

COMO SE FAZ UMA BOMBA ATÔMICA

JOSÉ GOLDENBERG

Instituto de Física da USP

Existem diversas substâncias químicas que podem sofrer transformações muito rápidas: ao serem aquecidas, ao sofrerem um choque, ou misturadas com outras, estas substâncias "explodem"; o que esta explosão significa é que a substância sofre uma reação química incontrolável que só acaba quando os ingredientes disponíveis são totalmente consumidos.

A pólvora, a dinamite, a trinitroglicerina são exemplos de tais substâncias; numa espoleta, a explosão é iniciada pela pancada do gatilho sobre ela; já num foguete de São João, é o calor que inicia a explosão.

A grande maioria das reações químicas (ou a combustão) se processa lentamente e, apesar de consumir as substâncias existentes, não são explosivas; o exemplo mais simples é a queima de um palito de fósforo: uma vez iniciada a queima — para o que é necessário um estopim ou fósforo — a madeira toda queima, mas não de forma explosiva.

A energia libertada na explosão pode ser muito grande; por exemplo, um quilo de trinitroglicerina, ao explodir, pode destruir completamente uma casa de dois andares. Uma tonelada de trinitrotolueno (TNT) que é um outro tipo de explosivo, pode destruir um quarteirão.

Estes explosivos têm sido usados extensivamente nas guerras deste século.

Não satisfeitos com isto, os cientistas desenvolveram um outro tipo de explosivo: a bomba atômica. O nome é devido ao fato de que, numa bomba atômica, não ocorre uma reação química, mas uma reação nuclear.

Como as forças nucleares são cerca de 1 milhão de vezes mais fortes que as forças químicas, as energias libertadas podem ser muito maiores, isto é, com a explosão de 1 quilo de material nuclear pode-se obter uma explosão equivalente a um milhão de quilos de TNT.

O material nuclear com o qual se podem fazer bombas atômicas é o urânio; este é o elemento mais pesado que se encontra na natureza; todos os elementos mais pesados que ele são chamados **transurânicos** e são instáveis, não existindo na natureza, só podendo ser produzidos artificialmente.

Mesmo o urânio não é muito estável; de vez em quando, espontaneamente, emite partículas alfa — isto é, o urânio é radioativo — o que indica que ele pode ser levado a explodir.

Da mesma forma que um rearranjo dos átomos pode libertar energia, como na queima de um combustível (madeira, gás ou petróleo, que são compostos químicos), um rearranjo no núcleo dos átomos pode também libertar energia, mas em quantidades maiores do que nas reações químicas.

Por exemplo, se um núcleo de urânio se desintegrar em dois fragmentos (o estrôncio e o xenônio, por exemplo), uma grande quantidade de energia pode ser liberada. Se, entretanto, todos os núcleos de 1 kg de urânio se desintegrassem, a energia liberada seria mais de um milhão de vezes maior do que a energia liberada na queima de 1 kg de petróleo ou carvão.

O problema é fazer o urânio queimar, ou seja, fazer com que todos os átomos presentes numa massa de 1 kg se desintegrem.

Isto é fácil de fazer com um pedaço de madeira: uma vez que comece a queimar sob a ação de um fósforo, por exemplo, a reação química se propaga e só cessa quando todo o combustível acaba.

Com o urânio isto é muito mais difícil de fazer. É possível fazer um átomo se desintegrar "incendiando-o", como um fósforo faz com a madeira. Um bom agente para isto são feixes de partículas, que os cientistas aprenderam a fabricar a partir de 1930. Feixes de nêutrons são excelentes desintegradores de átomos de urânio, através da reação nuclear representada na figura 1.

