



II WORKSHOP DE **ENERGIAS**

OCEÂNICAS E FLUVIAIS

29 e 30 de agosto de 2019

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

Linhas de Pesquisa



- Equipe:
 - Prof. Geraldo Lúcio Tiago Filho
 - Prof. Alessandro Luvizon Bergamo
 - Prof. Ramiro Gustavo Ramirez Camacho
 - Prof. Angelo José Junqueira Rezek

- Almir Luiz Rodrigues
- Antônio Carlos Barkett Botan
- Camila Rocha Galhardo
- Igor Renan Braga dos Santos
- Laura Dardot Campello
- Luiza Fortes Miranda
- Pedro Augusto Costa
- Tiago Martins de Azevedo

Canal de Ondas

Importância do laboratório:

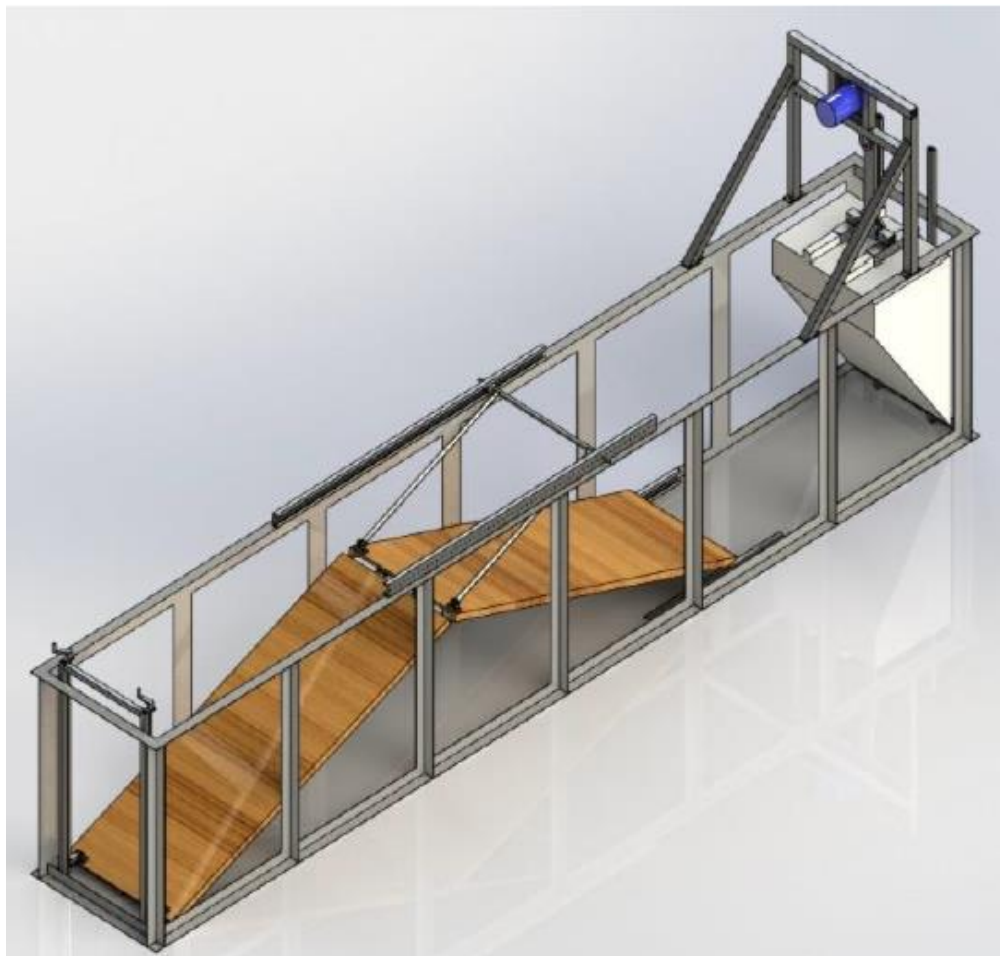
- Estudo do comportamento das ondas oceânicas;
- Estudo da região costeira;
- Ensaios de modelos reduzidos de dispositivos submetidos às condições oceânicas.

Canal de Ondas

Aproveitar o canal já existente
no Laboratório de Ondas
Hidráulicas da UNIFEI



Canal de Ondas



- Novo sistema
 - Gerador de ondas
 - Absorvedor de ondas adaptável
 - Articulador para estudo de diversos tipos de encosta

