

# LUMINESCÊNCIA DE $Tb^{3+}$ EM $a-SiN_x:H$



Richard S. Silva e Leandro R. Tessler  
richard.santos.silva@gmail.com tessler@ifi.unicamp.br

Instituto de Física "Gleb Wataghin",  
PIBIC-Unicamp, Campinas-SP, Brasil  
Fotoluminescência - Térbio - Silício



## Fatos

- ✓ Semicondutores amorfos dopados com Terras-raras emitem luz devido a transições intra-4f.
- ✓ Fotoluminescência do  $Tb^{3+}$  entre 410 e 760 nm estudado na base  $a-SiN_x:H$ .
- ✓  $Tb^{3+}$  apresenta forte emissão em 490 nm.
- ✓  $a-SiN_x:H$  podem ser preparados por RF-sputtering com gap de banda larga que permite a observação de fotoluminescência do  $Tb^{3+}$ .

## Preparação das amostras

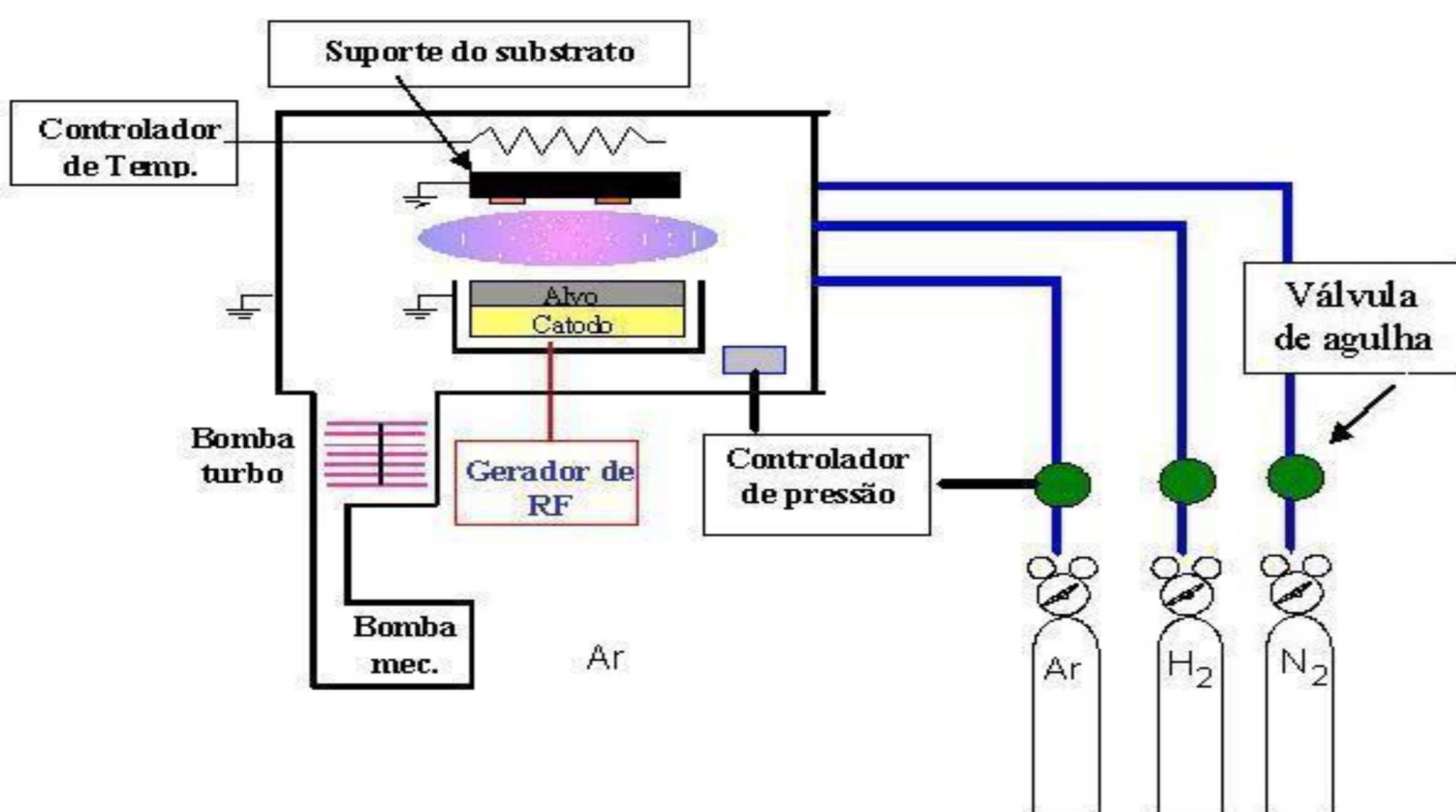


Figura 1: Esquema do sistema de RF-sputtering.