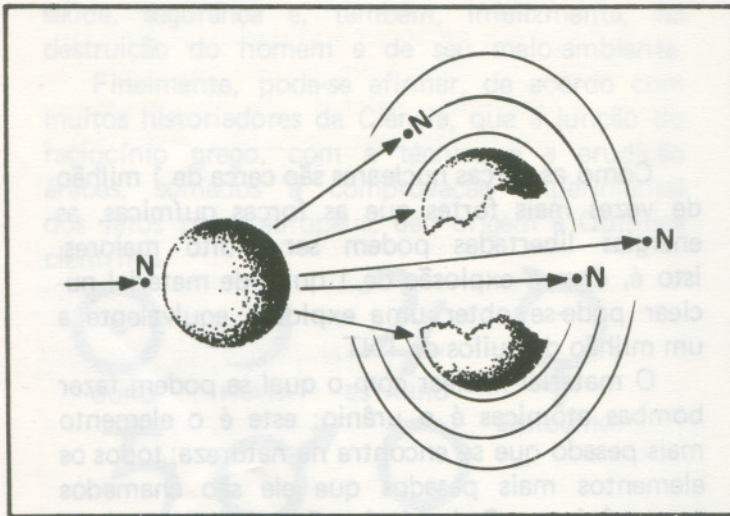
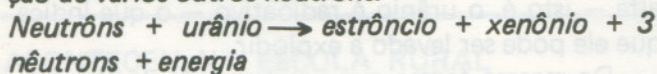


Fig.1—A desintegração do urânio, bombardeado por nêutrons, em dois fragmentos, com a produção de vários outros nêutrons.



Contudo a probabilidade de que um nêutron acerte num núcleo de urânio é muito pequena porque eles são muito pequenos.

É de se notar, contudo, que, da desintegração do urânio na reação acima, resultam três nêutrons. Surgiu daí uma idéia revolucionária, que é a seguinte: se o 1.º nêutron produz 3 outros e se cada um deles produz outros 3, teremos uma reação em cadeia em que o número de desintegrações nucleares segue a sequência:

1, 3, 9, 27, 81, 243, 729, 2187, etc.

progressão esta que cresce rapidamente. Na prática, toda a massa de urânio poderia "se incendiar", como indica a figura 2.

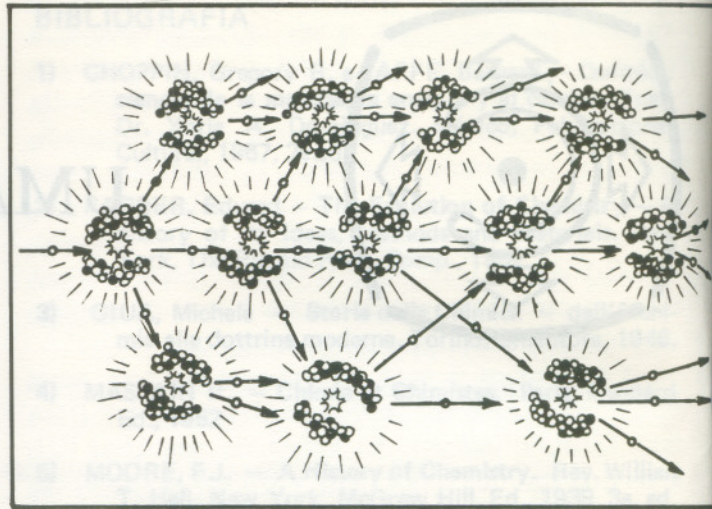


Fig. 2 — Reação Nuclear "em cadeia", em que toda a massa de urânio se "incendeia"

Leo Szilard teve, na década de 1930, a idéia de tentar realizar na prática uma reação em cadeia, e isto de fato foi conseguido por Enrico Fermi pela primeira vez, em 1942.

O resultado imediato da confirmação da idéia de que era possível fazer uma reação nuclear em cadeia com o urânio levou à construção das primeiras bombas atômicas do tipo que foi lançado sobre Hiroxima e Nagasaki. Nestas bombas, bastou "queimar" 4 ou 5 kg de urânio (dos 20 kg que a bomba possuía) para obter um efeito explosivo equivalente à explosão de 20.000 toneladas de trinitrogllicerina.