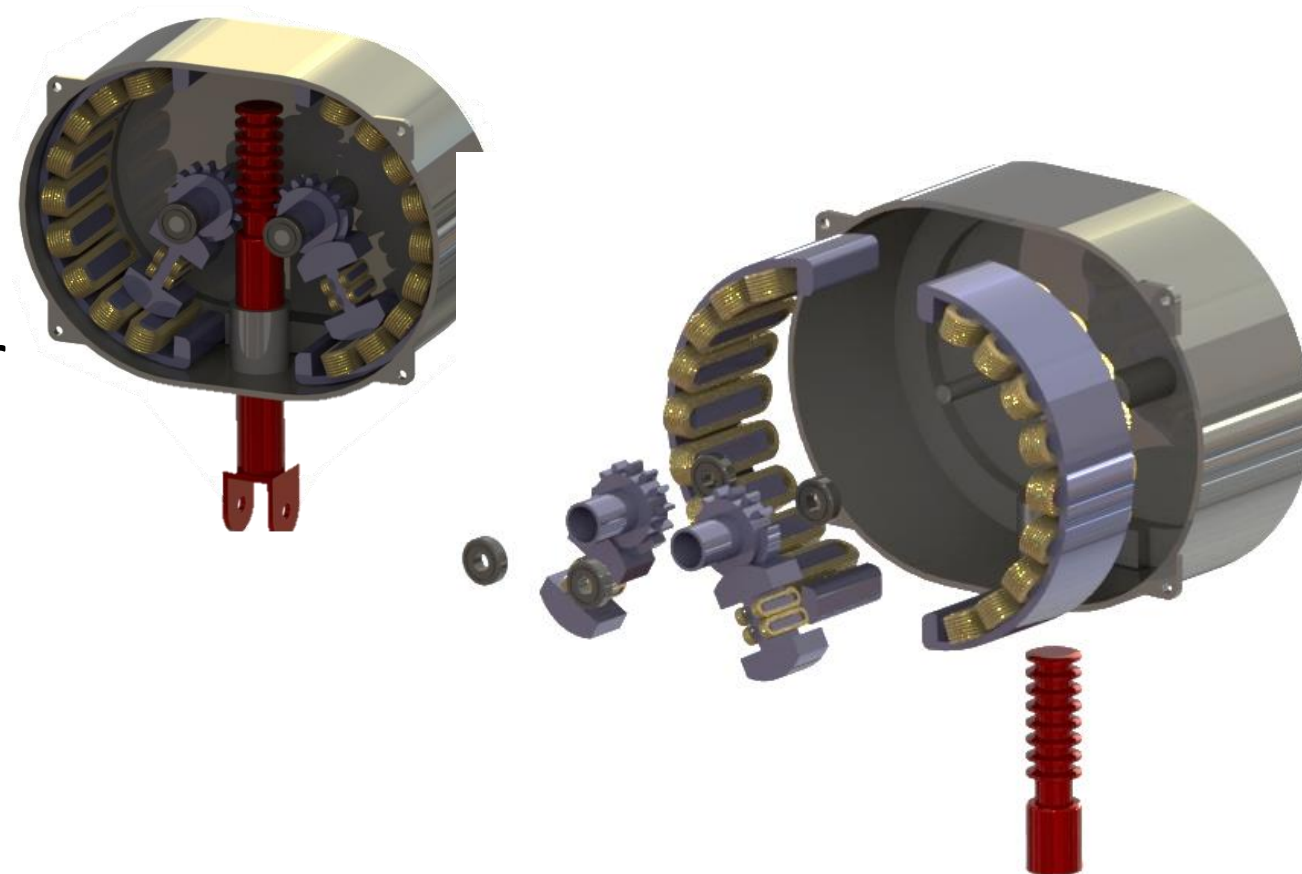
Canal de Ondas



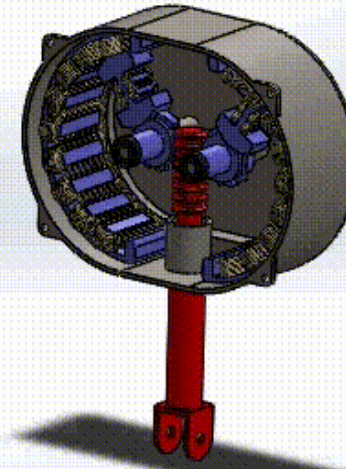
Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

