentes. Quarks que transportem um conjunto diferente de números quânticos diz-se terem "sabores" diferentes. Como referimos o primitivo modelo de quarks requeria 3 quarks, quer dizer havia três sabores, que costumam ser designados por  $u, d, s$  este último transportando uma característica que os outros não evidenciam - a estranheza. Os hadrões estranhos (no sentido antes referido) têm este quark na sua constituição. A estes sabores veio-se juntar um outro introduzido teoricamente ainda nos anos sessenta. O novo quark( $c$ ) tinha uma característica que o distingua dos restantes: o "charme". No

quadro seguinte apresentam-se algumas características dos quarks  $u, d, s, c$ .

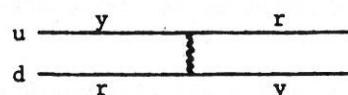
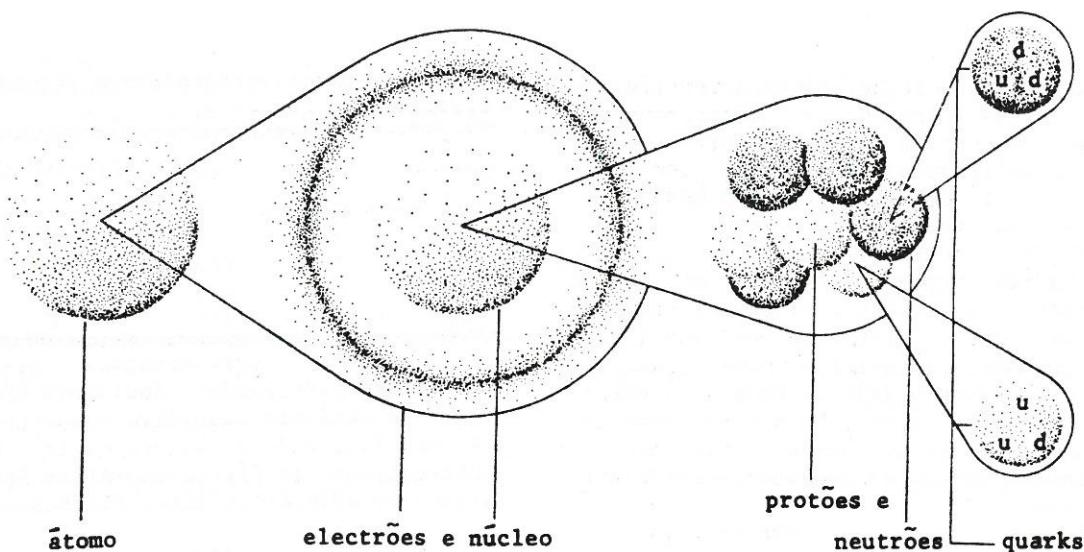
Símbolo	Massa (Mev)	Carga	Estranheza	Charme
d	338	-1/3	0	0
u	336	2/3	0	0
s	540	-1/3	-1	0
c	1500	2/3	0	1

Algumas representações gráficas dos quarks têm sido usadas. Indicamos uma na figura seguinte bastante sugestiva e que foi apresentada pelo físico A. de Rujula na 18.ª Conferência Internacional de Física das Altas Energias realizada em 1976 em Tbilisi, U.R.S.S.



A mecânica deste modelo de quarks teve de ser ligeiramente complicada em ordem a satisfazer uma série de requisitos teóricos. Assim, para descrever correctamente a construção de bariões como estados ligados de três (de entre quatro) quarks, foi necessário supor que cada um aparecia na natureza em três formas diferentes. Estas formas ficaram conhecidas como "cores": cada sabor aparece nas três cores - vermelho(r), azul(b) e amarelo(y). Esta teoria de quarks coloridos exige a introdução de algumas regras adicionais: os três quarks que formam os bariões têm cores diferentes; os mesões são constituídos de quark-antiquark da mesma cor com todas as cores igualmente representadas. Isto significa que o mesão está sempre a mudar de cor e qualquer experiência cujo objectivo seja revelar a cor fracassará pois requer sempre um tempo muito grande e o resultado será a combinação das três cores - o "branco" se quisermos. Assim, todos os hadrões não exibem cor(fazendo analogia com cargas eléctricas digamos que na natureza só está presente o neutro). Refira-se que "charme", "sabor", "cor", etc., são designações arbitrárias! Evidentemente que não existe qualquer relação com o significado habitual destes termos.

Os hadrões, como dissemos, são estados ligados dos quarks. Entre estes deverá pois existir uma certa interacção, concerteza uma das já citadas quatro que parecem suficientes para governar os múltiplos aspectos que a natureza nos apresenta: a força gravitacional, a electromagnética as interacções fortes e as interacções fracas. Uma interacção é caracterizada por intensidade e alcance. A ideia de que as interacções são devidas a "trocas" de partículas entre as partículas interactuantes deve-se a Yukawa que a formulou ao estudar as fortes forças nucleares. O alcance dumha interacção vem dado por  $\hbar/mc$  como é fácil mostrar com base em considerações muito simples, em que  $c$  é a velocidade da luz,  $\hbar$  a constante de Planck e  $m$  a massa da partícula trocada. Assim, quanto maior o alcance

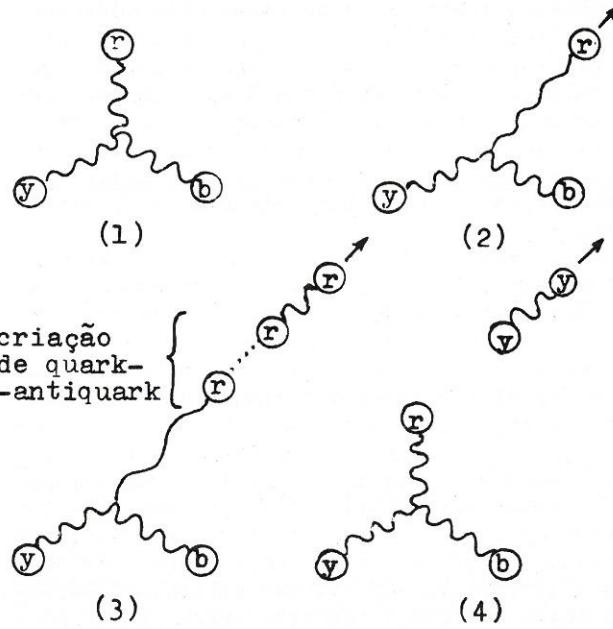


Note-se que esta troca não altera os sabores!

Uma questão que já se levantou a muitos leitores é saber qual a verdadeira grandeza dessa interacção entre quarks coloridos. Recordemos aqui algumas ordens de grandeza:

- a separação dum electrão que ocupa uma camada de valência num átomo requer uma energia da ordem de alguns eV.

- energias da ordem dos MeV são necessárias para excitar um núcleo. Porém, para separar um quark de cerca de 2,5 cm do protão de que é um dos constituintes seria indispensável uma energia de  $10^{13}$  GeV, alguns biliões de vezes a energia máxima que se poderá alcançar na nova geração de aceleradores! O problema é que, ainda para valores de energia menores, outro processo ocorre. Este processo pode ser visualizado na figura:



1 - barião formado por três quarks com três cores diferentes;

da interacção tanto menor é a massa da partícula trocada. As interacções electromagnética e gravitacional, ambas de alcance infinito, deverão ser devidas à troca de partículas sem massa - o fotão e o gravitão respectivamente, este ainda não descoberto. Ora, a interacção fraca é de muito curto alcance pelo que as partículas trocadas devem ter uma massa bastante elevada. Relativamente às interacções fortes, a ideia clássica é que seriam interacções entre hadrões devidas à troca de mesões. Com o aparecimento dos quarks esta ideia teve de ser revista e hoje considera-se que a verdadeira interacção forte é o que mantém os quarks ligados. O alcance desta interacção é infinito pelo que as partículas trocadas deverão ter massa nula - são os gluões o aspecto mais familiar das interacções fortes -- forças entre protões e neutrões responsáveis pela estabilidade dos núcleos - não é mais que uma pálida manifestação desta força fundamental entre quarks com cor.

Muito se tem investigado e investiga, com o fim de unificar todas estas interacções. Actualmente a tendência é para deixar de lado a interacção gravitacional e tentar encontrar uma teoria que englobe as outras três. Um grande passo nesse sentido já foi dado através do modelo de Weinberg-Salam-Glashow onde as interacções e lectromagneticas e fracas aparecem unificadas (interacções electrofracas). O Prémio Nobel da Física de 1979 foi atribuído ex-aequo a estes três físicos por este notável trabalho. As partículas responsáveis pelas interacções electrofracas são o fotão ( $\gamma$ ) e as partículas  $W^+$ ,  $Z^0$ ,  $W^-$ , aquela sem massa e estas três com massas tão elevadas que ainda não é possível detectá-las com os actuais aceleradores. A teoria de W-S-G prevê massas que se situam entre 50-100GeV (bilhão de electron-volt). Como foi dito, nos processos que têm a ver com as interacções fracas estão envolvidos hadrões e leptões pelo que são estas partículas  $W^+$  e  $Z^0$  que estabelecem a ligação entre estas duas famílias.

As interacções fortes só têm a ver com os quarks. Da troca dum gluão entre dois quarks resulta troca de cor destes dois quarks; simbolicamente:

- 2 - um dos quarks começa a ser separado do barião e como resultado há um aumento rápido da energia potencial do sistema o que
- 3 - leva à criação dum par quark-antiquark (recorda-se uma vez mais a relação massa-energia de Einstein) e
- 4 - o novo quark vai originar o barião inicial. O antiquark e o quark "extraído" formam um mesão.

Isto quer dizer que qualquer tentativa para isolar um quark resultará sempre na criação de novos hadrões, e muito provavelmente estaremos condenados a não "ver" quarks livres.