Pela sua própria natureza de bomba, toda a reação em cadeia ocorre rapidamente num tempo menor do que um milésimo de segundo, da mesma forma que num explosivo comum. Um tanque de gasolina também pode explodir, mas em geral ela é usada de forma controlada, "queimando-se" a gasolina aos poucos dentro do motor.

O mesmo pode ocorrer com o urânio, numa reação em cadeia; ou ele "explode", isto é, "queima" rapidamente, ou então "queima" lentamente. A quantidade total de energia produzida é a mesma, mas ela se manifesta de formas diferentes. No primeiro caso é a fantástica explosão nuclear, com produção de quantidades assombrosas de luz, calor e outras radiações capazes de matar centenas de milhares de pessoas. No segundo caso, a "queima" do urânio produz basicamente calor, que aquece as barras nas quais se encontra o urânio.

• Não é o urânio que se encontra na natureza que pode explodir da maneira descrita acima; o urânio como se encontra na natureza é formado por uma mistura de dois tipos de átomos: o urânio 235 na proporção de 0,7% e o urânio 238 na proporção de 99,3%. O primeiro deles é bastante raro. Num quilo de urânio só existem 7 gramas de urânio 235. É como se tivéssemos um saco de feijão com grãos de 2 tamanhos; os menores representariam o urânio 235 e os maiores, o urânio 238. Em cada 1.000 grãos de feijão, 7 representariam urânio 235 e 993 representariam urânio 238.

É o urânio 235 que pode explodir facilmente, mas é difícil obtê-lo de forma pura. Para isto é necessário "enriquecer" o urânio natural, ou seja aumentar a proporção de átomos de urânio 235 na mistura. Este enriquecimento precisa elevar a proporção de átomos de urânio 235 a 80% ("enriquecimento a 80%"). Reatores nucleares, para a produção de eletricidade em geral, usam urânio enriquecido a apenas 3%. Isto pode ser conseguido através de processos muito caros e complicados. Só

as grandes potências possuem a tecnologia necessária para isso. É possível, porém, obter um outro explosivo nuclear que é o plutônio. Ele é formado por uma transformação do urânio 238 — que é inerte do ponto de vista explosivo — em plutônio 239. Esta transformação ocorre num reator nuclear: colocando uma camisa de urânio natural em torno de um reator nuclear, ele aos poucos vai absorvendo nêutrons e se transformando em plutônio. Desta forma é possível obter vários quilos de plutônio por ano, usando um reator de pequeno porte. Por esta razão, bombas atômicas construídas com plutônio são denominadas "bombas atômicas dos pobres".

Obtido o urânio enriquecido a 80%, ou o plutônio, é possível construir uma bomba atômica de acordo com o esquema apresentado na figura 3.

O urânio ou plutônio são montados na forma de uma esfera oca no interior da qual se coloca uma fonte de nêutrons ("iniciador"). A esfera de urânio é envolvida por outra esfera oca de berílio que é um bom "refletor" de nêutrons e que devolve para o centro nêutrons originados no "inicia-

