IMPORTÂNCIA DA ENCOMENDA TECNOLÓGICA
CASE PROJETO SIRIUS – WEG

Reunião MEI - 15/04/2019

Sebastião L. Nau
Pesquisa & Inovação Tecnológica WEG

Escopo do Projeto Sirius - WEG

- 1.036 eletroímãs
  - 257 no Anel Booster
  - 782 no Anel de Armazenamento
- Divididos em:
  - Corretoras
  - Quadrupolos
  - Sextupolos
  - Dipolos

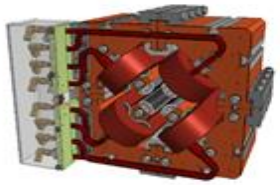
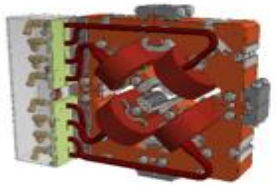
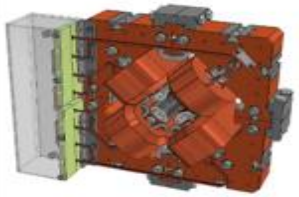
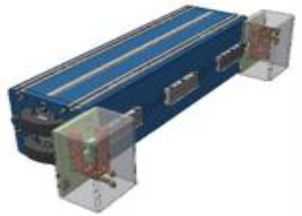
Cada eletroímã desempenha uma função específica no acelerador, buscando o melhor feixe de luz.

- Status:
  - 92% entregue
  - 8% em desenvolvimento

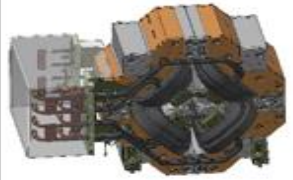
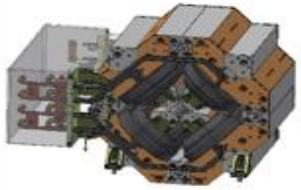
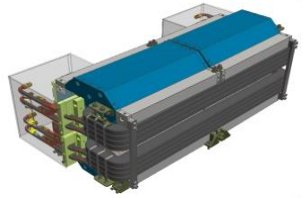
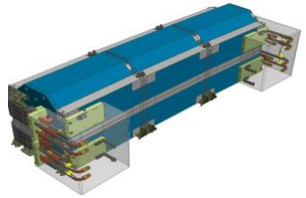
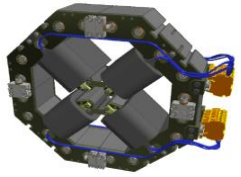
Projeto Sirius - WEG

Escopo de fornecimento

Anel do Booster

CORRETORA (BCV-H)	QUADRUPOLO (BQF)	QUADRUPOLO (BQD)	QUADRUPOLO (TBQ)	SEXTUPOLO (BS)	DIPOLO (BD)
					
CONCLUÍDO - SET/2014	CONCLUÍDO - DEZ/2015	CONCLUÍDO - FEV/2016	CONCLUÍDO ABR/2016	CONCLUÍDO - SET/2016	CONCLUÍDO - ABR/2017

Anel de Armazenamento

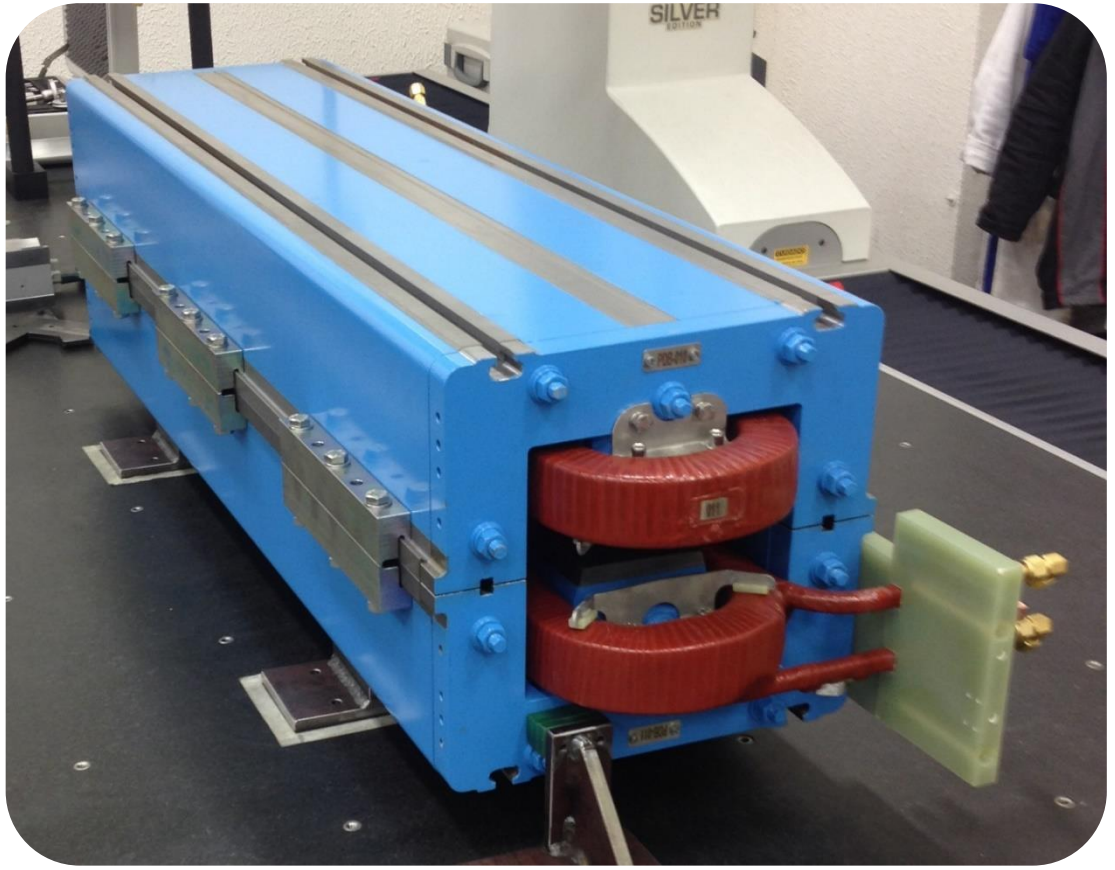
QUADRUPOLO (Q20)	QUADRUPOLO (Q14)	QUADRUPOLO (Q30)	SEXTUPOLO (S15)	DIPOLO (B80)	DIPOLO (B120)	CORRETORA (FC)
						
