

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FORUM DE CIÊNCIA E CULTURA



II CURSO DE ESTUDO DE PROBLEMAS BRASILEIROS

CURSO DE ATUALIZAÇÃO

TEMA:
ENERGIA NUCLEAR — CONSIDERAÇÕES GERAIS

PROFESSOR ESTAGIÁRIO
CADMO CARLOS DE MOURA BRANDÃO

RIO
1972

130

130

Trabalho novo, teórico, sobre
comitê de grande interesse atual,
particularmente para o nosso país.
Agosto, Rio, 24.10.72
F. H. de S. M.

Forum de Ciência e Cultura

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Estudo de Problemas Brasileiros

Curso de Atualização

- 1972 -

F. H. de S. M.

I. M. Spath

Considerações gerais em torno da energia nuclear,
principalmente no Brasil.

A fim de tornarmos mais didáticas as con- siderações gerais em torno da energia nuclear, vulgares, de certo interesse, a explicação so- bre a natureza e a constituição dos átomos. Te- mos aqui a mesma feita por G. Leige, no livro denominado - Elétrons - publicação de 1906 - Londres.

"Os átomos são compostos em sua quase

totalidade por matéria estranha (qualquer que

seja a natureza desta matéria).

Assim, a ciência já ultrapassou, há mui

to tempo, o conceito materialista que domi

nou na transição secular. Os resultados de

física nuclear, baseados na teoria de rela

tividade de Einstein e na teoria quantita

tiva de Planck, provaram que, no grande in

finito como no pequeno infinito, existe um

mundo que somos incapazes de conceber com

os nossos cinco sentidos, e que as profun

dezas da natureza não são imagináveis pelo

espírito humano, mas, somente calculáveis".

I.M.Spath

TEMA :

Considerações gerais em torno da energia nuclear, principalmente no Brasil.

A fim de tornarmos mais didática as considerações gerais em torno da energia nuclear, julgamos, de certo interesse, a explicação sobre a natureza e a constituição dos átomos. Temos aqui o resumo feito por O. Lodge, no livro denominado - Eletrons - publicação de 1906 - Londres.

"Os átomos são compostos em sua quase totalidade por matéria ordinária (qualquer que seja a entidade caracterizada por esta frase) associada com suficiente eletricidade positiva para neutralizar a carga pertencente ao eletron ou eletrons que existem nos átomos".

"A totalidade da massa dos átomos consiste de uma multidão de eletrons positivos e negativos entrelaçados, de forma tal que suas atrações mútuas os mantêm ou numa configuração estática, ou num sistema intrincado de movimentos ao longo de muitas órbitas".

"A quase totalidade do átomo é formada por uma unidade indivisível de eletricidade po-

positiva constituindo uma massa esférica (ou "geléia") no meio da qual um número eletricamente equivalente de eletrons pontuais estão imersos".

Este é o famoso modelo de Thomson que deu origem ao modelo de Rutherford que é aceito até hoje.

"A quase totalidade do átomo é constituída por uma mistura de eletricidade positiva e negativa, partes estas indivisíveis e inseparáveis pela aplicação de forças externas, mas incorporadas numa massa contínua; o resto do átomo é constituído por um ou mais eletrons pontuais móveis e que podem ser extraídos do átomo e apresentar as propriedades conhecidas".

Sistema solar

"O átomo é organizado como o sistema solar, no centro do qual o lugar do "sol" é ocupado pela carga positiva numa região extremamente concentrada; em torno deste centro como asteróides giram eletrons em órbitas astronômicas. A força de atração entre os eletrons e o núcleo proporcional ao inverso do quadrado da distância determinaria períodos de revolução de

pendentes da distância ao centro, o que não parece corresponder aos fatos experimentais(?!!!)"

Este é o modelo de Rutherford que em 1913 foi verificado experimentalmente.

O estado de confusão que estes 5 modelos indicam só pôde realmente ser resolvido quando em 1906 (mesmo ano de publicação do livro de Lodge) Thomson demonstrou, usando experiências com raios X, que o número de eletrons no átomo é pequeno, da ordem do número de massa. Com isso começaram a ruir os modelos arquitetados até esta época, tornando o modelo de Thomson o único aceitável de acordo com os conhecimentos da época.

Em 1911 porém, as experiências de Rutherford, de espalhamento de partículas alfa pelo núcleo mostraram de uma maneira categórica a existência de um núcleo no átomo e a validade do modelo do "sistema solar".

Handwritten signature in blue ink at the top left of the page.

É importante assinalar que a diferença de nível de desenvolvimento que se observa atualmente entre as nações resultou fundamentalmente do impacto da Revolução Industrial, iniciada no Nordeste da Europa em fins do século XIX, que vem contribuindo de maneira acumulativa desde essa época a um aumento de riqueza de cerca de 2% ao ano. A ausência de fontes de energia - como o carvão e o petróleo ou ambos - transformou países ricos e progressistas em nações pobres e subdesenvolvidas. Não constitui surpresa, portanto, que esses países, quando detentores de reservas de materiais nucleares como o urânio e o tório - ou de ambos - depositem grandes esperanças que o uso pacífico da energia atômica venha a desempenhar um papel de singular importância na promoção do seu desenvolvimento, com um conseqüente aumento do padrão de vida de suas populações.

Para inferir a importância do impacto que a energia nuclear poderá ter no desenvolvimento das nações, é útil recordar que de uma população mundial de pouco mais de três bilhões de habitantes, 2,2 bilhões se encontram em países subdesenvolvidos (71,8%), consomem apenas 20,6% da energia total produzida e geram apenas

14,8% da eletricidade produzida no mundo.

De outro lado, existem argumentos que demonstram que o uso da energia de origem nuclear representa a única alternativa para a humanidade dentro de prazo não superior a 30 anos.

Estudos realizados por economistas das Nações Unidas sobre os recursos mundiais de energia e sobre as suas necessidades previsíveis nos próximos anos, foram apresentados nas conferências sobre o Uso Pacífico da Energia Atômica, reunidas em Genebra em 1955, 1958 e 1964.

Esses estudos demonstraram, já em 1955, que se os atuais países industrializados continuarem a utilizar carvão e petróleo no mesmo ritmo com que vinham fazendo entre 1930 e 1955, as reservas mundiais desses combustíveis, economicamente exploráveis, estariam esgotadas no ano 2.000. Na conferência de 1958 o resultado dessa previsão foi confirmado, e Bhabha e Dayal mostraram que se as nações subdesenvolvidas atingirem no ano 2.000 o mesmo padrão médio de vida existente na Europa atualmente, com um consumo de energia per capita equivalente a 3 toneladas de carvão por habitante por ano (compare-se com o consumo atual nos E.U.A. de \pm 8 toneladas/habitante/ano), esses recursos mundiais estariam esgotados em menos de 30 anos, isto é, em torno de 1990.

Existem outras razões, entretanto, que nos levam a crer que, mesmo antes dessa época, o uso do carvão e do petróleo como fontes de energia será severamente limitado.

