

MEDIDAS MAGNÉTICAS DE ESCULTURAS SACRAS

Aluno: Patricia de Oliveira Melo
Orientador: Paulo Costa Ribeiro
Co-Orientador: Hélio Ricardo Carvalho

Introdução

O comércio de arte roubada é considerado um dos mercados ilegais mais lucrativos do planeta, junto com a venda de drogas, lavagem de dinheiro e tráfico de armas. As maiores vítimas desses roubos são os museus, os colecionadores e as igrejas.

Um problema encontrado por quem trabalha com a recuperação de obras de arte roubadas é a autenticação das obras recuperadas. Existem algumas formas de se detectar a veracidade de uma obra, como a datação, a verificação do tipo de material utilizado, das dimensões da obra, a análise por raios-X, e a consulta de um especialista, que normalmente tem a palavra final. Só que muitas vezes o especialista pode estar envolvido com o crime, tornando a detecção de falsificações duvidosa.

Por isso é importante se encontrar uma forma precisa de se autenticar uma obra e é para isso que está sendo desenvolvida pelo Laboratório de Magnetismo Aplicado à Arte do Grupo de Física Aplicada da PUC-Rio uma técnica de medida do campo magnético de imagens sacras para criação de um banco de dados com imagens magnéticas das obras.

Essa pesquisa teve sua origem quando, em pesquisas anteriores realizadas também pelo Laboratório de Magnetismo Aplicado à Arte do Grupo de Física Aplicada da PUC-Rio percebeu-se que pinturas, de diferentes marcas comerciais, apresentam um campo magnético de dipolos, sendo possível fazer um mapeamento magnético de diferentes imagens para se dispor de uma leitura magnética única para cada uma das imagens [1]. Como as imagens sacras costumam receber uma camada de pintura em sua superfície notou-se que elas também poderiam gerar um mapa magnético.

Sabe-se também que existem 2 tipos de imagens sacras: as que possuem pregos ou cravos em seu interior e as que não possuem. O sinal remanente dos pregos de ferro, presente nas imagens, é normalmente bem mais intenso do que o sinal das tintas e pode ser medido com um sistema de medidas conhecido como FLUXGATE. Assim, foram desenvolvidas técnicas de medidas dos campos magnéticos de imagens sacras devidos às tintas e aos pregos e cravos existentes em algumas delas, para se obter os seus mapas magnéticos.

Metodologia

Para realizar a medida do campo magnético de uma estátua e criar o seu mapa magnético é preciso que se siga uma metodologia pré-estabelecida quanto à forma de magnetizá-la, para que, caso essa imagem seja roubada e depois devolvida, possamos realizar a medida novamente, magnetizando-a da mesma forma, obtendo assim um mapa magnético que possa ser comparado com o já existente para verificar se a escultura é verdadeira ou uma falsificação. Isso se dá devido ao fato de que diferentes formas de magnetização da estátua geram diferentes mapas magnéticos.

No laboratório, antes de magnetizarmos a escultura, nós a desmagnetizamos, para excluir a influência de magnetizações anteriores que ela possa ter sofrido (Figura1). Depois, para magnetizá-la, colocamos a imagem em uma posição fixa determinada, que deve ser registrada

junto com o mapa que será obtido posteriormente, e vamos aproximando o ímã dela lentamente, na vertical, com o auxílio de um equipamento que evita mudanças na direção do deslocamento do ímã, até que este se encoste à estátua, quando então afastamos o ímã dela da mesma forma.



Figura1: Processo de desmagnetização.

Depois de magnetizada, fazemos a medida do campo magnético da estátua com o FLUXGATE, utilizando-nos de um sistema construído pelo laboratório que trabalha com coordenadas cilíndricas (raio, ângulo e altura) e que permite varrer toda a superfície da estátua. As medidas são feitas com uma distância da imagem ao sensor de aproximadamente 1 mm e variando o ângulo e a altura em intervalos que devem ser escolhidos e devidamente registrados, levando em conta as limitações do sistema que permitem um intervalo entre os ângulos mínimo de 5° .