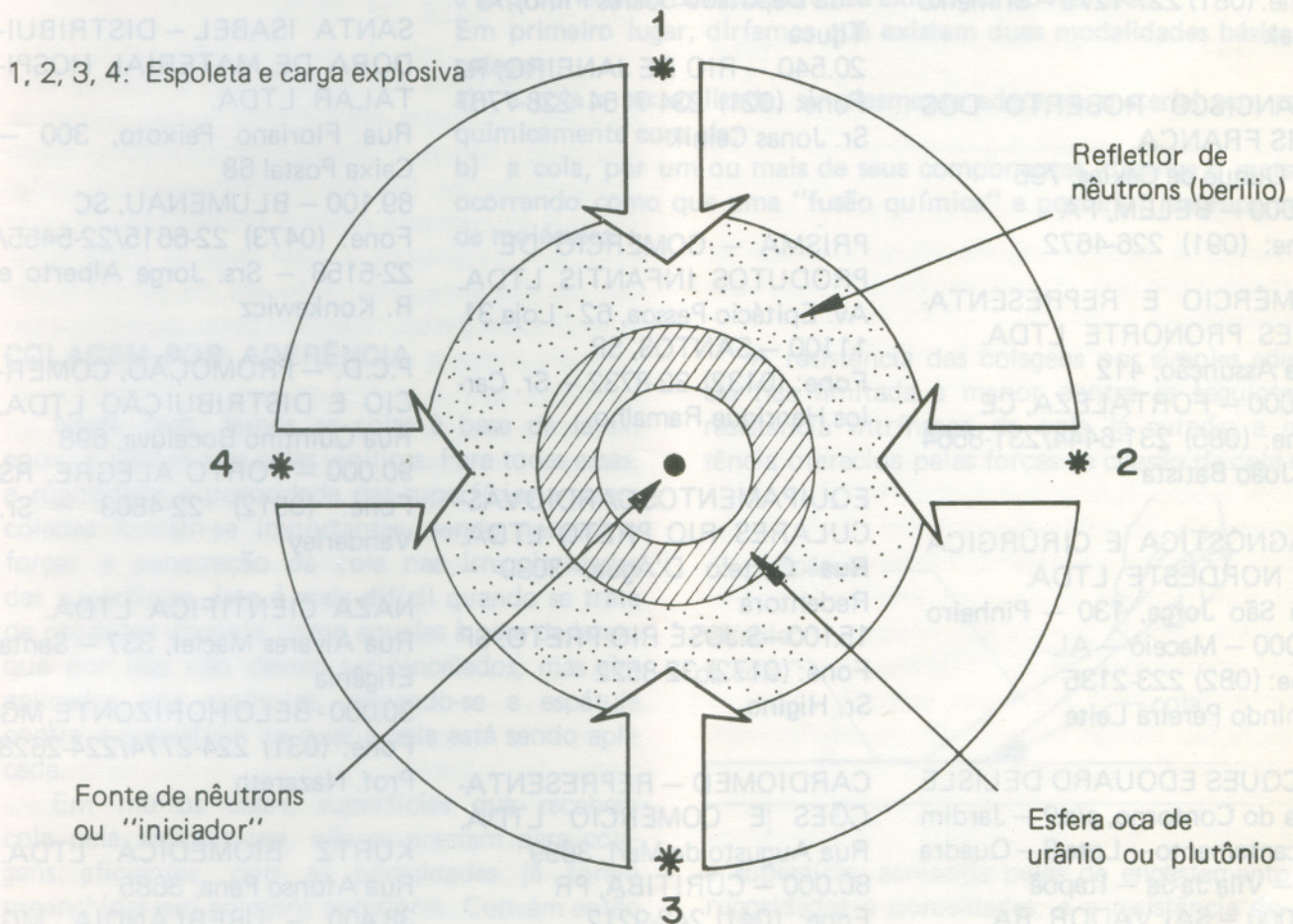


Fig. 3 — Esquema de bomba atômica

Isto é fácil de fazer com um pedaço de madeira: uma vez que comece a queimar sob a ação de um fósforo, por exemplo, a reação química se propaga e só cessa quando todo o combustível acaba.

Com o urânio isto é muito mais difícil de fazer. É possível fazer um átomo se desintegrar "incendiando-o", como um fósforo faz com a madeira. Um bom agente para isto são feixes de partículas, que os cientistas aprenderam a fabricar a partir de 1930. Feixes de nêutrons são excelentes desintegradores de átomos de urânio, através da reação nuclear representada na figura 1.

