



Financiamento



Execução



## Relatório de Testes Experimentais

### Teste da Base Magnética e sensor Faro Focus 3D X330

Usina Hidrelétrica de Jirau

14 de Outubro de 2015

## 1 Identificação

Título ..... : EMMA - Metodologia para revestimento robótico de turbinas *in situ*

Proponente .... : Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos  
(COPPETEC)

Contratante .... : ESBR - Energia Sustentável do Brasil S.A.

Execução ..... : Grupo de Simulação e Controle em Automação e Robótica (GSCAR)

Contrato ..... : Jirau 09-15

P&D ANEEL ... : 6631-0003/2015

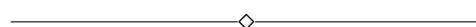
Início ..... : 26/02/2015

Prazo ..... : 14 meses

Orçamento .... : R\$ 2.487.473,47

Coordenador .. : Ramon Romankevicius Costa

Gerente ..... : Breno Bellinati de Carvalho



## 2 Teste Base Magnética

### 2.1 Visão geral

Este teste visou testar a aplicabilidade da base magnética comercial do fabricante MagTek, modelo PME-300, no ambiente da turbina. A base magnética comercial é projetada para aderir a superfícies planas ou cilíndricas convexas. No caso da turbina, as regiões testadas têm formatos variados, que dependendo da orientação da base, podem ser cilíndricos côncavos ou convexos. As superfícies também variam de material, tratamento superficial e pintura, assim como limpeza e rugosidade.

Por esse motivo viu-se a necessidade de testar *in situ* a base magnética comercial e verificar os reais limites de adesão magnética do equipamento.

### 2.2 Equipamentos utilizados

1. Base Magnética 300 kgf;
2. Plataforma de apoio;
3. Alavanca 0,8 m;
4. Dinamômetro 25 kgf

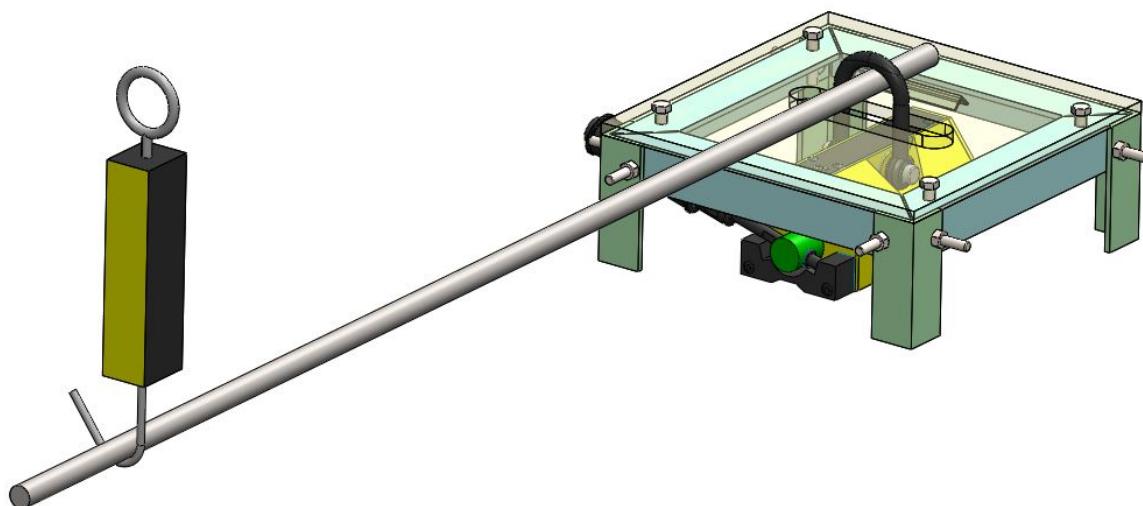


Figura 1: Conjunto de teste da base magnética

## 2.3 Dados dos equipamentos

### Base Magnética

- Capacidade nominal:
  - no plano: 300 kgf
  - cilindro convexo: 150 kgf
- Capacidade máxima no plano: 960 kgf

### Alavanca

De acordo com a figura 2:

- Comprimento da alavanca: L
- Distância entre os apoios: d

Os valores de L e d foram medidos em cada resultado do teste e a razão L/d está indicada na tabela 1 da seção 2.7.