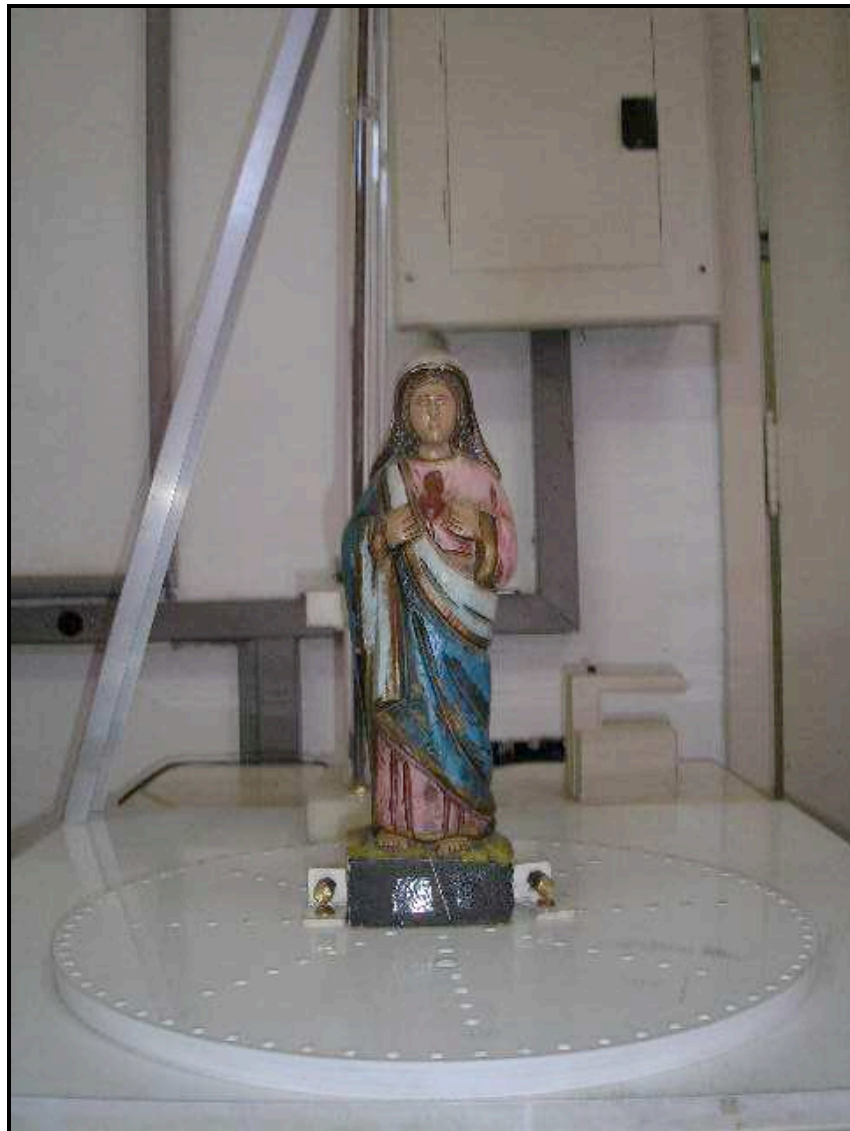


Figura2: Sistema em coordenadas cilíndricas utilizado para varrer a imagem.

Conforme o sensor vai fazendo a leitura do campo magnético, essas medidas vão sendo guardadas por um programa de computador (Labview) e depois de terminado o processo de varrer toda a estátua (ou certa região dela anteriormente escolhida caso não se veja necessidade de medir em toda a extensão da estátua), os dados gerados são trabalhados em um outro programa de computador, o Origin6.0 Professional, que gera o mapa magnético da escultura.

Possuímos outra maneira de fazer a medida do campo magnético da imagem. Nesse outro processo, depois que magnetizamos a escultura, utilizamos o FLUXGATE para varrer um plano da imagem com o auxílio de uma mesa móvel que se utiliza de coordenadas cartesianas. Com essa mesa, precisamos estabelecer a área da medida (praia), através do comprimento da medida no eixo X e no eixo Y, e o intervalo das medidas no eixo X e no eixo Y (passo) (Figura3). Conforme o sensor vai lendo o campo magnético da estátua, as medidas também vão sendo guardadas por um programa de computador (Labview) e, depois de varrida a área da estátua pré-

definida (praia), os dados são tratados no programa de computador Origin6.0 Professional, que gera o mapa magnético da escultura.

