

PROJETO DE UM ACOPLADOR ÓPTICO PARA UM DIAGNÓSTICO DO TOKAMAK TCABR

André Salgueiro Bouzan¹,
Valdemar Bellintani Junior²

André Salgueiro Bouzan (FATEC-SP); email: andresalgueiro.b@hotmail.com¹
Valdemar Bellintani Junior (FATEC-SP); email: vabeju@gmail.com²

Área do Conhecimento: Ciências exatas da natureza
Palavras-chave: Tokamak, espectroscopia, plasma

INTRODUÇÃO

A espectroscopia é um dos métodos mais antigos e consagrados para fazer diagnóstico do plasma. Átomos, moléculas e íons emitem radiação constantemente e poder coletar esta radiação em tempo real nos proporciona além da possibilidade da obtenção dos parâmetros deste plasma (temperatura iônica, temperatura eletrônica, densidade dos íons e dos elétrons), a possibilidade de estudá-lo de forma não invasiva. Embora a espectroscopia torne a medida da radiação algo fácil, deve-se ter cuidado com o intervalo que se deseja analisar. O plasma emite radiação na faixa de 10 até 10 m, o que diverge muito da faixa de radiação visível. Para adequar esse modelo, vamos utilizar um monocromador. O monocromador tem como função restringir uma grande faixa de espectro em uma faixa reduzida.

OBJETIVO

No nosso caso, vamos usar um monocromador ainda em construção, que nos dará a medida de carga efetiva do plasma. Para isso precisaremos coletar a luz emitida do plasma e direcioná-la até o monocromador para assim realizar o diagnóstico. Este trabalho tem por objetivo a identificação dos principais parâmetros físicos do acoplador que levam a uma imagem do plasma atendendo a critérios de qualidade pré-determinados, contudo, sem se comprometer com sua execução física. Desta forma posicionaremos um conjunto de lentes (acoplador óptico) em uma janela tangencial do tokamak TCABR (ver a figura 1), para coletarmos a luz e assim convergir sobre um conjunto de fibras ópticas que direcionará até o monocromador e este nos dará o diagnóstico da carga efetiva do plasma.

METODOLOGIA

A emissão do plasma será mensurada com uma câmera EMCCD que será instalada no interior de um monocromador. A radiação emitida pelo plasma será direcionada até a fenda de entrada do monocromador por um conjunto de 32 fibras ópticas onde cada fibra possui um diâmetro de 0,4 mm e uma abertura numérica de 0,22. Com a ajuda do programa para traçado de raios OSLO, projetamos uma objetiva que será utilizada para coletar a luz emitida pelo plasma. O trabalho consiste em projetar o conjunto de lentes do acoplador óptico, que coletará luz do tokamak, focalizando em um conjunto de fibras ópticas (com o diâmetro de 0,4 mm), que enviará para um monocromador, e este fará um diagnóstico de carga efetiva do plasma. A informação de carga efetiva esta contida na radiação de *bremssstrahlung* presente em uma estreita janela óptica (526 +/- 0,6 nm). Desta forma o número de fótons chega até o detector é bem pequeno, aproximadamente 7000 fótons em cada pixel por segundo, mas necessitamos de uma resolução temporal de 1ms, assim esse número cai para 7, como mostra a fórmula abaixo. Assim o sistema tem que ser extremamente preciso, para evitar perdas por reflexões e por aberrações inevitáveis aos sistemas ópticos quando a luz o atravessa.

$$= I_{br} \cdot L \cdot \Omega / 4\pi \cdot S_{sil} \cdot d\lambda \cdot k = 7000 \text{ [fótons/(s.pixel)]}$$

RESULTADOS

Com as otimizações no programa OSLO conseguimos uma mancha de 0,1mm (figura 1), menor 4 vezes em relação ao diâmetro das fibras ópticas. Assim, temos a certeza de que toda energia será transmitida para as fibras ópticas. Para este sistema óptico fizemos uma aplicação de um filme antirreflexo (*coating*), no programa TracePRO, assim fizemos uma simulação de absorção de luz no plano da imagem sem *coating* (figura 2), e com o *coating* (figura 3), e percebemos um aumento na intensidade luminosa significativa no plano da imagem de $1,5 \times 10^6 \text{ W/m}^2$.