## Diagrama de energias

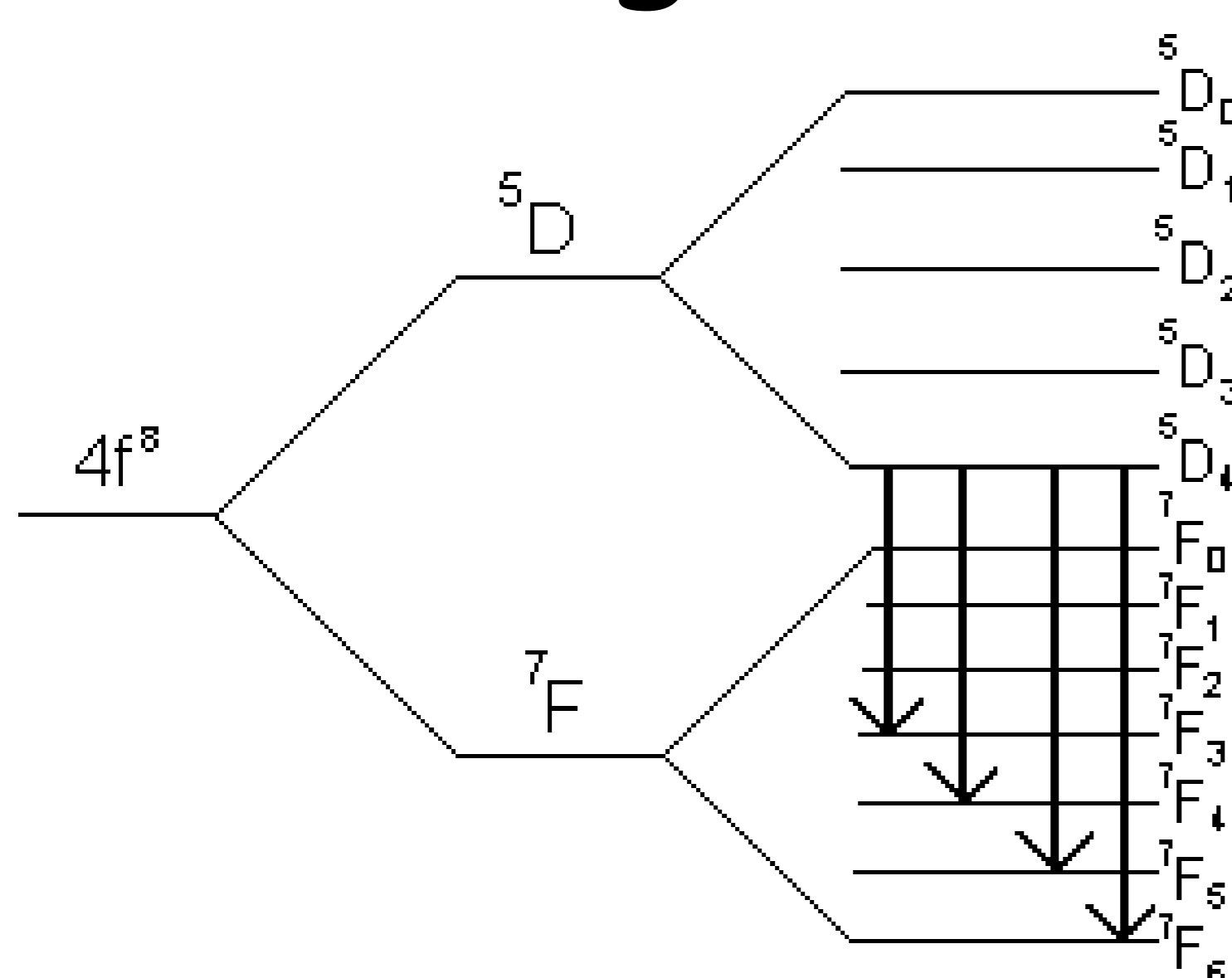


Figura 2: Representação esquemática dos estados eletrônicos do nível 4f do  $Tb^{3+}$ . A transição  $7F_6 \rightarrow 5D_4$  foi utilizada por excitação ressonante com a linha de 488 nm do laser.

- ✓ Linha 488 nm **ressonante** com a transição  $7F_6 \rightarrow 5D_4$ .
- ✓ Linha 476 nm **não ressonante**: excitação da matriz.

## Experimento

- ✓ Amostras de  $a-SiN_x:H \langle Tb \rangle$  foram preparadas usando co-sputtering reativo com rádio frequência a partir de um alvo de Si puro, vidro Corning 7059, parcialmente coberto por pequenos pedaços de  $Tb^{3+}$  metálico em uma atmosfera de  $Ar + H_2 + N_2$ , mantidos a  $250^\circ C$ .
- ✓ O gap da banda é determinado pelo conteúdo de nitrogênio e hidrogênio nas amostras, que está relacionado com as pressões parciais, dadas por de 0.8 ou  $2.0 \times 10^{-3}$  mbar no caso do  $N_2$  e fluxo de  $H_2$  de 0.0, 2.0 ou 8.0 sccm. Os filmes de  $\sim 0.5 \mu m$  de espessura foram depositados por 120 minutos para otimizar a intensidade da luminescência  $Tb^{3+}$ .
- ✓ Medidas de fotoluminescência dependente da temperatura entre 10 K e temperatura ambiente foram realizadas, tanto pelas linhas 476 e 488 nm de um laser de  $Ar^+$  e detectada através de um espectrógrafo com uma rede de difração um detector CCD multicanal de Si.