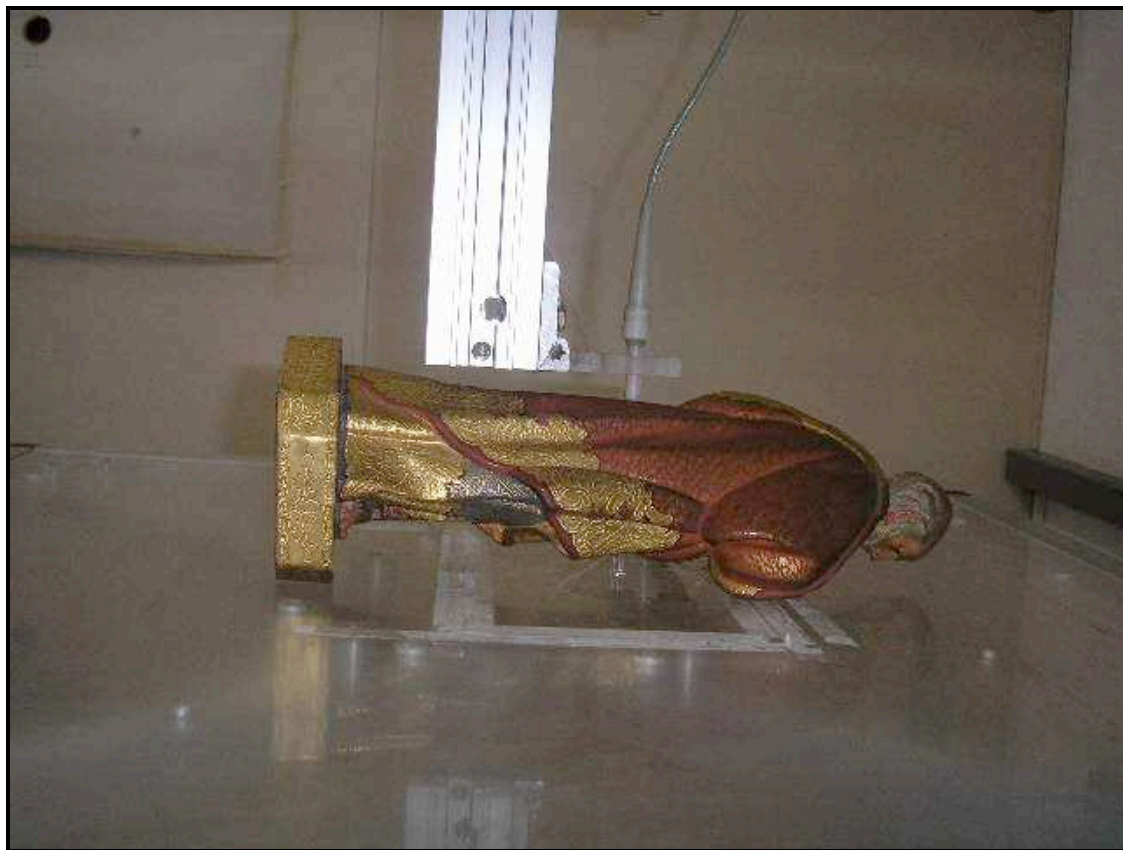


Figura3: Medida com FLUXGATE na mesa móvel.

Resultados e discussões

A. Medida da Imagem do Sagrado Coração de Maria comprada em loja

A media foi realizada com o auxílio do FLUXGATE e do sistema que trabalha com coordenadas cilíndricas. Fizemos a medida em cinco alturas da estátua (11,2; 11,6; 12,0; 12,4; 12,8) e variando o ângulo de cinco em cinco graus. Começamos a medida pelo centro das costas da imagem, o que corresponde ao ângulo 0° e variamos o ângulo girando a imagem no sentido horário.

Para essa medida a imagem não foi magnetizada conforme o método já descrito, tendo apenas a magnetização remanente de medidas anteriores e aquela do campo magnético terrestre. Apesar disso, como a imagem possui pregos em seu interior, foi possível gerar o mapa magnético mostrado no Gráfico1.

Podemos perceber no mapa, em um ângulo de aproximadamente 90° , uma mancha de um tom de azul mais escuro, que corresponde ao campo magnético gerado pelo prego presente na escultura e que sabíamos se encontrar nessa posição.