Na discussão sobre o esgotamento progressivo das fontes de energia, a energia proveniente de fontes hidroelétricas não foi considerada por ser de pouca significação; a produção de energia hidrelétrica em escala mundial representa menos do que 3% do total comparável em importância apenas à energia de origem muscular. O estudo realizado por Bhabha e Dayal, a que nos referimos, baseado em estatísticas das Nações Unidas, mostra que sua contribuição atual é pequena e será totalmente desprezível no ano 2.000.

Entre as razões que nos levam a crer que a energia nuclear nas próximas décadas tornará sem sentido a construção de centrais baseadas na utilização de combustíveis fósseis, duas merecem destaque especial:

1º) Os cálculos recentes (dos últimos 5 anos) e a experiência do funcionamento de centrais nucleares mostram que usinas com capacidade de 300.000 ou mais Kw competem economicamente com as centrais clássicas. Essas centrais nucleares, que vêm funcionando há vários anos em diversos países já permitiram atingir condições de segurança e de regularidade de funcionamento

Handwritten signature or initials in blue ink.

que ultrapassaram as dos melhores centros convencionais. Como resultado, a instalação de centrais nucleares em países subdesenvolvidos e nos países detentores de grandes reservas de carvão e óleo como os E.U.A., em lugar de centrais convencionais, é fato notório.

Dessa forma, não tem mais sentido inquirir-se se a fissão nuclear pode ser utilizada como uma fonte prática de energia para produzir eletricidade. Essa pergunta já foi respondida em escala mundial. Negar essa evidência, como algumas vezes ocorre entre os inimigos do progresso, é atitude comparável à daqueles que, mesmo nos nossos dias, preferem subir as escadas de um arranha-céu por não confiarem nos motores elétricos dos elevadores.

2º) A segunda razão a que desejamos fazer referência não é menos importante. Nossa geração teve a oportunidade de presenciar a verdadeira revolução científica e tecnológica, que vem alterando de maneira profunda a própria maneira de viver. A química, por exemplo, sofreu tais transformações em consequência da introdução de métodos físicos para a análise, observação e interpretação de fenômenos que a distinção entre alguns ramos da física e outro da química se tornou impossível.

A química orgânica, por exemplo, produziu de maneira espetacular durante os últimos vinte anos e a indústria química vem desempenhan

do funções nunca antes vislumbradas. Os produtos sintéticos praticamente eliminaram do mercado a indústria da seda e da lã naturais. O algodão e o couro vêm sendo paulatinamente eliminados das indústrias têxteis e das indústrias de manufatura de calçados, substituídos por materiais mais resistentes, mais uniformes quanto a qualidade e de custo mais baixo. Na própria indústria civil, a indústria dos plásticos vem fornecendo materiais para construção, para a engenharia, para a construção de veículos e de instrumentos.

As matérias-primas utilizadas pela indústria química, na manufatura de tecidos, plásticos, couro artificial e outros produtos semelhantes são o gás natural, o carvão e o petróleo. Em outras palavras, a matéria-prima para a indústria química dos nossos dias é constituída pelos combustíveis fósseis. Tais combustíveis existem em reservas relativamente pequenas e constituem um patrimônio que, se destruído em menos de um século, da forma primitiva e irracional a que tem sido submetido desde a sua descoberta, desaparecerá da superfície da Terra e não poderá ser reproduzido, pois resultou da ação da natureza durante milhões de anos.

Verificamos assim que a destruição desses produtos orgânicos existentes na natureza, que podem ser transformados em produtos nobres do mais elevado interesse para o bem-estar da

gr. Cal. m.

humanidade, constitui ato de imprevidência mais grave do que a destruição das matas, pois estas podem ser recuperadas num espaço de tempo comparável ao de uma geração.

Primeiramente, é útil lembrar que a energia atômica representa tecnologia recente e, como tal, suscetível de desenvolvimentos quase imprevisíveis. Sob esse aspecto, apresenta características que são radicalmente diversas das fontes de energia convencionais.

Os métodos de aproveitamento de energia hidrelétrica e da energia térmica já atingiram uma fase de progresso e perfeição que alterações futuras, suscetíveis de maior rendimento, são pouco prováveis e quase impossíveis; representam assim tecnologias em vias de obsolescência quando comparadas com a energia atômica que, desenvolvida em época em que se pôde valer de todos os progressos técnicos das usinas convencionais, apresenta, entretanto, tais perspectivas de desenvolvimento que é difícil vislumbrar a sua potencialidade. Possivelmente, as suas maiores limitações no momento presente são oriundas dos próprios limites da inteligência humana. Mesmo assim, os seus progressos têm sido espetaculares: o emprego de elementos combustíveis capazes de trabalhar em temperaturas muito mais elevadas do que poderiam ser obtidas com os combustíveis fósseis (com conseqüente aumento do rendimento termodinâmico); a descoberta de novas ligas de urânio com outros metais ca-

pazes de resistir a taxas maiores de irradiação e a simplificação dos seus métodos de construção são alguns dos fatores que a tornaram economicamente competitiva com as centrais convencionais a óleo e a carvão. As centrais de potências de 200.000 Kw, ou maiores, representam a solução econômica para a geração de energia elétrica mesmo em países detentores de grandes reservas de carvão e de petróleo - como é o caso da Grã-Bretanha e dos E.U.A. No Brasil, pela limitação das nossas reservas de petróleo, pela má qualidade e pelo custo proibitivo do carvão, as centrais nucleares de porte médio representam a solução racional do problema energético em regiões onde não exista potencial hidrelétrico competitivo.

O tão decantado potencial hidrelétrico não se acha uniformemente distribuído, fator responsável, entre outros, pela desigualdade do desenvolvimento industrial de várias regiões do país. Nas regiões onde este potencial é carente e nas quais existem riquezas naturais suscetíveis de utilização industrial, a instalação de pequenas centrais nucleares poderia representar condição indispensável para o progresso. Em outras regiões do país onde o potencial hidrelétrico é abundante, mas apenas suscetível de aproveitamento em larga escala, exemplificado pela necessidade de construção de barragens de custo vultoso, a utilização da energia atômica com

reatores de pequeno porte poderia permitir o desenvolvimento de indústrias que criariam o mercado para as futuras centrais hidrelétricas de grande porte. Regiões representativas desse caso particular encontram-se no Nordeste, Norte e Oeste do país.

Energia nuclear, de fato custa caro, mas é muito mais barato do que falta de energia - essa a opção que defronta o desenvolvimento brasileiro, onde a demanda de energia dobra a cada cinco anos.

A partir de 1980, nossos potenciais hidrelétricos estarão suficientemente aproveitados, e a modéstia das perspectivas nos setores de petróleo e carvão conduzem à saída termonuclear, simplesmente, porque não há outra.

