

3 Caracterização magnética

Neste capítulo apresentamos a caracterização da deformação com relação à aplicação de um campo magnético constante feita para as diferentes geometrias de GMM.

Foram caracterizados cubóides de GMM de nome comercial TX, fornecido pela Gansu Ltd. de diversas geometrias: 2x2x3 mm, 2x2x6 mm, 2x2x10 mm, 2x2x20 mm, 4x4x3 mm, 4x4x6 mm, 4x4x10 mm, 4x4x20 mm. Neste trabalho vão ser utilizados os termos GMM e TX indistintamente ao fazer referência aos cubóides magnetostrictivos de Terfenol-D utilizados.

Primeiramente foi levantada a curva de deformação contra campo magnético aplicado. Esta medida foi feita com o eletroímã da GMW, modelo 3470 que produz um campo magnético aproximadamente constante na região entre os seus pólos. Para o controle e registro da mediação, foi usado um programa em Labview 7.1. (desenvolvido pelo aluno de Iniciação Científica Jan Krueger). Os pólos do eletroímã foram afastados a uma distância de 20 mm que, de acordo com o fabricante proporciona uma relação de campo magnético para corrente igual a 0,11 T/A.



Figura 0-1: Eletroímã com o qual foi feita a caracterização magnética.

Os cubóides foram desmagnetizados, utilizando o próprio eletroímã, através de magnetizações de menor intensidade sucessivas. Os strain gauges foram colados no centro de cada cubóide.

De acordo com os resultados obtidos nesta caracterização observou-se que a deformação ao aplicar campo magnético varia para cada geometria. A Fig. 3.1 mostra um exemplo das respostas para três geometrias diferentes de cubóides. Pode-se notar que para baixos campos existe uma faixa de baixa deformação que depende da geometria. A faixa de baixa deformação foi definida de forma qualitativa como o intervalo entre o campo zero e o ponto onde a derivada da deformação em relação ao campo muda abruptamente. Assim na geometria do TX 4x4x20 mm pode-se ver que a faixa de baixa deformação é muito menor quando comparada com a do TX 2x2x6 mm que também difere do cubóide TX 4x4x3 mm. Notamos também que a deformação máxima tem uma variação grande de 500 $\mu\epsilon$ até 1000 $\mu\epsilon$.

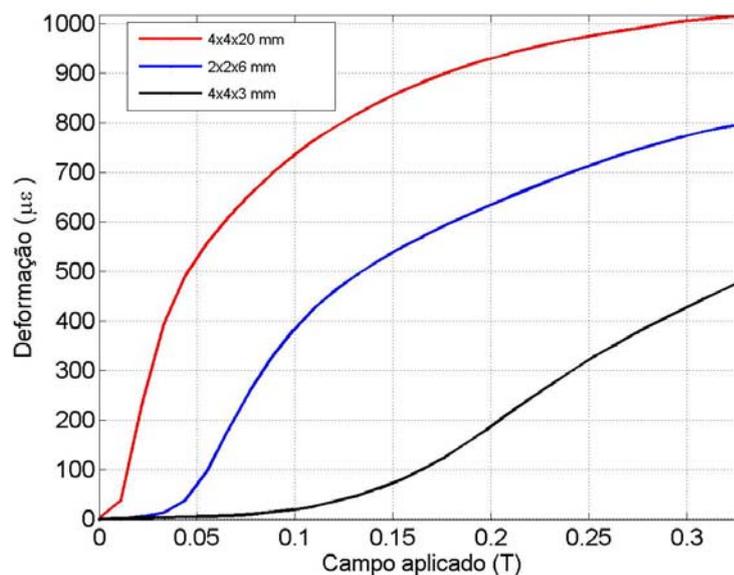


Figura 0-2: Comportamento na caracterização de três cubóides de diferentes geometrias.

Na Figura 3.2 se observam as respostas de 4 cubóides TX 4x4x20 mm, nestes casos a faixa de baixa deformação corresponde a campos menores que 15 mT, e a deformação máxima obtida para esta geometria varia de 890 $\mu\epsilon$ até 1020 $\mu\epsilon$.