### Dinamômetro

Capacidade máxima do dinamômetro: 25 kgf

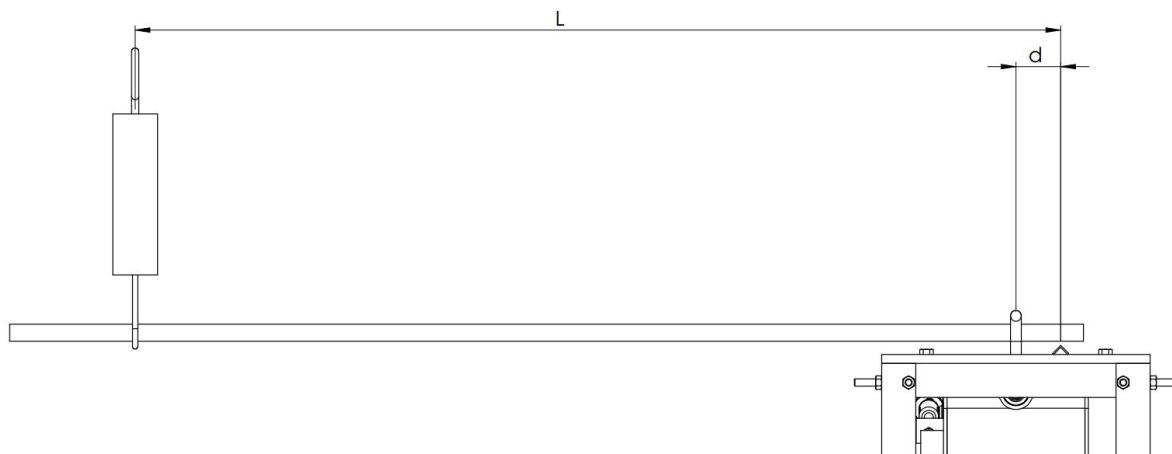


Figura 2: Esquemático da estrutura de teste com parâmetros de cálculo indicados

## 2.4 Cálculo da força magnética máxima

A força magnética, em função da força medida no dinamômetro, está de acordo com a equação 1:

$$F_{\text{mag}} = \frac{L}{d} F_{\text{din}} \quad (1)$$

## 2.5 Mapa de posicionamento

Abaixo, apresenta-se um mapa esquemático das posições onde foram testadas a adesão magnética da base.

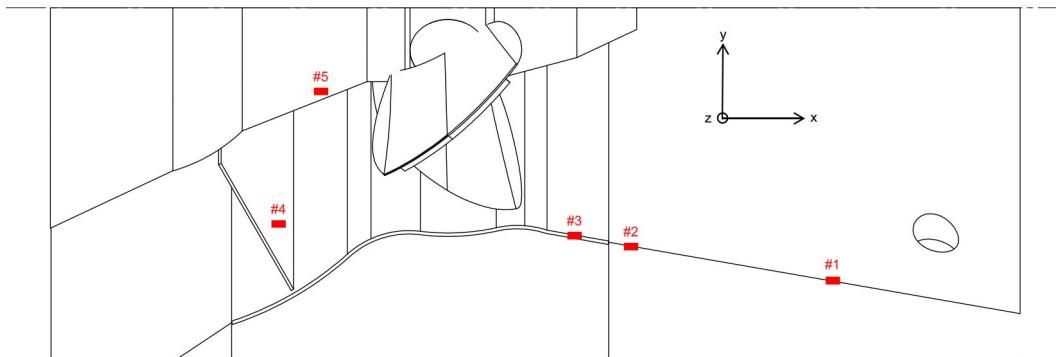


Figura 3: Mapa esquemático de posições

## 2.6 Procedimento

A adesão magnética foi testada nas posições indicadas no mapa esquemático da seção 2.5. Para as posições 1 e 2 variou-se a orientação da base de acordo com o eixo de coordenadas indicado na figura 3.

O procedimento de teste é o seguinte: 1) posiciona-se a base magnética; 2) ativa-se o imã; 3) posiciona-se o apoio e a alavanca; 4) mede-se a distância entre os apoios e o comprimento do braço de alavanca até o dinamômetro (dimensões "d" e "L"); 5) aplica-se gradualmente a carga na alavanca, observando a indicação no dinamômetro, até que ocorra o primeiro dos dois casos: a) o dinamômetro indica a carga máxima, ou b) a base magnética descola-se da superfície; 6) anota-se o resultado.



Figura 4: Fotos durante o teste

## 2.7 Resultados

A tabela 1 apresenta o resultado do teste da base magnética nas posições indicadas na seção 2.5.

Posição	Orientação	Força limite no dinamômetro (kgf)	L/d	Força magnética limite (kgf)
1	x	25	10,3	256
1	x	25	14,7	367
1	x	14	17,8	249
1	z	18	17,8	320
1	x	14	21,1	295
2	z	12	22,9	274
2	x	8,5	21,1	179
2	xz 45°	10	22,9	229
3	x	0	22,9	0
3	z	0	22,9	0
4	n/a	n/a	n/a	n/a
5	n/a	n/a	n/a	n/a

Tabela 1: Resultados do teste experimental

## 2.8 Conclusões

O teste possibilitou verificar a capacidade de adesão magnética para diferentes posições, geometria de superfície e materiais no interior da turbina. O maior valor encontrado, de 367 kgf, é superior até à capacidade de carga nominal para superfícies planas indicada pelo fabricante. O menor valor encontrado, de 179 kgf ainda é superior ao valor máximo para superfícies cilíndricas, indicado pelo fabricante.