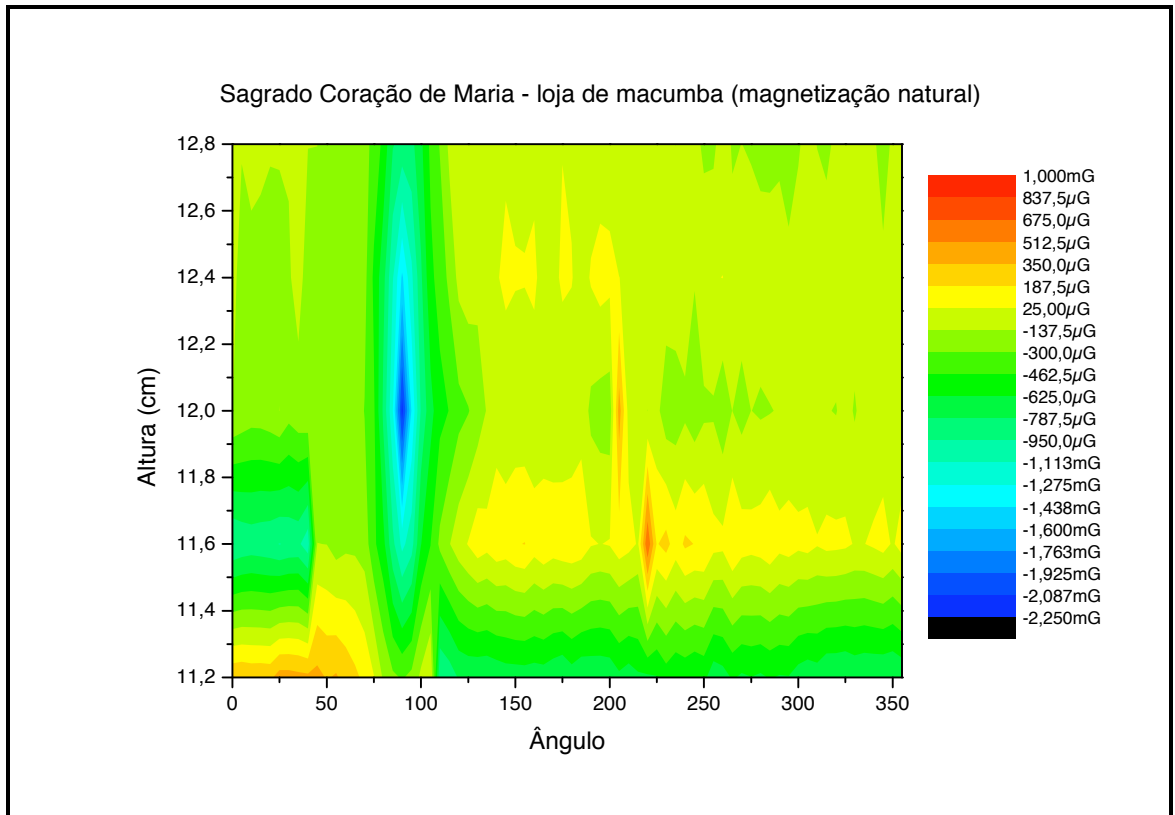


Gráfico1: Mapa magnético da imagem do Sagrado Coração de Maria.



Figura4: Imagem do Sagrado Coração de Maria

B. Medida da imagem de São Francisco fornecida pela Catedral Metropolitana do Rio de Janeiro

Para a realização dessa medida a imagem foi primeiramente desmagnetizada e depois magnetizada pelo processo explicado anteriormente, deitada de costas para baixo (ímã encosta nas costas da imagem).

A medição foi realizada com o auxílio do FLUXGATE na mesa móvel, medindo as costas da imagem, com uma distância do sensor à imagem de aproximadamente 0,7mm.

Os parâmetros de aquisição utilizados foram:

- Comprimento X(cm): 8,0;
- Comprimento Y(cm): 8,0;
- Intervalo em X (cm): 0,2;
- Intervalo em Y (cm): 0,2.

Após a medida foi obtido o mapa magnético abaixo:

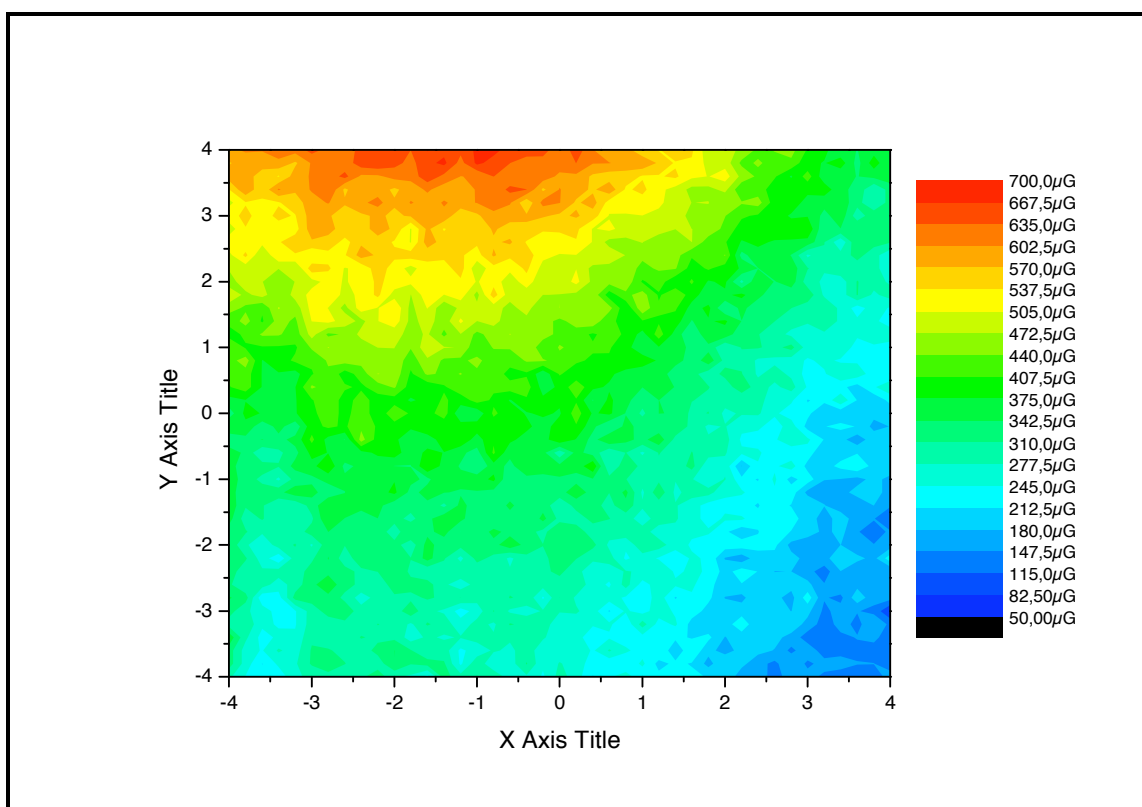


Gráfico2: Mapa magnético da imagem de São Francisco.

Pelo mapa obtido percebemos que a imagem possui propriedades magnéticas capazes de gerar um mapa característico.



Figura5: Imagem de São Francisco.

C. Mediada da imagem de São Joaquim fornecida pela Catedral Metropolitana do Rio de Janeiro:

Para a realização dessa medida a imagem foi primeiramente desmagnetizada e depois magnetizada pelo processo explicado anteriormente, deitada de costas para baixo (ímã encosta nas costas da imagem).

A medição foi realizada com o auxílio do FLUXGATE na mesa móvel, medindo as costas da imagem, com uma distância do sensor à imagem de aproximadamente 1,5cm verticalmente e com o sensor, inicialmente, a 12,5 cm da base da estátua horizontalmente.

Os parâmetros de aquisição utilizados foram:

- Comprimento X(cm): 15,0;
- Comprimento Y(cm): 15,0;
- Intervalo em X (cm): 0,5;
- Intervalo em Y (cm): 0,5.

Após a medida foi obtido o mapa magnético mostrado na Gráfico3.

Essa imagem possui dois pregos visíveis em sua base, como mostrado na Figura9, tendo seu mapa magnético bastante influenciado por esse fator.