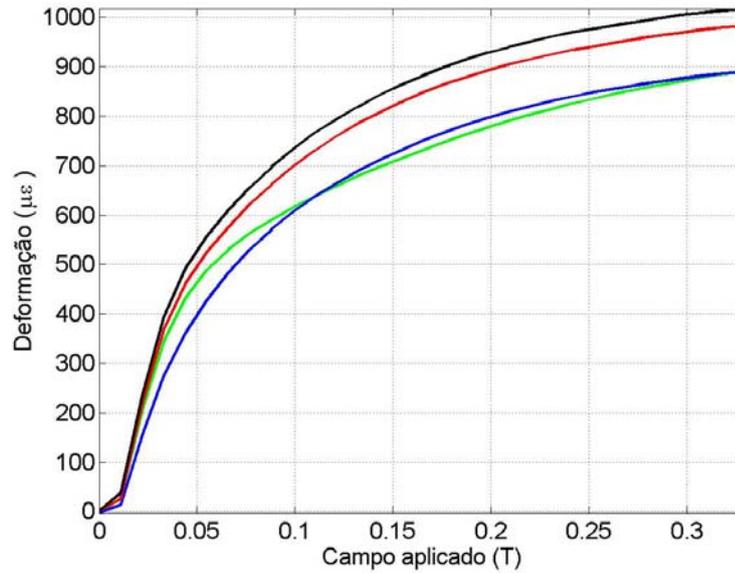


Figura 0-3: Curvas de caracterização para 4 cubóides de geometria 4x4x20.

Em 5 cubóides de geometria de 4x4x10 mm, notou-se que a faixa de baixa deformação corresponde a campos menores de 60 mT, e o valor da deformação máxima varia de 850 $\mu\epsilon$ até 1010 $\mu\epsilon$.

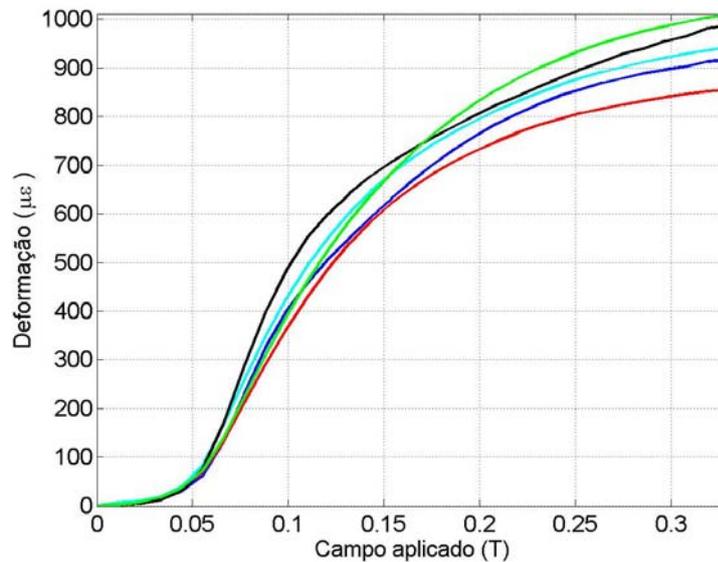


Figura 0-4: Curva de caracterização para 5 cubóides de geometria 4x4x10 mm.

Na geometria de 4x4x6 mm, para os 5 cubóides testados a faixa de baixa deformação corresponde a campos menores de 110 mT, observa-se que neste caso, diferentemente dos anteriores, esta faixa tem uma variação para cada cubóide. O valor da deformação máxima varia de 690 $\mu\epsilon$ até 870 $\mu\epsilon$.