Gerador de Polos Oscilantes

- Converte movimento linear em rotativo oscilante
- Geração de eletricidade

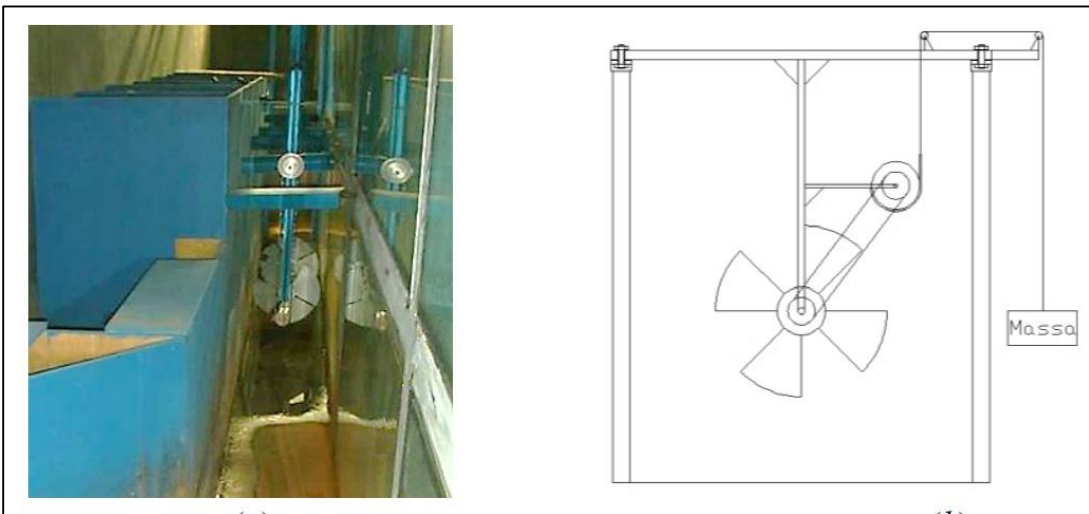


Gerador de Polos Oscilantes

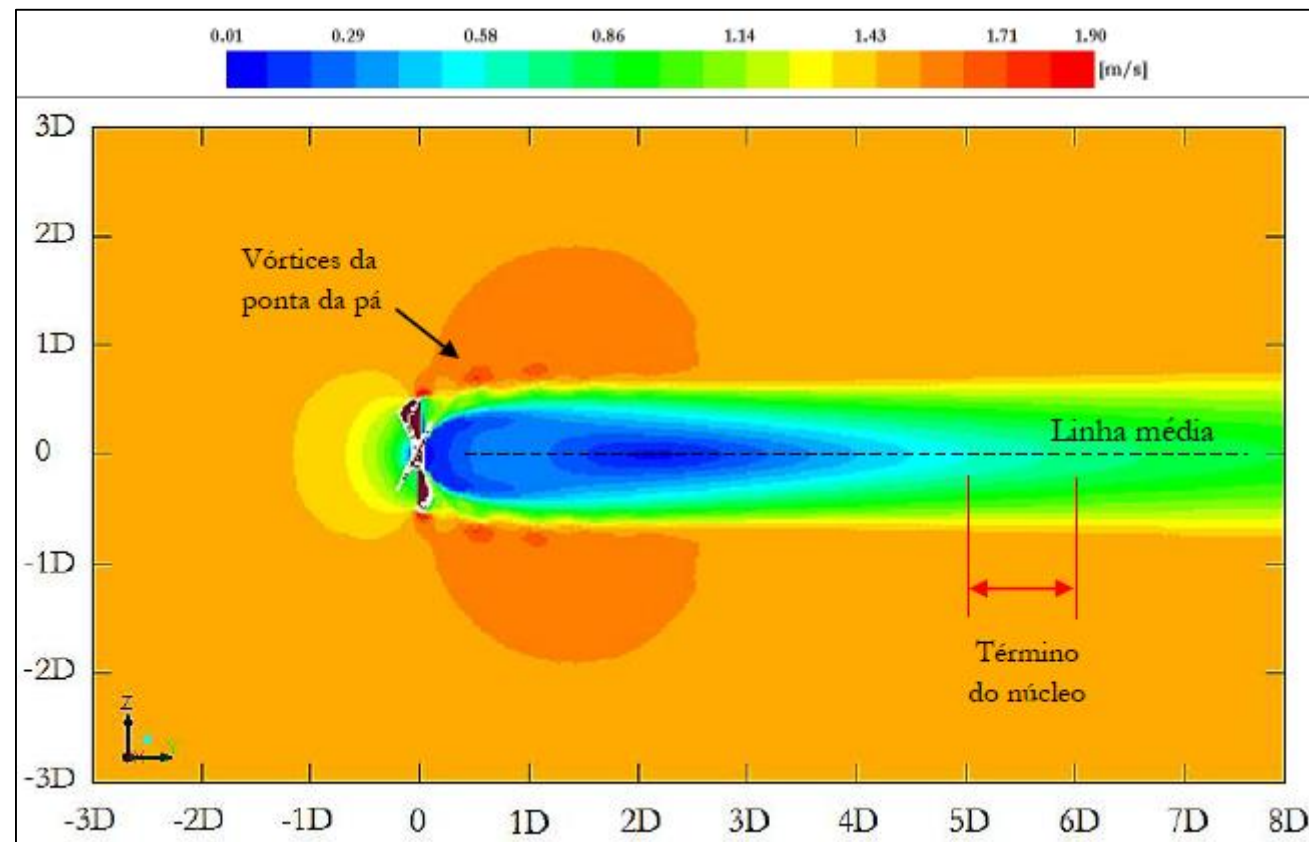


Turbina Hidrocinética

- Dissertação: Estudo e melhoramento de uma turbina hidrocinética multiestágios – Germán A I Bolaños (2015)



Ensaio experimental (acima) e estudo computacional da esteira de modelo melhorado (direita)



Ensaio de turbinas hidrocínéticas

Laboratório para ensaio de turbinas hidrocínéticas

Objetivos:

- Realizar, com a confiabilidade necessária, ensaios experimentais em turbinas hidrocínéticas (de eixo vertical ou horizontal)

Canal de ensaios

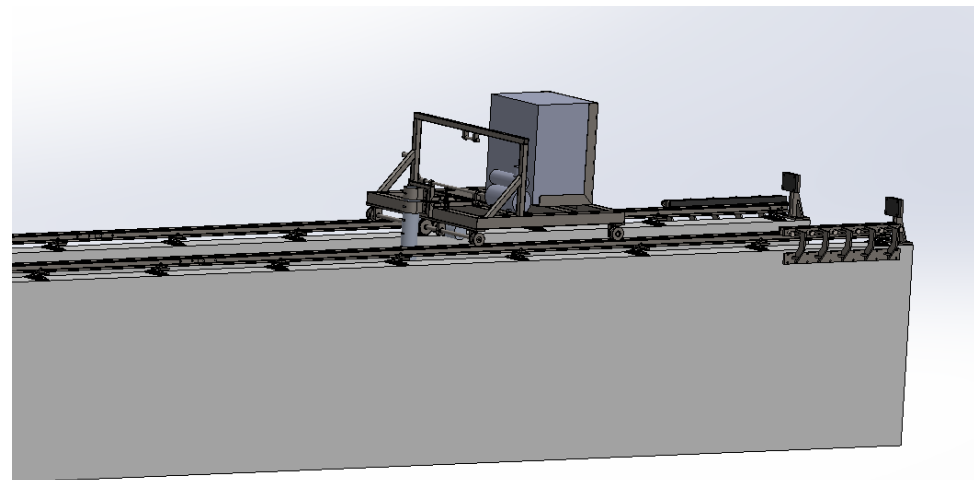
Comprimento total do canal:
100m

Velocidade máxima do carrinho:
4 m/s

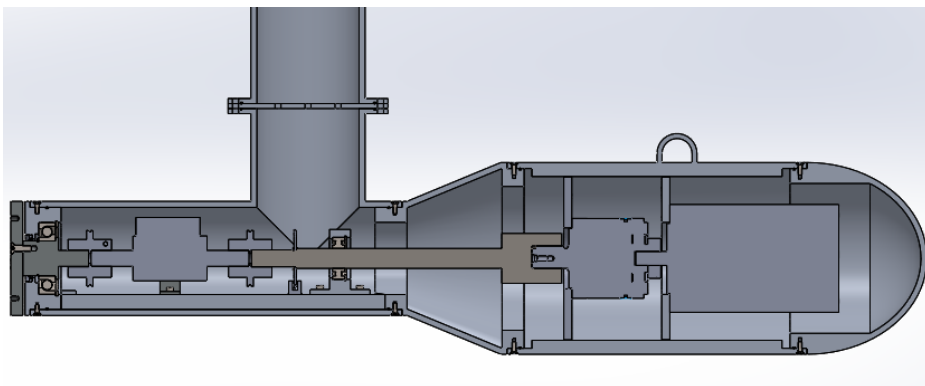
Controle de velocidade

Aquisição de dados:

- Potência de eixo
- Rotação da turbina
- Velocidade da água
- Rendimento
- Temperatura da água e do ar
- Pressão barométrica

