

# CONIC SEMESP

16º Congresso Nacional de Iniciação Científica

**TÍTULO:** PROCESSO DE FUSÃO TERMONUCLEAR CONTROLADA

**CATEGORIA:** EM ANDAMENTO

**ÁREA:** ENGENHARIAS E ARQUITETURA

**SUBÁREA:** ENGENHARIAS

**INSTITUIÇÃO:** FACULDADE ENIAC

**AUTOR(ES):** MARCIO BELLONI

**ORIENTADOR(ES):** THADEU DAS NEVES CONTI

**COLABORADOR(ES):** CONS. NAC. DE PESQ. E DES. - CNPQ, INST. DE PESQ. ENERG. E NUC. - IPEN

Realização:



Apoio:



## RESUMO

O domínio da fusão nuclear controlada promete, segundo os estudos mais recentes, uma fonte praticamente inesgotável de energia abundante e limpa. O homem busca controlar a fusão do átomo, o que gerou estudos do plasma, o que requer profundos conhecimentos em mecânica de fluídos, eletromagnetismo e fenômenos de transporte. Por isto, diversos entraves dificultam uma fusão nuclear controlada, estável e eficaz. Perdas de energia, instabilidade do plasma, dificuldades na contenção magnética e a altíssima temperatura gerada são os desafios enfrentados.

## INTRODUÇÃO

Estudos demonstram que a fusão nuclear é a forma mais segura e eficaz de gerar energia elétrica. Verifica-se o hidrogênio, dadas as suas características atômicas, como a melhor opção como combustível para a fusão nuclear. Destarte, é necessário a compreensão do processo de fusão do átomo de hidrogênio, de forma à alcançar uma fusão nuclear controlada eficaz, logrando-se êxito.

## OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é compreender os processos que norteiam a fusão nuclear controlada de forma à entregar conclusões à cerca das possibilidades de uso da energia gerada e as atuais dificuldades encontradas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Será utilizada a análise bibliográfica e pesquisa de campo. Serão utilizados o acervo bibliográfico do Ipen, do Instituto de Física da USP e da Faculdade ENIAC. Em campo, serão propostas visitas aos Tokamaks existentes no Estado de São Paulo, especialmente o Tokamak localizado no instituto de física da USP, para verificar seus funcionamentos e estudos já realizados, de forma à colacionar os dados já verificados.

## DESENVOLVIMENTO

Pode-se eleger para o estudo, a seguinte reação, pois atende a corrente doutrinária majoritária: " **$D + T = He^4 + n + 17,58 MeV$** " (HAGLER e KRISTIANSEN, 1977, pág 6) e (GOES, 1978, pág. 6). Isto satisfaz a Relação Energia de Ligação / Massa Atômica apresentada por Elizabeth Farelly Pessoa (PESSOA, 1978. pág. 16).

O plasma é gás aquecido de forma à tornar-se ionizado. Evidentemente que o núcleo isolado possuirá barreira columbiana mais proeminente. A energia cinética deve vencer a repulsão das partículas, de forma que a energia de ligação possa agir, unindo os núcleons e formando um novo núcleo. Entre os núcleos de  ${}^2\text{H}$  e  ${}^3\text{H}$ , são necessárias energias cinéticas “da ordem de 1 MeV, para que dois núcleos possam ficar suficientemente próximos, para que as forças nucleares se tornem eficazes na realização da fusão.” (TIPLER e MOSCA, 1933, pág. 200)

Pode-se calcular a energia de repulsão Coulombiana à ser superada, com o seguinte modelo matemático apresentado por M. O. Hagler . Chega-se então, ao valor de “ $U_{Repulsão}(D + T) = 360 \text{ KeV}$ ” (HAGLER e KRISTIAANESN, 1977, pg. 4).

:

$$(1) \quad (U_{Repulsão})_{máx} = \frac{(Z_1 e)(Z_2 e)}{4 \pi \epsilon_0 (R_1 + R_2)}$$

A soma da massa de um próton e um nêutron isolados é diferente da massa deles quando em um núcleo. Existe uma espécie de “perda de massa” aparente quando estão na condição de deuteron, mas quando este deuteron é “quebrado”, a massa individual de cada nucleon retorna ao “*status quo*”. *Desta maneira*, “é indispensável entregar ao deuteron uma energia que seja suficiente para desfazer a ligação do sistema, e a energia é justamente esta diferença de massa. (CHUNG, 2001, pg 48). Em suma,  $E = m \cdot c^2$  “aparece como energia cinética de partículas, que aquece a mistura possibilitando a outros núcleos continuar a reação.” (OLDENBER E HOLLADAY, 1961, pág. 330)

## RESULTADOS PRELIMINARES

Há a necessidade de relacionar a densidade do plasma e o êxito na fusão controlada exotérmica. Para que haja eficácia, deve haver uma relação de Potência Injetada / Potência Gerada maior que 1. Esta relação está intimamente ligada à densidade do plasma. Tais conclusões baseiam-se nos critérios de J. D. Lawson. (TIPLER e MOSCA, 2011, pág. 200)

$$(2) \quad C_1 \eta^2 \tau > C_2 \eta$$

Nos experimentos em Tokamaks, verificou-se a perda de temperatura do plasma, devido à radiação de frenagem (raio x), que ocorre quando a partícula carregada é desacelerada. Isto dificulta obter a temperatura de ignição de 11.600 °K. “Tal temperatura é chamada de temperatura ideal de ignição, e o balanço de energia é chamado de ‘breakeven’.” (PARIS, et al. 1988, pg 8). Há também uma partícula  $\alpha$  responsável por cerca de 20% da energia gerada.

Algumas condições para o aproveitamento da temperatura acima indicada devem ser consideradas. *Lítio líquido parece ser a substância preferida para esta aplicação. O calor extraído pode ser aproveitado para acionar uma turbina geradora de eletricidade...*” (Grupo de Estudo da Política de Energia Nuclear dos EUA, 1971, pág. 194)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HAGLER, M. O.; KRISTIANSEN, M. **An Introduction to Controlled Thermonuclear Fusion**. Lexington Books. DC Health and Company. Texas. USA. 1977.
- GOES, Luiz Carlos Sandoval. **Estudo Analítico Do Equilíbrio Quase-Estacionário De Plasmas Toroidais à Secção Não Circular Tipo Tokamak**. Tese de Mestrado. Departamento de Física e Divisão de Pós-Graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). São José dos Campos. 1978.
- PESSOA, Elizabeth Farrelly. **Introdução à Física Nuclear**. Editora USP, São Paulo, 1978. pág. 16
- TIPLER, Paulo A. MOSCA, Gene. **Física Para Cientistas e Engenheiros**. Volume 3. Sexta Edição. Ed. LTC. Rio de Janeiro. 2011.
- OLDENBERG, Otto; HOLLADA, Wendell G. **Introdução à Física Atômica e Nuclear**. Editora Edgard Blücher Ltda. Editora USP. São Paulo, 1971.
- CHUNG, H. C. **Introdução à Física Nuclear**. Editora UERJ. Rio de Janeiro, 2001.
- Grupo de Estudo da Política de Energia Nuclear dos EUA. **Energia Nuclear: Problemas e Opções**. Ed. Cultrix. 1971.
- PARIS, P.J. ASSIS, et al. **Fusão Termonuclear Controlada Em Reatores Do Tipo Tokamak, O Exemplo Europeu: Joint European Torus (Jet)**. École Polytechnique Fédérale De Lausanne-Suisse / Instituto De Física Universidade Federal Fluminense. 1988. Rj.