CONCLUÍDO - OUT/2017	CONCLUÍDO - NOV/2017	CONCLUÍDO - NOV/2017	CONCLUÍDO - JUN/2018	CONCLUÍDO - JUN/2018	CONCLUÍDO - JUL/2018	EM DESENVOLVIMENTO

Trecho da instalação do Anel Armazenamento - Fonte: LNLS Abril/2019

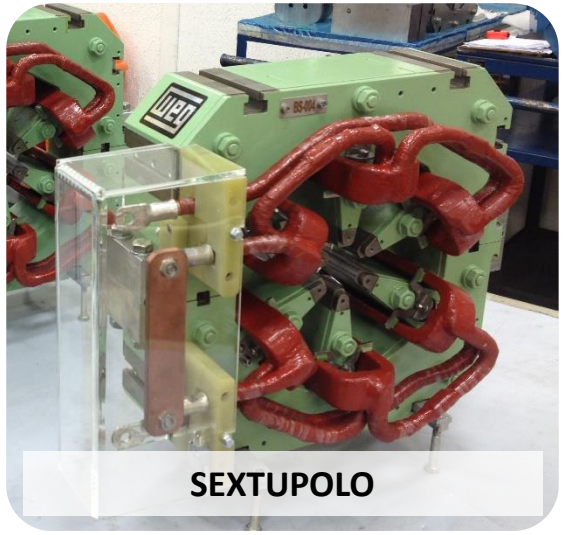
Eletroímãs Anel Booster – 100% concluído

CORRETORA

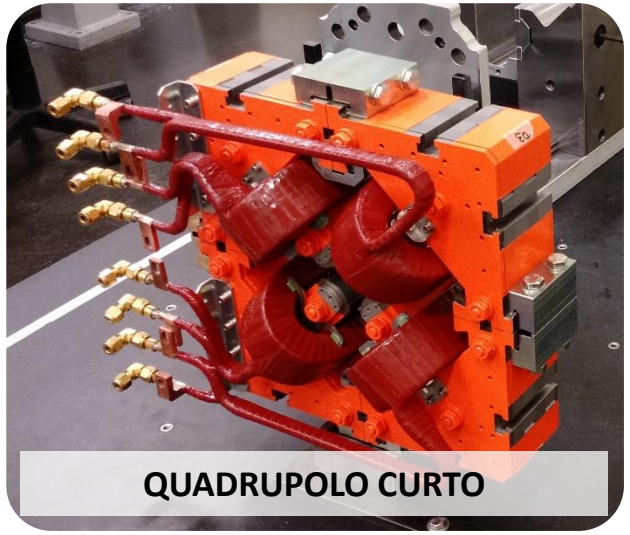
QUADRUPOLO LONGO



DIPOLO (1200 mm)