No "tranquilo" planeta que habitamos não temos à disposição partículas com energias tão elevadas pelo que a investigação no domínio experimental tem certas limitações. Mas, e por várias razões o Universo é um óptimo laboratório de física das altas energias. Julga-se que energias da ordem dos  $10^{19}$  GeV são alcançadas nas explosões de buracos negros (black holes) e energias desta ordem foram normais nos tempos mais remotos do Universo. Um outro aspecto que parece tornar do Universo um bom laboratório de física das partículas prende-se simplesmente com o seu tamanho: há certas propriedades debilmente evidenciadas por partículas individuais que, em virtude do Universo conter muitas destas partículas, podem ser melhor conhecidas devido ao aparecimento dum efeito já detectável. Um exemplo disto é a massa dos neutrinos. Aceita-se que a massa de repouso dos neutrinos seja nula, embora teoricamente não exista qualquer motivo para este facto. Ora, nas experiências em que entram poucos neutrinos, que são difíceis de detectar em virtude de quase não interactuarem com a matéria, é muito difícil poder concluir com segurança se estes têm ou não massa. Do que experimentalmente há certeza é de valores máximos para a massa. Há certas considerações do domínio da Astrofísica que impõem porém uma certa massa para os neutrinos, embora extremamente pequena. O Universo é enorme e contém muitos neutrinos que poderão assim vir a ser "pesados" em condições muito mais favoráveis.

Actualmente, as mais recentes ideias em física das partículas existem em profunda ligação com muitos aspectos fundamentais da Cosmologia e da Astrofísica, tais como a origem da matéria, a descrição dos primeiros instantes do Universo, etc.. O modelo cosmológico hoje com mais aceitação descreve a evolução do Universo a partir dum violenta "explosão" de partículas elementares e radiação ocorrida há bilhões de anos - o Big Bang.

Recentes observações experimentais e certas considerações teóricas parecem requerer mais quarks e leptões. Os novos quarks são: o quark b (de "beauty" - beleza); e o quark t que transporta o sexto sabor ("truth" - verdade). Quanto aos leptões há evidência indirecta da existência dum terceiro neutrino  $\nu_t$  (de  $\nu_e$  e  $\nu_\mu$  há evidência directa) ao qual se associa o leptão  $\tau^-$ . Finalmente apresentamos a actual "Tabela

de Partículas Elementares", onde estão claramente indicadas três famílias de partículas:

Partículas de Materia	$\begin{bmatrix} \nu_e \\ e^- \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} u_r & u_y & u_b \end{bmatrix}$
	$\begin{bmatrix} \nu_n \\ \mu^- \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} c_r & c_y & c_b \end{bmatrix}$
	$\begin{bmatrix} \nu_\tau \\ \tau^- \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} t_r & t_y & t_b \end{bmatrix}$

Quanta de Radiação

Interacções fortes: gluões (8)
Interacções electrofracas: $\gamma, W^+, W^-, Z^0$
Interacções gravitacionais: gravitação

As partículas de matéria têm todas spin 1/2 sendo 1 o spin das quanta de radiação. A tabela anterior evidencia uma notável simetria entre leptões e quarks. No entanto há um ponto fraco: se o papel de  $(\nu_e, e^-)$ ;  $(u, d)$  é evidente na estrutura da matéria, o de  $(\nu_\mu, \mu^-)$ ;  $(c, s)$  e  $(\nu_\tau, \tau^-)$ ;  $(t, b)$  e de outras gerações que eventualmente possam surgir, não é claro.

Muitas das ideias aqui expostas são não só resultado de especulações teóricas (muitos físicos consideram mesmo os quarks como meros objectos matemáticos, úteis sem dúvida, mas que não têm existência real) como de intenso trabalho experimental donde há a destacar a descoberta em Novembro de 1974 dum novo mesão, a partícula  $\psi$ , cuja constituição será  $cc$ . Nos meses seguintes foram detectadas outras novas partículas que teriam o quark c na sua constituição. Esta descoberta feita simultaneamente nos laboratórios de Stanford e Brookhaven nos E.U.A. valeu aos chefe das equipas de investigação, Barton Richter e Sam Ting, o Prémio Nobel da Física de 1976.★



# JARDINS BOTÂNICOS

JORGE PAIVA

Para a maioria das pessoas, um Jardim Botânico não é mais do que um bonito local, bem tratado e aprazível, onde podem observar-se muitas plantas diferentes das que habitualmente se vêm.

Os Jardins Botânicos talvez tenham surgido com os primeiros pomares de oliveiras ou jardins dos templos, como o de Karnak, no Egito. Um dos primeiros jardins elaborados com finalidades científicas, foi o Aristóteles (384-322 A.C.) em Atenas. Encontrava-se ao cuidado do seu discípulo Teofrasto (373/368-288/284 A.C.) considerado o Pai da Botânica, que publicou a "História Plantarum" onde descreveu e classificou cerca de 480 plantas, muitas delas ali cultivadas.

O primeiro Jardim Botânico parece ter sido o de M. Sylvaticus em Salerno, no século XIV, tendo-se-lhe seguido o Jardim Botânico e Médico de Veneza (1333).

Os Jardins Botânicos mais antigos, criados ainda no século XVI, são o de Pisa (por Cosme de Médicis, em 1544), o de Pádua (1546), Bolonha (1568), Leiden (1577), Leipzig (1580) e Montpellier (1593), assim como o Jardim Botânico de Goa, do grande médico português Garcia de Orta.

Apenas a partir dos séculos XVII e XVIII os Jardins Botânicos começaram a ter grande importância devido ao incremento e interesse da Botânica, principalmente com os trabalhos de J. Tournefort (1656-1708) M. Adanson (1727-1806), J. Lamarck (1744-1829) e irmãos de Jussieu (1686-1779), todos na França; J. Ray (1628-1705), em Inglaterra; A.Q. Rivinus (1652-1723), na Alemanha; C. Linnaeus (1707-1778), na Suécia; Augustin (1778-1841) e Alphonse (1806-1893) de Candolle, na Suíça.

Inicialmente os Jardins Botânicos foram criados com o intuito de apoiar a Medicina, pois nessa altura não havia uma indústria farmacêutica. Assim também aconteceu com o Jardim Botânico da Universidade de Coimbra, estabelecido pela reforma pombalina.

A 2 de Março de 1773 o Reitor da Universidade de Coimbra (D. Francisco de Lemos) escrevia ao Marquês de Pombal uma carta em que fundamentava a necessidade da criação do Jardim do seguinte modo: "que os estudos da Faculdade de Medicina, antes escurecidos e infructuosos na mesma Universidade, nem poderiam ser inteiramente restabelecidos, nem prometeriam os uteis e necessários progressos, que em benefício da conservação de saúde humana devem dirigir-se; sem

que por meio de sólidos estabelecimentos se intruissem todos os outros estudos, que preparam, auxiliam e conduzem ao perfeito conhecimento das disciplinas da sobredicta Faculdade; entre aquelles conducentes estudos, um dos mais necessários ao sobredicto fim, o do estabelecimento de um Horto botânico, aonde pelo exame de plantas e sério estudo de suas qualidades se preparam os estudantes de Medicina para adquirirem novas idéas e novos conhecimentos teóricos e práticos da sua Faculdade".

Ainda hoje os jardineiros (pelo menos os mais antigos) do Jardim Botânico de Coimbra conhecem por "Escola Médica" o chamada "Quadrado Grande", que foi a parte inicial do Jardim. De entre os Jardins Botânicos actuais de maior nome e mais considerado sob o ponto de vista científico contam-se os Jardins de Kew, em Inglaterra (designam-se no plural por ter resultado da união de vários jardins e parques da Coroa). Esse Jardim teve inicio como Jardim Botânico Real em 1759, tendo sido adquirido para a nação em 1841 e sendo seu primeiro director WILLIAM HOOKER.

Embora um Jardim Botânico deva ser bonito e aprazível, o seu interesse primordial terá de ser científico. Assim, além das plantas vivas (Museu vivo) tem de ter associados um Herbarário (Museu Científico) com coleção de plantas secas e coleção de material conservado em líquido, material didáctico (Museu didáctico) e uma coleção de sementes (Seminário); uma biblioteca e um laboratório para estudos de anatomia, citologia, fisiologia, bioquímica e ultraestrutura.

Ao mesmo tempo um Jardim Botânico serve como centro de distribuição de plantas decorativas e de interesse económico. Por exemplo, a introdução de "quineiras" (Cinchona spp.) em São Tomé, importante planta na altura por ter propriedades antipalúdicas, deveu-se a culturas mandadas fazer pelo Prof. Dr. Júlio Henriques no Jardim Botânico de Coimbra. Alguns Jardins Botânicos, como de Kew, ministram cursos médios em "Escolas de jardinagem". Em Inglaterra, um Jardineiro-Chefe terá de estar habilitado com esse curso médio, e desde há cerca de 200 anos que Kew tem distribuído jardineiros diplomados por todo o globo, particularmente pelas antigas colónias inglesas.

Os Jardins Botânicos começaram inicialmente como pontos de apoio ao ensino da Medicina e Farmacognosia, ou até para simples recreio

de espirito ou exibicionismo, pelo facto de neles se cultivarem plantas exóticas, como foi o caso dos Jardins de Kew, cujo inicio se pode remontar ao pequeno Jardim Botânico de 9 acres criado pela princesa Augusta em 1759, ou o Jardim da Ajuda, que começou por ser um Jardim Real. A importância destes tipos de Jardins tem vindo a mostrar-se cada vez maior, sendo actualmente autênticos "Bancos de Genes". De facto, tem-se vindo a verificar um contínuo aumento, em extensão e profundidade, da degradação do meio ambiente. Entre os mais graves danos produzidos pela degradação e contaminação do meio, conta-se a destruição das plantas que, devido à grande diversidade e multivariedade polivalente, constituem preciosas fontes de Genes. Esta rarefacção de Genes, perdida irrecuperável de potencialidades genotípicas, figura entre os efeitos mais graves da degradação do ambiente e destruição do equilíbrio dos ecossistemas.

O melhoramento de plantas tem sido um dos ramos da Botânica Aplicada que maior partido tem tirado dos recursos genéticos da vegetação natural, sem os quais não se teriam atingido os resultados de alto valor económico que hoje se conhecem.

