

Desenvolvimento de uma célula para medidas de calor específico

Douglas Ramos do Amaral e Alexandre José Gualdi
 Departamento de Física da Universidade Federal de São Carlos - São Carlos

Resumo

Os materiais multiferróicos são a combinação de dois ou mais materiais com diferentes ordens ferróicas [1]. Em particular, a combinação de materiais ferroelétrico e ferromagnético dá origem à magnetoeletricidade, que consiste numa resposta elétrica no material devido à aplicação de um campo magnético ou vice versa[1]. Em materiais multiferróicos compósitos, esse efeito surge devido ao acoplamento mecânico entre as duas fases: a deformação magnetostrictiva da fase ferromagnética causa um stress na fase ferroelétrica, alterando seu estado de polarização. Essa resposta magnetoeletrica (ME) depende da temperatura, campo magnético DC e da frequência do campo magnético AC aplicado no sistema. Este trabalho tem como finalidade o desenvolvimento de uma célula para realização de medidas de calor específico de amostras de compósitos multiferróicos. Tal propriedade é importante pois permite obter informações relevantes acerca do acoplamento magnetoeletrico desses materiais. Para isso, o projeto foi dividido em duas etapas: desenvolvimento/simulação, etapa a qual projeto se encontra, e aplicação.

Aspectos relevantes do calor específico

O calor específico é definido como a capacidade térmica por unidade de massa. Tal coeficiente termodinâmico têm seu valor condicionado à entropia e simetrias do sistema analisado. No caso de materiais multiferróicos, pode ser que as fases ferroelétrica e ferromagnética apresentem transições de fase que estão relacionadas as suas estruturas. O monitoramento do calor específico para diferentes temperaturas e campo magnético permite obter informações acerca do comportamento dessas transições, bem como outras grandezas como as energias livres. Pela forma dessas curvas, é possível caracterizar diferentes tipos de transições em que há alterações significativas nas propriedades de tais materiais.