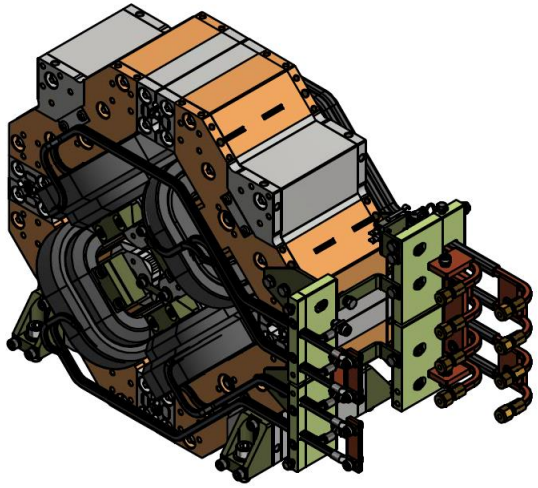
SEXTUPOLO



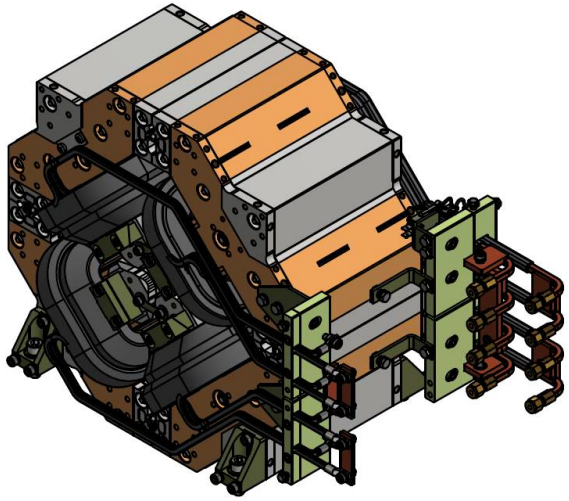
QUADRUPOLO CURTO

Eletroímãs do Anel de Armazenamento

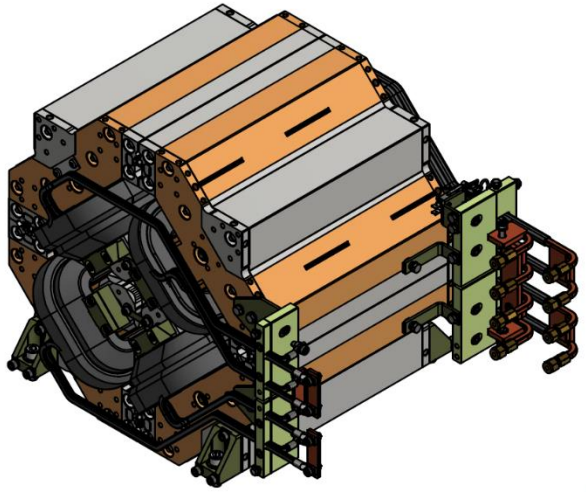
QUADRUPOLO Q14



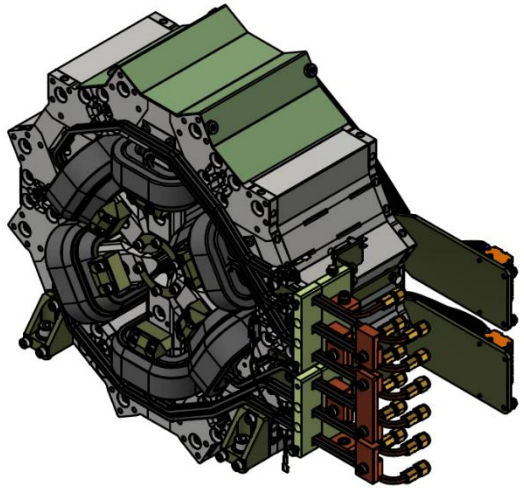
QUADRUPOLO Q20



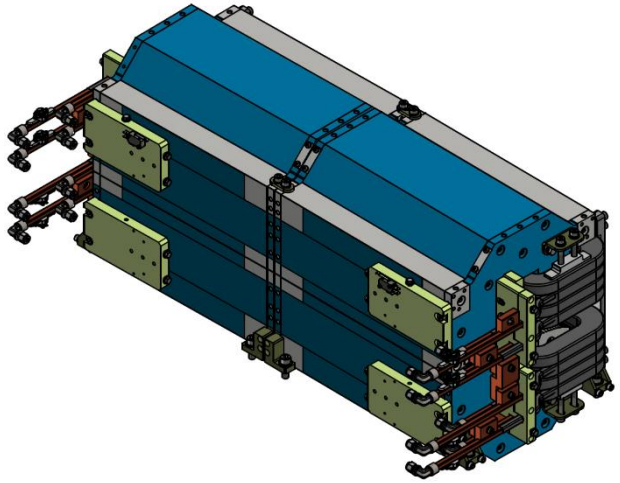
QUADRUPOLO Q30



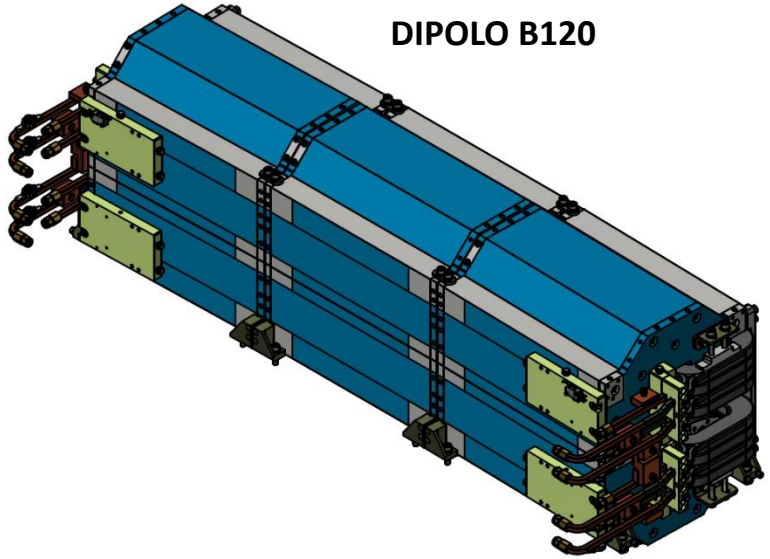
SEXTUPOLO S15



DIPOLO B80



DIPOLO B120

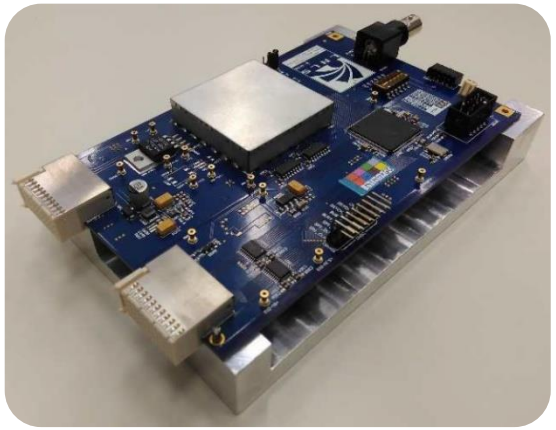


OUTRAS OPORTUNIDADES

1. Fontes de Corrente WEG

- Fontes de Corrente de Baixa Potência (FBP)

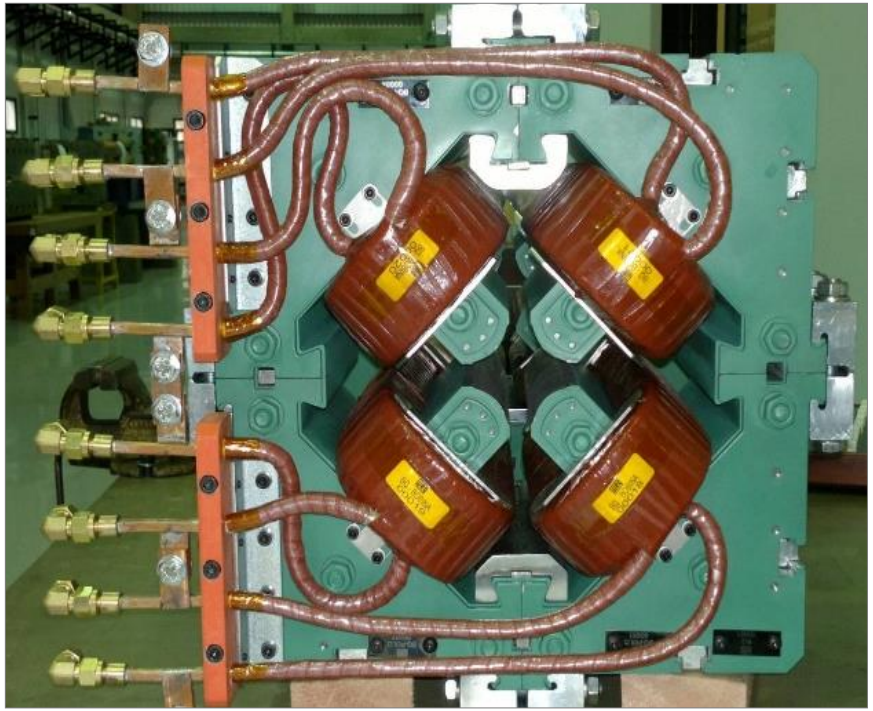
- Quantidade: 252 unidades



2. Subestação WEG

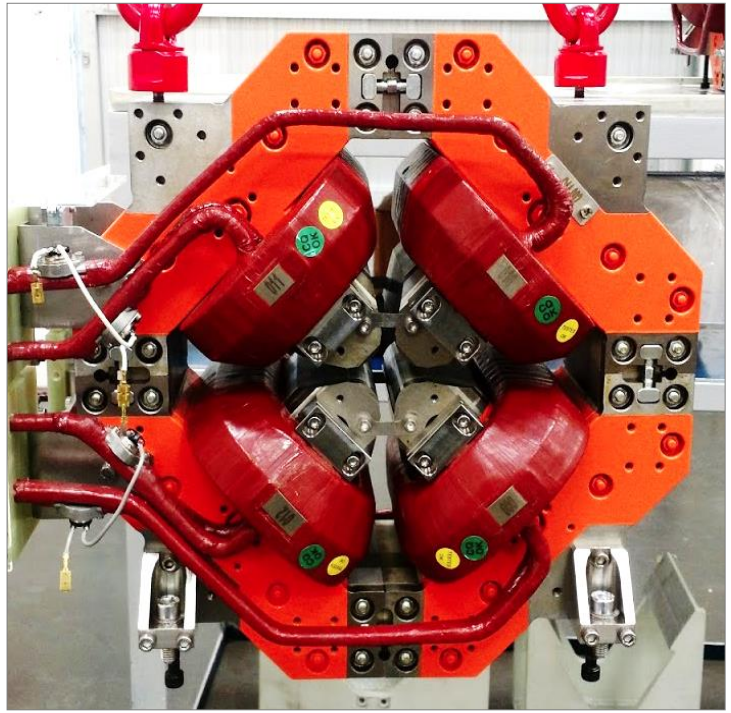
- Tensão nominal: 138 kV
- 2 transformadores a óleo: 15/20/15 MVA