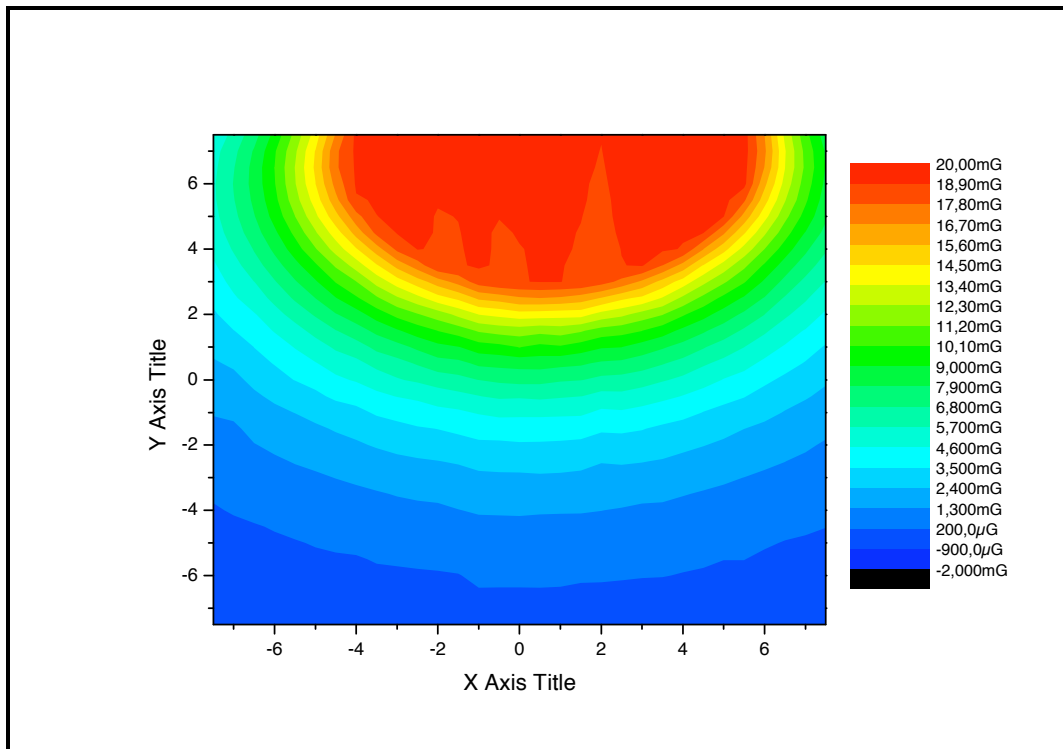


Gráfico3: Primeiro mapa magnético da imagem de São Joaquim.



Figura6: Pregos na base da imagem de São Joaquim.



Figura7: Imagem de São Joaquim.

Foi realizada uma nova medida, agora varrendo uma região das costas da estátua mais próxima da base, com o sensor inicialmente a 4,0cm da base da estátua (distância horizontal), buscando um mapa que mostre mais precisamente a influência dos pregos no campo magnético da escultura. Verticalmente, a distância do sensor à imagem foi de 1,5cm.

Parâmetros de aquisição:

- Comprimento X(cm): 8,0
- Comprimento Y(cm): 8,0
- Intervalo em X (cm): 0,2
- Intervalo em Y (cm): 0,2.

A partir dessa segunda medida foi obtido o mapa magnético do Gráfico4.

Observando esse mapa percebemos claramente a influência dos pregos no campo magnético da escultura pela intensidade do campo medido.

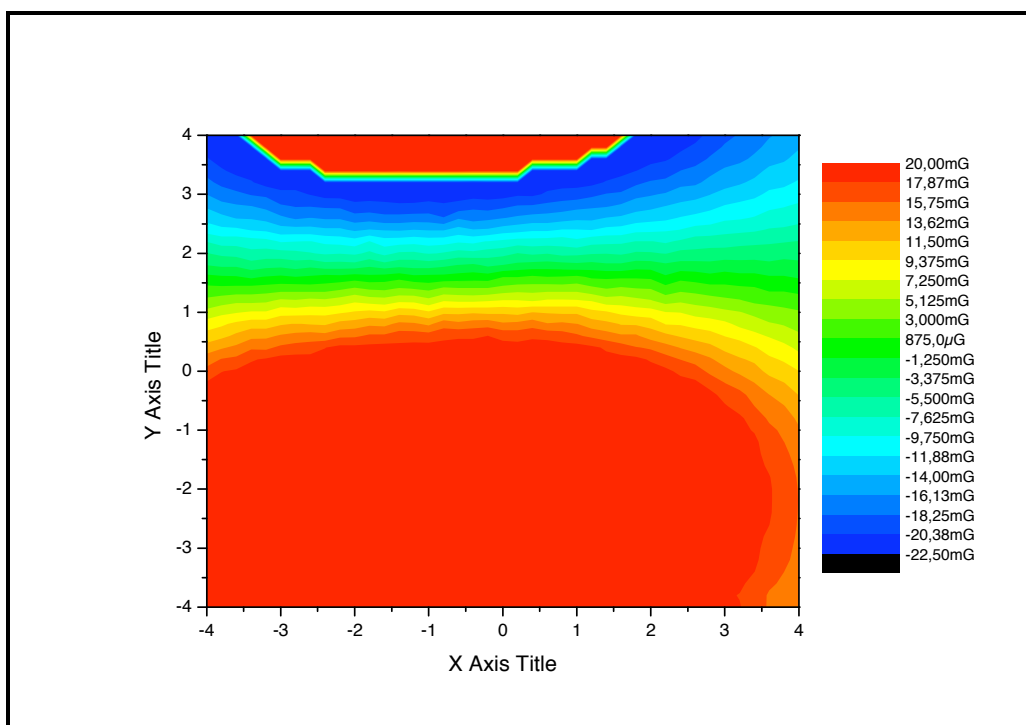


Gráfico4: Segundo mapa magnético da imagem de São Joaquim.