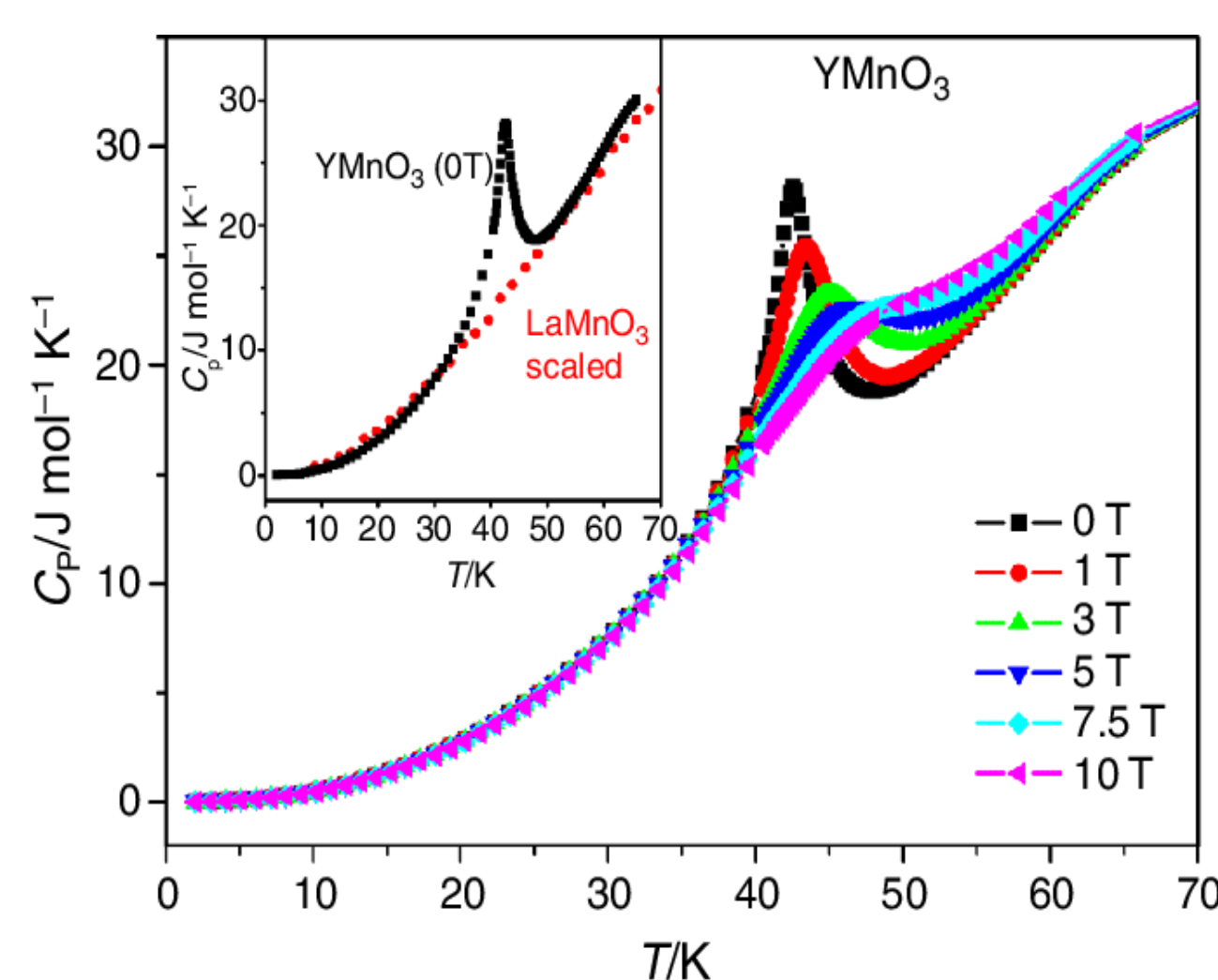


Figura 1- Capacidade térmica molar isobárica (C_p) de uma amostra de $YMnO_3$ multiferróica com temperatura (T) sob diferentes campos magnéticos. Nota-se uma evidente transição em 42 K [2].