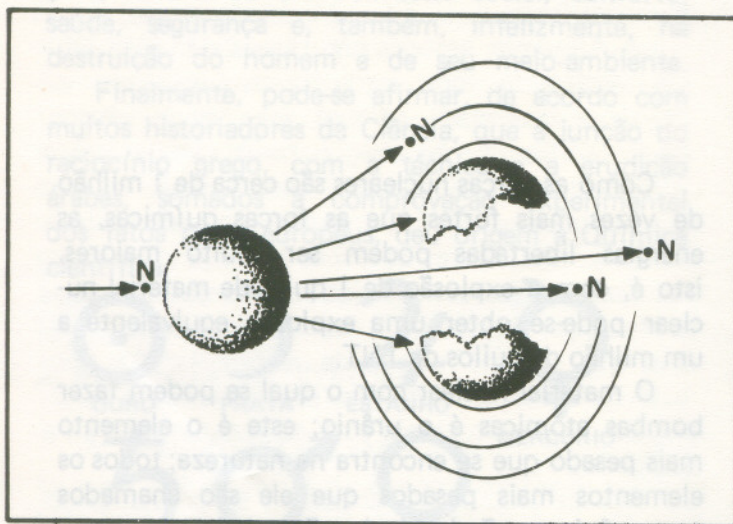


Fig. 1 — A desintegração do urânio, bombardeado por nêutrons, em dois fragmentos, com a produção de vários outros nêutrons.
 $\text{Nêutrons} + \text{urânio} \rightarrow \text{estrôncio} + \text{xenônio} + 3 \text{ nêutrons} + \text{energia}$

Contudo a probabilidade de que um nêutron acerte num núcleo de urânio é muito pequena porque eles são muito pequenos.

É de se notar, contudo, que, da desintegração do urânio na reação acima, resultam três nêutrons. Surgiu daí uma idéia revolucionária, que é a seguinte: se o 1.º nêutron produz 3 outros e se cada um deles produz outros 3, teremos uma reação em cadeia em que o número de desintegrações nucleares segue a seqüência:

1, 3, 9, 27, 81, 243, 729, 2187, etc.
 progressão esta que cresce rapidamente. Na prática, toda a massa de urânio poderia "se incendiar", como indica a figura 2.

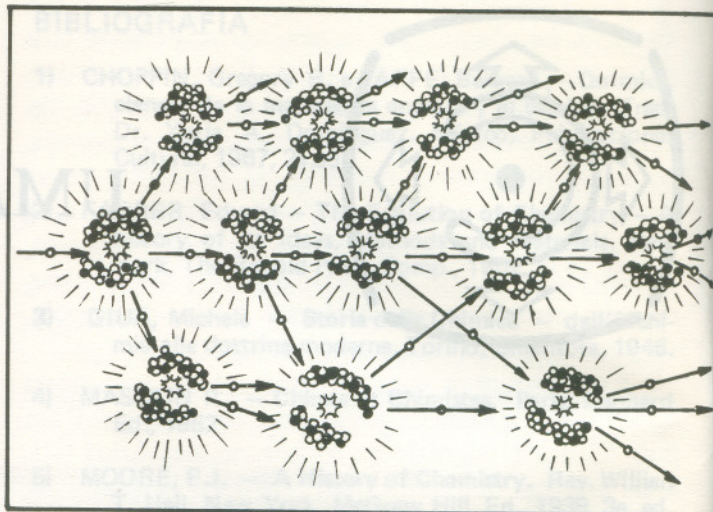


Fig. 2 — Reação Nuclear "em cadeia", em que toda a massa de urânio se "incendeia"

Leo Szilard teve, na década de 1930, a idéia de tentar realizar na prática uma reação em cadeia, e isto de fato foi conseguido por Enrico Fermi pela primeira vez, em 1942.