D. Análise do campo magnético dos pregos pelo método de elementos finitos:

Para entender melhor a influência do campo magnético gerado pelos pregos e cravos existentes no interior das imagens sacras resolvemos estudá-la através do método de elementos finitos. Para isso fizemos um modelo do campo magnético de um prego no programa de computador QuickField Student, que trabalha com elementos finitos, e comparamos com uma medida do campo magnético desse mesmo prego medido com o FLUXGATE na mesa móvel.

Para isso foram feitas as seguintes considerações:

Modelo feito no QuickField Student:

- Para fazer o modelo consideramos um prego como sendo um cilindro de 3cm de comprimento e com 2mm de raio. (Valor de raio um pouco fora de escala quando comparado ao do prego real devido a limitações do programa de computador).
- Consideramos que o prego estava envolto somente pelo ar, que no nosso modelo estava representado como um meio não-magnético e com permeabilidade magnética igual a 1.
- Consideramos o prego como sendo um ímã com permeabilidade magnética igual a 1 e com força coerciva magnética de direção 0 e magnitude inicialmente 10. O valor da magnitude foi posteriormente corrigido com a comparação da medida realizada com o prego real com o auxílio do FLUXGATE.
- Resolvemos o modelo e fizemos o “plot” do gráfico do fluxo magnético na direção radial sobre uma linha de contorno em uma altura de 6cm (acima do prego).

Medida com o FLUXGATE:

- Realizamos a medida do campo magnético gerado por um prego de aproximadamente 3 cm. Para isso seguimos as seguintes etapas:
 1. O prego foi colocado dentro da imagem do Sagrado Coração de Maria, que foi deixada no equipamento utilizado para magnetização, fazendo com que o ímã se aproximasse dela na vertical, até encostar-se às suas costas, e depois fosse afastado lentamente dela.
 2. Após a magnetização o prego foi retirado de dentro da santa e posicionado na mesa móvel para que a medida do campo pelo FLUXGATE pudesse ser realizada.
 3. Foi feita uma varredura ao longo do prego que gerou os dados coletados pelo programa Labview, que depois foram analisados com a ajuda do programa Origin 6.0 Professional, onde foi feito um gráfico do campo magnético do campo bem acima do prego (Gráfico6).

Comparação da medida do FLUXGATE com o modelo de elementos finitos:

Os gráficos gerados pelo modelo feito no QuickField pelo processo de elementos finitos e pelo Origin 6.0 através do tratamento dos dados medidos pelo FLUXGATE têm um comportamento bem parecido, mostrando que o modelo está bem próximo da realidade que estávamos medindo.

Havia uma diferença nos valores medidos devido ao valor da força coerciva magnética do prego, para a qual havíamos arbitrado um valor no modelo no QuickField. Com o gráfico da medida do FLUXGATE, comparamos os valores dos campos máximos e corrigimos esse valor, utilizando uma proporcionalidade simples, obtendo o valor de 27,5 A/m.

Com isso conseguimos calibrar nosso modelo, ou seja, fizemos com que ele funcionasse para um prego cuja posição já era conhecida para então podermos usá-lo para pregos cuja posição queremos descobrir.

