

Estudo do Efeito da Pós-aceleração na quebra elástica do deuteron

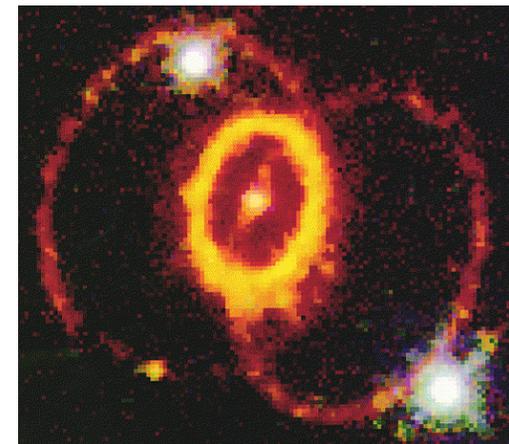
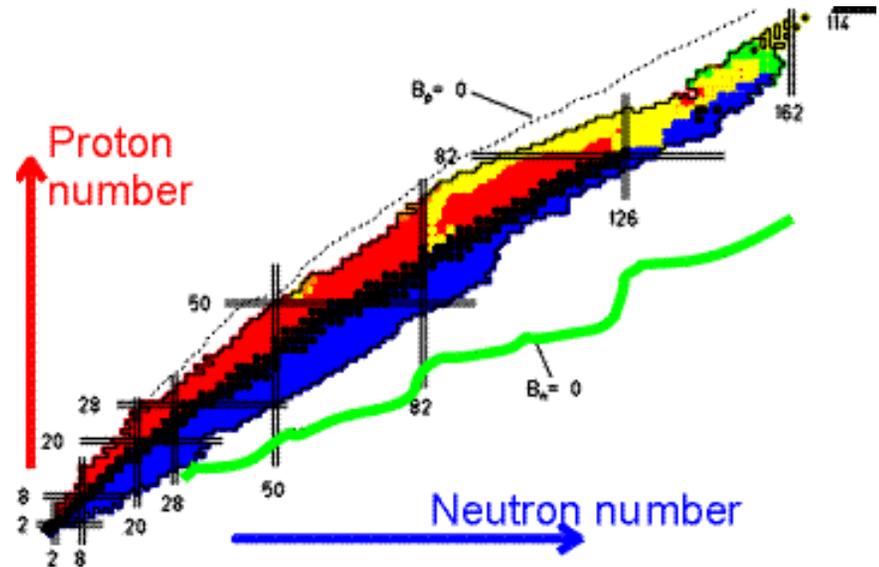


*M. G. Munhoz, N. Carlin, A. Szanto
de Toledo, E. M. Szanto, J.
Takahashi, F. A. de Souza, E. E.
Alonso*

PAC Laboratório Pelletron-Linac 2002

Núcleos Fora da Linha de Estabilidade

- Permite o “mapeamento” do espaço de isospin, investigando as propriedades do núcleo e a validade de modelos fenomenológicos para valores extremos da razão entre prótons e nêutrons.
- Permite estudar muitas das reações que ocorrem no Universo sob condições extremas, como no Universo primordial, no interior de estrelas ou explosões estelares.



Núcleos Estáveis com propriedades limítrofes



- Diversos estudos têm revelado que **a estrutura dos núcleos radioativos e núcleos leves-pesados** em geral exercem uma forte influência nos **mecanismos de reação** dos mesmos;
- Devido às dificuldades experimentais em se produzir núcleos radioativos, um caminho natural para se estudar a influência de aspectos estruturais nos mecanismos de reação é a utilização de **núcleos estáveis com características próximas àquelas dos núcleos instáveis**.