E é para lá que caminhamos: em 1976, faremos o "debut" com a central de Angra dos Reis, e o plano nacional de desenvolvimento foi lucidamente generoso no capítulo da pesquisa de minerais atômicos - 40 milhões de cruzeiros para os próximos dois anos, 167 por cento mais do que em 1970.

Já existe a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear e por meio dela serão buscadas soluções próprias, nacionais, para o problema de instalações, peças e equipamentos e, mais ainda, para a seríssima questão do combustível, o urânio enriquecido.

de Caspary

"Aí estaremos na ilhargia do artefato atômico". Com uma ressalva: para fins pacíficos evidentemente.

Hoje, o Brasil conta 13 milhões de Kw instalados - um privilégio ainda distante para muitos dos nossos vizinhos da América Latina, mas apenas um modesto princípio até os 280 milhões de Kw dos E.U.A. ou os 100 milhões da União Soviética.

Nesse quadro, a contribuição hidrelétrica é decisiva, somando mais de 60% da energia instalada e, para o futuro, 150 milhões de Kw presumivelmente disponíveis, 80 milhões dos quais já medidos. Certamente, um bom índice, não fosse a falta de critério da natureza na distribuição geográfica desse potencial.

Acontece que cerca de 70% do potencial hídrico brasileiro se concentram no Centro-Sul. A espinha dorsal do sistema é a bacia do Rio Grande, com seis milhões de Kw, mas já em fase final de aproveitamento. Segue-se o Paranaíba, com dois milhões de Kw e dois pontos básicos de aproveitamento - Cachoeira Dourada e canal de São Simão. O complexo de Urubupungá, compreendendo Jupia e Ilha Solteira, já está em fase final de execução. Resta Sete Quedas, acenando com 10 milhões de Kw, mas opondo interesses multinacionais a sua concretização.

Vê-se, portanto, que está completamente definido o aproveitamento da área de maior con-

Handwritten signature in blue ink at the top left of the page.

centração de carga do País - o Centro-Sul. Os menos otimistas prevêem, inclusive, que o esgotamento progressivo das disponibilidades hidrelétricas da região obrigarão à instalação de potência térmica, não mais como simples complementação as falhas do regime de chuvas, porém visando, objetivamente ao atendimento da demanda de energia.

E aí cabe analisar nossas possibilidades nos setores de carvão e petróleo - na verdade, nem tão más quanto dizem, no primeiro caso, nem tão boas, no segundo.

O carvão brasileiro tem características próprias, a partir das condições de exploração. Ele é encontrado, praticamente, aflorando, seguido de camadas alternadas, aproveitáveis ou não, até que se chega no banco, propriamente dito. Sem dúvida, seu teor de cinza é alto, interferindo no nível de calor que se obtém dele, e há também o problema dos resíduos piritosos. Qual a solução?

Com esses dados, o governo concluiu pelo aproveitamento do nosso carvão via complexo siderúrgico-carboquímico - termo-elétrico. Ou seja, um ataque por todas as frentes, para esgotar as possibilidades do carvão nacional.

No caso, interessa-nos o estágio termo-elétrico desse aproveitamento. Economicamente, constatou-se que ele só é viável em usinas de

for Carbon

geração fatal, instaladas na boca das minas, pois não sendo um carvão de alta qualidade, seu transporte seria decisivamente prejudicial aos custos da produção. Resultado: estabeleceu-se, dessa forma, uma limitação insuperável às perspectivas da energia térmica à base de carvão de vapor.

A outra opção é o petróleo - ou seria o petróleo, se a natureza estivesse respondendo aos esforços da Petrobrás. Mas não está, e a recente investida na Amazônia é prova disso: nos últimos três anos, a empresa destinou 20% de sua receita em média à exploração da região, sem resultado.

De concreto, resta a Bahia, Alagoas - Sergipe e a enorme "torcida" pelas 200 milhas. Os primeiros estudos apontam que nossa plataforma continental é razoavelmente promissora, embora não autorizem especulações em torno de mudanças mais profundas nos níveis de importação, que alcançaram 65% do petróleo consumido inteiramente em 1971.

"Não temos conseguido vencer a demanda geométrica de petróleo, quando nossa produção cresce em ritmo apenas aritmético" - explica o presidente da Comissão de Minas e Energia da Câmara dos Deputados, Aureliano Chaves. E os números confirmam: há dez anos importávamos somente 35% do petróleo que consumimos.

força

Poderíamos ainda lembrar que os reatores podem ser considerados como fonte de força motriz - para bombeamento de água - tornando possível o aproveitamento de vastas regiões do país dotadas de terras férteis mas carentes de água; de outro lado, a utilização de parte do calor produzido em centrais nucleares elétricas permite dessalinizar a água do mar a baixo custo; seria útil lembrar ainda que com o desenvolvimento da tecnologia e a obtenção de temperaturas extremamente elevadas (que teoricamente poderiam elevar-se a milhões de graus centígrados), os reatores poderiam ser utilizados como fonte térmica para a extração de metais de vários minérios.

Não há escolha, portanto. É partir para a energia atômica, com a consciência dos múltiplos problemas que ela envolve e não descuidando, assim, de nossos interesses político-econômicos e das sérias implicações de segurança nacional.

Os fatos que acabamos de citar mostram ser imperioso o desenvolvimento dessa tecnologia no país; assim chegaremos ao urânio fissil-235, a reação em cadeia, à era atômica, pois de outra forma não nos encontraremos preparados para colher os seus benefícios em tempo oportuno, correndo o risco de continuarmos na era da lenha e das rodas de água numa época em que o homem já conquista o espaço interestelar.

de C. A. S. S. S.

Finalizamos as breves considerações feitas em torno da energia nuclear, onde apresentamos nosso ponto de vista, quanto às possíveis soluções que devem ser tomadas pelos setores competentes.

Julgamos de muita importância tal iniciativa, através de uma Política Nacional, para melhor desenvolvimento do País.

Outrossim, não sabemos se a nossa opinião é a mais abalizada ou não, entretanto, ficamos com Buddha quando disse:

"Não se pode dizer que seja assim, e não se pode dizer que não seja assim; nem se pode dizer que seja ao mesmo tempo assim e ao mesmo tempo não assim; mas, também não se pode dizer que não seja ao mesmo tempo assim e ao mesmo tempo não assim".