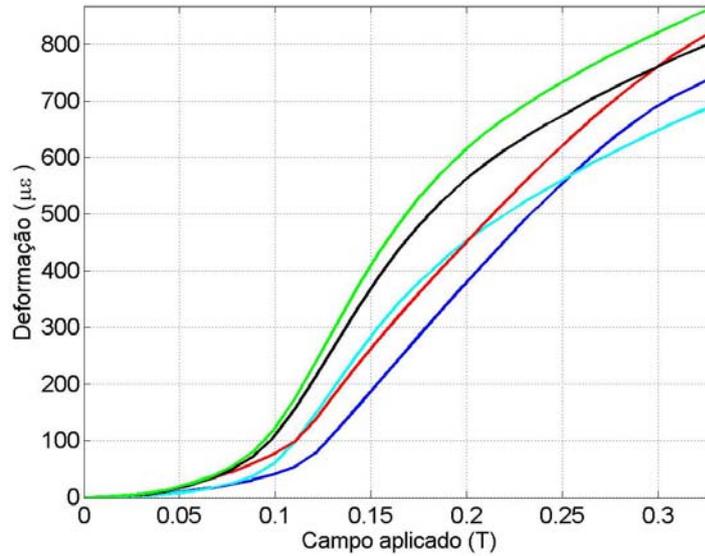


Figura 0-5: Curvas de caracterização para 5 cubóides de geometria 4x4x6 mm.

No caso da geometria de 4x4x3 mm, a faixa de baixa deformação corresponde a campos menores de 130 mT, e o valor da deformação máxima varia numa faixa de 480 $\mu\epsilon$ até 850 $\mu\epsilon$.

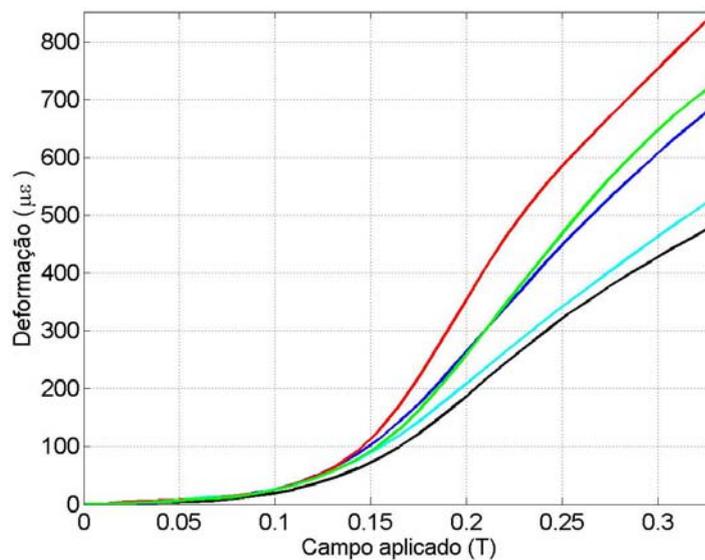


Figura 0-6: Curvas de caracterização para 5 cubóides de geometria 4x4x3 mm.

Para a geometria de 2x2x10 mm, a faixa de baixa deformação corresponde a campos menores de 30 mT, e o valor da deformação máxima varia de 680 $\mu\epsilon$ até 950 $\mu\epsilon$.

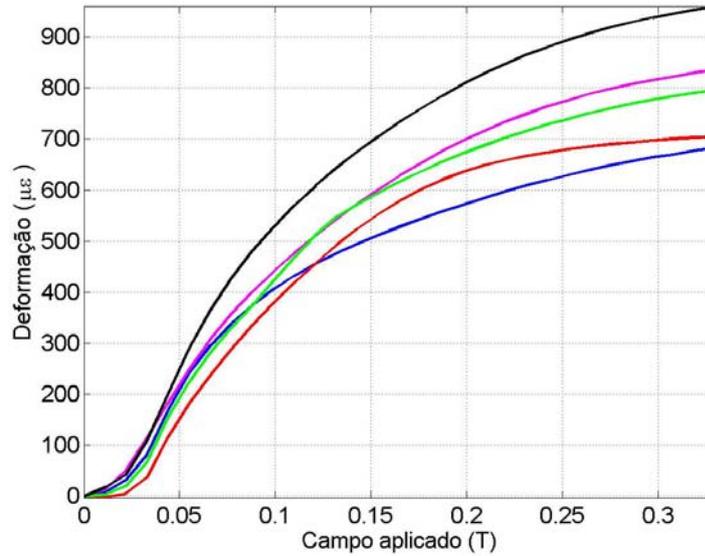


Figura 0-7: Curvas de caracterização para 5 cubóides de geometria 2x2x10 mm.