Evolução



Quadrupolo do Booster Protótipo (2013)

Quadrupolo do Booster Lote piloto (2017)



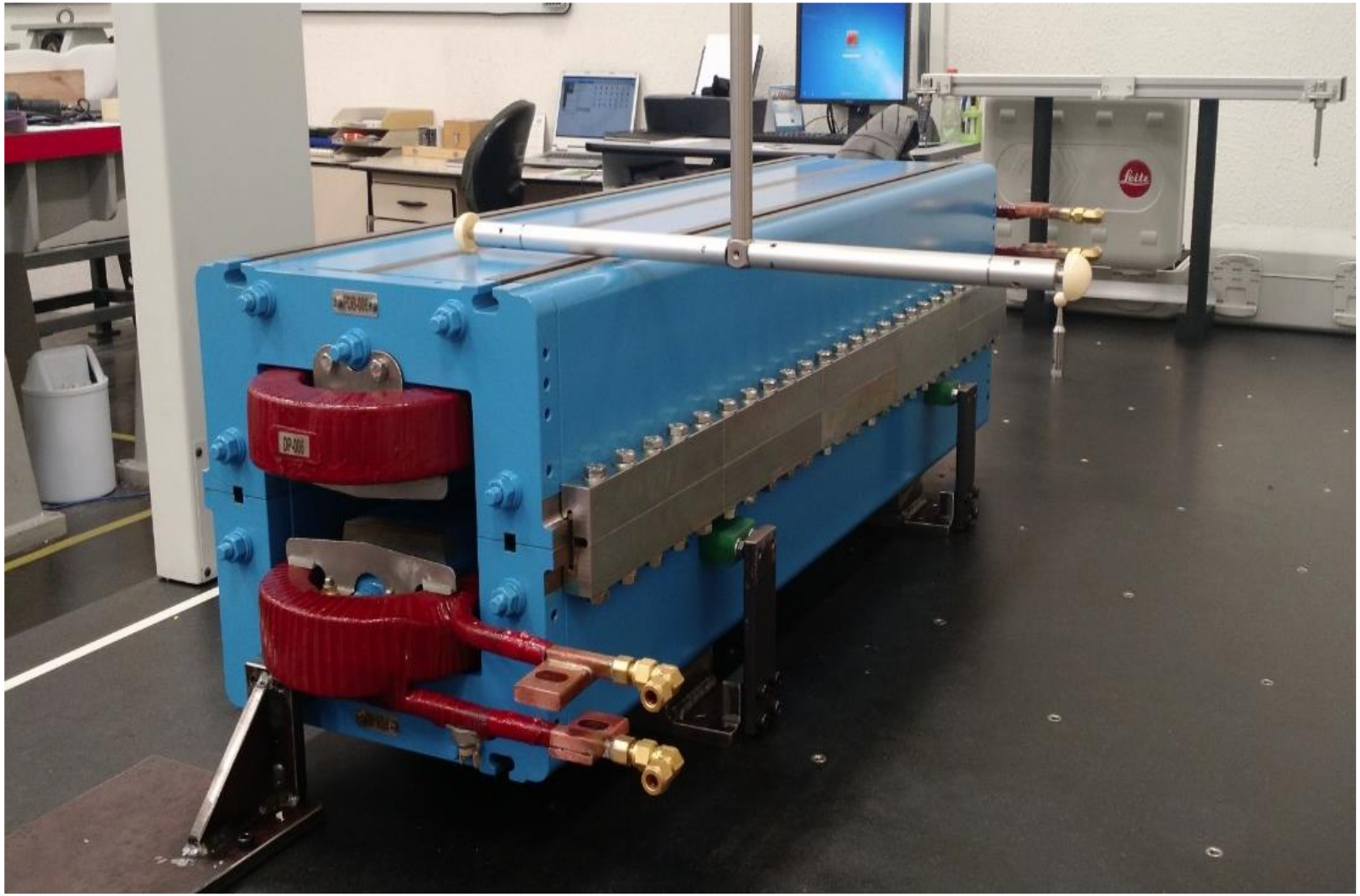
Quadrupolo do Anel Lote piloto (2017)