## Excitação Ressonante

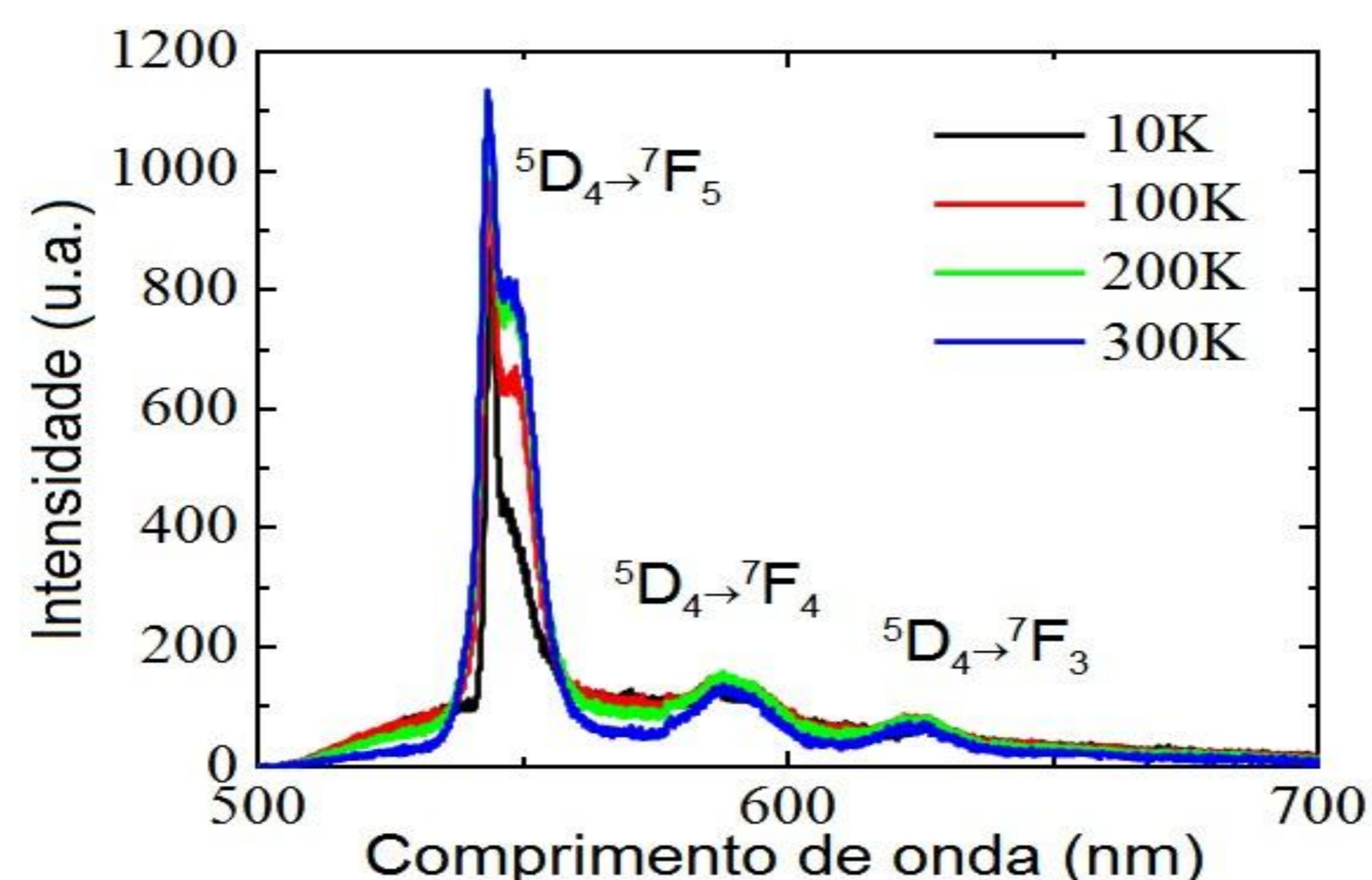


Figura 3: Espectro de fotoluminescência de excitação em ressonância da transição  $7F_6 \rightarrow 5D_4$ . Observa-se aumento da intensidade da luminescência em função da temperatura.