Simulação do suporte da amostra

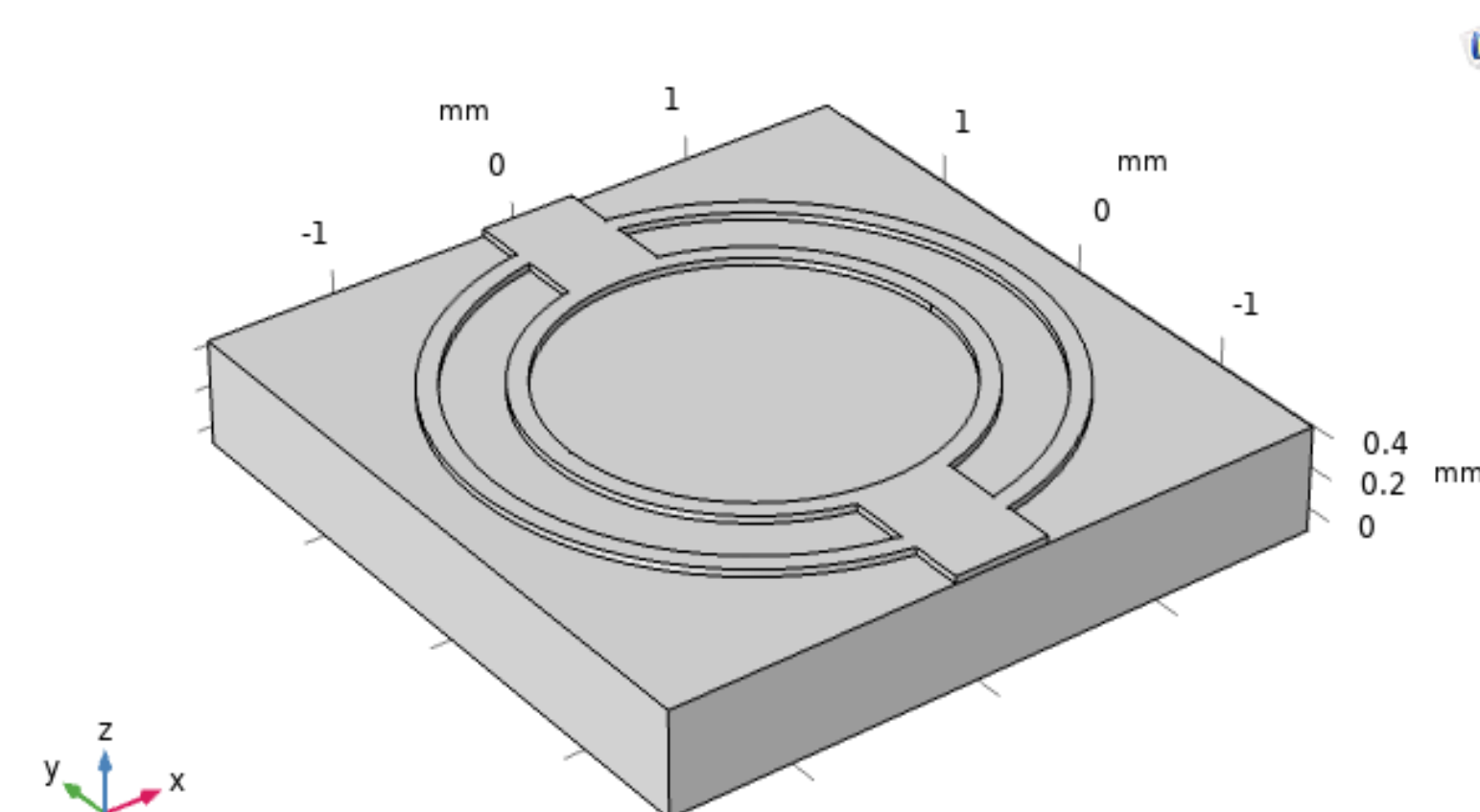


Figura 2- Desenho em 3D do suporte para amostras da célula utilizado na simulação do software COMSOL Multiphysics. Para a simulação, considerou-se o circuito aquecedor feito de nicromo e o suporte feito de safira. A corrente nos terminais do circuito foi constante e estacionária igual a 0,5 A (ampere). (fonte: autor)



Figura 3- Gradiente de temperatura da superfície do suporte em contato com a amostra. As cores quentes indicam temperaturas mais elevadas (próximas ao vermelho) e a medida que as cores se tornam frias (se aproximam do azul) indica uma diminuição da temperatura. (fonte: autor)