Produção dos Eletroímãs na WEG

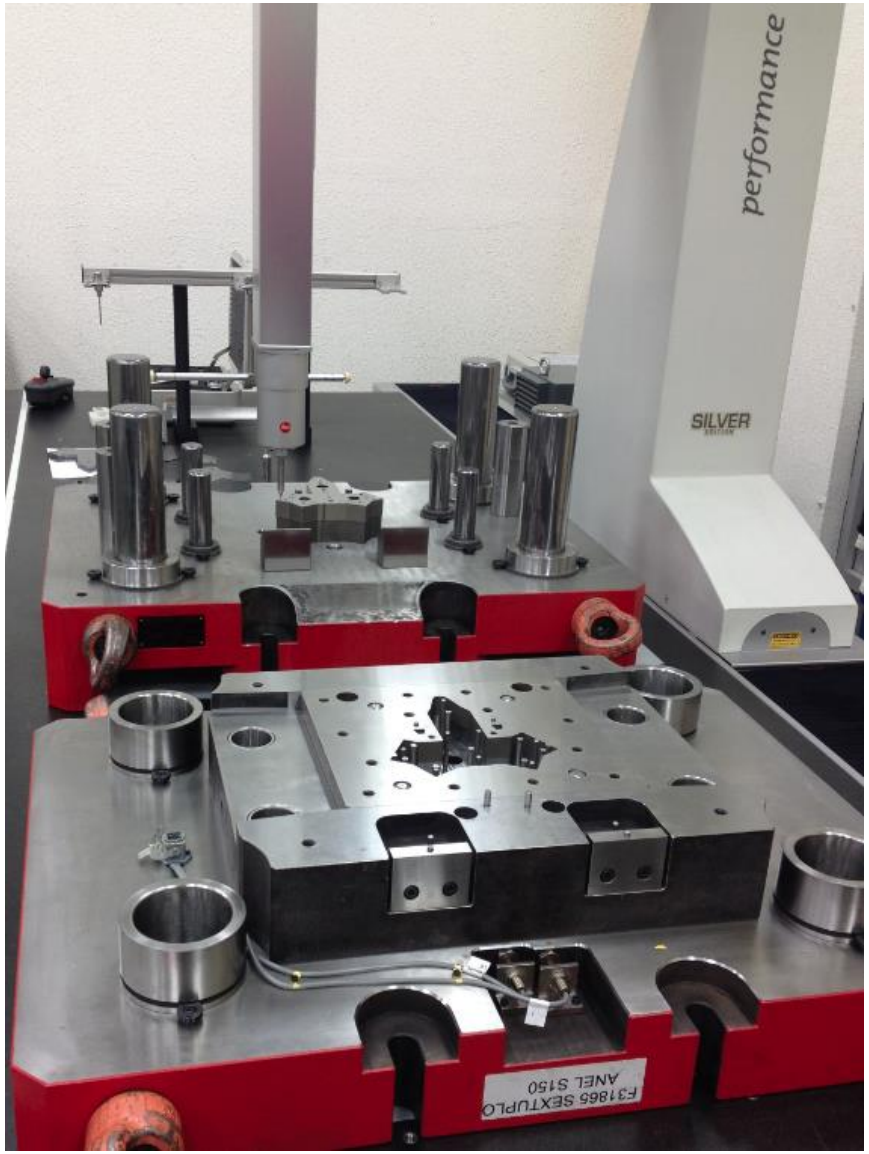
Laboratório Sirius criado na Fábrica VII para o desenvolvimento e produção dos eletroímãs.

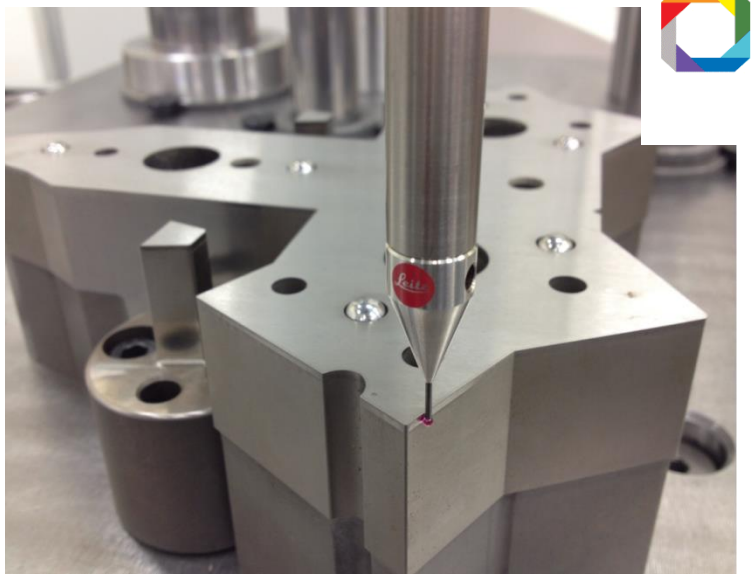
Temperatura de estabilização térmica dimensional controlada (24 ±1°C) especificada para a operação do Acelerador Sirius

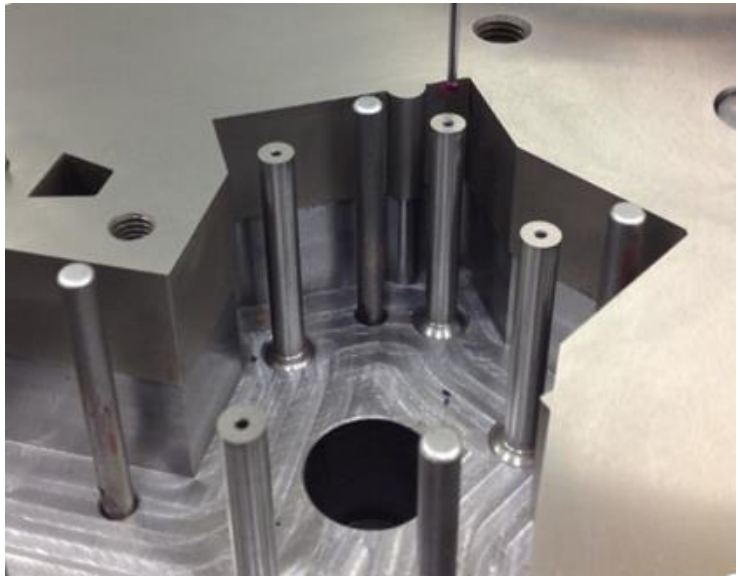
Produção dos Eletroímãs na WEG



Dipolo do Booster – Análise dimensional do processo de montagem de união das peças polares







Sextupolo do Anel - Análise de ferramental de estampagem

da lâmina do núcleo magnético

Projeto Sirius - Desafio Tecnológico para a WEG

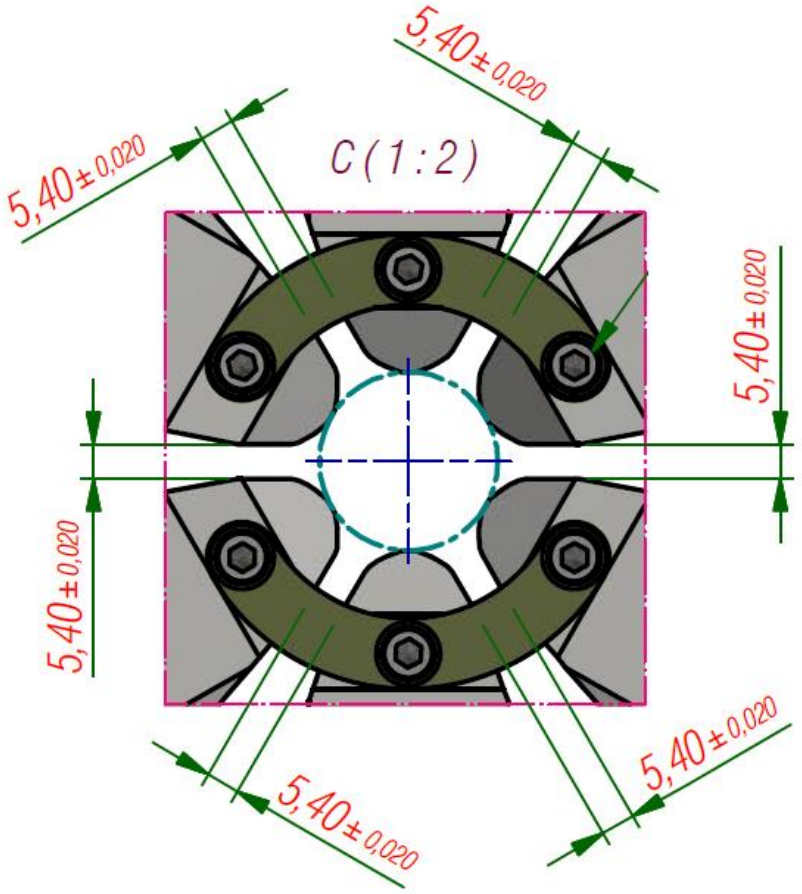
Construir eletroímãs com precisão dimensional inferior a 20 µm.