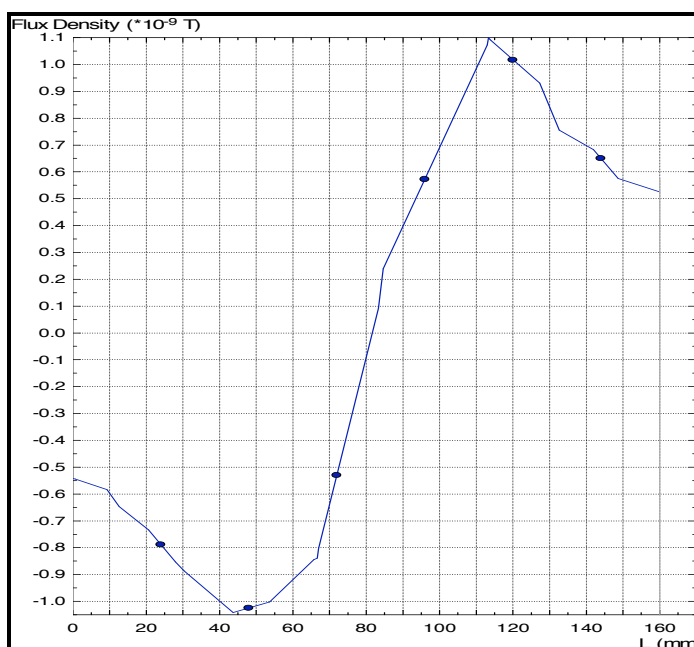


Gráfico5: Gráfico do campo magnético do prego gerado pelo método de elementos finitos no QuickField.

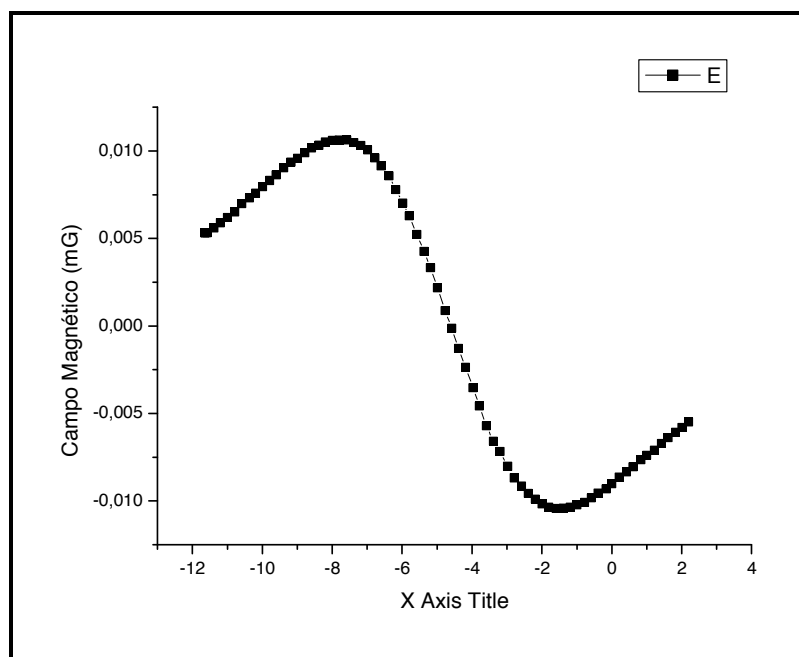


Gráfico6: Gráfico gerado pelo Origin 6.0 através das medidas com o FLUXGATE.

Por enquanto só conseguimos desenvolver um modelo de elementos finitos para casos onde só existe um único prego devido a limitações no programa de computador utilizado. A intenção é procurar desenvolver o modelo a fim de que possamos comparar com a medida real do campo magnético de diferentes estátuas, tentando, assim, determinar a existência de pregos no caso onde eles não são visíveis.

Conclusão:

Foi possível verificar que o campo magnético das esculturas, assim como o das pinturas a óleo [2], pode ser medido dando origem a um mapa magnético único. Esse mapa sofre grandes influências dos pregos existentes nas imagens sacras, que geram um campo magnético superior ao gerado pela tinta presente nas esculturas.

Com esse mapa magnético e todas as informações a respeito da forma como a estátua foi magnetizada temos um “documento de autenticidade da escultura” que deve ser guardado em um banco de dados para posterior comparação caso a imagem venha a ser roubada e depois encontrada.

Referências:

- 1 - RIBEIRO, P. C.; BARROS, H. L.; PORTINARI, J. C.; WOLFF, C. S.; KAFENSZTOK, S. M.; CARVALHO, H. R.; ACOSTA-AVALOS, D.; SYMKO, O. G.; BRUNO, A. C. The Magnetic Imaging of Oil Paintings. *Superconductor Science and Technology*, v. 17, n. 6, p. 25-26, 2004.
- 2- RIBEIRO, P. C.; BRUNO, A. C.; CARVALHO, H. R.; KAFENSZTOK, S. M.; ALMEIDA, P. O.; WOLFF, C. S.; BARROS, H. L.; ACOSTA-AVALOS, D.; SYMKO, O. G. Magnetic memory of oil paintings. *Journal of Applied Physics*, v. 102, p. 074912-1-074912-3, 2007.