## Excitação Não-Ressonante

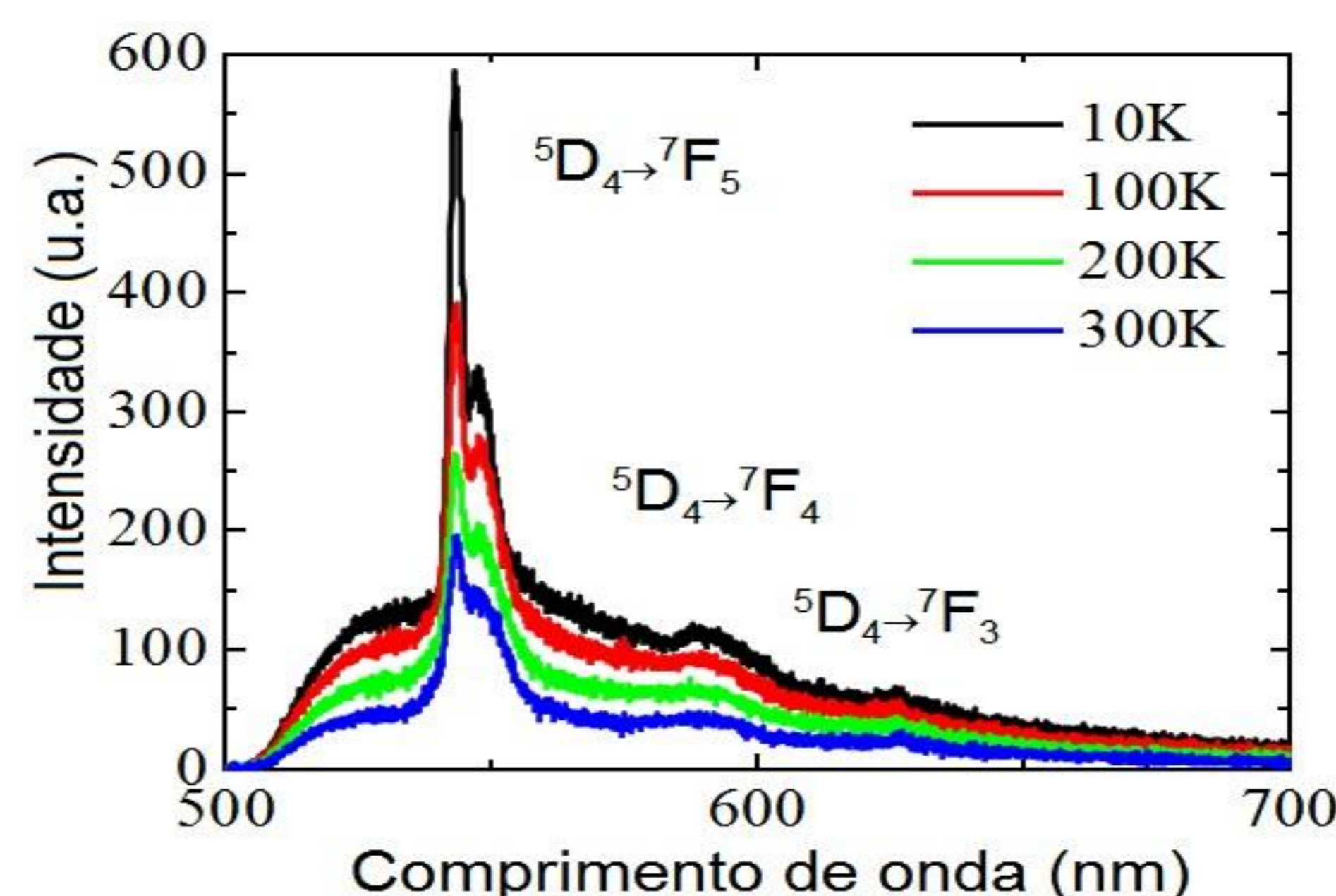


Figura 4: Espectro de fotoluminescência de excitação não-ressonante. Observa-se uma diminuição da intensidade da luminescência em função da temperatura.

## Resultados

- ✓ Característica de fotoluminescência  $Tb^{3+}$  foram detectados em todas as amostras.
- ✓ Maior eficiência de luminescência das amostras recozidas a  $400^\circ C$ .
- ✓ Anômala dependência da temperatura:  
Excitação **ressonante**: **umenta** a intensidade com a temperatura.  
Excitação **não-ressonante**: **diminui** a intensidade com a temperatura.