Processo: empilhamento de chapas sem pós processamento (usinagem de precisão, eletro erosão etc.).

Projeto: Simular variações de indução magnética da ordem de 0,1mT.

Quanto mais precisos e estáveis forem os eletroímãs, maior a precisão do feixe de elétrons e mais intenso o brilho da luz extraída do acelerador.

Brilho mais intenso permite experimentos mais nobres na ciência de materiais.



Projeto Sirius - Desafio Tecnológico para a WEG

Desenvolver e fabricar 1036 eletroímãs de diferentes modelos e configurações funcionais, com controle de qualidade significativamente rigoroso e métodos de inspeção sofisticados.
Desenvolver ferramentais, equipamentos e processos de fabricação para assegurar as tolerâncias de projeto.

A WEG possui tecnologia de estampagem de precisão, confecção de bobinas especiais e técnicas de empacotamento de lâminas. Entretanto, a precisão dimensional e os campos de tolerância exigidos para um motor elétrico são insuficientes para a fabricação dos eletroímãs do Sirius. Novas técnicas foram desenvolvidas e experimentadas na produção destes eletroímãs.

Projeto Sirius - Desafio Tecnológico para a WEG

Desenvolver técnicas jamais empregadas na construção de eletroímãs para fontes de luz de síncrotron. Os riscos envolvidos são elevados considerando:
- as características construtivas do produto
- a precisão exigida
- a repetibilidade de montagem
- a quantidade de variáveis que podem influenciar o campo magnético.

Foi utilizada a metodologia Seis Sigma no desenvolvimento do processo de fabricação dos componentes e na montagem dos eletroímãs.

O domínio deste conhecimento irá colaborar no desenvolvimento de novas tecnologias para a fabricação de motores e máquinas elétricas.

Projeto Sirius - Desafio Tecnológico para a WEG

Processo de fabricação em etapas controladas.

Análise dimensional individualizada para cada eletroímã em MMC 3D, adquirida especialmente para o projeto Sirius.

Projetada e construída base rígida para montagem dos eletroímãs para garantir o dimensional.

Pintura poderia influenciar no dimensional.

Foram utilizadas chapas de aço cortadas no centro da bobina, onde a estabilidade dimensional é maior.

Necessidade de avaliar a influência dos elementos de fixação na uniformidade do campo magnético.

Avaliação rigorosa do dimensional dos estampos.

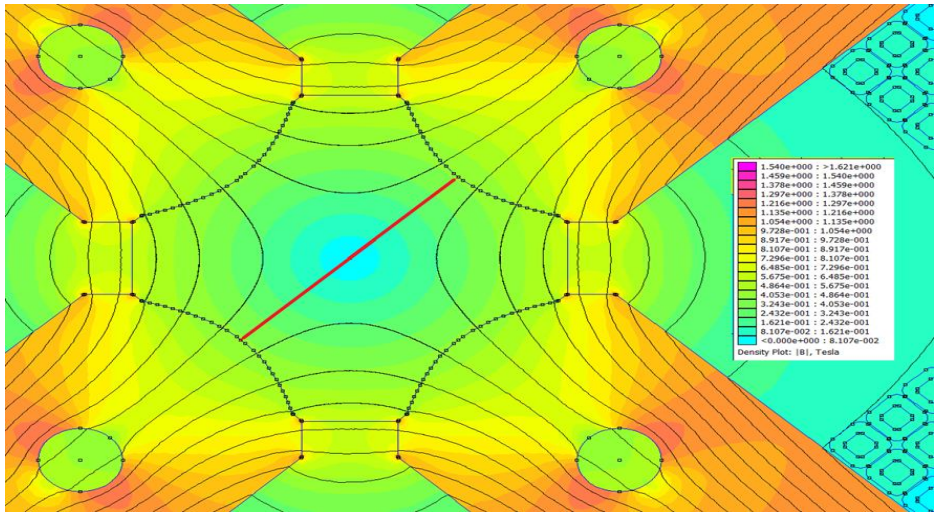
Controle de temperatura do ambiente de montagem.

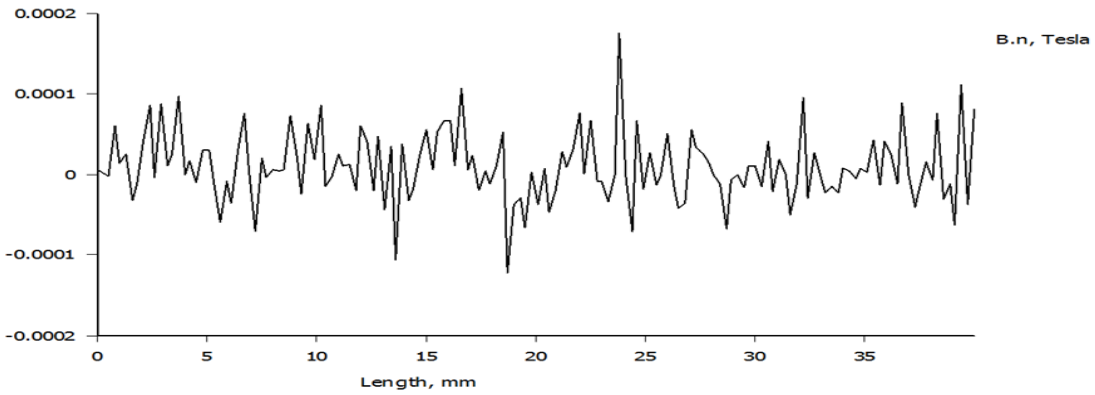
Máquina de Medir por Coordenadas (MMC) calibrada para 24°C.