O resultado imediato da confirmação da idéia de que era possível fazer uma reação nuclear em cadeia com o urânio levou à construção das primeiras bombas atômicas do tipo que foi lançado sobre Hiroxima e Nagasaki. Nestas bombas, bastou "queimar" 4 ou 5 kg de urânio (dos 20 kg que a bomba possuía) para obter um efeito explosivo equivalente à explosão de 20.000 toneladas de trinitroglicerina.

Pela sua própria natureza de bomba, toda a reação em cadeia ocorre rapidamente num tempo menor do que um milésimo de segundo, da mesma forma que num explosivo comum. Um tanque de gasolina também pode explodir, mas em geral ela é usada de forma controlada, "queimando-se" a gasolina aos poucos dentro do motor.

O mesmo pode ocorrer com o urânio, numa reação em cadeia; ou ele "explode", isto é, "queima" rapidamente, ou então "queima" lentamente. A quantidade total de energia produzida é a mesma, mas ela se manifesta de formas diferentes. No primeiro caso é a fantástica explosão nuclear, com produção de quantidades assombrosas de luz, calor e outras radiações capazes de matar centenas de milhares de pessoas. No segundo caso, a "queima" do urânio produz basicamente calor, que aquece as barras nas quais se encontra o urânio.

Não é o urânio que se encontra na natureza que pode explodir da maneira descrita acima; o urânio como se encontra na natureza é formado por uma mistura de dois tipos de átomos: o urânio 235 na proporção de 0,7% e o urânio 238 na proporção de 99,3%. O primeiro deles é bastante raro. Num quilo de urânio só existem 7 gramas de urânio 235. É como se tivéssemos um saco de feijão com grãos de 2 tamanhos; os menores representariam o urânio 235 e os maiores, o urânio 238. Em cada 1.000 grãos de feijão, 7 representariam urânio 235 e 993 representariam urânio 238.

É o urânio 235 que pode explodir facilmente, mas é difícil obtê-lo de forma pura. Para isto é necessário "enriquecer" o urânio natural, ou seja aumentar a proporção de átomos de urânio 235 na mistura. Este enriquecimento precisa elevar a proporção de átomos de urânio 235 a 80% ("enriquecimento a 80%"). Reactores nucleares, para a produção de eletricidade em geral, usam urânio enriquecido a apenas 3%. Isto pode ser conseguido através de processos muito caros e complicados. Só

as grandes potências possuem a tecnologia necessária para isso. É possível, porém, obter um outro explosivo nuclear que é o plutônio. Ele é formado por uma transformação do urânio 238 — que é inerte do ponto de vista explosivo — em plutônio 239. Esta transformação ocorre num reator nuclear: colocando uma camisa de urânio natural em torno de um reator nuclear, ele aos poucos vai absorvendo nêutrons e se transformando em plutônio. Desta forma é possível obter vários quilos de plutônio por ano, usando um reator de pequeno porte. Por esta razão, bombas atômicas construídas com plutônio são denominadas "bombas atômicas dos pobres".

Obtido o urânio enriquecido a 80%, ou o plutônio, é possível construir uma bomba atômica de acordo com o esquema apresentado na figura 3.

O urânio ou plutônio são montados na forma de uma esfera oca no interior da qual se coloca uma fonte de nêutrons ("iniciador"). A esfera de urânio é envolvida por outra esfera oca de berílio que é um bom "refletor" de nêutrons e que devolve para o centro nêutrons originados no "inicia-