Há já Jardins Botânicos que têm "Bancos de Sementes", que não são mais do que "Bancos de Genes". Por exemplo, quando em qualquer local do globo uma espécie expontanea corre o risco de extinção, são enviadas sementes para o Banco de Sementes de Kew (Wakehurst Place) e aí são mantidas em vida latente, a uma temperatura previamente determinada. Passados alguns anos essa espécie é cultivada para produzir mais sementes que serão mantidas nas condições indicadas, sendo todos os dados rigorosamente calculados por meio de computadores. Para se ter bem a noção da importância dos genes naturais, bastará dizer que um agricultor para evitar "desastres provocados por doenças nos pomares, cultiva a espécie selvagem e mais tarde enxerta-a com a variedade hortícola que lhe interessa economicamente.

Embora os Jardins Botânicos constituam uma importante reserva de genes, não podem substituir cabalmente os ecossistemas naturais, pelo que devem ser considerados apenas como uma forma de minimizar os catastróficos efeitos da destruição sistemática e progressiva da Natureza.

Finalmente mencionamos alguns dados referentes ao Jardim Botânico de Coimbra.

O Jardim Botânico de Coimbra foi fundado pelo Marquês de Pombal em 1773, tem uma área de 13,5 hectares, podendo considerar-se dividido em três zonas fundamentais: uma superior, onde se inicia um vale por onde corre um regato, e outra inferior. A primeira consiste na zona mais formal do Jardim e é constituida por alguns terraços em socalco. O mais inferior ("Quadrado Grande") com um fontenário, constitui a parte primitiva do Jardim ("Escola Médica"). Nele ainda existem 3 árvores que datam dos primórdios do Jardim, e portanto do tempo em que BROTERO foi Director (1791-1811): Cunninghamia sinensis R.Br.; Cryptomeria japonica (L.f.) D. Don e Erythrina crista-galli L.

Nos outros socalcos encontra-se a parte científicamente mais importante do Jardim: As "Escolas Sistemáticas", a Estufa Grande, Estufa da Victoria amazônica e Estufa Fria. A segunda zona é um "Arboretum", vulgarmente conhecido como "Mata", onde existem muitas árvores exóticas.

É de salientar o extraordinário microclima desta área do Jardim que permite a existência lado a lado de árvores originárias de zonas do globo ecologicamente bem diferenciados, como por exemplo, o Himalaia e a América do Sul.

Anexo ao Jardim está o Instituto Botânico com os Herbários, Laboratórios, Biblioteca e Museu. No Jardim ainda há algumas edificações de menor vulto, mas não de menor importância, como os balneários e refeitório para o pessoal, residência do Jardineiro-Chefe, casas de envasamento e armazenagem, marcenaria, serralharia, garragens, forno crematório e câmara de desinfecção.

O Jardim Botânico de Coimbra é altamente conceituado a nível mundial empareirando científicamente com os de Kew, Berlim e Copenhague não só pelos seus magníficos herbários e coleções de plantas vivas (é um dos Jardins Botânicos do mundo a que foi dada a responsabilidade de cultivar um "fóssil vivo" encontrado nas florestas da China - (Metasequoia glyptostroboides Huct.), mas, também pelo seu eficaz, rápido e correcto serviço de permuta de sementes, além da colaboração prestada.

A Biblioteca tem certa de 111.000 volumes, sendo a Biblioteca Botânica mais importante no País. Os herbários tem cerca de 600.000 espécimes, e constituem os maiores e mais ricos de Portugal. Editam-se três revistas periódicas (Anuário, Boletim e Memórias da Sociedade Botânica), que servem de material de permuta com 1231 bibliotecas congénères no globo, além de colaborado na elaboração das seguintes obras: Conspectus Florae Angolensis, (editados já 8 volumes); Flora Europaea (publicação de 5 volumes); Flora Zambesiaca (editados até agora 7 volumes); Iconografia Selecta Florae Azoricae (editado o primeiro volume em 1980); e Flora de Moçambique (editadas 44 volumes). Permutam-se sementes com cerca de 1100 Instituições Botânicas estrangeiras, enviando-se por ano certa de 40 000 pacotes de sementes correspondendo a 500-600 solicitações, e recebendo-se 2 000 para os trabalhos de investigação em curso no Instituto Botânico. Permuta-se material de herbário com cerca de 120 herbários, enviando-se por empréstimo 4 000 a 5 000 exemplares por ano, e recebendo-se a mesma quantidade. Além destes serviços e do estudo da Flora de Portugal, fazem-se anualmente várias explorações florísticas. Estuda-se a cariologia da flora vascular do País, e fazem-se ainda estudos citológicos com microscópia óptica e electrónica (de transmissão e de varrimento), estudos aeropalinológicos, que actualmente são elementos de apoio a medicina imunológica, podendo ter futuras repercussões agro-nómicas; estudos da flora da África tropical; estudos fisiológicos e genéticos com emprego de radio-isótopos e de Taxonomia numérica.

# A ATROSCLEROSE

Adaptado de "L'Athérosclérose"- La Recherche nº 86, Fevereiro 1978.

MARGARIDA SILVA

Causa principal dos enfartes do miocárdio e dos enfartes cerebrais pela oclusão das artérias, a aterosclerose, que atinge indivíduos cada vez mais novos, é responsável por um número considerável de mortes e casos de invalidez. Quando dum estudo realizado pela Organização Mundial de Saúde em cinco cidades da Suecia, da Checoslováquia e da URSS, apenas se detectaram, em 17 287 indivíduos examinados, um único homem e 2 mulheres totalmente indemnes desta doença.

## JÁ DESCRITA E RECONHECIDA NO XIXº SÉCULO

No inicio, estas lesões foram chamadas aterosclerose (do grego "atare" significa placa) em virtude da acumulação de matérias moles e friáveis contendo gorduras, células degeneradas e muitos detritos de tecidos nas paredes das artérias. Quando seccionadas na autópsia para serem examinadas, estas lesões ofereciam assim uma aparência granulosa e amarelada. Elas foram descritas pela primeira vez com precisão pelo ilustre patologista Rudolph Virchow, que declarou em 1856 serem a consequência dum traumatismo das células que cobriam a parede interna da artéria, seguido dum processo inflamatório. Embora inexata, a hipótese avançada por Virchow constituiu uma base importante para trabalhos ulteriores.

Actualmente conhece-se melhor a evolução da aterosclerose, e é geralmente admitido que o carácter degenerativo das lesões aparece de facto tardiamente, no termo de uma longa transformação. O inicio deste processo consiste na proliferação das células musculares lisas no revestimento mais interno da parede arterial, chamado íntima. Esta proliferação acompanha-se muito rapidamente da formação de grandes quantidades de proteínas do tecido conjuntivo (tecido dos tendões e da pele) e da acumulação de lípidos (gorduras) na célula muscular lisa e na matriz de tecido conjuntivo que a envolve. Esta sequência de acontecimentos sucessivos e intrincados, a proliferação celular, a formação de tecido conjuntivo e a acumulação de lípidos caracteriza a evolução da aterosclerose.

## OS TRÊS ESTADOS DA ATROSCLEROSE

O conhecimento da importância destes três fenómenos conduziu vários cientistas da universidade de Washington a estudar a origem do aumento em número das células musculares lisas na parede arterial. Pensando que a origem deste pro-

cesso era traumática, formularam a "hipótese de resposta a um traumatismo". Antes de discutir esta hipótese e as experiências que puseram em prática para testar a sua validade, revamos a estrutura da artéria normal. A sua parede consiste em três camadas distintas (fig. 1). A camada mais interna, directamente em contacto com o sangue, está orlada por uma camada simples de células chamadas endoteliais. Em condições normais estas células estão estreitamente juntas, formam uma camada contínua e agem como uma barreira que impede as células e as moléculas do plasma (parte líquida do sangue) de penetrar na parede arterial. Todavia, estas células endoteliais podem, selectivamente, escolher diversas moléculas do sangue e transportá-las activamente para o interior da parede arterial. A segunda camada, ou camada média da artéria, consiste integralmente num tipo particular de células contráctiles chamadas células musculares lisas. Estas células juntamente com o tecido conjuntivo que as envolve e que elas constituíram no curso do seu desenvolvimento, dão à parede arterial um tônus (contracção parcial e permanente) que sustém a artéria quando das mudanças de pressão que acompanham cada batimento cardíaco. A camada mais externa da artéria, a adventícia, consiste num tecido conjuntivo mais lasso.

## À PROCURA DUMA ORIGEM TRAUMÁTICA

A hipótese de resposta ao traumatismo sugere que na origem da aterosclerose uma lesão altera as células endoteliais e interfere com a sua aptidão para funcionar como barreira selectiva. Ela pode ser suficiente para deteriorar as células a um ponto em que se separamumas das outras, do tecido sub-jacente e são levadas na corrente sanguínea, expondo assim a matriz de tecido conjuntivo sobre o qual elas repousam normalmente. A hipótese actual é que a exposição deste tecido sub-jacente incita a plaqueta ou trombócito, que normalmente circula no sangue a aderir aos pontos em que as células endoteliais faltam. A sua função normal é de participar no processo de coagulação, fenômeno fisiológico que é também uma resposta a um traumatismo. Nesse caso, a plaqueta circula no sangue até ao local traumatizado, aonde encontra várias macromoléculas, como a trombina, que a modificam. Ela torna-se viscosa, adere à lesão e segregá a substância contida nos seus grânulos. Isso conduz a uma reacção em cadeia que arrasta a formação de um tam-