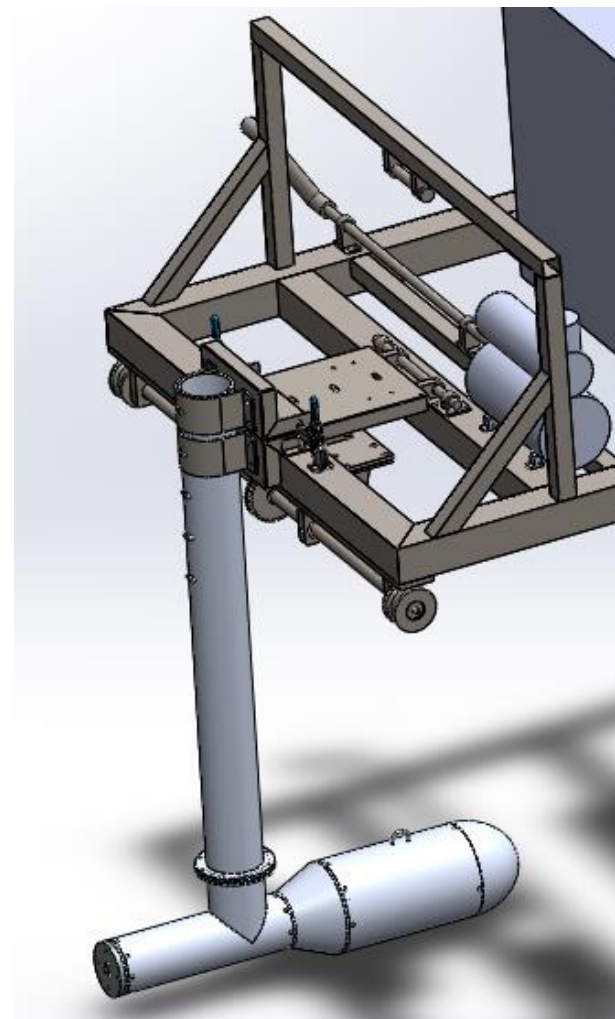


Canal de ensaios



Suporte para turbinas

- Possibilidade de ensaio de turbinas de eixo vertical ou horizontal



Turbina hidrocínética de pás planas

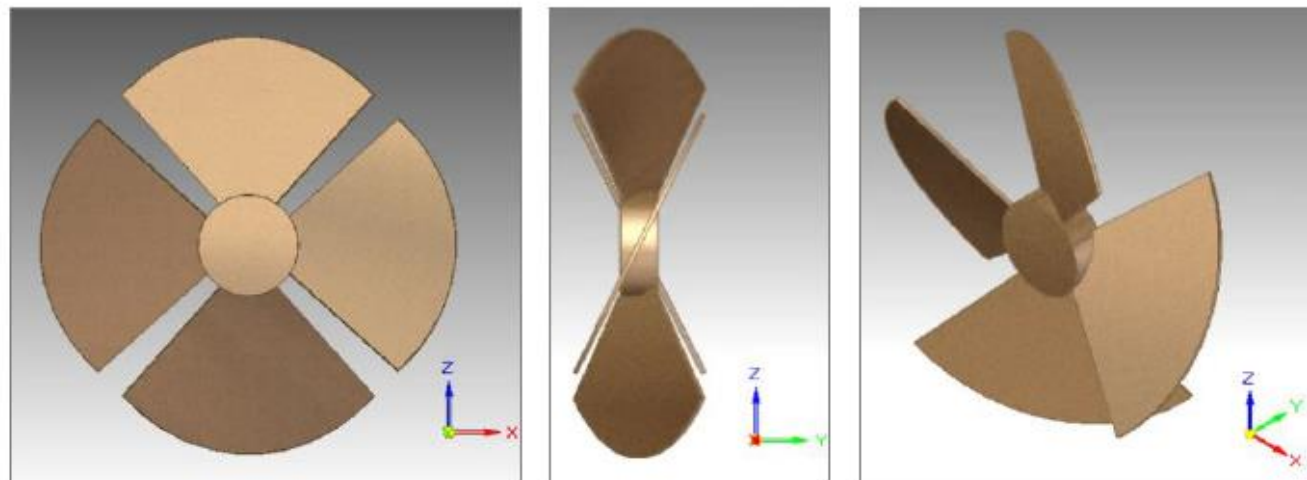
Primeira turbina a ser ensaiada no canal.

Rotor

Diâmetro Interno: 75mm

Diâmetro externo: 300mm

Número de pás: 4



Rotor com pás planas

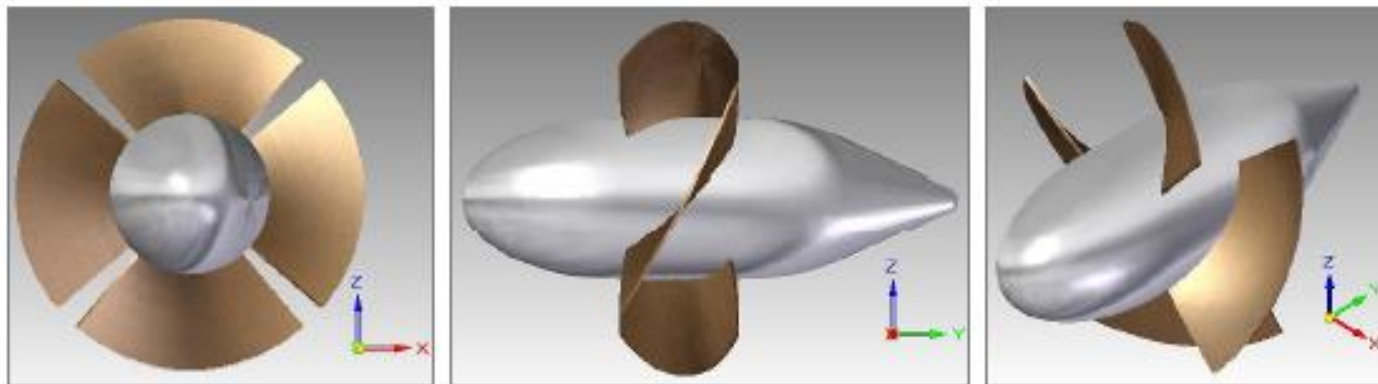
Turbina hidrocínética de pás curvas com torção

Rotor

Diâmetro Interno: 137,40mm

Diâmetro externo: 300mm

Número de pás: 4

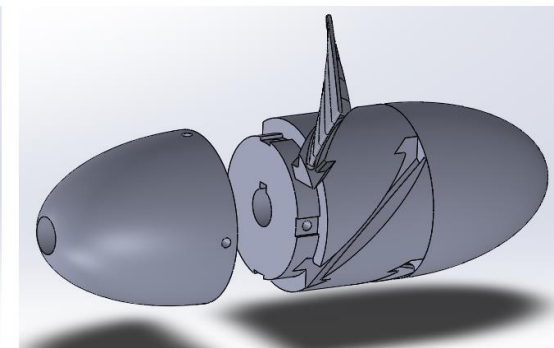
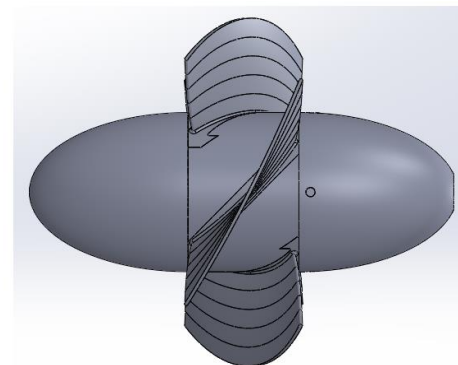
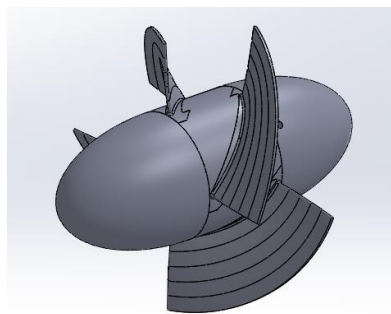


Rotor de pás curvas com torção

Ensaio de turbina de pás curvas com torção

Projeto para otimizar a impressão

- Uso de menor quantidade de material
- Possibilidade de troca das pás, mantendo o mesmo cubo e ogivas.