Conclusão.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Fundamentos Políticos do Direito Internacional - MORTON A. KAPLAN e NICHOLAS de B. KATZENBACH - Zahar Editores - Rio 1964
- 2) Fatos Básicos sobre as Nações Unidas - publicação do Escritório de Informação Pública - Nações Unidas - New York.
- 3) Diplomacia Atômica - GAR ALPEROVITZ - Biblioteca do Exército Editora e Editora Saga - Vol. 75 - Pub. 398 - Ago-1969 - Rio.
- 4) Anotações e recortes de nosso arquivo - O Estado de São Paulo - Correio da Manhã, Revista Conjuntura Econômica (vários nºs consultados) - Revista Tribuna do Economista (da qual somos colaboradores), Jornal do Brasil, O Globo e O Jornal.
- 5) A Energia Atômica e o Futuro do Homem - CRODOWALDO PAVAN e ANTONIO BRITO DA CUNHA (organizadores)
ALEXANDER HOLLAENDER - MARCELO DAMY DE SOUZA SANTOS - E. MALAVOLTA - E. O. J. CROCOMO - W.L. RUSSELL - MICHAEL A. BENDER
ALAN C. STEVENSON - ARTHUR C. UPTON - LUIZ R. CALDAS.
- 6) Pronunciamentos da Câmara Federal - Brasília.
- 7) O perigo das Radiações - JACK SCHUBERT e RALPH E. LAPP - Ibrasa - Instituição Brasileira de Difusão Cultural S/A - São Paulo - 1960.
- 8 - A Energia - Biblioteca Científica Life - Livraria José Olympio - Editora
- 9 - O Atomo - Fritz Kahn - Edição Melhoramentos - 7ª edição - São Paulo - 1964.

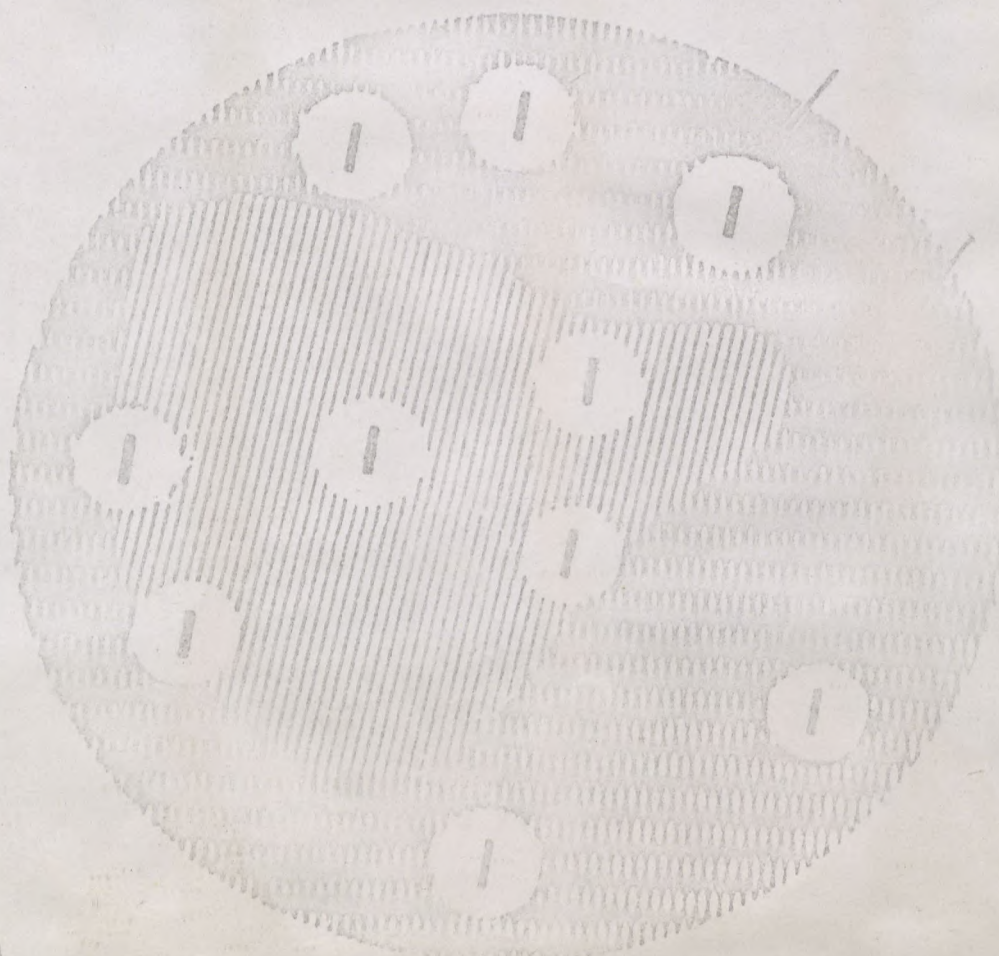
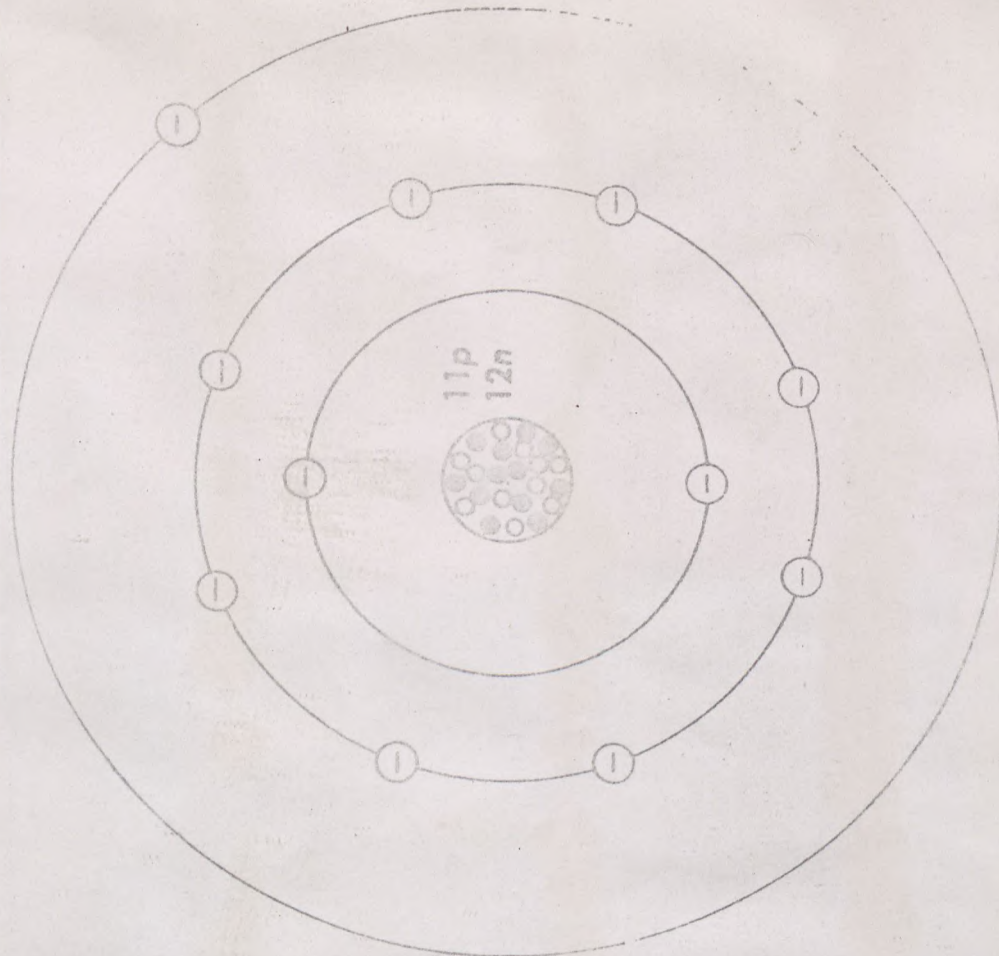
- Figuras Ilustrativas -