Fig. 1- Estrutura da artéria muscular normal

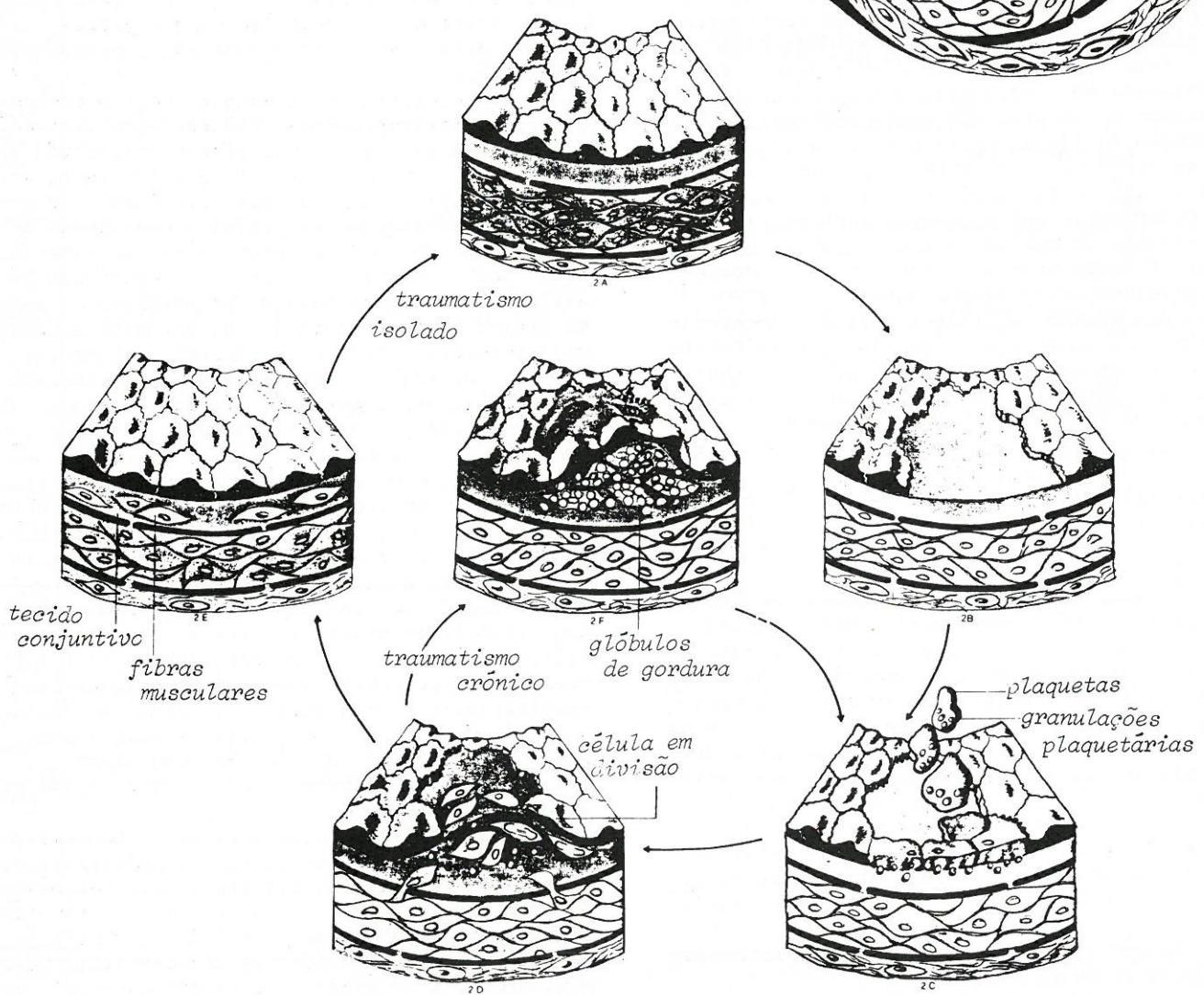
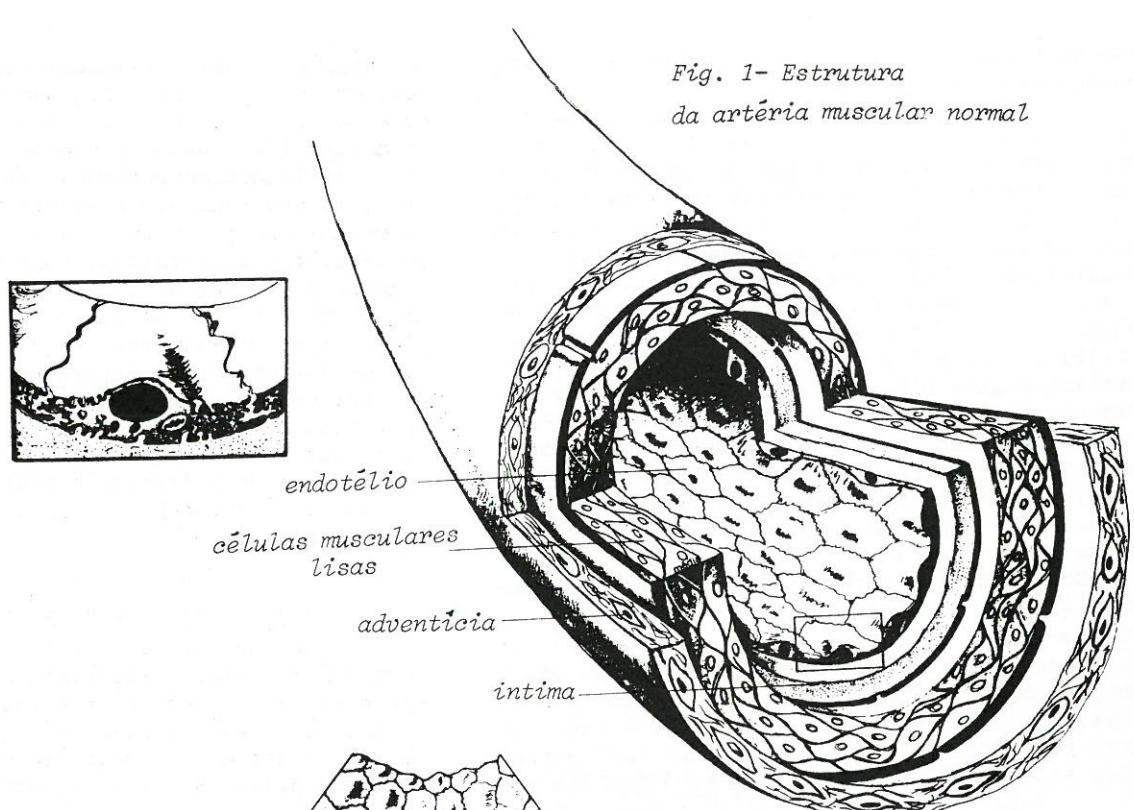


Fig. 2 - O que se produz após um traumatismo da parede arterial.

pão ou trombo que permite parar a hemorragia provocada pelo traumatismo.

A hipótese considera que o mesmo processo se dá aonde o tecido conjuntivo é posto a nü (fig. 2B). Os cientistas que a puseram sugeriram também que uma das substâncias segregadas pelas plaquetas age como um mitógeno, quer dizer, como um factor que estimula especificamente a replicação do DNA e portanto a divisão celular. É a este processo que seria devido o aumento do número de células musculares na íntima da artéria (fig. 2C). A hipótese da resposta a um traumatismo sugere ainda que se a lesão é um acontecimento isolado, a multiplicação celular que sobrevém pode ser reversível e que as zonas espessadas podem regredir e diminuir (Fig. 2D). Pelo contrário, se o traumatismo for crônico ou frequentemente repetido durante um período prolongado, o que poderia ter sido uma lesão simples podendo desaparecer torna-se uma lesão progressiva que põe problemas clínicos. Estas ideias accordam-se com o facto de que o indivíduo só se dá conta da existência desta lesão quando ela é suficientemente importante para conduzir a uma obstrução da artéria, e portanto a sintomas, embora este processo patológico possa ter progredido silenciosamente durante anos (fig. 2E).

Para testar a hipótese em causa foram prosseguidas em 2 espécies de macacos uma série de estudos no decurso dos quais foi tentada a provocação de lesões parecidas com as que se formam espontaneamente no homem. Dez minutos a quarenta e oito horas depois da ablação do endotélio, observou-se que plaquetas aderiam aos pontos aonde o endotélio faltava e também umas às outras. As plaquetas que circulam no sangue possuem normalmente um grande número de grânulos densos dos quais se sabe conterem numerosas substâncias químicas. As células que aderiram ao tecido conjuntivo posto a nü não apresentavam esses grânulos. Isso indica que os grânulos tinham sido libertados ou segregados pelas células e que talvez certas substâncias que daí teriam derivado teriam podido penetrar na parede arterial. Naturalmente, a falta de células endoteliais a estes níveis permitia também a entrada livre de substâncias presentes no plasma na parede do vaso.

O aumento do número de células na íntima da parede arterial sobreveio de duas maneiras. Certas células tinham migrado da camada intermédia até à camada interna da artéria, e estas células, assim como aquelas se encontram normalmente a este nível como consequência dum processo de desenvolvimento normal, tinham começado a multiplicar-se. Três meses depois do traumatismo experimental, descobriu-se com grande surpresa que a camada interna da parede arterial, em vez de comportar uma ou duas camadas de células musculares lisas, comportava até quinze ou vinte, envoltas em tecido conjuntivo neoformado (fig. 3). Seis meses depois do traumatismo inicial, estas lesões tinham regredido e depois praticamente desaparecido.

Ao estudar o papel das gorduras de origem alimentar nesta doença, foi descoberto que a regressão das lesões podia ser impedida se

os animais fossem alimentados com ovos e manteiga. Por este processo foi aumentada a taxa de colesterol no plasma a níveis considerados anormalmente altos para os humanos. Em vez de regredir, as lesões formadas nos animais hipercolesterolides continuaram a aumentar lentamente. Elas apresentavam por outro lado um outro caractere: um depósito de gorduras, tanto no interior do número aumentado de células musculares lisas como no interior do tecido conjuntivo que as envolviam. Estas observações conduziram ao recolhimento de que uma forma artesanal de traumatismo pode realmente conduzir à série de acontecimentos prevista e de que, facto igualmente importante, um aumento da taxa de lípidos no sangue, particularmente do colesterol, pode transformar uma lesão que normalmente regredisse numa progressiva e crescente em volume.

#### AS PLAQUETAS: UM PAPEL DECISIVO

Várias experiência "in vitro" mostram-nos que a única célula sanguínea especificamente responsável pelo poder proliferador do sangue sobre as células é a plaqueta e que o factor mitogénico presente no sangue é uma substância libertada pelas plaquetas aquando do processo de coagulação.