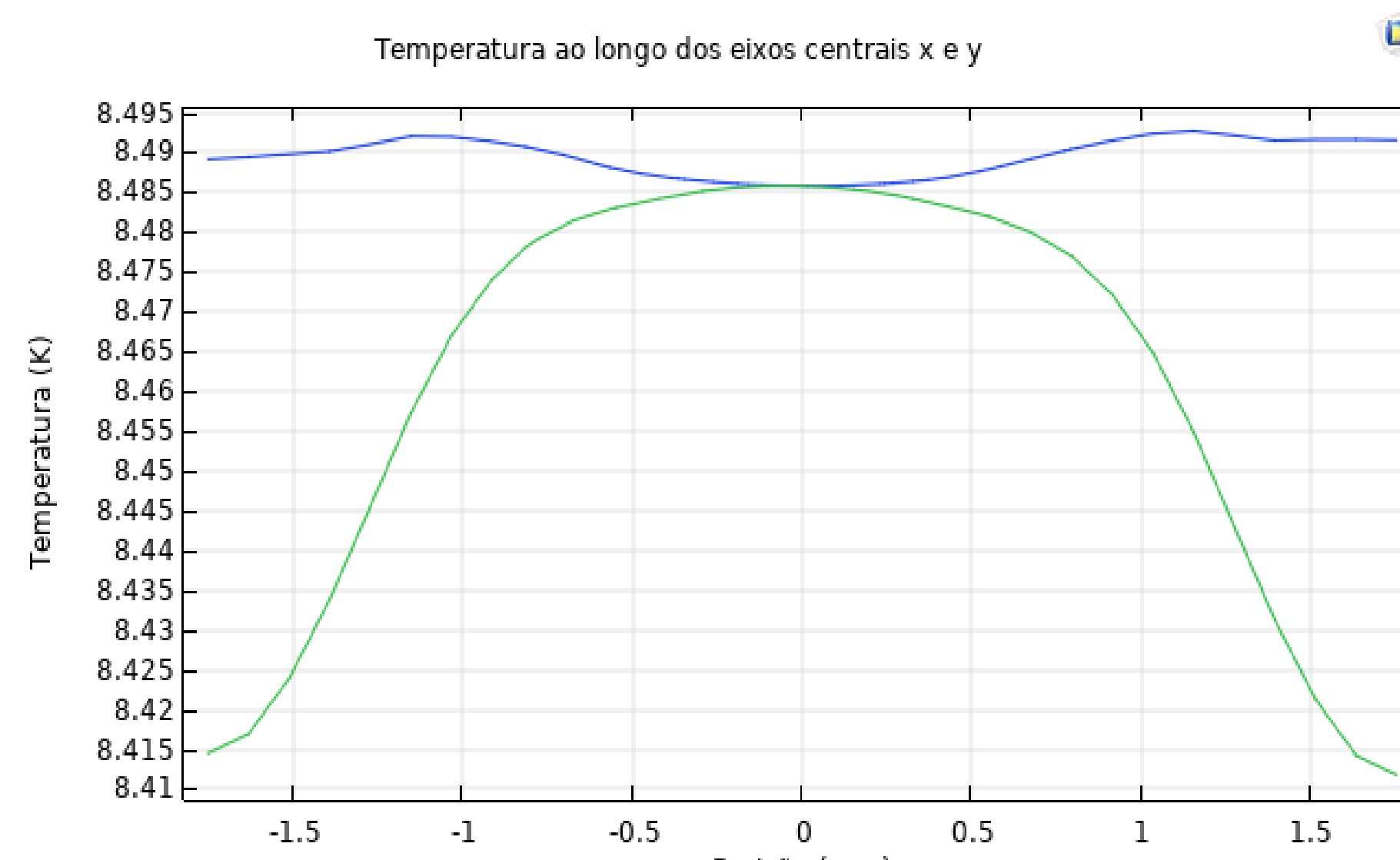


Figura 4- Gráfico da temperatura em função da posição no eixos centrais da superfície em contato com a amostra. A curva azul representa a temperatura ao longo do eixo y (pontos com posição $x=0$) e a curva verde representa a temperatura ao longo do eixo x (pontos com posição $y=0$). (fonte: autor)

Resultados

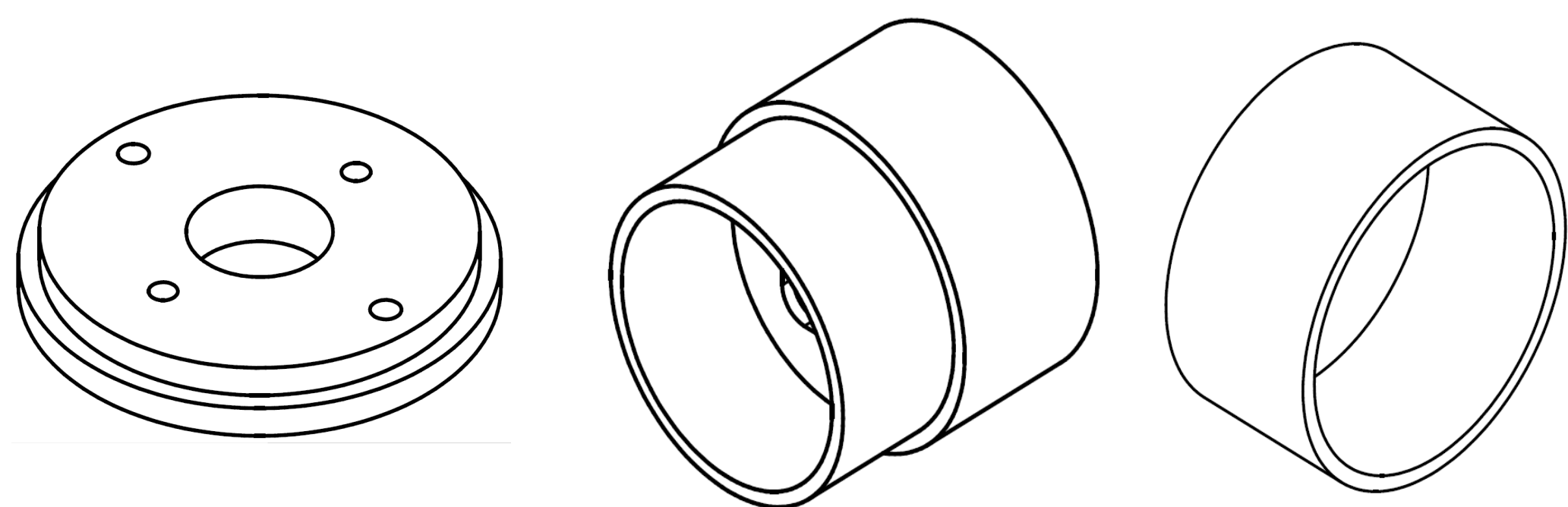


Figura 5- Design da célula para medição de calor específico feito em software CAD. A estrutura da célula consiste nas 3 peças apresentadas na figura. (fonte: autor)