Fig.1 Diagrama de pontos do conjunto de lentes.

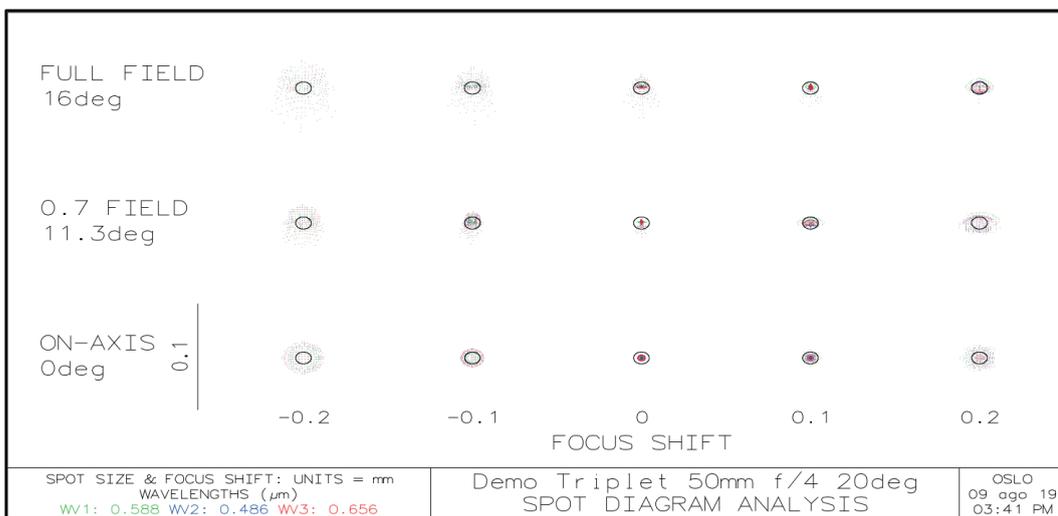


Fig 2. Gráfico de intensidade luminosa.