Para a geometria de 2x2x6 mm, a faixa de baixa deformação corresponde a campos menores de 50 mT, e o valor da deformação máxima varia de 630 $\mu\epsilon$ até 1140 $\mu\epsilon$. Neste caso foram testados 10 cubóides, nos quais pode-se observar respostas bem variadas da deformação máxima com relação ao campo aplicado, variando de 600 $\mu\epsilon$ até 1100 $\mu\epsilon$.

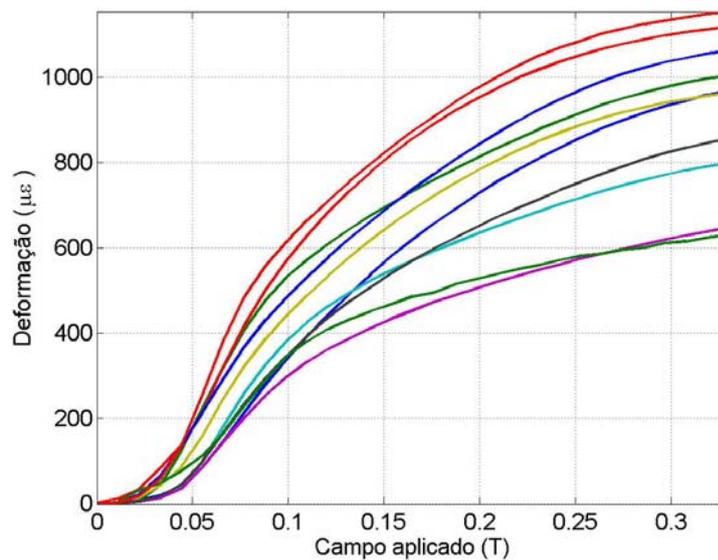


Figura 0-8: Curvas de caracterização para cubóides de geometria 2x2x6 mm.

Na geometria de 2x2x3 mm, notou-se que a faixa de baixa deformação

corresponde a campos menores de 75 mT, e o valor da deformação máxima varia numa faixa de 720 $\mu\epsilon$ até 970 $\mu\epsilon$.

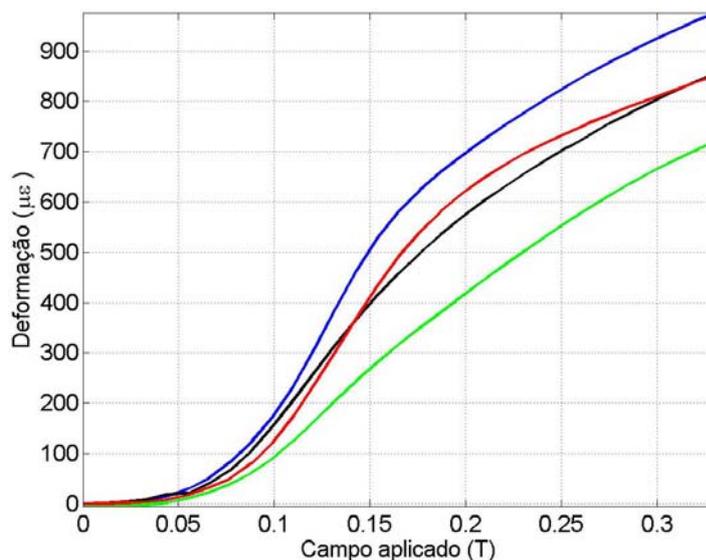


Figura 0-9: Curvas de caracterização para cubóides de geometria 2x2x3 mm.

Para as geometrias medidas tem-se que a variação da faixa da baixa deformação diminui com o aumento no comprimento do cubóide e com a diminuição da seção reta, como era esperado devido ao campo de desmagnetização.

De acordo com a caracterização, observa-se que na medida em que os pólos magnéticos induzidos nas extremidades de cada cubóide estejam mais afastados, isto é, nos cubóides mais compridos, temos um campo de desmagnetização menor, e em cubóides com a seção reta menor, o campo de desmagnetização também é menor, como foi explicado no capítulo 2. Isto poderá ter implicações na escolha de geometria apropriada do GMM para utilização no sensor de deslocamento, se existir alguma restrição ao tamanho do sensor.