PRINCIPAIS USINAS ELÉTRICAS EM INSTALAÇÃO, AMPLIAÇÃO, PROJETO OU COGITAÇÃO — 1970/1979

Usina	Unid. Fed.	Curso de água	Concessionária	N.º de unid.	Potência final (MW)	Até 1969	Capacidade adicional prevista a ser instalada no ano (MW)												
							1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979			
Norte																			
Cachoeira Samuel	RO	Jameri	GTFRO	2	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	15	—	—
Rio Branco	AC	—	ELETROACRE	4	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Boa Vista	RR	—	—	2	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Manaus (ampl.)	AM	—	GTFRR	2	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Coaraci Nunes	AP	—	CEM	6	83	23	8	—	7	8	7	—	7	8	7	8	7	8	
Palhão	PA	Araguari	CEA	5	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Belém (ampl.)	PA	Curuçá-Una	CELPA	3	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Gurupi	PA	—	CELPA	4	125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Itaboca	PA	Gurupi	CELPA	4	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	PA	Tocantins	CELPA	4	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Nordeste																			
Boa Esperança	PI	Parnaíba	COHEBE	4	216	108	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Fortaleza (ampl.)	—	—	CONEFOR	4	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Nuclear	CE	—	ELETROBRÁS	2	500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Paulo Afonso (Us. III)	BA	São Francisco	CHESF	6	990	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mocotó (P. Af. IV)	BA	São Francisco	CHESF	5	900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Sobradinho	BA	São Francisco	CHESF	5	1.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Itaparica	BA	São Francisco	CHESF	4	900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Ibó	BA	São Francisco	CHESF	6	1.500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Orocó	BA	São Francisco	CHESF	4	680	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Xingó	BA	São Francisco	CHESF	4	660	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Sudeste	SE	São Francisco	CHESF	14	4.200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Três Marias	MG	São Francisco	CEMIG	8	520	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Dois Irmãos	MG	São Francisco	CEMIG	4	144	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Furnas	MG	Grande	FURNAS	8	1.200	900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Estreito	MG	Grande	FURNAS	5	875	525	175	175	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Jaguara	MG	Grande	FURNAS	8	684	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Funil	MG	Grande	CEMIG	4	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
São Miguel	MG	Grande	CEMIG	2	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Igarapava	MG	Grande	CEMIG	3	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Pôrto Colômbia	MG	Grande	CEMIG	6	360	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Volta Grande	MG	Grande	CEMIG	8	480	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Gambá	MG	Grande	FURNAS	6	1.044	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Marimbondo	MG	Grande	FURNAS	6	768	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Água Vermelha	MG	Grande	FURNAS	12	1.200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Aluruoca	MG	Aluruoca	CEMIG	30	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Inferno	MG	Mortes	CEMIG	50	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Picada	MG	Peixe	CEMIG	40	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Cotegipe	MG	Peixe	CEMIG	20	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Salto da Divina	MG	Jequitinhonha	ELETROBRÁS	8	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mascarenhas	ES	Doce	ESCELSA	4	154	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Sobragi	MG	Paraibuna	CEMIG	50	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Rosal	RJ	Itabapoana	CELFL	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Quartéis	RJ	Bonito	CELFL	60	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Santa Cruz	GB	—	FURNAS	4	560	160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Nuclear (I e II)	RJ	—	ELETROBRÁS	4	1.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Funil	RJ	Paraíba	FURNAS	3	210	70	140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Anta-Sapucaia	RJ	Paraíba	CELFL	4	460	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Simplicio	RJ	Paraíba	CELFL	2	220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Caraguatutuba	SP	Paraíba	CESP	2	130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Paraibuna	SP	Afl. Paraíba	CESP	2	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Palo Grande	SP	Afl. Paraíba	CESP	2	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Jaguari	SP	Afl. Paraíba	CESP	3	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Buquira	SP	Afl. Paraíba	CESP	2	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Carrapatos	SP	Afl. Paraíba	CESP	2	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Jupia	MT	Pardo	CESP	14	1.400	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Ilha Solteira	MT	Paraná	CESP	20	3.200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Piraju	SP	Parapanema	CESP	2	84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Capivara	SP	Parapanema	CESP	3	240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Xavantos	SP	Parapanema	CESP	4	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Ourinhos	SP	Parapanema	CESP	2	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Cinzas (I e II)	SP	Parapanema	CESP	4	164	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Vale da Ribeira	SP	Ribeira	CESP	4	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Corpus Christi	SP	São Lourenço	CBA	4	136	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Promissão	SP	Tietê	CESP	4	234	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Sul																			
Capivari-Cachoeira	PR	Capivari	ELETROCAP	4	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Guaricana	PR	Guaricana	COPEL	2	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Foz do Chopim	PR	Chopim	COPEL	2	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Negro-Iguaçu	PR	Iguaçu	COPEL	10	1.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Ivaí	PR	Ivaí	COPEL	4	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Seto Cuedas	PR	Paraná	ELETROBRÁS	25	10.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Figueira	PR	Paraná	UTELFA	3	70	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Capivari-Tubarão	SC	—	SOTELCA	4	230	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Alto Uruguai	SC	Uruguai	CELESC	8	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Charqueadas	RS	—	TERMOCHAR	4	72	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Candiota I	RS	—	CEEE-RS	4	40	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Candiota II	RS	—	CEEE-RS	6	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Passo Real	RS	Jacuí	CEEE-RS	4	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Passo Fundo	RS	Passo Fundo	CEEE-RS	4	220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Antas	RS	Antas	ELETROSUL	5	140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Paredão	RS	Camaquã	CEEE-RS	2	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Tainhas	RS	Tainhas	CEEE-RS	2	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Pôrto Alegre	RS	—	CEEE-RS	4	800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Itauba	RS	Jacuí	CEEE-RS	5	500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Dona Francisca	RS	Jacuí	CEEE-RS	2	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Centro-oeste																			
Cachoeira Dourada	GO	Paranaíba	CELG	8	340	132	52	—	52	—	52	—	52	—	—	—	—	—	
Rio Casca III	MT	Casca	CEMAT	2	8	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mimoso	MT	Pardo	CEMAT	4	30	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
São Félix	GO	Tocantins	CELG	10	500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Farinha	GO	Farinha	CELG	4	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Canal São Simão	GO	Paranaíba	CELG	17	1.700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Quelimados	GO	Urucua	CELG	6	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Fonte — Estimativas a partir de informações preliminares, passíveis de alterações, colhidas na ELETROBRÁS, SUDAM, SUDENE, CHESF, FURNAS, CEEE-RS, CEMIG e CESP.

Handwritten signature in blue ink.