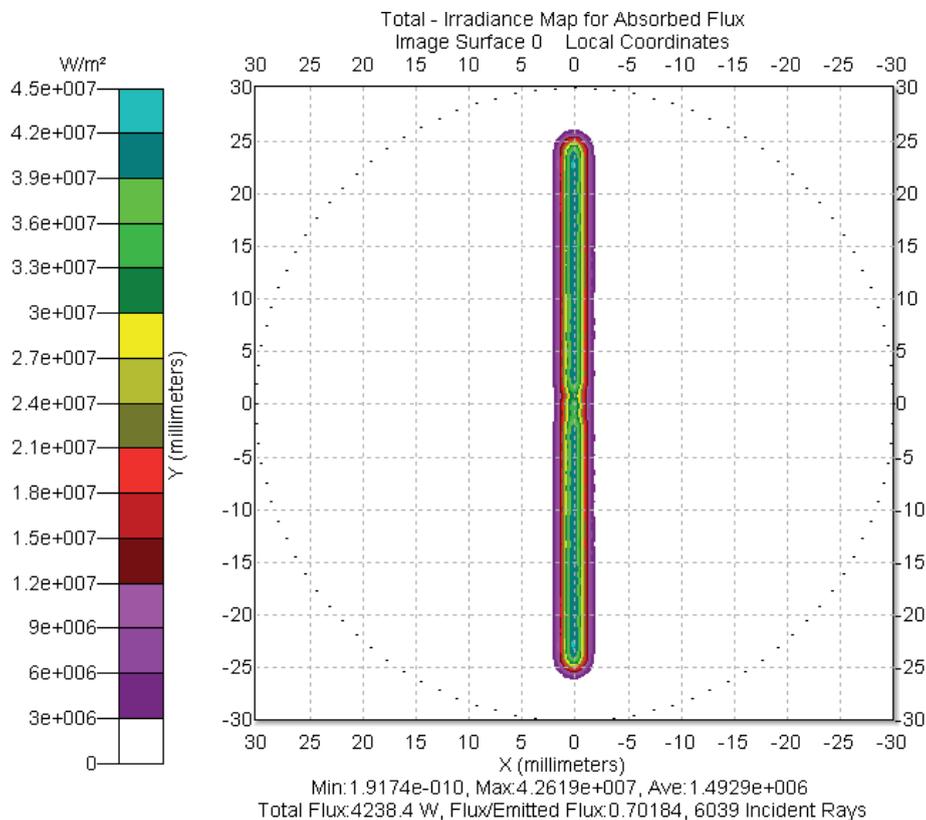
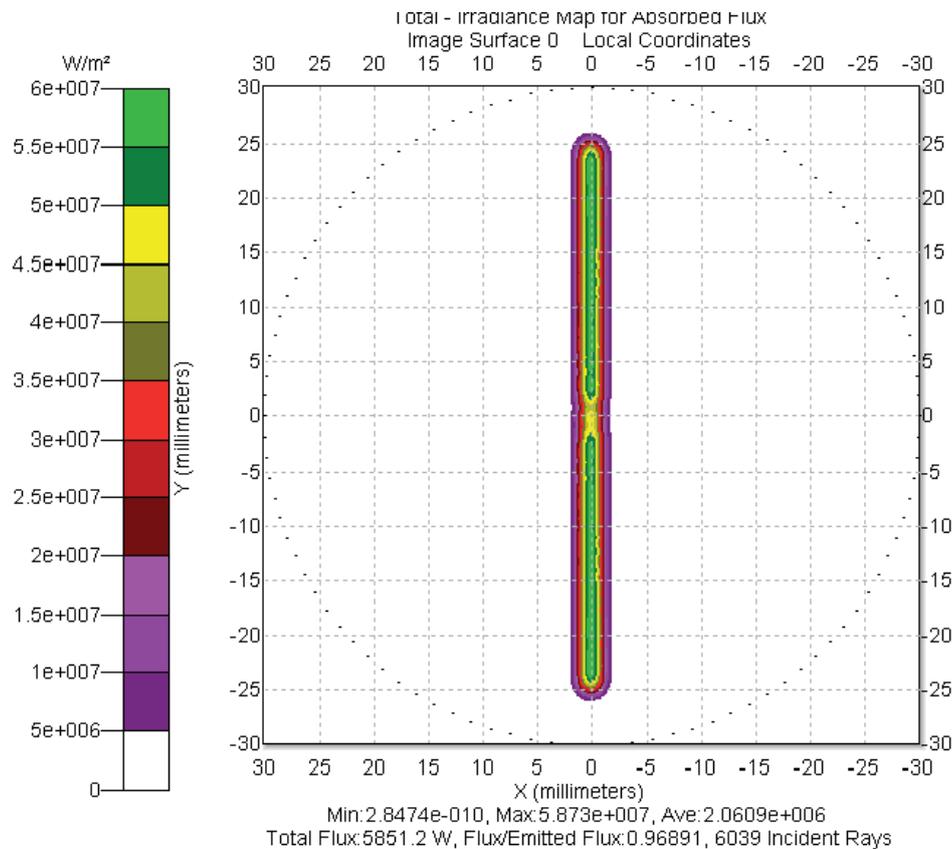


Fig 3. Gráfico de intensidade luminosa



CONCLUSÃO

É importante ressaltar que a qualidade da imagem está diretamente ligada à qualidade dos componentes do sistema óptico, tais como a objetiva, que irá captar a luz, a fibra óptica, que levará a luz até o espectrômetro. Portanto, as simulações feitas no software OSLO foram de extrema importância, pois conseguimos antecipar aberrações ópticas, e faremos simulações de desempenho com a tolerância, assim a lente vai nos revelar instabilidades que até então não foram reveladas, e estudando-as descobriremos como eliminá-las, para caminhar para estabilidade contínua do plasma.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a **CNPq** pelo suporte ao meu trabalho, e a **FATEC-SP**, e aos meus orientadores Prof. Dr. Valdemar Bellintani Junior e Prof. Dr. José Helder F. Severo pela oportunidade de poder ingressar na carreira acadêmica científica.

REFERENCIAS

ZILLO, S. C. Desenho e Fabricação Óptica. Instituto de Física de São Carlos. Universidade de São Paulo. (2007);

Livro “Óptica de Eugene Hecht”;

OSLO optics Software for Layout and Optimization; BENTLEY, Julie, OSLO Craig, Field Guide to Lens Design.