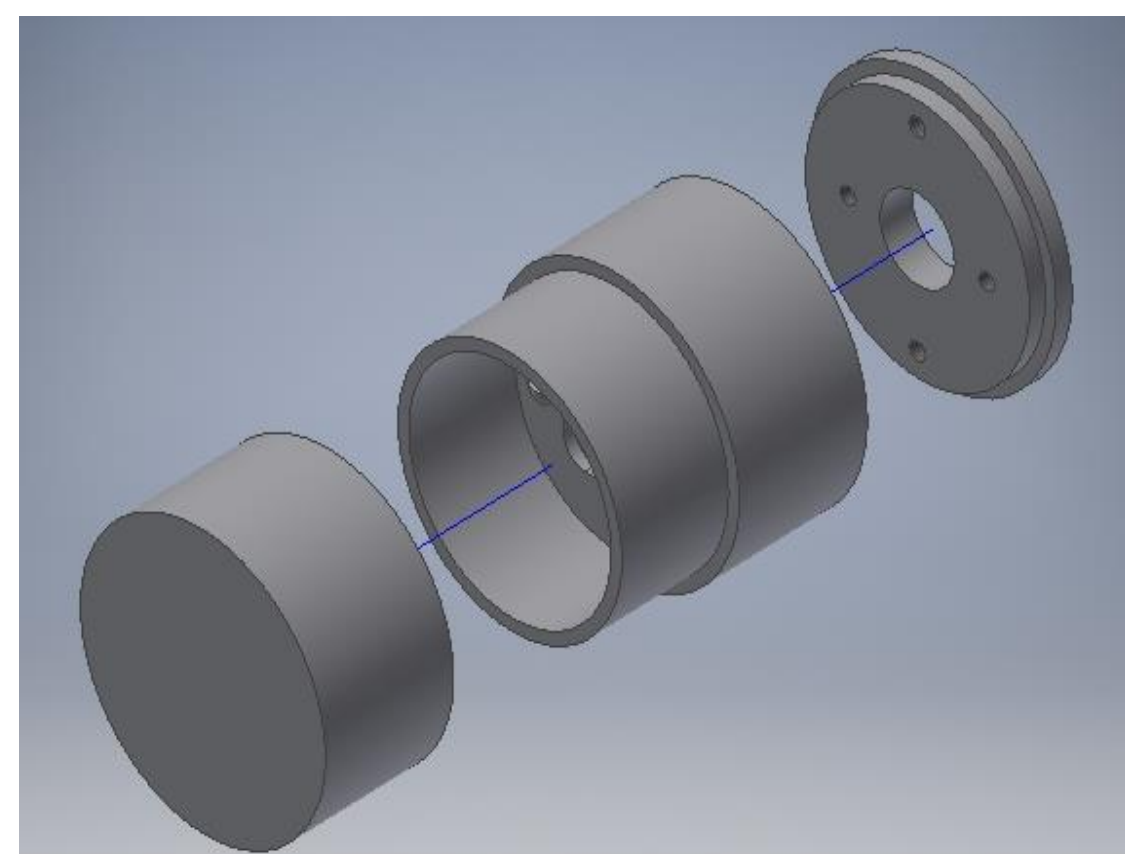


Figura 6- Desenho em 3D de como as peças se encaixam. (fonte: autor)