Estudo da influência da estrutura nuclear na colisão entre núcleos pesados-leves

- Fusão Nuclear versus Quebra Nuclear

- Características estruturais de núcleos pesados-leves,

- baixa energia de ligação (núcleos estáveis e instáveis);
- “halo” ou “pele” de nucleons (núcleos instáveis);

parecem exercer uma forte influência na probabilidade de fusão próximo à barreira Coulombiana,

- inibição devido a competição com a quebra nuclear,
- ou favorecimento devido ao acoplamento com canais de $Q + ?$

porém ainda não é bem compreendida e tem gerado muita controversa;

Fusão Nuclear versus Quebra Nuclear



- **Medidas já realizadas:**
 - ${}^6_7\text{Li} + {}^{12}\text{C}$;
 - ${}^6_7\text{Li} + {}^9\text{Be}$;
 - ${}^9\text{Be} + {}^{208}\text{Pb}$ (*Australian National University*);
 - ${}^6_7\text{Li} + {}^{59}\text{Co}$ (*Pelletron e Vivitron, Strasbourg, França* - dados em fase de análise)
- **Outras medidas a serem propostas...**
 - ${}^9\text{Be} + {}^9\text{Be}$;

Próximo Passo: $d + {}^{208}\text{Pb}$



Medida da pós-aceleração da quebra elástica do dêuteron.

Por que é interessante?

- O dêuteron, apesar de estável, apresenta características similares a núcleos radioativos (“o exemplo mais simples de um núcleo exótico”);
- Permite um estudo mais detalhado da dinâmica do processo de quebra nuclear;

Medida da pós-aceleração da quebra elástica do dêuteron.



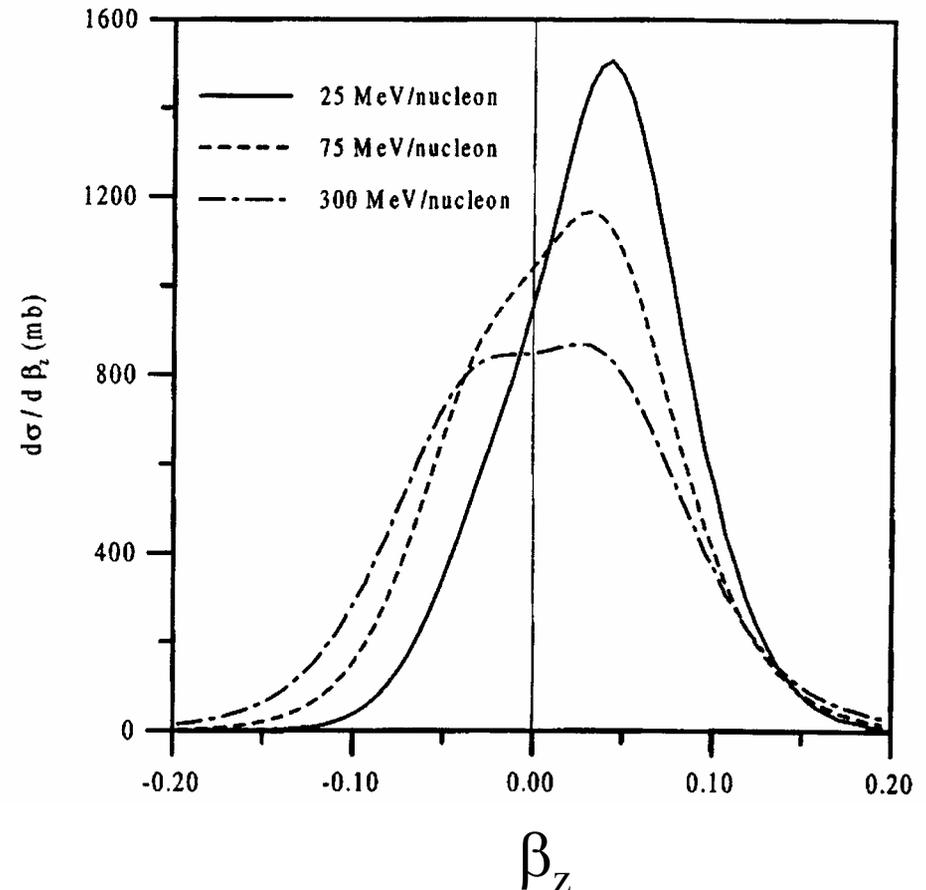
Como medir a pós-aceleração?