Indução Magnética no Quadrupolo

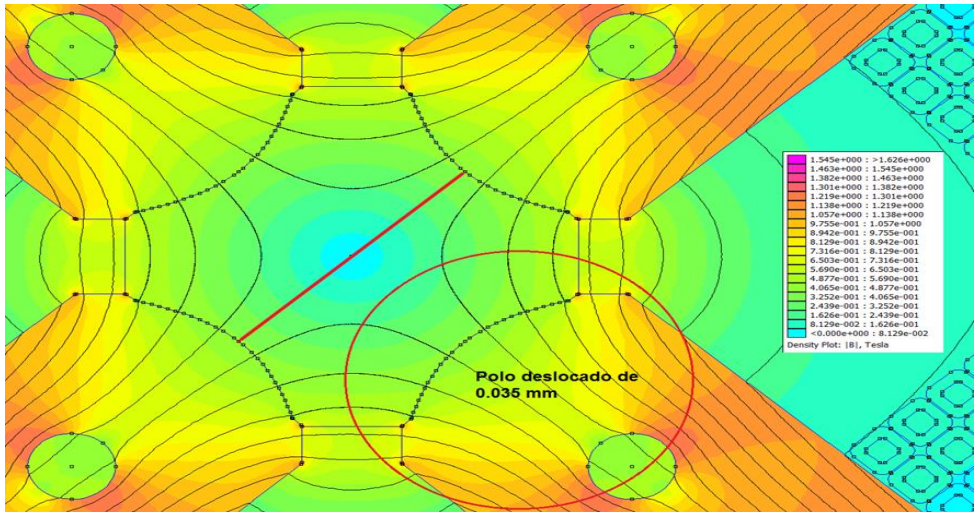
A qualidade da medição do campo nos eletroímãs que compõem os anéis do acelerador é de fundamental importância para a validação tanto do projeto quanto da montagem dos eletroímãs.

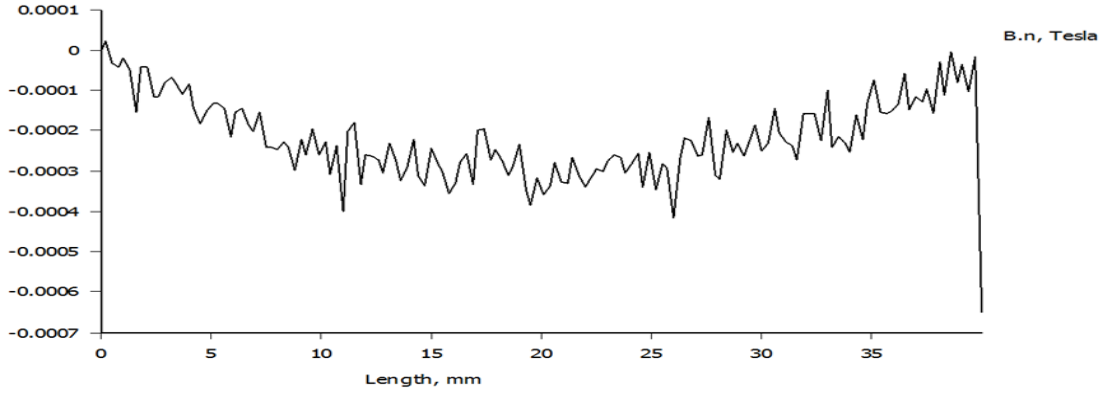
Polos equidistantes





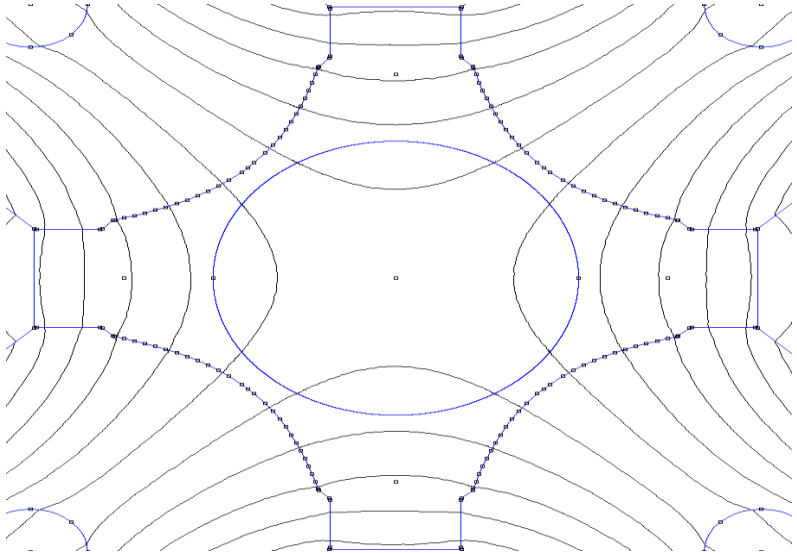
Polo deslocado de 0,025 mm (X e Y)



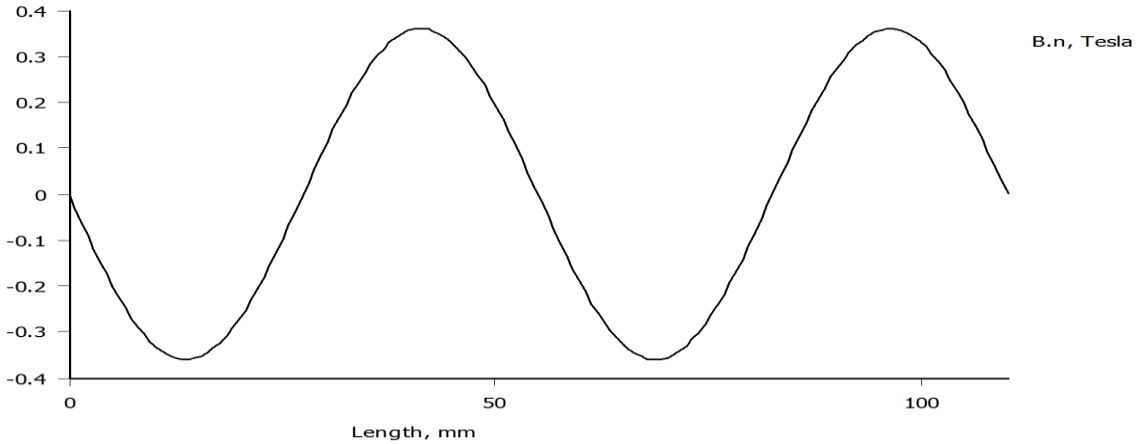


Qualidade do Campo no Quadrupolo

Medição do campo ao longo de uma circunferência de raio “X”