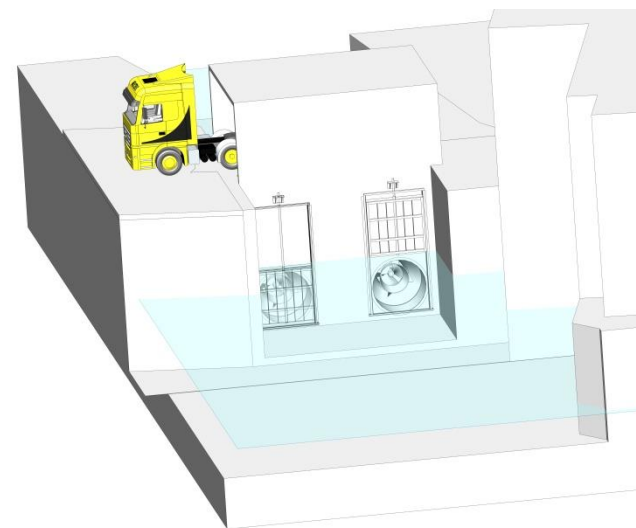
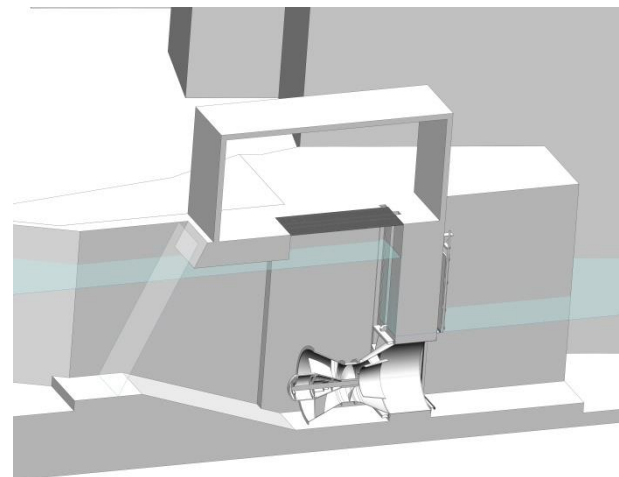
Prototipagem do rotor

Turbina de ultrabaixas quedas

Estudo de desenvolvimento de uma turbina tipo bulbo com aplicação em ultrabaixas quedas, de até 2,5 metros.

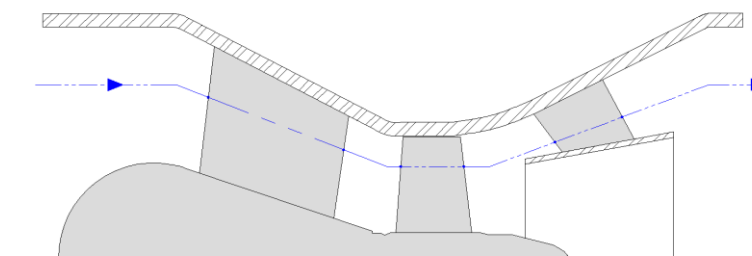
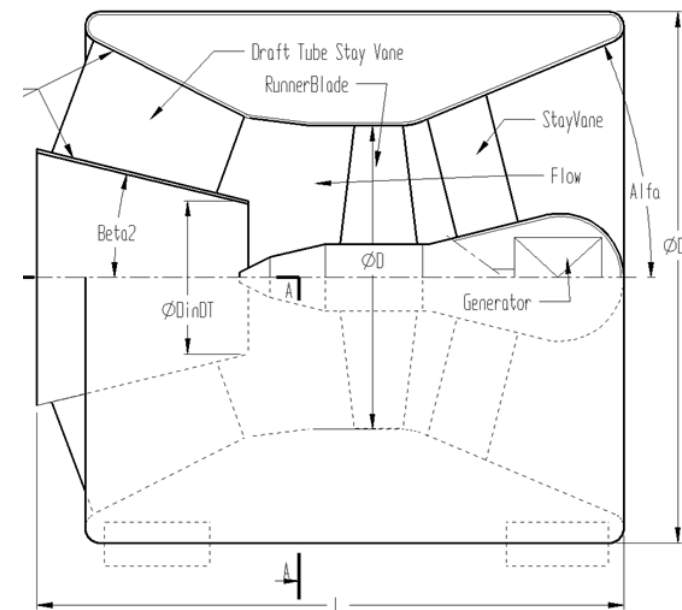
É uma tecnologia de baixa geração com potencia dirigida para:

- aproveitamentos em quedas naturais em cursos de rios,
- pequenas barragens,
- aproveitamento de energia remanescente,
- barragens maremotriz,
- e aplicável como geração descentralizada.



Turbina de ultrabaixas quedas

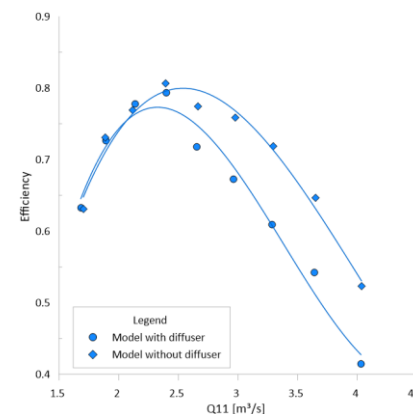
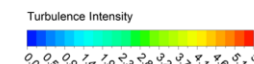
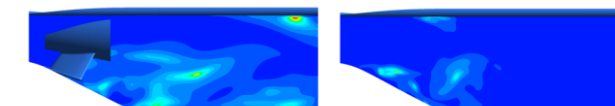
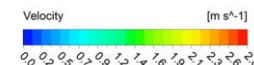
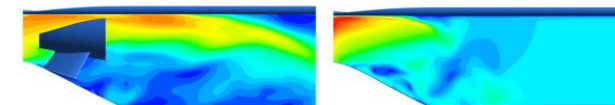
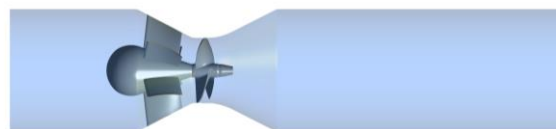
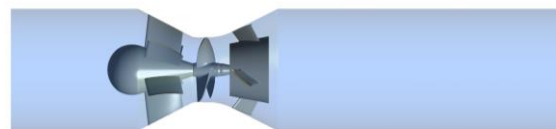
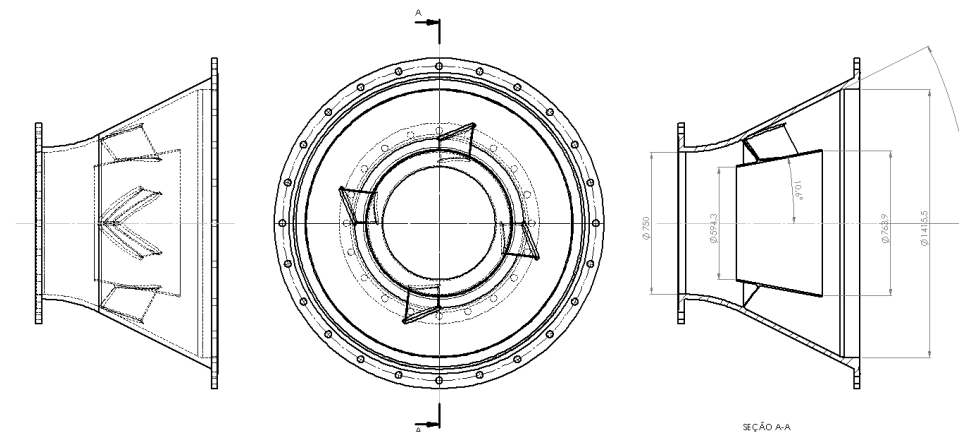
- Rotor de fluxo axial, sem regulação das pás, com distribuidor constituído por aletas diretrizes fixas.
- Rotor apresenta características amigáveis aos peixes;
- Gerador de Excitação Magnético Permanente (GEMP), operando em velocidade variável;
- Uso de duplo tubo de sucção como difusor;
- Arranjo compacto de fácil instalação de unidades simples ou múltiplas;
- Alturas de queda abaixo de 0,5m ou próxima à zero - hidrocínética ou em fluxo-livre.