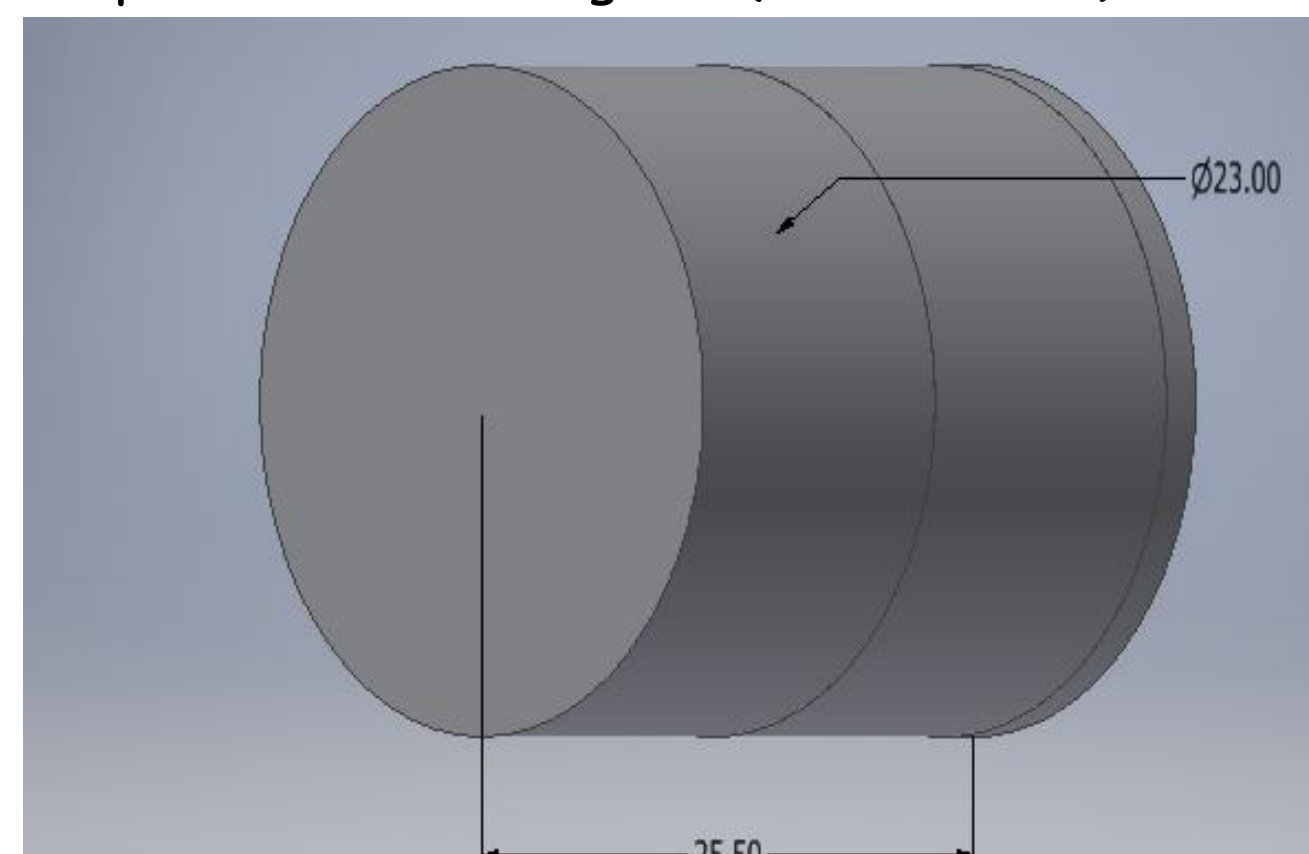


Figura 7- Desenhos em 3D do design da célula com as peças encaixadas. As dimensões da figura estão em milímetros. Esse design foi pensado para ser utilizado em um Physical Property Measurement System (PPMS - Quantum Design) [3] com range de temperatura de 1.8 K até 325 K e aplicação de campos magnéticos de até 9 T. (fonte: autor)

Conclusões

A geometria e dimensões da célula foram definidas proporcionando uma melhor transferência de calor do corpo da célula para a amostra, bem como para que a mesma possa ser utilizada em um PPMS - Quantum Design. Verificou-se que o principal meio de propagação térmica foi por radiação e que a célula deverá ser constituída de material metálico que garanta a blindagem da radiação térmica e alta condutividade térmica para um equilíbrio térmico entre a amostra e a célula mais rápido e eficiente. O projeto encontra-se na fase final da determinação do design do suporte para as amostras, uma vez que ainda é visado uma maior homogeneidade térmica. A próxima etapa do projeto será a construção e utilização da célula para a obtenção de curvas de calor específico dos compósitos multiferróicos magnetoeletricos em diferentes condições de temperatura e campo magnético.

Referências:

- [1] Nan, C.W., et al., Multiferroic magnetoelectric composites: Historical perspective, status, and future directions. Journal of Applied Physics, 2008. 103(3): p. 35.
- [2] Specific Heat and Magnetocaloric Effect Studies in Multiferroic $YMnO_3$ - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Specific-heat-C-p-of-the-YMnO-3-sample-with-temperature-T-under-different-magnetic_fig2_264598119 [accessed 13 Nov, 2019].
- [3] R. Averitt and S. Tsui. Heat Capacity of Vanadium Oxide (Heat Capacity Option). 2018.