- Ela corresponde à aceleração dos fragmentos após a quebra devido ao campo Coulombiano do alvo;
- Ela manifesta-se através de um deslocamento positivo na distribuição de momentos longitudinal no referencial do centro de massa do projétil;
- Esse deslocamento depende da razão entre a carga e a massa dos fragmentos da quebra nuclear;

Post-acceleration in the elastic breakup of the deuteron - *Phys. Rev. C 55(1997)*

*L.F.Canto, R. Donangelo, A. Romanelli,
M.S.Hussein, A.F.R. de Toledo Piza*

- β_z é a componente longitudinal da velocidade relativa $n-p$
- H. Okamura *et. al.* (*Phys. Lett. B325 (1994)*) mediram a dissociação de deuterons em ^{208}Pb a 56 MeV e obtiveram o equivalente a $\beta_z = 0.036$
- Tendência dos cálculos sugere que efeito deve se intensificar para energias mais baixas



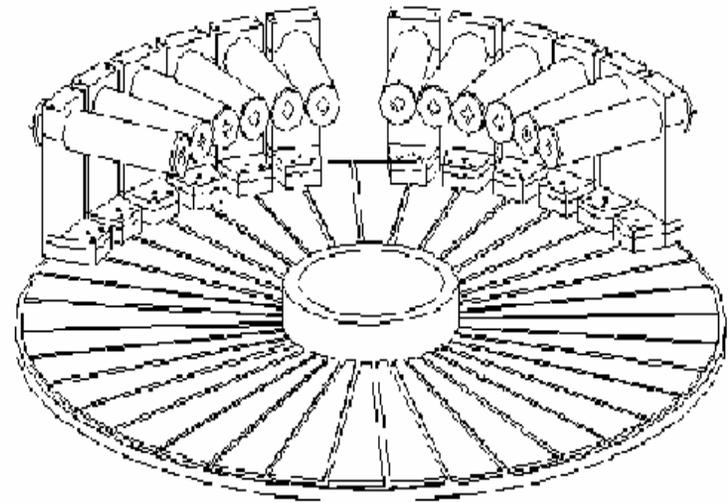
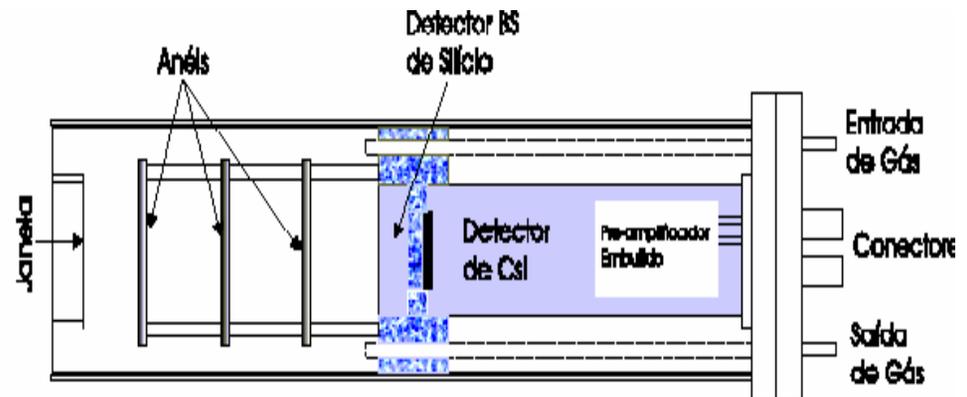
Medida da pós-aceleração da quebra elástica do dêuteron.

Arranjo Experimental

- Câmara de espalhamento 15B;
- Feixe **pulsado** de deuteron com energia próxima à barreira Coulombiana ($\sim 15 \text{ MeV}$);
- Alvo de ^{208}Pb ou um outro elemento pesado;
- **Medida de prótons**: telescópios E- Δ E;
- **Medida de nêutrons**: “Parede de Nêutrons” ou apenas algumas células, dependendo da fase de construção em que estiver o detetor.