Modelo de Thomson para o átomo (esquerda), indicando a matéria positivamente carregada ("geléia") na qual estão imersos elétrons em número suficiente para equilibrar eletricamente o átomo. À direita, o de Rutherford para o átomo de neônio.

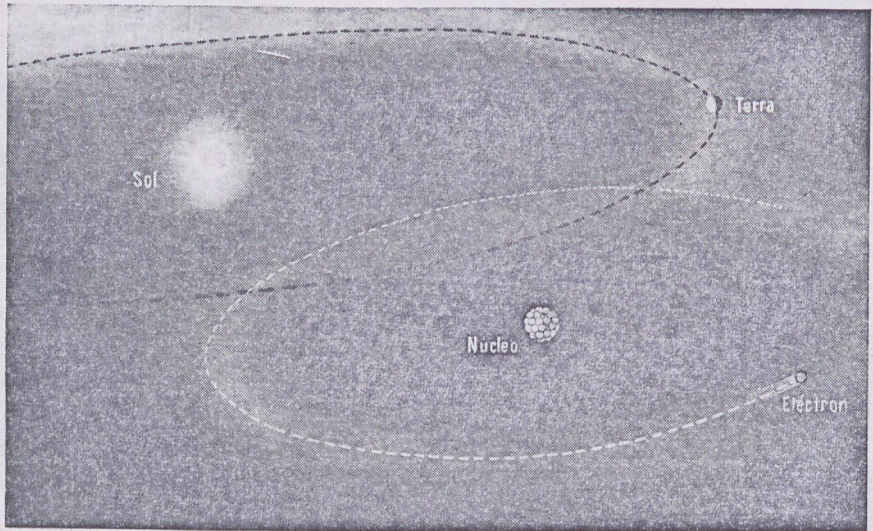


Fig. 1 — O ÁTOMO E O SISTEMA SOLAR. Em sua estrutura, o átomo assemelha-se ao sistema solar. Em tórno de um núcleo central, sede de altas energias, giram a grandes distâncias os elétrons como planetas.



Fig. 3 — O ELECTRON. O electrón, a menor unidade básica constante da matéria, provavelmente é um turbilhão. A forma aqui representada não pretende corresponder à realidade, senão constitui um modelo teòricamente construído. Visto como os electróns circundam o núcleo atômico com grandes velocidades, o turbilhão, ao atingir uma velocidade de cêrca de 100 000 km/seg se dissolve numa espécie de onda: a matéria passa a ser irradiação.

Handwritten signature in blue ink.

VISAO DINAMAZQUESA QUE

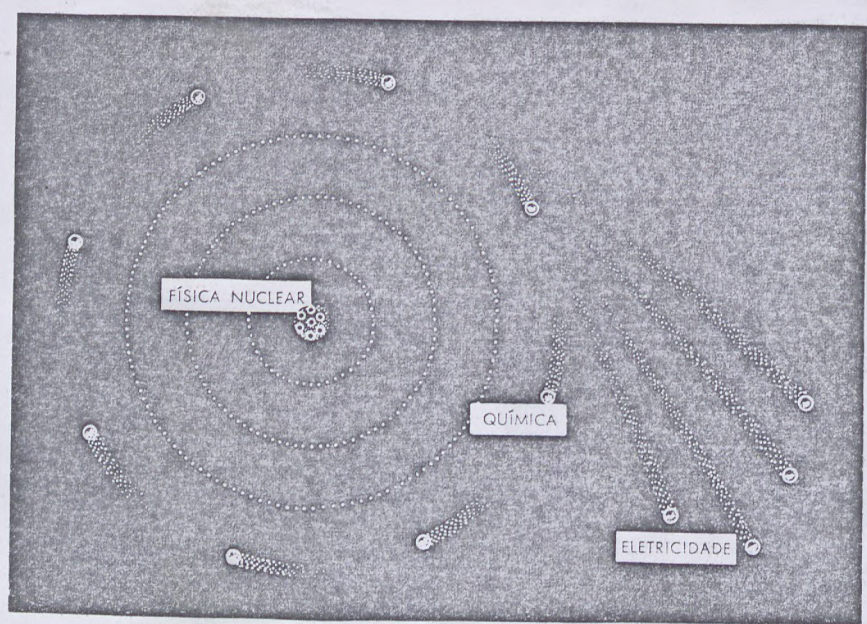
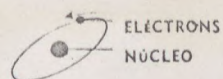


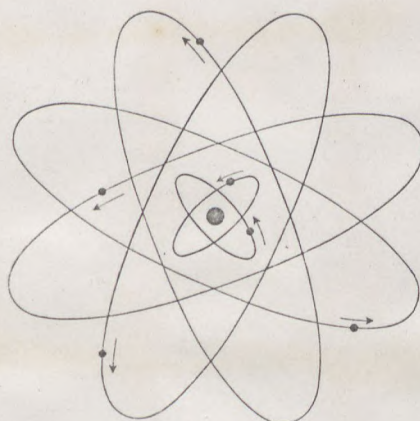
Fig. 4 — AS TRES CIÊNCIAS DO ATOMO. Há três ciências que se ocupam con. os componentes do átomo: 1. a da eletricidade, ou seja, a ciência dos elétrons livres, subtraídos aos átomos; 2. a química, que é a ciência das combinações dos átomos que se originam dos elétrons da periferia; 3. a física nuclear, que trata do núcleo do átomo.

Handwritten signature in blue ink.

VISÃO DINAMARQUESA QUE ABRIU VISTAS ATÔMICAS



ÁTOMO DO HIDROGÊNIO



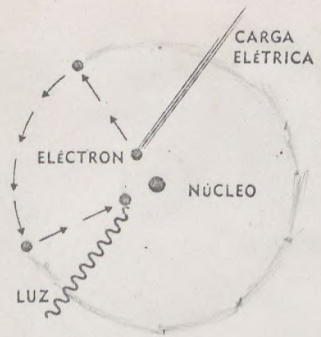
ÁTOMO DO CARBONO

O MENOR SISTEMA SOLAR

Niels Bohr, o grande físico dinamarquês que faleceu em 1962, visualizou o átomo como um diminuto sistema solar com elétrons viajando ao redor de um núcleo em órbitas circulares fixas. O físico alemão Arnold Sommerfeld sugeriu órbitas elípticas, conforme a ilustração acima, em padrões de três elementos comuns. Embora os conceitos modernos da estrutura atômica sejam mais complexos, a teoria Bohr-Sommerfeld é ainda considerada como uma útil visualização simplificada.

Handwritten signature in blue ink.