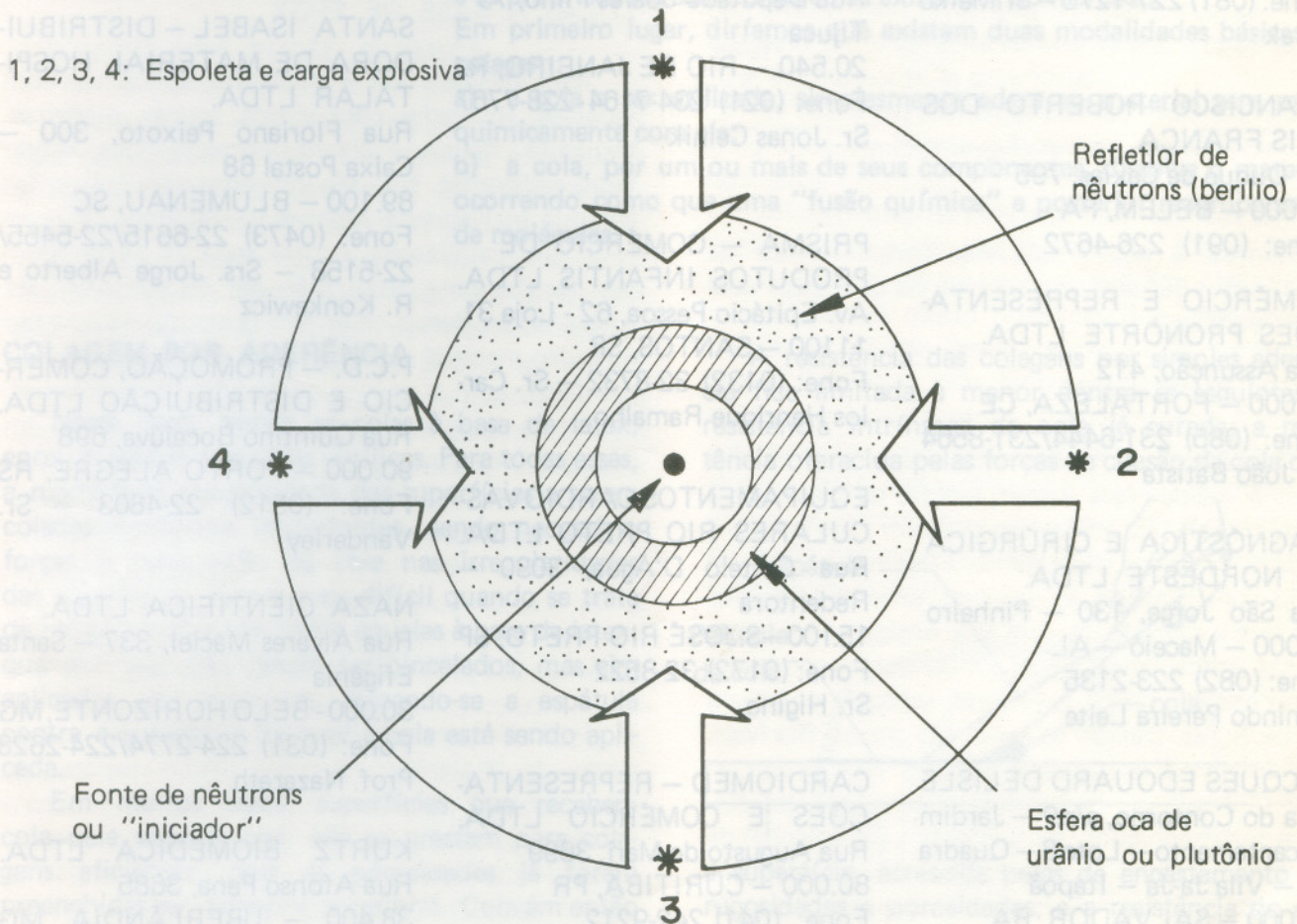


Fig. 3 — Esquema de bomba atômica

dor" que conseguiram escapar. Por sua vez, este refletor é coberto por umas cargas de explosivo comum (TNT), dispostas simetricamente que podem ser acionadas por detonadores alimentados por uma corrente elétrica. O TNT é disposto de forma que a sua detonação dirija a força explosiva para o centro, esmagando a esfera de urânio ou plutônio; ao ocorrer isto, ele sofre a reação em cadeia descrita acima, numa "explosão nuclear".

