

Geração de corrente pela ação de ondas de cíclotron eletrônicas e a evolução temporal de ilhas magnéticas em plasmas de tokamak

O trabalho de tese de Daniel de Oliveira Berto, realizado sob orientação do Prof. Luiz Fernando Ziebell, do Programa de Pós-Graduação em Física da UFRGS (PPGFIS), envolveu uma análise teórica e numérica de fenômenos que podem ocorrer em plasmas confinados por campos magnéticos, em dispositivos do tipo *tokamak*.

O *tokamak* é um dos mais promissores modelos de dispositivos que podem viabilizar o desenvolvimento de reatores de fusão, um dos objetivos da pesquisa na área de física de plasmas. O *tokamak* consiste em um sistema de confinamento magnético de forma toroidal, onde coexistem um campo magnético toroidal gerado por correntes que circulam por bobinas colocadas em volta do toróide, e um campo poloidal gerado por uma corrente que percorre o plasma confinado, formando um campo resultante helicoidal. A operação de um *tokamak* é sujeita a várias perturbações e instabilidades. Entre essas instabilidades podemos citar aquelas conhecidas como modos *tearing* neoclássicos (NTM), que são perturbações perigosas que interferem na estrutura magnética do plasma, pela formação de estruturas chamadas de ilhas magnéticas. Acredita-se que os NTM's são causados por uma diminuição na corrente elétrica dentro das ilhas magnéticas, onde o perfil de pressão do plasma fica achatado.

O controle desses modos é essencial para viabilizar a operação dos futuros reatores de fusão. Um dos métodos considerados para esse controle é a geração de calor e corrente de forma localizada na região da ilha, usando ondas do tipo de cíclotron eletrônica. No trabalho de tese de Daniel Berto foram estudadas características importantes sobre a eficiência do processo, usando um modelo simplificado de um *tokamak* e da estrutura de uma ilha magnética, acoplado a um tratamento que envolve aspectos autoconsistentes da interação da ondas com o plasma no tokamak. Dessa forma foi possível estudar a geração de corrente, considerando a existência de uma corrente inicial gerada por um transformador, e levando em conta efeitos de transporte radial de partículas e também a existência de efeitos indutivos. Todos esses efeitos formam uma equação que descreve a evolução temporal da função de distribuição de velocidades dos elétrons do plasma, que é resolvida numericamente. O formalismo também inclui uma descrição da evolução da largura da ilha magnética, como função da corrente no plasma.

Com esse formalismo foram obtidos resultados por meio de uma análise numérica, considerando diferentes conjuntos de parâmetros iniciais. Os resultados mostram que a largura das ilhas é de fato reduzida pela geração de corrente causada pelas ondas de cíclotron, conforme previsto. O estudo permitiu fazer estimativas da potência mínima associada a ondas de cíclotron que é necessária para controle das instabilidades NTM. Os valores de potência mínima obtidos são compatíveis com valores obtidos em experimentos realizados em *tokamaks* de porte similar ao que consideramos no modelo teórico utilizado na tese.