Turbina de ultrabaixas quedas

Projeto de otimização do tubo de sucção

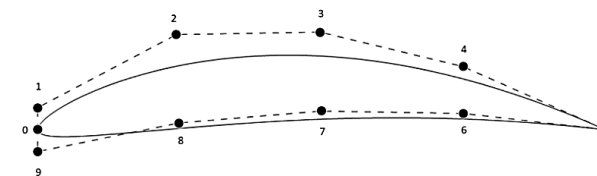
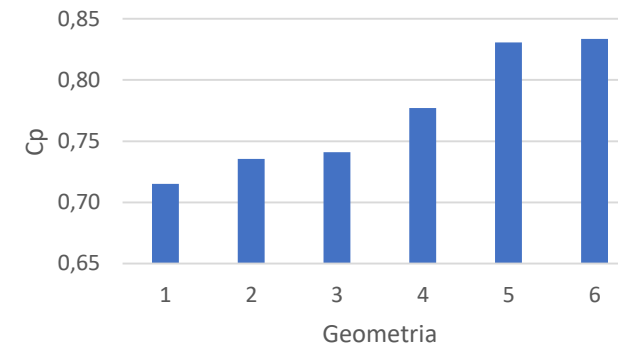
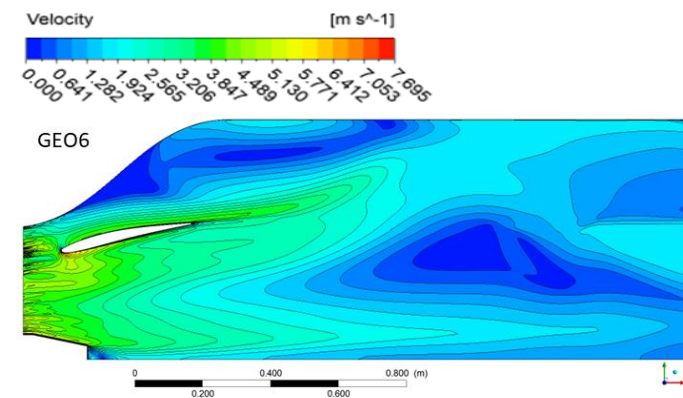
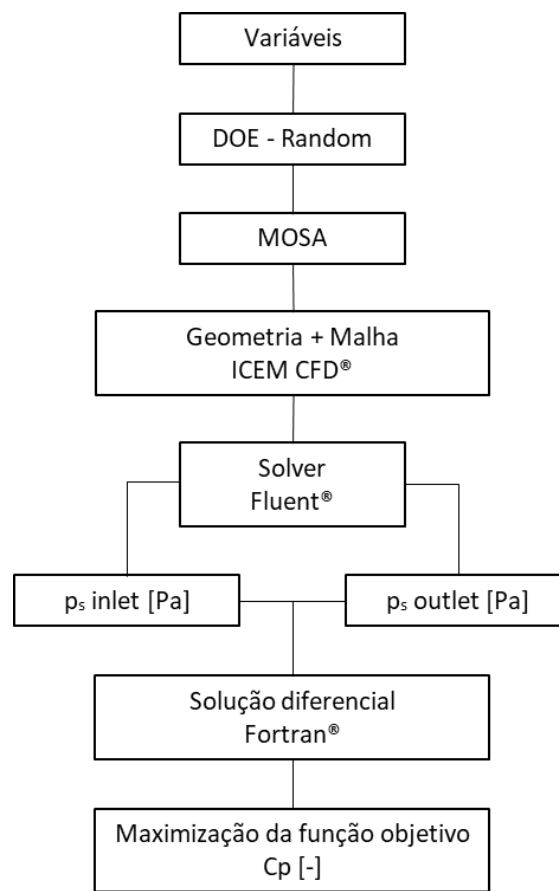
- Baseado em estudo de Dinâmica dos Fluidos Computacional
- Análise comparativa de comportamento do escoamento e eficiência utilizando difusor interno ao tubo de sucção
- Ângulo de expansão cônica 2α muito grande (52 graus), o que propicia maior descolamento de camada limite



Turbina de ultrabaixas quedas

Projeto de otimização do tubo de sucção

- Foram analisadas seis geometrias
- Baseado na integração de planos de experimento com ferramentas CFD na geração de geometrias através de métodos de otimização multiobjetivo
- Estudo baseado no plano bidimensional, uma vez que a otimização foi realizada utilizando 12 variáveis de controle, obedecendo limites laterais
- Geometria do difusor gerada por polinômios de Bezier
- Função objetivo: C_p (Coeficiente de recuperação de pressão)
- Objetivo: obter a geometria do tubo de sucção com maior C_p para um comprimento menor que o da turbina original



ENERGIA MAREMOTRIZ

Turbina de fluxo reversível com sistema diretor aplicada em centrais hidrelétricas maremotrizes

Objetivos:

- Desenvolver e analisar o ganho de eficiência de um rotor de fluxo reversível, por meio da inserção de um sistema diretor;
- Otimização da turbina e do sistema diretor desenvolvidos.