Com 5 ou 6 quilos de urânio enriquecido a 80%, ou quantidade equivalente de plutônio, é possível fazer uma bomba de poder explosivo equivalente a 10.000 toneladas de TNT, capaz de destruir uma cidade inteira. Isto é o que ocorreu em Hiroshima e Nagasaki.

FILIAIS E REPRESENTANTES DA FUNBEC



FUNBEC

FUNBEC – BRASÍLIA

SHS – Quadra 01 – Bloco A
Loja 15

70.300 – BRASÍLIA – DF

Fone: (061) 226-1608 – Sr. Paulo
Carneiro

FUNBEC – RECIFE

Av. José Osório, 96 – Madalena
50.000 – RECIFE – PE

Fone: (081) 227-1275 – Sr. Melko
Serak

FRANCISCO ROBERTO DOS REIS FRANÇA

Av. Duque de Caxias, 795
66.000 – BELÉM, PA

Fone: (091) 226-4672

COMÉRCIO E REPRESENTA- ÇÕES PRONORTE LTDA.

Rua Assunção, 412

60.000 – FORTALEZA, CE

Fone: (085) 231-6444/231-8564
Sr. João Batista

DIAGNÓSTICA E CIRÚRGICA DO NORDESTE LTDA.

Rua São Jorge, 130 – Pinheiro
57.000 – MACEIÓ – AL.

Fone: (082) 223-2135

Armando Pereira Leite

JACQUES EDOUARD DELISLE

Rua do Contorno, s/n.º – Jardim
Encantamento – Lote 8 – Quadra

19 – Vila Ja-Ja – Itapoã

40.000 – SALVADOR, BA

Fone: (071) 594-9325

LABOTRON – ENGENHARIA ELETRÔNICA LTDA.

Rua Ferreira Coelho, 85 – Praia
do Suá

29.000 – VITÓRIA – ES

Fone: (027) 227-1028 – Sr. Vitor

JOMAC – REPRESENTAÇÕES E SERVIÇOS LTDA.

Rua Deputado Soares Filho, 73
Tijuca

20.540 – RIO DE JANEIRO, RJ

Fone: (021) 234-7164-228-7767

Sr. Jonas Celnik

PRISMA – COMÉRCIO DE PRODUTOS INFANTIS LTDA.

Av. Epitácio Pessoa, 62 – Loja 31
11100 – SANTOS, SP

Fone: (0132) 32-8732 – Sr. Car-
los Henrique Ramalho

EQUIPAMENTOS CARDIOVAS- CULARES RIO PRETO LTDA.

Rua Castelo D'Água, 3030 –
Redentora

15.100 – S. JOSÉ RIO PRETO, SP

Fone: (0172) 32-8522

Sr. Higino

CARDIOMED – REPRESENTA- ÇÕES E COMÉRCIO LTDA.

Rua Augusto de Mari, 3699

80.000 – CURITIBA, PR

Fone: (041) 242-9212

Gilberto/Adib

SANTA ISABEL – DISTRIBUI- DORA DE MATERIAL HOSPI- TALAR LTDA.

Rua Floriano Peixoto, 300 –
Caixa Postal 68

89.100 – BLUMENAU, SC

Fone: (0473) 22-6615/22-5455/
22-5158 – Srs. Jorge Alberto e

R. Konkewicz

P.C.D. – PROMOÇÃO, COMÉ- RCIO E DISTRIBUIÇÃO LTDA.

Rua Quintino Bocaiuva, 698

90.000 – PORTO ALEGRE, RS

Fone: (0512) 22-4803 – Sr.
Vanderley

NAZA CIENTÍFICA LTDA.

Rua Álvares Maciel, 337 – Santa
Efigênia

30.000 – BELO HORIZONTE, MG

Fone: (031) 224-2774/224-2628
Prof. Nazareth

KURTZ BIOMÉDICA LTDA.

Rua Afonso Pena, 3685

38.400 – UBERLÂNDIA, MG

Fone: (034) 235-4831 – Sr. Kurtz