A aderência das plaquetas e o seu processo segregatório precede a proliferação das células musculares lisas no interior das paredes arteriais como consequência, foi decidido estudar de novo o papel das plaquetas "in vivo" provocando a proliferação das células musculares arteriais no decurso dumha outra série de experiências com o macaco. Desta vez, foi decidido levar quimicamente as células endoteliais. O agente traumatizante escolhido foi um ácido aminado cuja presença é anormal no sangue: a homocistina. Esta substância agride as células endoteliais, que se desligam então uma das outras e da parede arterial, descobrindo assim o tecido conjuntivo sub-jacente. Como já era esperado, as plaquetas abandonaram a corrente sanguínea para aderir aos numerosos locais em que o endotélio tinha sido arrancado. Foi mais tarde demonstrado que esta intervenção das plaquetas, associada ao aumento em número de células musculares lisas na camada interna da parede arterial depois dum traumatismo endotelial era o acontecimento crítico. Macacos tratados com agentes como a homocistina e por outro lado com substâncias farmacológicas que impedem as plaquetas de aderir e de libertar as suas secreções estavam protegidos da proliferação das células musculares lisas, e, portanto, indemnes de qualquer lesão de aterosclerose.

Os resultados destes estudos demonstram a importância do factor mitogénico plaquetar no desencadear das lesões proliferativas do músculo liso, que podem surgir depois de diferentes formas de traumatismos endoteliais. Com efeito, os traumatismos induzidos pelos cientistas não diferem muito do género de desgaste ao qual as células endoteliais da artéria são submetidas particularmente nas regiões de confluência.

# demonstrar o impossível

JAIME SILVA

(Assistente de Matemática)

Desde tempos imemoriais que os homens têm tentado descobrir os segredos da natureza; no entanto há uma espécie de homens que não está contente com aquilo que foi descoberto e, embora se trate de factos científicos testados e aceites em todo o mundo, tenta demonstrar que são falsos, o que já pode parecer um pouco bizarro; no entanto, não contentes com a busca do impossível, arranjam "demonstrações" completamente "infalíveis" das suas afirmações, jurando a pés juntos que o resto do mundo está, não só enganado, como até de má fé.

O exemplo talvez mais recente está no recorte do jornal "A Capital" que apresentamos. É uma notícia que não necessita de comentários!

O assunto que mais adeptos arranja entre este exército de "cientistas do impossível" é o dos três problemas clássicos da antiguidade: o problema da duplicação do cubo, o da trissecção do ângulo e o da quadratura do círculo utilizando apenas régua não graduada e compasso<sup>1</sup>. A impossibilidade de resolução de tais problemas repousa no facto de  $\pi$  não ser um número construível (isto é, um número algébrico<sup>2</sup> que seja combinação finita de números racionais e raízes quadradas). Este último facto foi já demonstrado no final do séc. XIX. No entanto todos os anos aparecem novas "demonstrações". E todos os tipos de demonstrações aparecem: o livro cuja capa reproduzimos na fig.2 (data de 1956) contém uma demonstração, utilizando construções geométricas, de que  $\pi$  é igual a  $22/7=3,14285\dots$  (e sendo  $\pi$  racional, é construível<sup>3</sup>).

A quantidade de problemas tratados por estes "cientistas" é enorme: desde os três problemas clássicos da antiguidade à irresolvibilidade das equações de grau superior ao quarto (teoria de Galois), desde a demonstração da possibilidade do movimento perpétuo ao "verdadeiro" valor de  $\pi$ .

A situação era (e ainda é) de tal modo descontrolada que nos fins do séc. XIX a Academia das Ciências de Paris decidiu que não analisaria mais nenhum trabalho que pretendesse demonstrar a possibilidade do contrário de algum teorema universalmente aceite<sup>4</sup>.

Poincaré, no seu livro "Ciência e Hipótese", afirma que, depois que Lobatschevsky e Bolyai demonstraram a impossibilidade da demonstração do postulado das paralelas de Euclides<sup>5</sup>, a Academia das Ciências de Paris passou a receber apenas uma ou duas novas demonstrações do referido postulado por ano!

Em Portugal este fenômeno curioso também existe: o recorte que reproduzimos na fig.3 atesta-o sem margem para dúvida.

Poder-se-á perguntar porque é que tais pessoas se dedicam a demonstrar tais absurdos quando há tantos teoremas por demonstrar (o mais célebre é certamente o último teorema de Fermat<sup>6</sup>) ou tantas conjecturas de que se desconhece a veracidade ou a falsidade!

A resposta a esta pergunta repousa em duas ordens de razões:

1-Os conhecimentos destes "cientistas" são

## Panamiano contesta teoria de Einstein

**M**ATEMATICAMENTE é falsa a fórmula cinemática do físico Albert Einstein, afirma o engenheiro panamiano Juan Alberto Morales, presidente em Espanha.

Neste sentido, o citado engenheiro enviou a diversas academias e universidades do mundo cálculos matemáticos de sua autoria que demonstram que Einstein, prémio Nobel e autor da teoria da relatividade, errou nas contas.

«A questão é tão simples que qualquer estudante de Matemática está em condições de detectar o erro, já que se trata de equações de álgebra elementar. Não obstante, este erro passou misteriosamente despercebido durante três quartos de século», salienta o engenheiro panamiano.

### Predisposição e «establishment»

Alberto Morales atribui a manutenção do erro ao facto de a mente humana estar predisposta sempre ao que dizem os grandes mestres e, por outro lado, ao facto de existir um verdadeiro «establishment» científico que inibe os investigadores dissidentes de denunciar alguns erros.



Terá Einstein errado as contas?

O engenheiro panamiano afirma ainda que a conhecida fórmula einsteiniana da dilatação do tempo é matematicamente errada.

«Daí até demonstrar, também matematicamente, que a hipocélebre transformação de Lorentz, na qual se baseia a teoria espacial de Einstein, está errada, vai um passo», acrescenta o professor Morales.

Finalmente, o investigador panamiano assevera que, ao contrário do que afirmou Einstein, «a velocidade da luz constitui um limite na natureza».

«Um dia o homem poderá viajar no espaço cósmico a velocidades superiores à da luz, como actualmente o faz com velocidades muitas vezes superiores ao som, quando o impulso das naves seja iónico ou, possivelmente, produzido por um laser perigoso.»

Fig.1:in "A Capital" de 13/3/81

sempre extremamente limitados, o que não lhes permite ter uma visão da Ciência que os faça ter consciência do absurdo em que patinam. A atestar isto está o facto de os instrumentos que usam nas suas "demonstrações" serem sempre muito rudimentares. Observemos que, geralmente eles desconhecem os pormenores da teoria que pretendem destruir, nunca apontando sequer os sítios aonde a teoria "errou"!

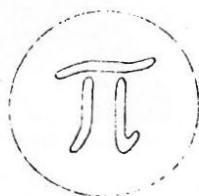
2-Tais pessoas partem de um princípio filosófico ou uma crença pessoal que precisa desesperadamente de uma confirmação, pois vai contra o estabelecido universalmente. Pode-se observar isso claramente na notícia da fig.1.

Poder-se-ão ainda invocar questões psicológicas: duas citações:

"Com a demonstração de Lindemann, π entregou-nos o seu último segredo - o da sua não algebricidade. Nesse dia extingui-se virtualmente a legião dos quadradores. Se essa extinção não foi em todos os casos efectiva, o facto deve atribuir-se a um fenômeno de longevidade que é, talvez, do domínio das ciências bio-psicológicas, mas que nada tem que ver com a Matemática." -Bento de Jesus Caraça<sup>7</sup>.

"O sentimento que leva as pessoas para este problema (da quadratura do círculo) é aquele que, nos romances, impede um cavaleiro de ultrapassar um castelo que tivesse pertencido a um gigante ou a um feiticeiro. Uma vez fiz uma conferência sobre esse assunto: um cavalheiro que

## THE CALCULATION OF



AND ITS NEAREST CONSEQUENCES

by

JOSEPH DE LIERUM

J. DE LIERUM  
THE HAGUE  
POSTBOX 431  
HOLLAND

Fig.2: cota G-4-16 da Biblioteca Matemática

## JOSÉ MATEUS DE MOURA\*

A EDP importa tecnologia. Nas outras indústrias sucede o mesmo. Um vosso camarada, autor deste artigo, resolveu fazer investigação científica num ramo altamente abstrato: a MATEMÁTICA.

Ao longo de várias dezenas de anos, num esforço quase superior às suas possibilidades, dedicou-se à Álgebra e culminou com resultados teóricos e práticos que põem em causa verdades confirmadas e mantidas nos últimos cento e cinquenta anos. Assim, as equações algébricas admitem fórmulas resolventes, qualquer que seja o seu grau, quando se havia demonstrado «com todo o rigor» que as equações de quinto grau ou superiores não admitiam fórmulas resolventes.

Os entendidos têm-se escusado a tomar posição, salvo raras e honrosas exceções.

Dois problemas clássicos, com mais de vinte e quatro séculos, estão resolvidos: a trissecção do ângulo e o problema de Delos da duplicação DO CUBO. Para derrubar a teoria de Galois, que é o suporte da Álgebra moderna, bastava estas duas últimas questões.

As consequências dos meus trabalhos são de âmbito que ultrapassam a Matemática. Como sabemos, as ciências dependem uma das outras e um progresso numa implica revisões e progresso noutras. Como a Matemática é uma das ciências que mais uso faz da Lógica, não faltará quem ponha dúvidas aos raciocínios dos cientistas.

Dai uma resistência quase patética dos que não sabem como conciliar os esquemas cerebrais. Porém, não há motivo para tragédias. O homem sempre soube sair destas situações e não foi o caso da Terra girar à volta do Sol, ideia inversa da aceite antes de Galileu, Galilei, que deixou que a ciência continuasse a desenvolver-se tendo em conta experiências do passado, muito embora quantas vezes parcelar ou totalmente erradas.

Camaradas, em breve estará ao dispor dos interessados elementos concretos e interessantes cuja difusão o CG da EDP não deixará de facultar.

\* Programador de Informática na Direcção Operacional de Distribuição Tejo

Fig.3: in revista "Circuito" nº14 (Dez 1979)

era iniciado nele pelo que eu disse, declarou, suficientemente alto para ser ouvido por todos: 'Prove-me que é impossível, e começarei a trabalhar no assunto esta mesma noite'!" -A. De Morgan<sup>8</sup>.