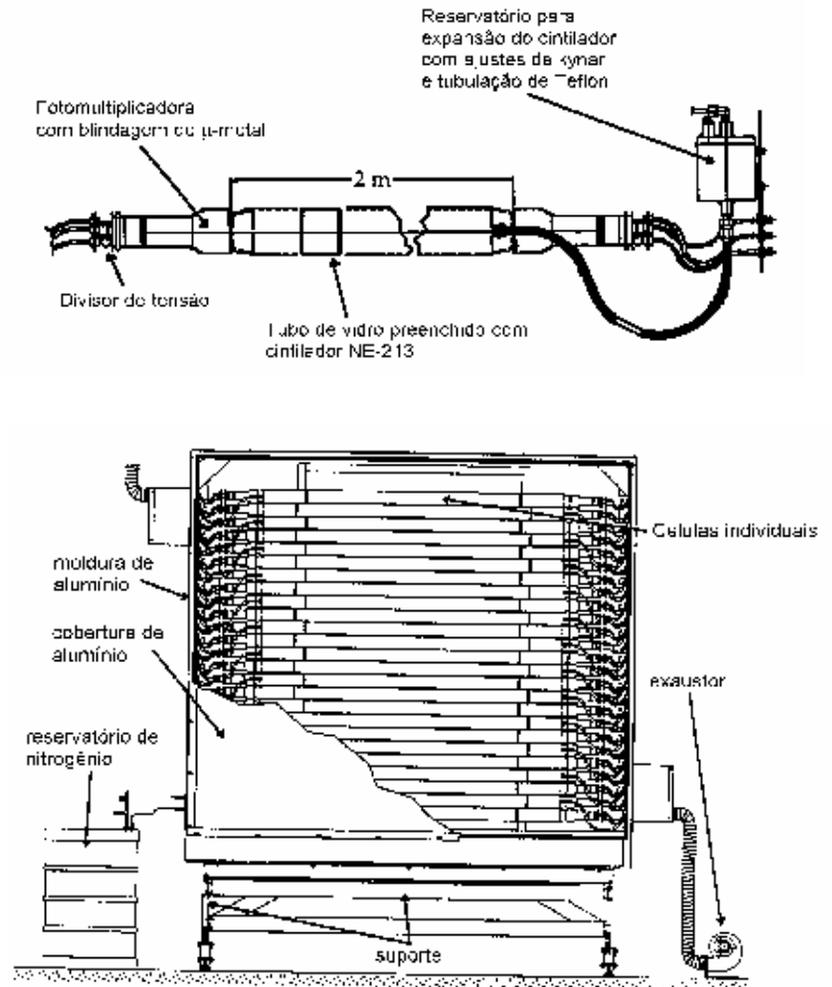
Medida de Prótons

- Telescópios triplos E- ΔE
 - Gás;
 - Barreira de superfície;
 - CsI.
- Conjunto com 12 detetores permite uma ótima cobertura angular



Medida de Nêutrons

- Parede de neutrons de $2.0 \times 2.0 \text{ m}^2$ composta de 20 células retangulares de pirex de seção quadrada de 8 cm , preenchidas com um cintilador líquido e com fotomultiplicadoras acopladas em cada extremidade;
- Testes com o detetor estão sendo propostos para este ano.



Considerações Finais



- Este projeto se insere em um estudo mais amplo do nosso grupo de pesquisa que visa estudar **a influência da estrutura de núcleos leves-pesados em mecanismos de reação**;
- Esse estudo envolve **núcleos estáveis, mas com propriedades próximas a núcleos fora da linha de estabilidade**, com o objetivo de estender os resultados obtidos para núcleos instáveis;

Considerações Finais



- Essa linha de pesquisa tem despertado **bastante interesse da comunidade científica**, existindo diversos grupos de pesquisa com interesses semelhantes;
- O projeto constitui-se em **importante parte do estudo sistemático** realizado pelo grupo e tem **plenas condições de ser realizado** com o aparato experimental disponível no laboratório Pelletron-Linac.

Estudo de reações e mecanismos de reação entre núcleos pesados-leves instáveis e estáveis pouco-ligados

Colisões entre Íons Pesados-Leves a Baixas Energias

Motivações:

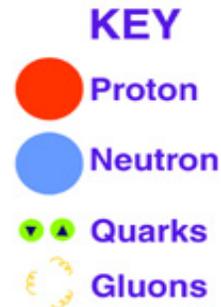
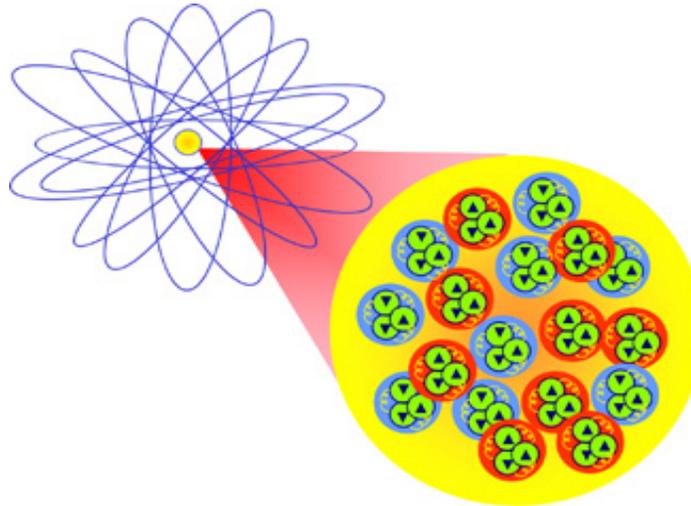
- O estudo de reações com núcleos fora da linha de estabilidade, ou núcleos estáveis com características limítrofes :
 - permite obter um melhor entendimento da influência da estrutura nuclear na interação entre núcleos pesados-leves;
 - possibilita estudar reações relacionadas à nucleossíntese dos elementos nos primeiros instantes após a transição de fase quark-hádron, que deve ter sido dominada por núcleos leves (H, He) e pesados-leves (Li, Be, B), estáveis e instáveis;

A Física Nuclear no Século XXI

Cromodinâmica
Quântica

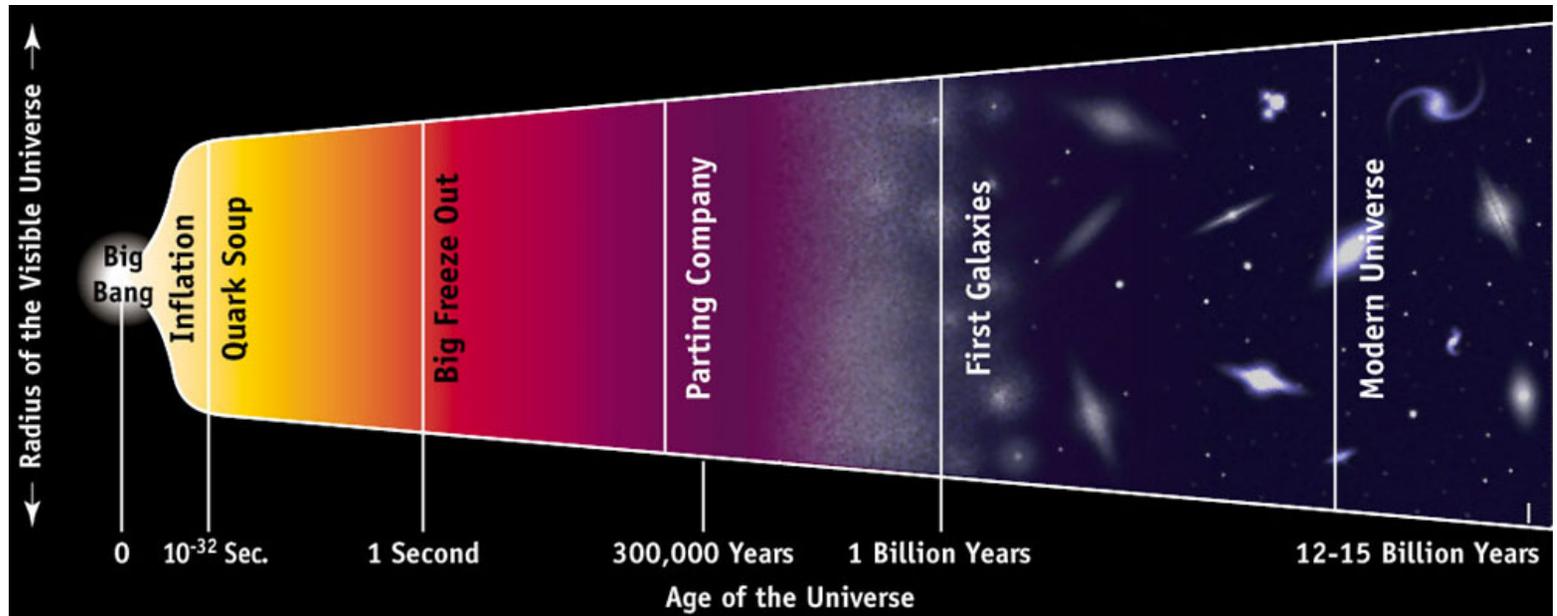


Modelos
fenomenológicos



Comportamento do núcleo em condições extremas (massa, isospin, rotação, deformação, energia de excitação, temperatura, densidade)