ELÉCTRONS PRÓDIGOS VOLTAM A BRILHAR

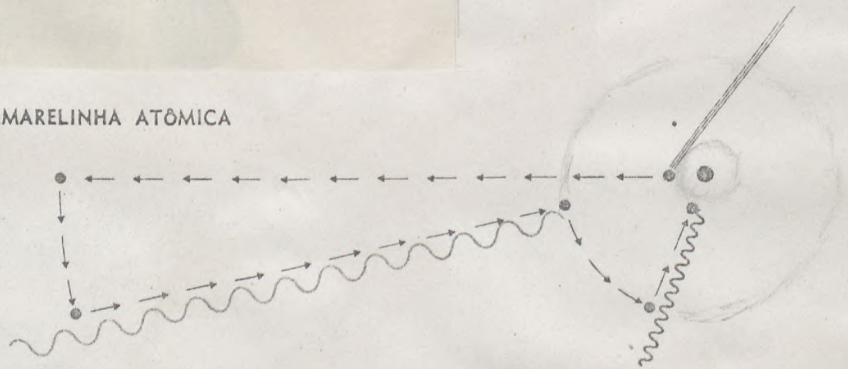


MANTENDO A BROADWAY BRILHANTE

As ruas principais por todo o país tremeluzem à noite por causa das ações excitadas de minúsculos eléctrons no gás néon dos anúncios luminosos. Atingido por uma descarga eléctrica (acima), um eléctron de um átomo de néon absorve a enérgia e salta de sua órbita normal ao redor do núcleo para uma nova órbita apenas temporária. Ao regressar, o eléctron desprende a energia absorvida, em forma de luz, ou seja, brilha.

O eléctron ativado, descrito na margem acima, à direita, pode saltar mais de uma órbita e retornar antes aos passos do que de um salto (à direita). Ao voltar de uma órbita externa para uma intermediária, o eléctron, estando mais longe da atração do núcleo, emite menor energia do que em seu próximo salto para uma órbita interna. O comprimento da onda da luz, que depende da energia empregada, é mais longo para o primeiro salto e mais curto para o segundo.

AMARELINHA ATÔMICA



Handwritten signature in blue ink, possibly "W. Heisenberg".

(teoria das bolas de ténis

de Heisenberg) (fig. 30).

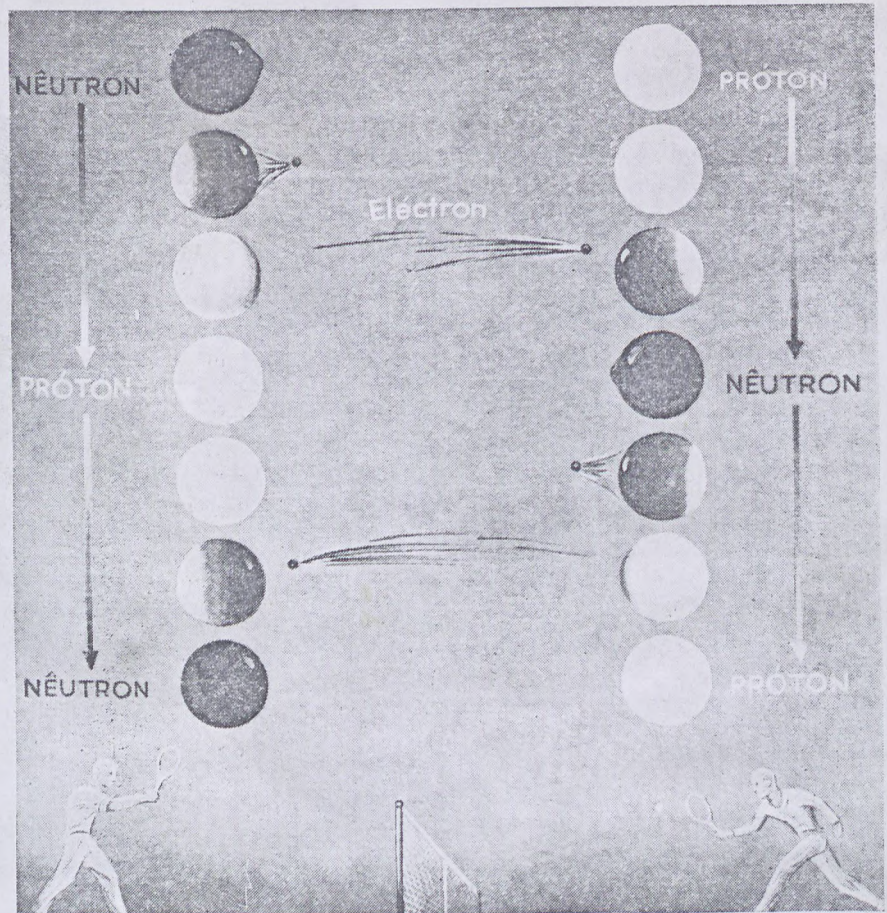


Fig. 30 — A FÔRÇA DE PERMUTA. A fôrça de adesão do núcleo atômico é a de permuta descoberta por Van der Waals que se manifesta entre partículas vizinhas pelo fato de estas permutarem continuamente entre si um "intermediário". Os prótons e os nêutrons mantêm-se unidos por permutarem ininterruptamente entre si uma carga elétrica, seja um elétron (ou talvez um meson), tal como os jogadores de ténis trocam a bola. Graças à posse alternada do elétron, eles se transmutam reciprocamente. Quem estiver de posse da bola é nêutron, quem a tiver cedido é próton. A bola muda de um lugar para outro por muitos milhões de vêzes por segundo.

de Caspary

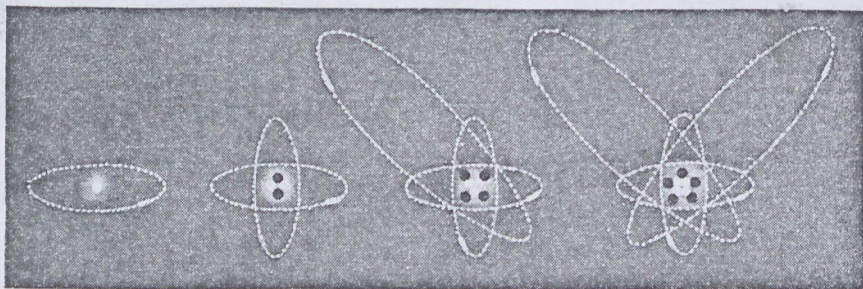


Fig. 28 — O PRINCÍPIO DA ESTRUTURA NUCLEAR. O componente essencial do núcleo atômico são os prótons que, em virtude de sua carga positiva, atraem os elétrons, mantendo-os, assim, em suas trajetórias (esferas brancas). Cada próton, pela sua carga, prende um elétron, de modo que no núcleo do átomo há sempre tantos prótons quantos sejam os elétrons que externamente gravitam como planetas nas órbitas atômicas. Além dos prótons, o núcleo ainda aloja um número variável de nêutrons (esferas pretas). O número de prótons determina o elemento, e o número de nêutrons determina os isótopos. 1, 2, 3, 4 são os primeiros 4 átomos do sistema periódico dos elementos.

Handwritten signature in blue ink, possibly reading 'F. C. ...'