Espero que com este breve artigo os leitores não se ponham a demonstrar a quadratura do círculo ou a racionalidade de π!★

Coimbra, Maio de 1981

### NOTAS

<sup>1</sup>Por exemplo, o problema da trissecção do ângulo resolve-se com régua graduada e compasso(vd. What is Mathematics? por R.Courant e H.Robbins pg 138).

<sup>2</sup>Isto é, todo aquele que é raiz de uma equação algébrica de coeficientes racionais.

<sup>3</sup>Foi demonstrado que π é irracional no fim do séc. XVIII por Lambert.

<sup>4</sup>Vd Histoire des Mathématiques por Marcel Boll

<sup>5</sup>Este postulado diz: "por um ponto exterior a uma recta apenas passa uma paralela a essa recta."

<sup>6</sup>Diz este teorema: "Não há números inteiros positivos x,y,z que satisfaçam a igualdade

$$x^n + y^n = z^n$$

se n for um número natural maior do que dois." Observe-se que, talvez pela simplicidade do enunciado, este teorema sofreu a arremetida de muitos "cientistas" sempre com "brilhantes resultados" (sendo a maior parte dos erros cometidos verdadeiramente infantis).

<sup>7</sup>Vd O Número Pi in Gazeta de Matemática nº22.

<sup>8</sup>Vd A Budget of Paradoxes vol.2 pg210.

## ALGO SOBRE

# LASERS

HELDER ARAÚJO

(5º ano Eng. Electrotécnica)

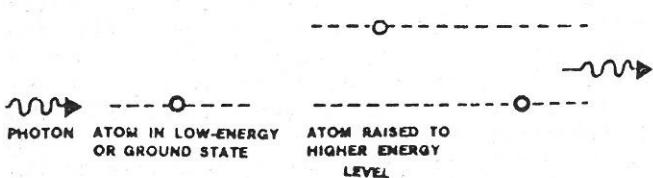
A palavra laser resulta das iniciais de "light amplification by stimulated emission of radiation". Historicamente a existência dos lasers foi precedida pela dos masers (de "microwave amplification by stimulated emission of radiation") dispositivo que opera na zona das radiações electromagnéticas correspondente à das microondas. O funcionamento de ambos os dispositivos fundamenta-se no mesmo fenômeno físico: a emissão estimulada. Contudo a operação na zona das radiações electromagnéticas visíveis levanta, relativamente às microondas, problemas tecnológicos novos. Daí que tenham surgido primeiros os masers. Basicamente um laser ou um maser não difere muito de um oscilador electrónico simbolicamente a frequência gerada é muito maior. Contudo, na forma de operar, já a diferença é substancial, uma vez que no caso dos lasers o ganho é obtido directamente através de estimulação de transições radiantes entre níveis de energia atómicos.

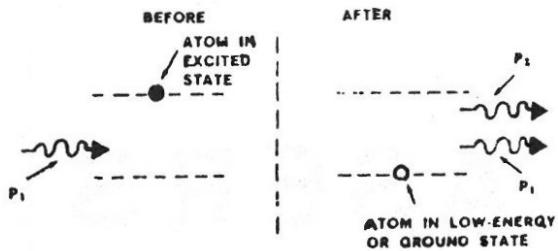
As palavras "emissão estimulada" têm origem num artigo de Einstein cujo título é "Sobre a Teoria Quântica da Radiação", publicado primeiro em 1916 em Zurique, e depois em 1917 em Berlim. Nesse artigo, Einstein, ao escrever expressões que traduzissem a emissão e absorção de energia por um átomo num campo electromagnético, achou necessária a inclusão de um termo adicional de emissão, que representava a emissão estimulada.

Antes do artigo de Einstein de 1916-17, supunha-se que tal como existe uma espécie de absorção atómica, haveria só uma emissão. Esta espécie, então conhecida, é a que hoje é designada por "emissão espontânea" e consiste no seguinte: um átomo é excitado - isto é, ganha energia; seguindo a tendência universal da matéria para atingir os estados de mais baixa energia, o átomo irá, em alguma altura, emitir essa energia na forma de um fotão. Tal emissão é uma espécie de decisão própria do átomo. Pode suceder mais cedo ou mais tarde. Há um tempo médio ou tempo de semi-vida durante o qual metade de uma grande quantidade de tais átomos excitados

terá emitido um fotão. Pode medir-se este tempo de semi-vida para uma espécie particular de átomos excitado em determinado nível de energia. Contudo, não pode saber-se nunca quando é que determinado átomo emitirá. Mais ainda: na emissão espontânea o momento em que determinado átomo "decide" emitir tem pouco ou nada a ver com os instantes em que os seus vizinhos próximos emitirão. Outra das características da emissão espontânea é a de que as radiações electromagnéticas emitidas não são coordenadas, quer em direção, quer em fase, constituindo radiação incoerente.

A formulação da emissão estimulada feita por Einstein resultou do facto de que se considerasse que toda a emissão era espontânea, não havia explicação possível para alguns factos, nomeadamente para os que ocorriam na radiação em equilíbrio a várias temperaturas, de um corpo negro. O que faltava era uma fonte de emissões adicionais, uma fonte cuja resposta variava com a quantidade de energia que se fornecia à matéria radiante. Essa fonte de emissões adicionais comporta-se de certa forma, como uma absorção negativa. De facto na absorção quando fotões "caem" sobre átomos não excitados, os fotões desaparecem e os átomos ficam excitados, tendo ganho quantidades correspondentes de energia. Cada absorção representa o desaparecimento de um fotão e a transferência da quantidade correspondente de energia da radiação para a matéria. Na emissão estimulada a situação é a seguinte: quando os fotões "caem" sobre átomos excitados ocorrem emissões estimuladas. Cada uma destas emissões estimuladas consiste na emissão por um átomo excitado de um fotão da mesma energia que o fotão estimulante. Ambos os fotões se deslocam em direção idêntica. Cada emissão estimulada significa o aparecimento de um fotão adicional e a transferência de uma correspondente quantidade de energia da matéria para a radiação. Os 3 processos (absorção, emissão espontânea, e emissão estimulada) podem ocorrer no mesmo corpo sob a influência dos mesmos fotões radiantes. A emissão espontânea permanece não afetada pela presença de tal radiação. A absorção e a emissão estimulada realizam-se apenas devido a tal radiação. A emissão estimulada realiza-se em resposta à chegada de um fotão da mesma energia para a qual o átomo está preparado para emitir. Na emissão estimulada a emissão é coerente. Para que a emissão estimulada constitua a quase totalidade da radiação emitida por





um corpo é necessário que nele se verifique a chamada inversão da população, isto é, necessário que nos níveis de energia mais elevada haja mais átomos que nos menos energéticos. Vejamos de forma qualitativa o porquê da inversão da população. Seja um corpo em que haja inversão da população. Alguns átomos da população do nível mais energético cairiam espontaneamente num dos níveis menos energéticos, emitindo fotões. Cada um destes fotões teria mais probabilidade de provocar a emissão estimulada de um fotão adicional do que ser absorvido uma vez que os níveis mais energéticos estão mais preenchidos que os menos energéticos. Demonstremos agora de forma mais cuidada a necessidade da inversão da população.

Considere-se um sistema em equilíbrio térmico à temperatura absoluta  $T$ . Sejam ainda  $N_n$  e  $N_m$  respectivamente as populações (número de átomos por unidade de volume) dos níveis  $E_n$  e  $E_m$  sendo  $E_n$  um nível de energia mais elevado que  $E_m$ . Tem-se, então, como decorre da distribuição de Boltzmann:

$$1) \frac{N_n}{N_m} = e^{-(E_n - E_m)/(kT)}$$

em que  $T$  - Temperatura absoluta  
 $k$  - cte de Boltzmann

No zero absoluto todos os átomos estarão no estado de mais baixa energia. O equilíbrio térmico a qualquer temperatura exige que um estado com uma energia mais baixa esteja mais densamente ocupado do que um estado com uma energia maior. Considere-se agora um conjunto de átomos à temperatura de zero absoluto. Este conjunto absorverá apenas radiação cuja frequência esteja contida na sequência  $(E_i - E_1)/h$  onde  $i = 2, 3, \dots$ . Se o conjunto estiver em equilíbrio a uma temperatura  $T$ , então estará apenas o estado de mais baixa energia ocupado; consequentemente poderá ser absorvida também radiação cuja frequência corresponda a transições entre estados excitados. Como consequência da absorção da radiação, o equilíbrio do conjunto será perturbado. Suponhamos que é absorvida radiação monocromática. Os átomos que ficarem excitados acima do primeiro nível podem voltar directamente para o estado de mais baixa energia por emissão espontânea ou estimulada, ou podem seguir outra via e mudarem para um nível mais baixo mas diferente do nível de energia mais baixo. Desta forma eles podem ir caíndo ao longo da escala das energias, emitindo de cada vez radiação de frequência diferente da que originalmente os tirou do nível de energia mais baixo. Em virtude da equação  $h\nu = E_2 - E_1$  relacionando energia e frequên-

cia, as radiações emitidas nesse processo em cascata, têm frequências mais baixas que a da radiação excitante. Considere-se agora um conjunto de átomos que pode estar não em equilíbrio térmico e designe-se novamente o número de átomos por unidade de volume no estado por  $N_n$ . Supondo  $n > m$ , qual será a resposta do conjunto a uma radiação de frequência  $\nu$  (frequência correspondente à diferença de energias entre dois estados) e densidade  $u$ ? O número de transições do nível energético  $n$  para o nível menos energético  $m$  será  $(A_n + uB_n)N_n$  por segundo e o número de transições em sentido contrário será  $uB_m N_m$ , em que  $u$  é a densidade de radiação à frequência  $\nu$ ,  $A_n$  o coeficiente de Einstein que dá a probabilidade de que um átomo no nível  $n$  mude espontaneamente para o nível mais baixo  $m$  na unidade de tempo e  $B_m$  é o coeficiente do Einstein que se refere indiferentemente à absorção e à emissão estimulada. Sempre que  $N_n$  seja menor que  $N_m$ , que é geralmente o caso, o feixe incidente sofrerá uma perda total de  $(N_n - N_m)uB_m$  quanta por segundo. Os quanta  $A_n N_n$ , que são irradiados espontaneamente, aparecerão como radiação dispersa. Assim um feixe passando através de matéria em que os estados de energia mais baixa estão mais preenchidos que os da energia mais alta perderá sempre intensidade; o material terá um coeficiente de absorção positiva. Consideremos agora um conjunto de átomos em que  $N_n$ , o número de átomos no estado  $n$ , maior que  $N_m$  sendo embora  $n > m$  (isto é, o estado  $n$  é mais energético que o estado  $m$ ). Então o conjunto de átomos contém uma inversão da população. Tal agrupamento de átomos não pode estar em equilíbrio térmico. Suponha-se agora que de alguma forma se realizou a inversão da população para o par de níveis 2 e 1. Significa que encontramos um processo de obter  $N_2 > N_1$ . Nesta situação o material irradiará espontaneamente. Actuará também como um amplificador de radiação à frequência própria  $\nu = (E_2 - E_1)/h$ ; a radiação espontânea da mesma frequência surgirá como ruído do amplificador. Note-se que quando o material está em equilíbrio térmico a distribuição dos átomos pelos níveis é descrita pela equação nº 1. Para qualquer valor positivo de temperatura absoluta vem  $N_n < N_m$  desde que  $E_n > E_m$ . A situação de não-equilíbrio, na qual se tem  $N_n > N_m$  é portanto a inversão da população.