Turbina de Fluxo Reversível

Rotor

Diâmetro Interno: 112mm

Diâmetro externo: 188mm

Número de pás: 6

Perfil: NACA 0015

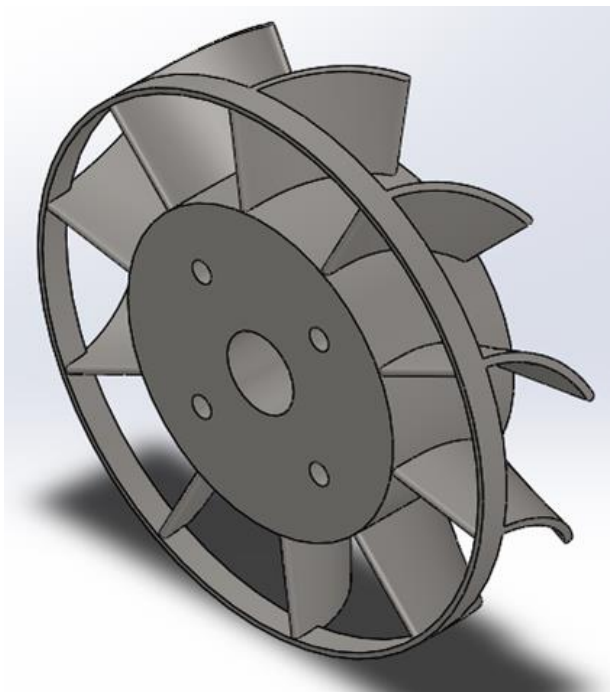
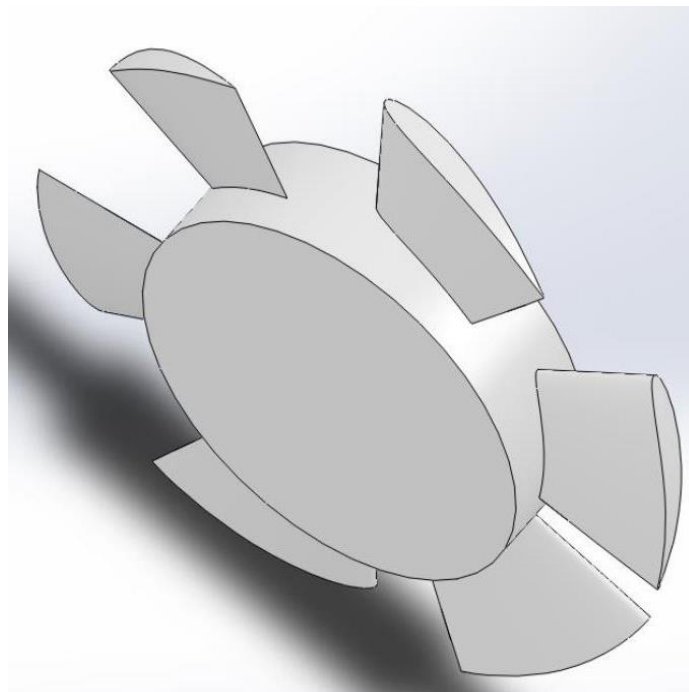
Inclinação: 13°