Além disso, diversos fenômenos astrofísicos são intrinsecamente determinados por processos nucleares que ocorrem em condições ou configurações extremas:

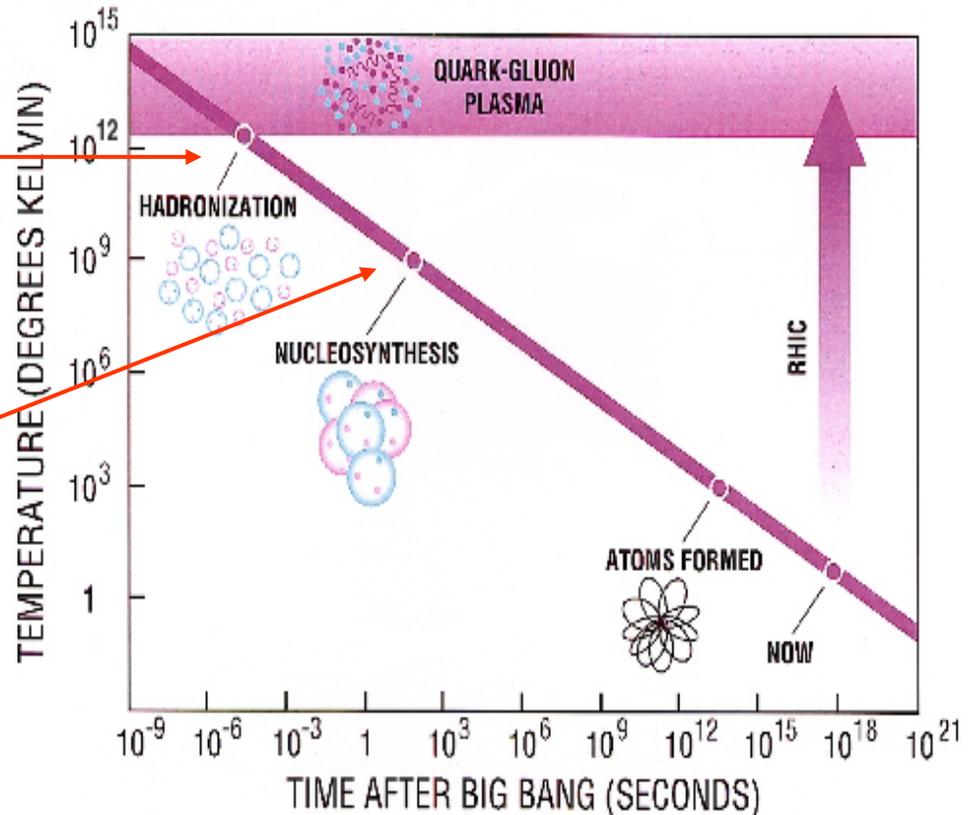


- transição de fase quark-hádron;
- processos de nucleossíntese no Universo primordial, interior de estrelas ou em explosões estelares.