Como todos os processos naturais tendem a deslocar um sistema para o equilíbrio térmico, e portanto tendem também a destruir a inversão da população que provavelmente se tenha conseguido, o principal problema a ser resolvido na construção dos lasers foi a criação e manutenção da inversão da população. Os processos utilizados para tal são geralmente designados por "bombagem" do material. A radiação obtida por emissão estimulada tem propriedades notáveis, o que explica a tão variada gama de aplicação dos lasers. Assim o feixe de radiação emitida por laser é constituído praticamente só por radiação de uma única frequência - diz-se que o feixe tem elevada coerência temporal. Além disso a frente de onda tem uma forma que se mantém constante no tempo - diz-se que a luz é espacialmente coerente. O laser permite-nos obter um feixe de luz coe-

(continua pág. 22)

## sofia kovalewsky

(continuado da pág. 6 )

tudo da matemática e, consequentemente, a cátedra universitária para se dedicar exclusivamente à família. O rompimento era fatal e Sofia sentiu-o profundamente. A saúde declinava dia após dia e com ela a beleza. Começou a criar aversão a Estocolmo.

Numa das viagens a Paris toma conhecimento do concurso aberto pela Academia das Ciências desta cidade e cujo o tema era o de fazer progredir de modo notável a teoria do movimento dos corpos. Imediatamente se decidiu a concorrer. Trabalhou tenazmente mas sem alegria, só para manter a reputação de matemática insigne, envia o trabalho para Paris e ganha o prémio Bordin instituído pela Academia das Ciências. Recebeu-o na véspera do Natal de 1888 pelo seu estudo original "Sobre a rotação dos corpos sólidos em torno dum ponto fixo". Era de tão alto valor que o juri elevou o prémio de 3000 francos para 5000.

Apesar do triunfo Sofia vivia amargurada e refugia-se no passado escrevendo o livro "Recordações de Infância" onde narra a sua vida de criança na casa senhorial de Palibino. Também vai resumindo materiais para outro livro, o "Voe Vitis", o romance da sua própria existência e que não passou numa introdução. Nela comparava a Primavera e o Inverno afirmando preferir este último, mais de acordo com a sua alma, triste e rodeada de sombras. A alegria primaveril fora curta ilusão de felicidade a que sucedera o Inverno, a terrível realidade da amargura.

É com o espírito profundamente conturbado, precocemente envelhecida, absorvida pelo drama da sua vida que parte de Berlim, em fins de Janeiro de 1891 com destino a Estocolmo, para retomar as suas aulas na Universidade.

Morto o pai, desaparecido o marido, rompido o casamento com Nansen, morta finalmente a sua irmã que a ligava à infância perdida, pensando por vezes no suicídio que só o receio duma vida para além da morte impedia(3), Sofia dirigiu-se a Estocolmo, onde já não a esperaria sua amiga Carlota Leffler agora vivendo em Nápoles casada com o Duque de Cajanelo. E é nessa travessia que contrai uma pneumonia. A doença adquiriu em breve proporções alarmantes e em 10 de Fevereiro a grande matemática deixou de pertencer ao número dos vivos. "Sinto que se opera em mim uma grande mudança" foram as últimas palavras que pronunciou.(4).



O mundo científico sentiu profundamente a perda de Sofia Kovalewsky, a mais categorizada figura feminina no campo das ciências exatas. Nascida em época em que a frequência dos estudos universitários, se não pela lei, como em alguns países, por longa tradição educativa, era vedada ao sexo feminino, tudo sacrificou Sofia para realizar a sua vocação; e ao realizá-la sentiu com amargura ter destruído a sua própria vida de mulher. A ciência não lhe tinha dado a felicidade. Hoje, em que costumes, tradições e

leis se tornaram menos rígidos, a vida da ciência já não é aquela vida dolorosa de Sofia. A compatibilidade de uma carreira científica feminina com a vida da família não significa, nos dias que correm, exceção: inúmeros exemplos o testam. Mas Sofia Kovalewsky permanecerá para sempre o mais alto exemplo de uma vida de mulher consagrada à ciência, nos tempos duros em que essa consagração obrigava a renúncias, sempre dolorosas e por vezes trágicas.★

NOTAS:

- (1) F. Gomes Teixeira, Uma santa e uma sábia, Lisboa, Livraria Classica Editora, 1930, p. 229.
- (2) Ibidem, p. 248
- (3) Ibidem, p. 292
- (4) Ibidem, p. 292

## a ateroscleroze

(continuado da pág. 16 )

### NUMEROSOS FACTORES DE RISCO

Vários estudos relacionaram um certo número de factores de risco com a incidência da ateroscleroze. Estes factores de risco compreendem: a hipertensão (alta pressão sanguínea), taxas elevadas de colesterol e de outros lípidos, a obesidade, a nutrição, a hereditariedade, a idade, o sexo, a raça, o tabaco, o açúcar e outros factores ligados ao modo de vida como o stress, a falta de exercício, etc. Outros estudos deverão ser feitos para explicar concretamente como cada um destes factores de risco participa na gênese das lesões ateroscleroze.

A caracterização do factor mitogénico da placa vai permitir encontrar um modo de inhibir a sua ação e talvez mesmo a formação de lesões proliferativas da ateroscleroze.

À medida que se desenvolve o conhecimento o optimismo leva a surgir que um dia será possível não só tratar as lesões de ateroscleroze como impedir o seu aparecimento.★

## jardim botânico

(continuado da pág. 13 )

Além destes estudos e serviços o Jardim Botânico de Coimbra presta colaboração, sempre que solicitado, a outras Instituições Universitárias ou não, como por exemplo à Medicina Legal (fito-venenamentos), Hospitais, Escolas Secundárias e Primárias, Museu e Instituições de Arqueologia, Proteção à Natureza, apoio e auxílio a programas de investigação de laboratórios de produtos farmacêuticos nacionais e estrangeiros, e a programas de investigação a nível mundial. Poderá ainda evidenciar-se o facto do Jardim Botânico servir de local de nidificação de grande número de aves, tendo sido, por vezes, detectados algumas espécies muito pouco frequentes no País.

Esta é em resumo a actividade e importância do Jardim Botânico de Coimbra, mais apreciado, mais solicitado e mais conhecido no estrangeiro do que na própria cidade de Coimbra, onde constitui também uma apreciável mancha verde para recreio, estudo e purificação do ambiente.★

## crise energética

(continuado da pág. 4)

hoje se levanta. E fundamentalmente o problema da opção pelos produtos agricolenergéticos em desfavor dos alimentos, o que provocaria inevitavelmente a subida de preços da alimentação e uma maior escassez de bens num mundo em que a subnutrição é uma realidade.

A par de todas estas e muitas mais tentativas de viabilizar novas fontes energéticas, existem aquelas que, renováveis, já hoje contribuem para a manutenção da sociedade actual e aquelas que teoricamente prováveis, estão ainda longe de ser conhecidas. É o caso da energia geotérmica, da energia hidráulica, das ondas do oceano (que têm um potencial energético duas vezes superior ao consumo mundial de electricidade). E ainda da energia do vazio resultante das explosões nas galáxias do Universo (energia que se agita à nossa volta em quantidades colossais e que permanece ainda inacessível ao homem) etc.

### "Para além da crise"

Se atentarmos a uma análise do verdadeiro problema da crise energética, verificaremos que a essência está no aspecto político, económico e nas próprias infraestruturas existentes.

Existem recursos energéticos em quantidade suficiente para superar a crise mas paralelamente existe o passado que pode ser determinante na escolha do futuro.

Uma sociedade pós-guerra que se baseou no petróleo para a sua reconstrução será um obstáculo a ter em conta em qualquer tomada de decisão. Ou será que não foi necessário mais de meio século para o petróleo substituir o carvão? Ou será que perto de 40 anos depois das primeiras experiências a energia atómica não representa apenas 1% da energia total do mundo?

Existem também dificuldades no ponto de vista político que obstruem e por vezes originam mesmo uma má distribuição e irracionalidade do consumo de energia.

O investimento pode ter como objectivo reforçar as estruturas existentes para que o benefício de alguns não desapareça, independentemente das vantagens económicas.

E sabemos o quanto o poder económico está interligado ao poder político. As estruturas que sustentam o sistema energético actual trazem benefícios aos seus detentores e uma mudança no sistema poder-lhes-ia ser fatal.

As decisões tomadas para superar a crise aproveitando da melhor forma a energia existente ou a produzir têm tido e devem ter em conta pontos de importância relativa e de múltipla diversidade. Dois deles são sem dúvida: a produção, distribuição e consumo, que deve obedecer a um plano cuidadoso que não permita excessos com consequentes desperdícios; e o equilíbrio ecológico mundial. Os especialistas concordam que as fontes energéticas devem causar danos mínimos no ambiente, mas a conciliação parece difícil.