## Intensidade da linha 490 nm

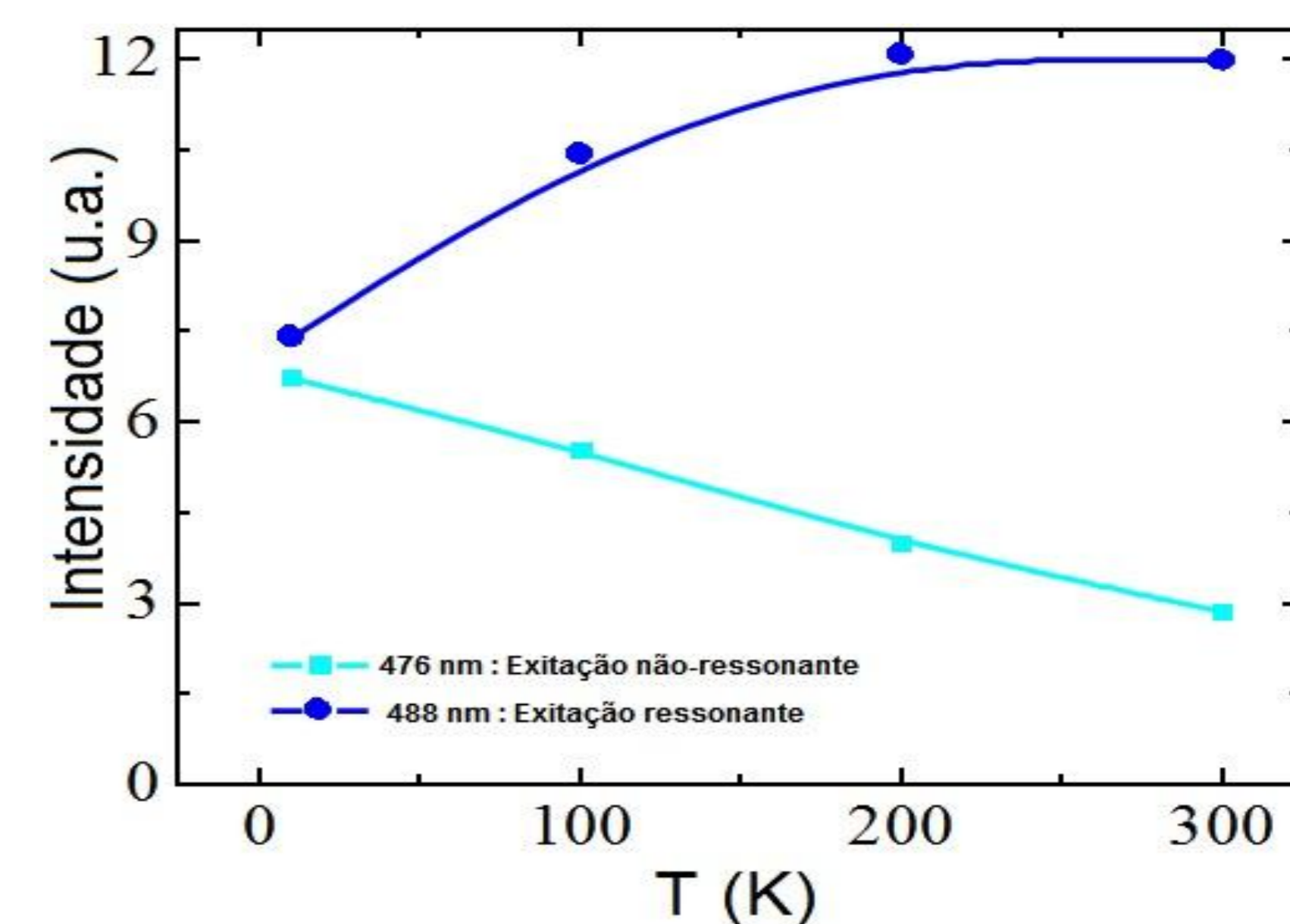


Figura 5: A intensidade de fotoluminescência apresenta dependência da temperatura na excitação ressonante e não ressonante.

## Conclusões

- ✓  $SiN_x:H \langle Tb \rangle$  é um eficiente emissor de luz verde em temperatura ambiente.
- ✓ Temperaturas perto de zero a eficiência de fotoluminescência é muito semelhante à excitação não-ressonante e ressonante, indicando que o mecanismo de transferência de energia da matriz amorfa é muito eficiente, devido à ausência de fônons em processos de recombinação não radiativa.
- ✓ A excitação **ressonante** **umenta** sua eficiência com a temperatura. Esse efeito deverá estar relacionado com a despopulação de fônons no final dos estados  $7F_{5,4,3}$  para o estado fundamental  $7F_6$ . A probabilidade de transferência de energia do  $Tb^{3+}$  para a matriz de  $SiN_x$  é desprezível.
- ✓ Já a excitação **não-ressonante** **diminui** sua eficiência com a temperatura devido ao aparecimento de canais alternativos de recombinação não-radiativa para os pares elétron-buraco gerados na matriz.