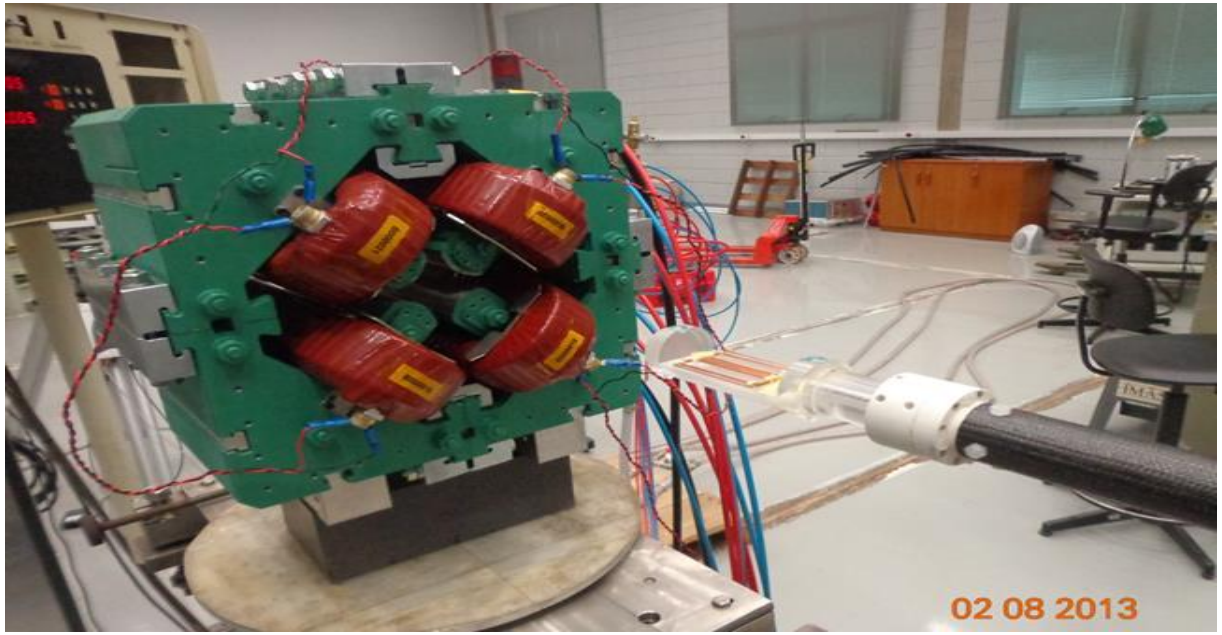
Deve ser aplicada a transformada de Fourier na senoide para obter os coeficientes do polinômio.

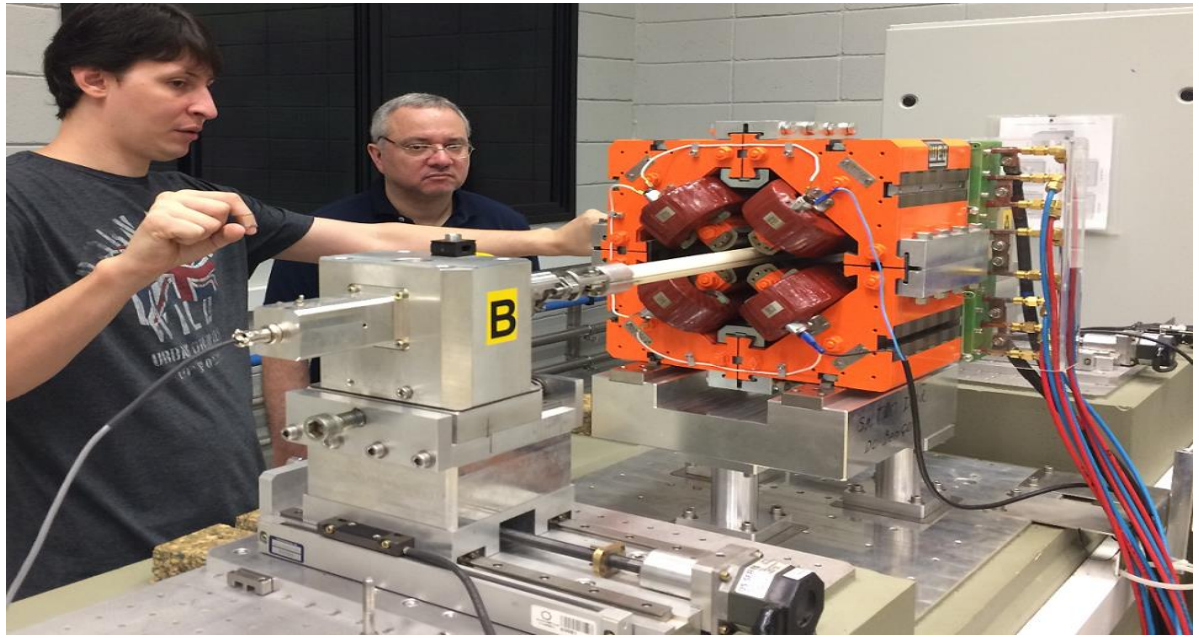


Qualidade do Campo no Quadrupolo

Medições iniciais de campo magnético realizadas no LNLS através de uma bobina que faz a varredura em 3D. A bobina de medição gira e se desloca axialmente para realizar a medição do campo magnético.

Atualmente, as medições são realizadas com uma bobina fixada em um tubo cerâmico, com um dos lados da bobina passando exatamente no centro geométrico e o outro lado é fixado paralelamente ao “diâmetro” do tubo.





IMPORTÂNCIA DA ENCOMENDA TECNOLÓGICA

Não se trata apenas da comercialização de produtos ou serviços, mas principalmente de:

1. Desenvolvimento de tecnologias nacionais que serão aplicadas em outros produtos.
2. Evolução tecnológica da equipe de engenheiros e pesquisadores.
3. Geração de empregos qualificados.
4. Desenvolvimento de estrutura laboratorial voltada à P,D&I e Qualidade.
5. Desenvolvimento de novos produtos e/ou serviços de alto valor agregado.

Obrigado!

Sebastião L. Nau
Dep. De P&IT WEG

slnau@weg.net