Efectivamente muitos problemas se poem, problemas sociais, económicos, científicos, téc-

nicos e inclusivamente políticos. Todavia tal como a humanidade superou várias crises ao longo da sua História, também desta vez a crise deverá ser ultrapassada através dos esforços conjuntos da ciência e da própria sociedade. ★



## lasers

(continuado da pág. 20)

rente e intenso que não é possível obter de nenhuma outra forma.

Para um laser é importante escolher-se um material para o qual se atinja a inversão da população antes que as perdas do sistema se sobreponham. Basicamente um laser consiste num meio amplificador (onde se verifica a inversão da população) que pode ser gasoso, sólido ou líquido, colocado entre dois espelhos que formam uma cavidade ressonante óptica. Um laser sem espelhos pode funcionar como amplificador; com espelhos tornava-se um oscilador, que é o que interessa para que não haja necessidade de radiação estimulante. O laser é um oscilador óptico. Coloca-se portanto o meio activo (onde se verifica a inversão da população) entre dois espelhos frente a frente. Consideremos que existe inversão da população no meio activo e que uma transição espontânea produz um fotão que se desloca ao longo do eixo do sistema. Este fotão pode então interactuar com um átomo num estado excitado originando uma emissão estimulada e portanto uma onda (que vai aumentando em amplitude em virtude de outras emissões estimuladas) que passa através do meio activo e se dirige a um dos espelhos. A amplificação da onda é aumentada pelas sucessivas reflexões conseguidas por meio dos espelhos. Como um dos espelhos é历icamente transmissor, quando a onda atinge a intensidade suficiente ela aparece como saída do laser. ★

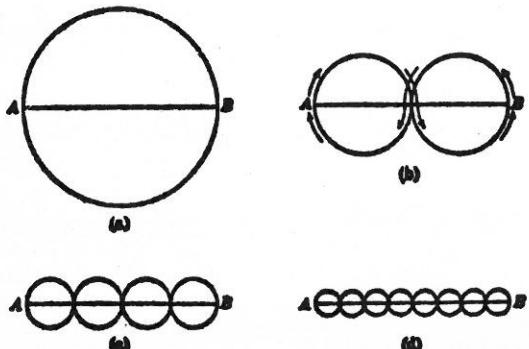
## ponto de interrogação

Nesta secção são publicadas questões não originais de índole mais ou menos científica e que exigem o dispêndio de uma certa "energia mental" para serem resolvidas. Em cada número incluímos as respostas correctas que nos enviarem relativamente às perguntas do número anterior. As respostas podem ser dirigidas à redacção ou entregues a qualquer um dos elementos da equipa coordenadora.

Prazo para o envio das soluções às questões desse número: 31/12/81.

1.º sr. X prepara-se para fazer uma viagem de 42 000 km com o seu carro que é um modelo clássico de quatro rodas. Dispondo de pneus que apenas fazem 24 000 km cada, o sr. X afirma que sete pneus serão suficientes. Terá razão?

2.º Sobre um diâmetro AB constroi-se uma circunferência como o indicado na figura (a). Cha-



memos-lhe  $C_1$ . Tracemos agora uma curva consistindo de duas circunferências com o diâmetro  $AB/2$ , como na figura (b). Estas circunferências podem considerar-se como uma curva única, traçada como indicam as setas. Chamemos  $C_2$  a esta curva.

As curvas  $C_3$  e  $C_4$  são apresentadas nos diagramas (c) e (d). Consistem, respectivamente, em quatro circunferências cada uma com o diâmetro  $AB/4$  e em oito circunferências cada uma com o diâmetro  $AB/8$ . Continuemos indefinidamente o processo de duplicar o número de circunferências e reduzir a metade o comprimento dos diâmetros. O resultado é uma sucessão de curvas  $C_1, C_2, C_3, C_4, \dots$ . A curva limite, como é constituída por circunferências infinitamente pequenas, é indistinguível do segmento de recta AB. Recordemos agora que ao traçarmos cada curva vamos de A a B e voltamos a A. Logo o comprimento da curva limite é  $2AB$ . Certo? Não, errado. Qual é então o seu comprimento?

3.º Os exploradores Blake e Mortimer em busca do tesouro do Faraó no interior da pirâmide de Queops, chegam a uma encruzilhada com três portas de que apenas uma se poderá abrir pois quando tal acontecer as outras duas ficarão irremediavelmente obstruídas. Sobre cada porta há uma inscrição:

1.ª porta: "O tesouro não está nesta porta"  
2.ª porta: "O tesouro não está nesta porta"

3.ª porta: "Uma só destas 3 inscrições é verdadeira"

Qual é a porta que eles devem abrir?

4.º Consideremos a expressão seguinte que é verdadeira para todos os valores de  $x$  e  $y$ :

$$\sqrt{x-y} = i\sqrt{y-x}$$

Fazendo  $x = a$  e  $y = b$ ,

$$\sqrt{a-b} = i\sqrt{b-a}$$

Fazendo  $x = b$  e  $y = a$ ,

$$\sqrt{b-a} = i\sqrt{a-b}$$

Multiplicando estas duas expressões,

$$\sqrt{a-b} \cdot \sqrt{b-a} = i^2 \cdot \sqrt{b-a} \cdot \sqrt{a-b}$$

Dividindo ambos os membros por  $\sqrt{a-b} \cdot \sqrt{b-a}$ ,

$$1 = i^2$$

ou

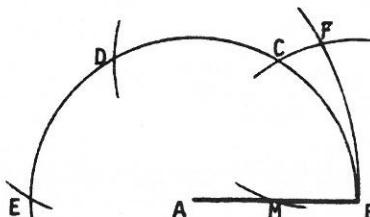
$$1 = -1.$$

Onde está o erro?

### RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DO NÚMERO ANTERIOR

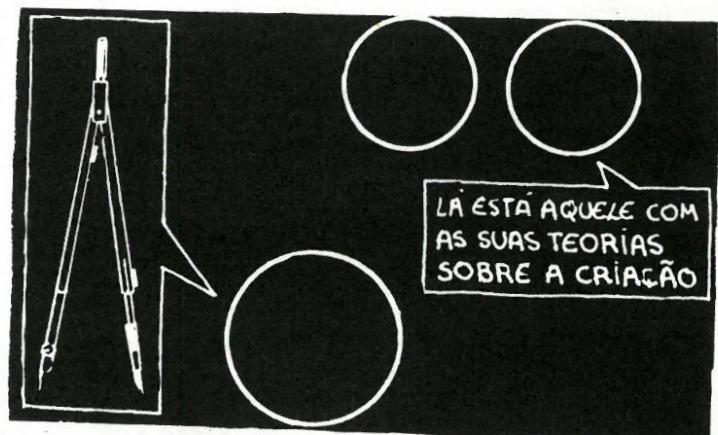
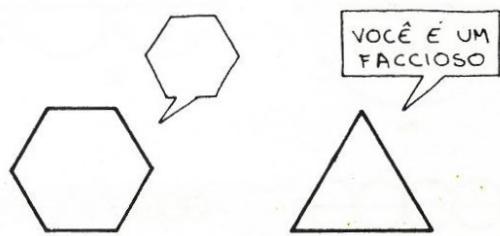
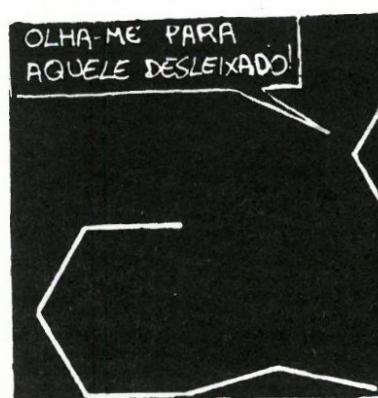
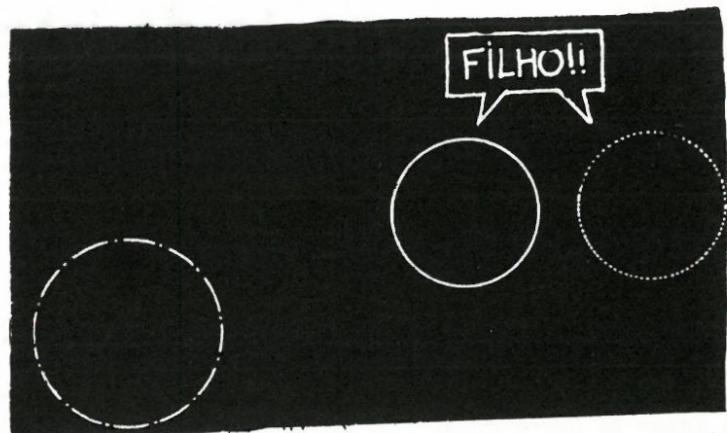
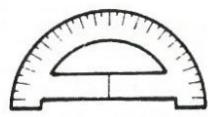
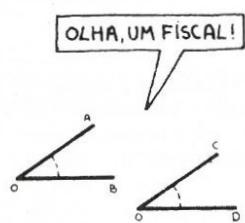
1) Alguém mostrou à redacção uma demonstração de este facto, mas como a redacção ficou na mesma achou melhor não publicar nada.

2) Seja AB o segmento. Designemos por  $r$  o seu comprimento. Com centro em A e raio  $r$  tracemos um arco como se vê na figura. Agora, com centro em B e raio  $r$  tracemos um arco, que vai intersectar o 1º em C. De modo análogo determinamos os pontos D e E. O ponto F está no prolongamento de AB.



Com centro em E e raio  $2r$  tracemos um arco como se vê na figura. Intersectando-o com o arco de centro em B obtém F. O arco com centro em F e raio  $r$  intersecta AB no seu ponto médio M. A justificação é a seguinte: o triângulo EBF é isósceles, e BF mede metade de EB; ora FMB é também isósceles e é semelhante a EBF, por ter um ângulo adjacente à base em comum com ele ( $\angle ABF$ ); logo, MB mede metade de FM, isto é, metade de  $r$ .

3) Os 30 minutos que o motorista ganhou provêm do percurso percorrido pelo sr. X; como o motorista deveria fazer esse percurso duas vezes (uma na ida e outra na volta) o sr. X andou 15 minutos a pé.



O humor geométrico  
DO NUNO