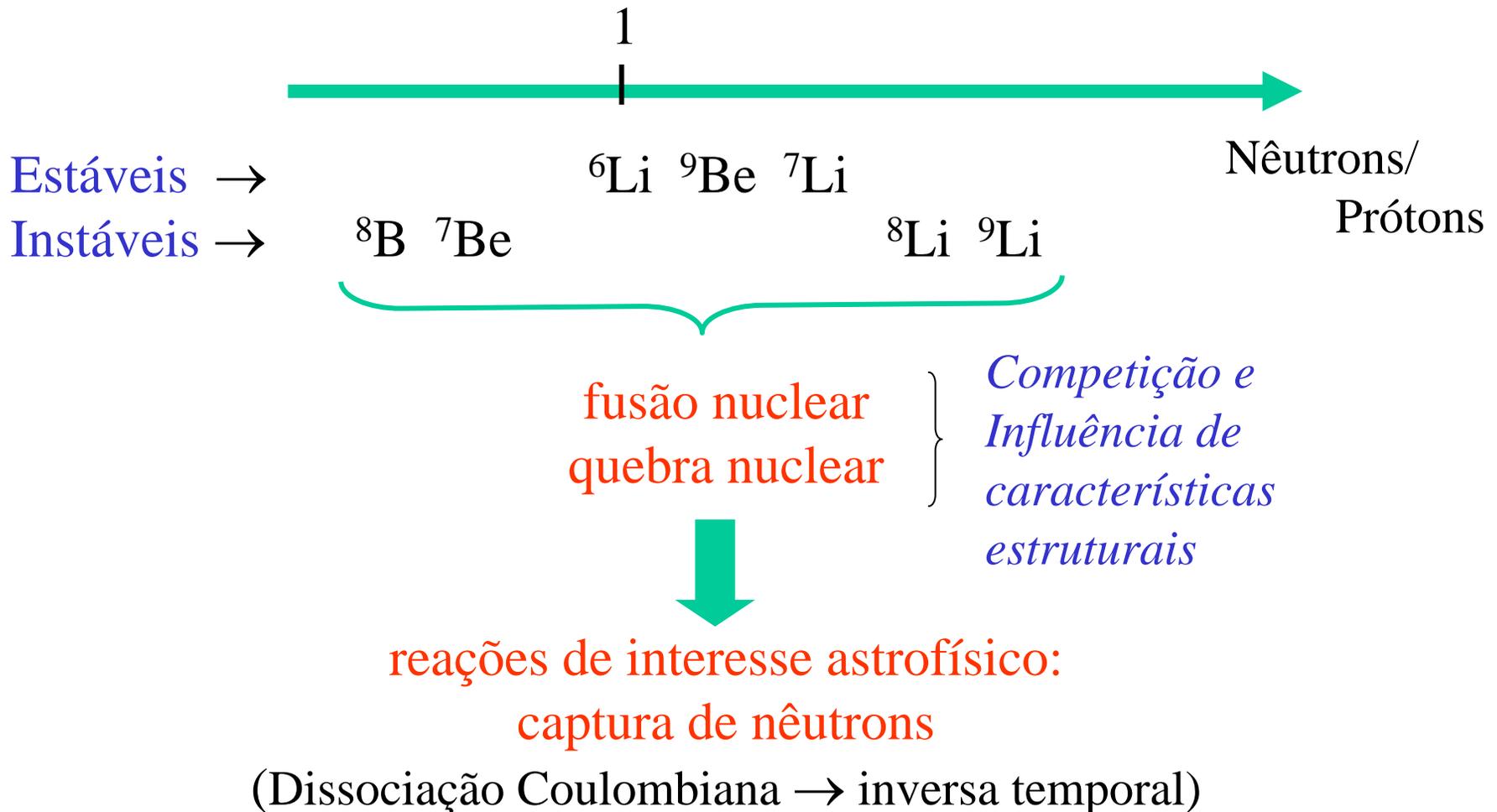
Objetivo do Projeto de Pesquisa

“Estudar aspectos da Física Nuclear que possam trazer um melhor entendimento não só da estrutura e das interações do núcleo e seus constituintes, mas também dos eventos relacionados à origem e à evolução do Universo.”

- Estudo da matéria nuclear sob condições extremas de temperatura e densidade
- Estudo de reações e mecanismos de reação entre núcleos pesados-leves instáveis e estáveis pouco ligados



Estudos Propostos



Próximo Passo: Núcleos Radioativos

- A implementação do *twinsol* no laboratório Pelletron-Linac corresponde a uma oportunidade única de expandir esse estudo para núcleos radioativos no Brasil;
- Medidas da fusão e da quebra nuclear envolvendo núcleos ricos em prótons deve trazer resultados importantes para o entendimento desse problema;
- ${}^7\text{Be} \rightarrow {}^3\text{He} + \alpha$, $Q=-1.587$; ${}^8\text{B} \rightarrow {}^3\text{He} + \alpha + p$, $Q=-1.724$;
- **Reações de interesse:**
 - ${}^7\text{Be}$, ${}^8\text{B} + {}^9\text{Be}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{59}\text{Co}$, função de excitação da fusão nuclear próximo à barreira Coulombiana, enriquecendo a sistemática iniciada com os núcleos de ${}^6,{}^7\text{Li}$;