A curva seguinte é apresentada pelo fabricante (Gansu Tianxing Rare Earth Functional Materials Co., Ltda), onde para um campo de 0,3 T (aproximadamente 240 kA/m) a deformação é de aproximadamente 1350 $\mu\epsilon$. A curva do fabricante é uma média para todas as geometrias de um mesmo lote, não podendo ser comparada com as curvas de cada cubóide de TX. Não foi esclarecida pelo fabricante, as condições em que a curva foi obtida.

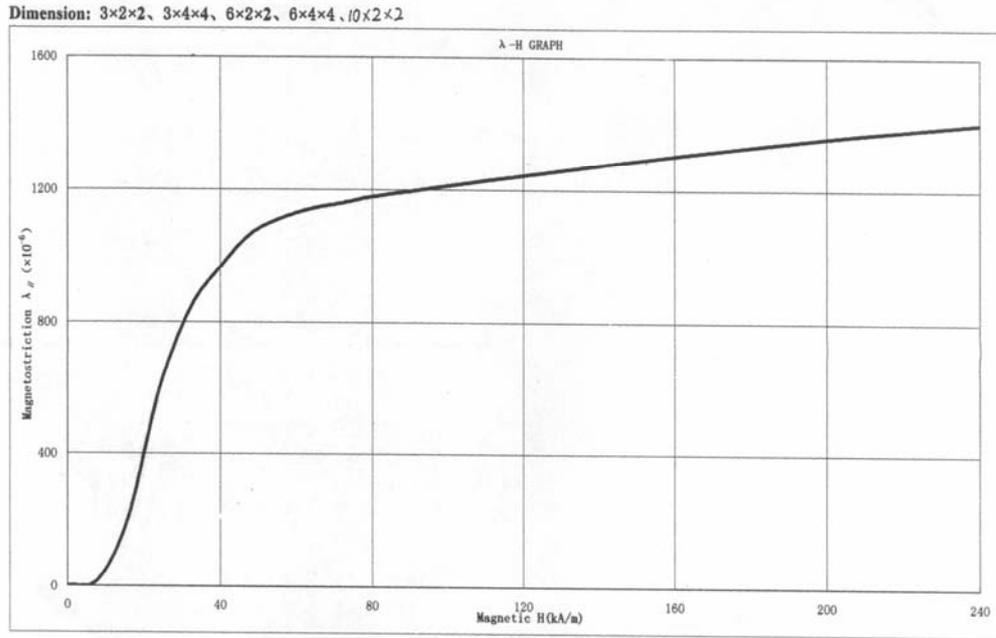
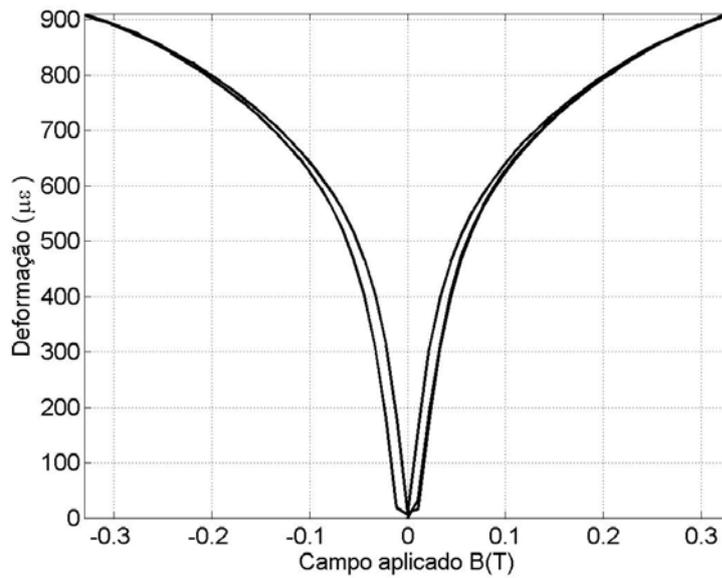
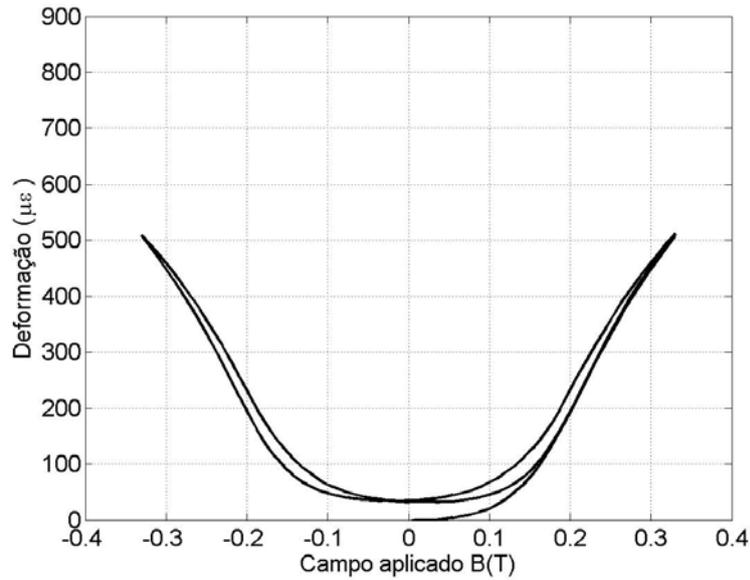