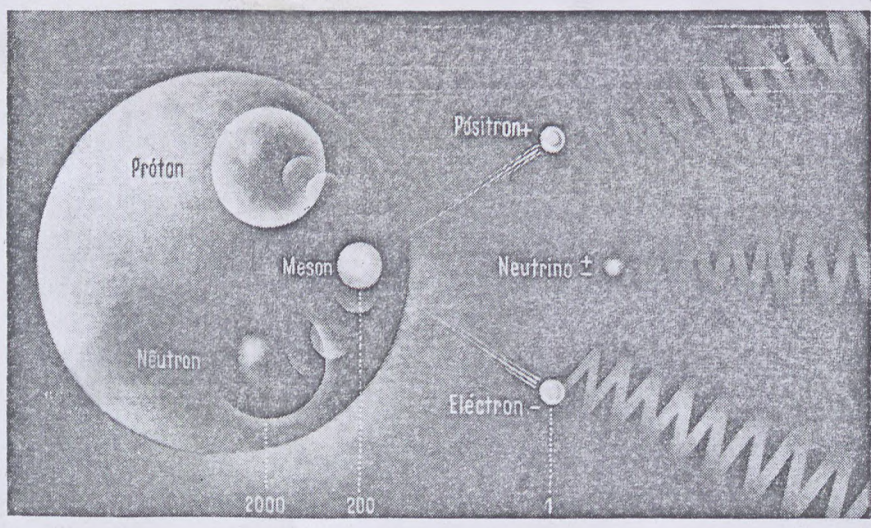


Fig. 31 — OS SEIS COMPONENTES ATUALMENTE CONHECIDOS DO NÚCLEO ATÔMICO E QUE PROVAVELMENTE SÃO TODOS. Os componentes principais do núcleo atômico são os prótons e os nêutrons. Entre êstes vacila o corpo médio, o meson. Como portadores da carga elétrica aparecem elétrons (de carga negativa) e pósitrons (de carga positiva). De acôrdo com os cálculos deve ainda existir um terceiro componente sem carga verificável, o neutrino. Visto como massa e radiação são idênticas, todos os componentes podem dissolver-se em radiação. Os números 2 000, 200, 1 indicam a proporção das massas.

de Cad. Prout

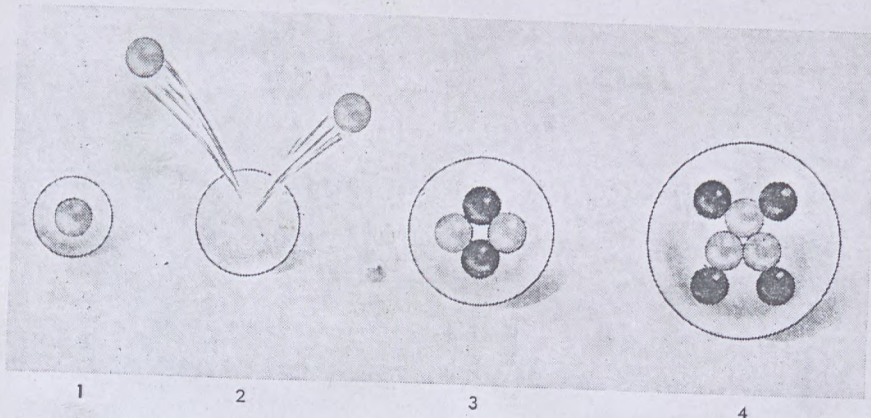


Fig. 29 — A FUNÇÃO DOS NEUTRONS. Além dos prótons (esferas brancas), o núcleo atômico contém nêutrons (esferas pretas), pois os prótons de carga positiva repelem-se. Por isto, um núcleo que só contivesse prótons, explodiria (2). Os nêutrons neutralizam as cargas positivas dos prótons numa maneira a nós ainda desconhecida. As perturbações do equilíbrio entre os nêutrons e os prótons são uma das causas principais da inquietação, irradiação e explosão dos núcleos atômicos.

de Cas...

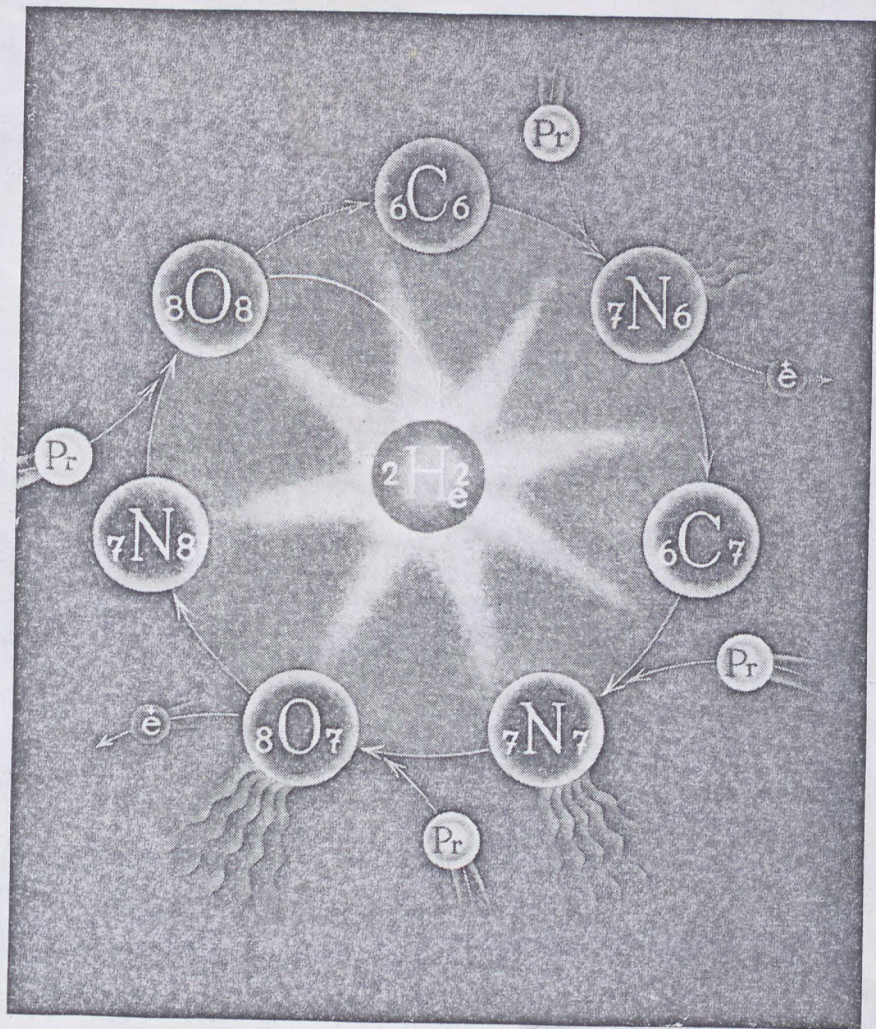


Fig. 58 — A FONTE DA ENERGIA SOLAR. Segundo a teoria de Bethe, atualmente aceita, recebe o Sol a sua energia radiante pelo processo aqui explicado.