Desta forma, considera-se que os valores nominais do equipamento fornecem uma boa referência para o dimensionamento deste equipamento como base para uma amarração robusta da solução mecânica do projeto.

A posição 3, de acordo com o mapa esquemático da seção 2.5, é uma região composta por aço inoxidável e não forneceu adesão magnética. As posições 4 e 5 são respectivamente a superfície das paletas do distribuidor e a superfície do rotor. Estas superfícies apresentaram boa adesão magnética, mas não foi possível medir valores limite, pois tais posições não estavam previstas no teste e o equipamento projetado não permitiria uma medição adequada.

### 3 Teste sensor Faro Focus 3D X330

#### 3.1 Visão Geral

Este teste visou verificar a aplicabilidade do sensor laser Faro Focus 3D X330 no ambiente de trabalho da turbina. O dispositivo apresenta sensibilidade a ambientes onde haja alta umidade, pois opera com um sistema de lentes e lasers e, caso apresente condensação em um desses componentes, o resultado final de sensoriamento pode ser prejudicado. Por esse motivo foi necessário realizar testes com o sistema para analisar a viabilidade técnica de se usar o sensor para a aplicação do projeto EMMA.

#### 3.2 Equipamentos utilizados

1. Faro Focus 3D X330
2. Tripé de apoio
3. Esferas Reflexivas com base magnética



Figura 5: Sensor Faro Focus 3D X330.

#### 3.3 Dados dos equipamentos

- Faro Focus 3D X300
  - **Alcance:** 0,6 m - 330 m
  - **Velocidade de medição (pts/seg.):** 122.000 / 244.000 / 488.000 / 976.000



Figura 6: Conjunto de esferas Reflexivas e tripé

- **Erro de alcance:**  $\pm 2\text{mm}$
- **Campo de visão vertical (vertical/horizontal):**  $300^\circ / 360^\circ$
- **Tamanho do passo (vertical/horizontal):**  $0,009^\circ$
- **GPS:** Receptor GPS integrados
- **Peso:** 5,2 kg
- **Temperatura ambiente:**  $5^\circ - 40^\circ\text{C}$
- **Umidade:** Sem condensação

### 3.4 Procedimento

Quatro esferas reflexivas foram distribuídas pelo ambiente, ficando três na succção, próximas ao aro câmara, e uma sobre o distribuidor. Em seguida, foram coletados dados a partir de 4 pontos com o sensor montado sobre o tripé. Três dos pontos de coleta foram na succção, aproximadamente igualmente espaçados e alinhados com o eixo da turbina, e um entre a turbina e o distribuidor.

### 3.5 Resultados

A visualização dos dados coletados pelo scanner confirmou que não houve condensação nos espelhos, apesar da alta humidade do local. Uma pequena apresentação em vídeo (figura 7)

dos dados coletados e uma reconstrução em CAD da pá (figura 8) da turbina também foram alcançadas.



Figura 7: Recorte do vídeo dos dados adquiridos durante o teste.

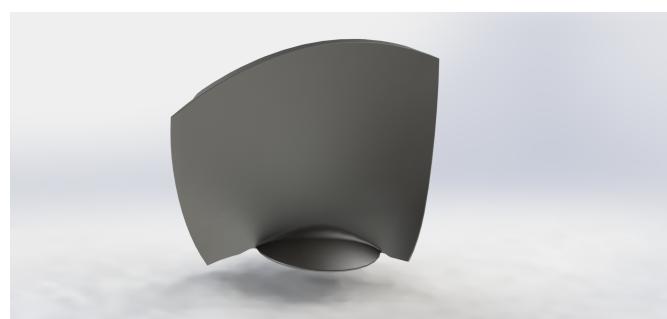
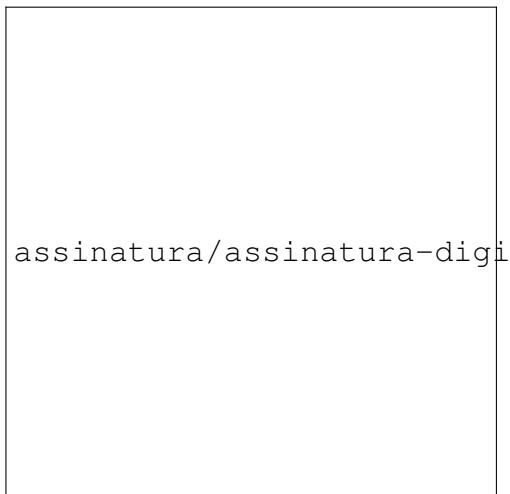


Figura 8: Reconstrução em CAD da pá com os dados do teste.

### 3.6 Conclusões

De acordo com os resultados obtidos através desse teste, a hipótese de uso do Faro Focus 3D X300 no ambiente da turbina foi confirmada.



Ramon Romankevicius  
Coordenador do Projeto