Figura 0-10: Curva do TX para diferentes geometrias, fornecida pelo fabricante.

As curvas de deformação em função do campo aplicado, exibem histerese quando o campo é diminuído [7,23]. O comportamento com relação à histerese varia para cada cubóide. As figuras 3.11 (a) e (b) mostram a histerese para dois cubóides de TX de diferentes geometrias.



(a)



(b)

Figura 0-11: Deformação de acordo ao campo magnético constante aplicado. Histerese para o TX de geometria 4x4x20 mm, (b) histerese para o cubóide 4x4x3 mm.

Para comparação, foi feita também uma curva de deformação de um cilindro de Terfenol-D de 10 mm de diâmetro e 10 mm de altura comprado da ETREMA Products.

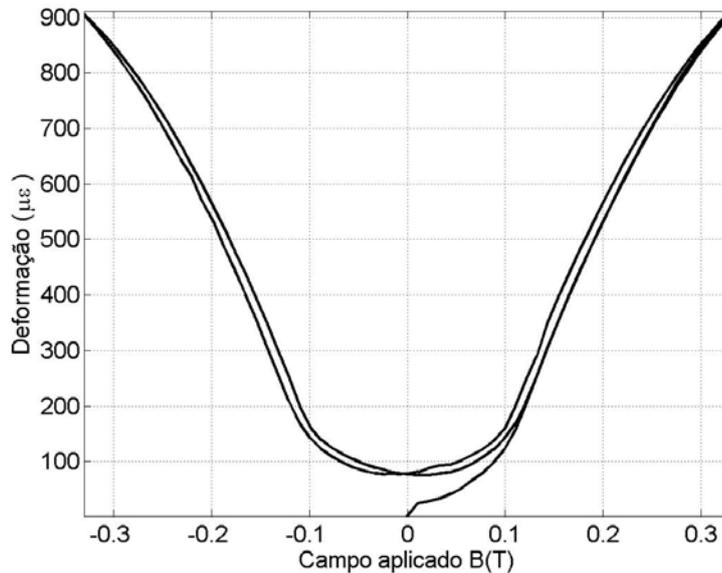


Figura 0-12: Histerese para o cilindro de Terfenol-D de 10mm de diâmetro e de 10 mm de altura fornecido pela ETREMA Products.

Pode ser constatado que o comportamento do cilindro de Terfenol-D da ETREMA, em relação à deformação, foi similar aos cubóides de TX de mesmo comprimento.

O comportamento variável da histerese apresenta-se também em cubóides da mesma geometria como pode-se ver na Figura 3.12.

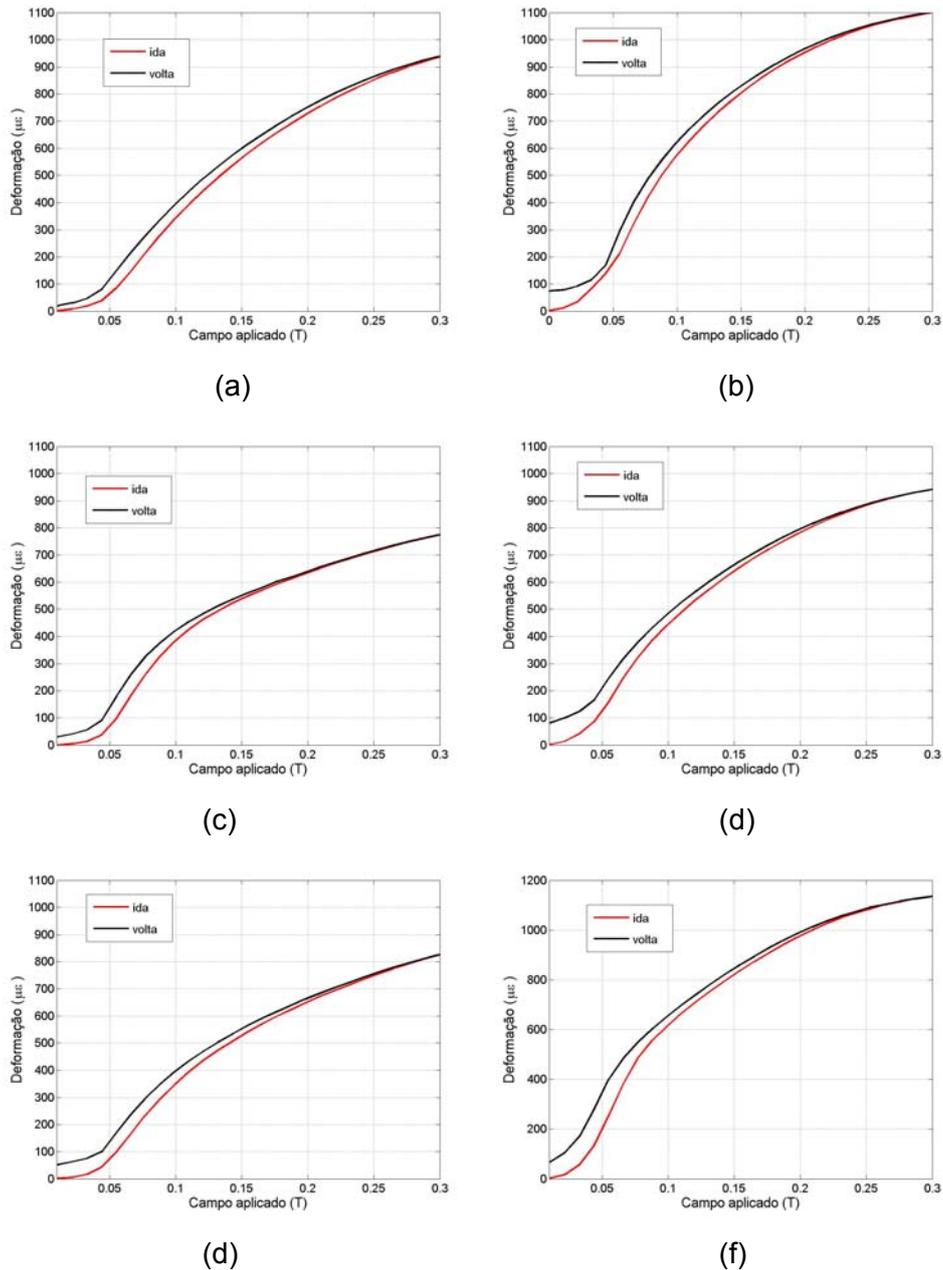


Figura 0-13: Histerese para diferentes cubóides da mesma geometria.

De uma forma geral a caracterização magnética para as diferentes geometrias apresentou uma variação da deformação máxima de $480 \mu\text{e}$ até $1200 \mu\text{e}$, e faixas de baixa deformação de 15mT até 130 mT. Um comportamento

semelhante foi verificado na referência [24] com cilindros de Terfenol-D da ETREMA, onde para diferentes amostras de Terfenol-D da mesma geometria foram exibidos diferentes valores da deformação.