Distribuidor

Número de pás: 10

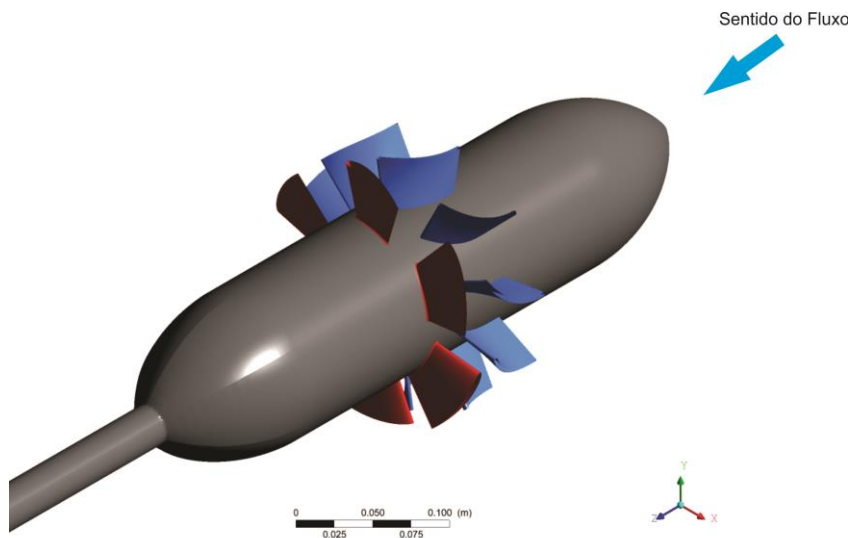
Espessura das pás: 3mm

Perfil: Arco de Círculo

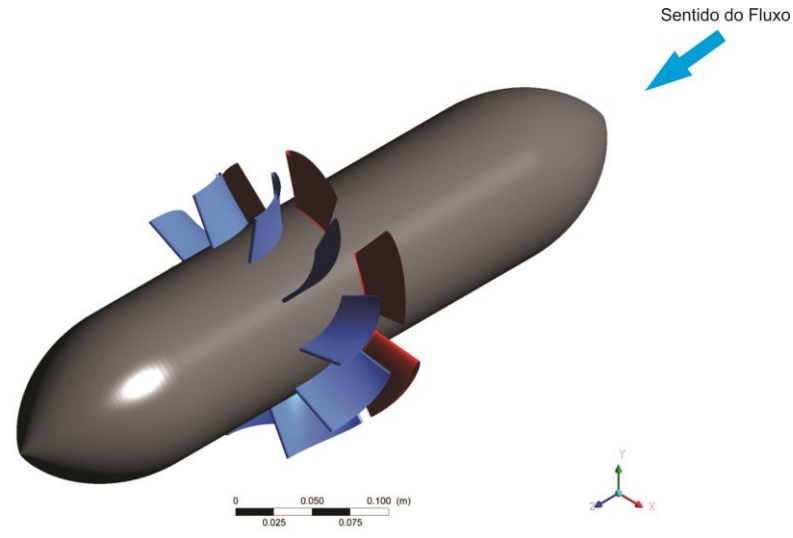


Simulação Computacional - CFD

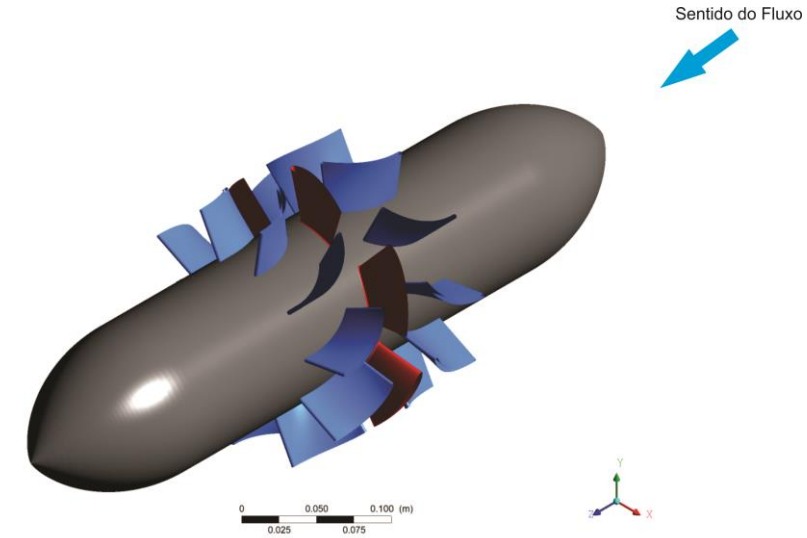
Modelos Computacionais



Distribuidor antes do rotor

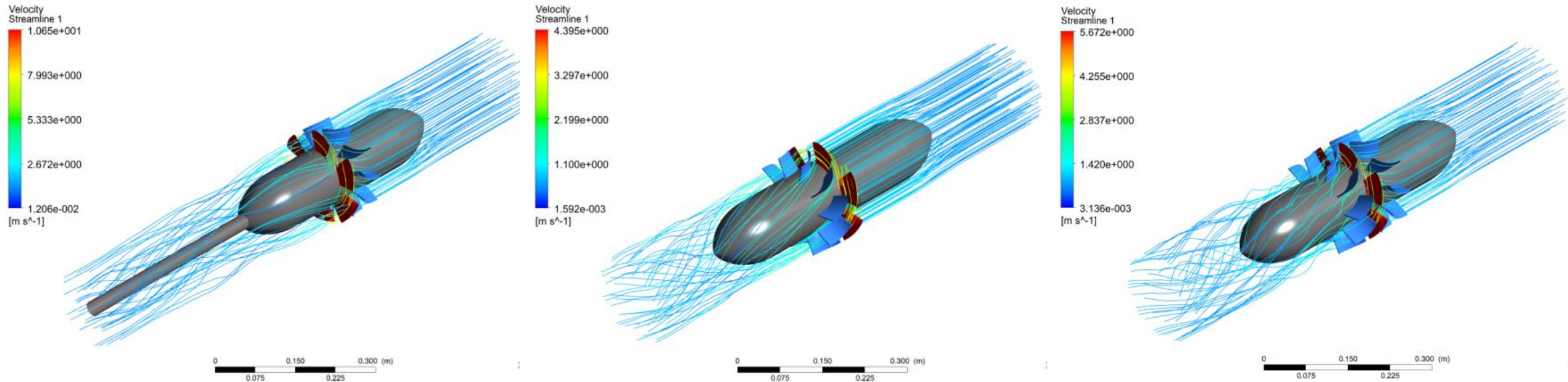


Distribuidor depois do rotor



Distribuidor antes e depois do rotor

Simulação Computacional - CFD

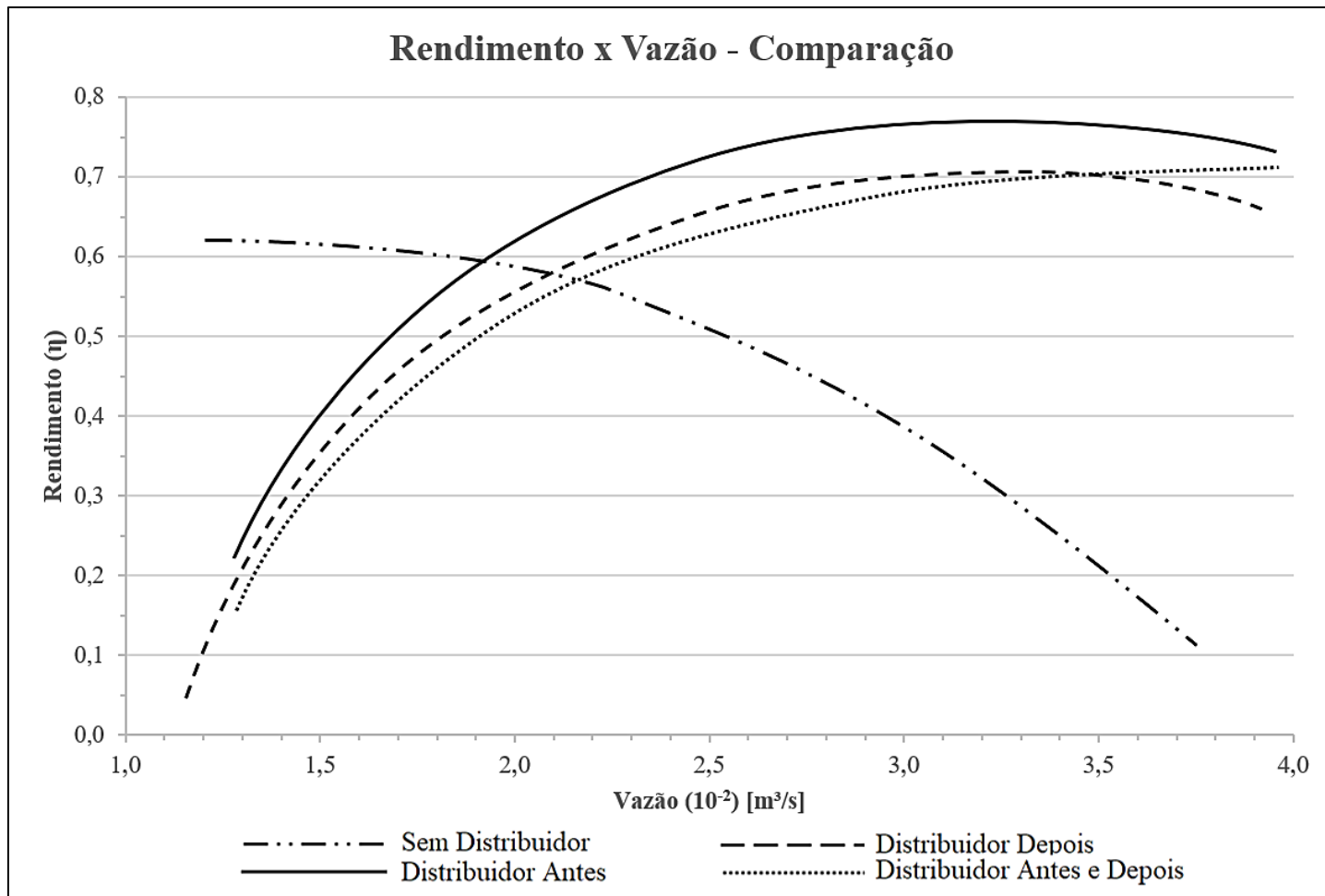


Linhas de Corrente

Simulação Computacional - CFD

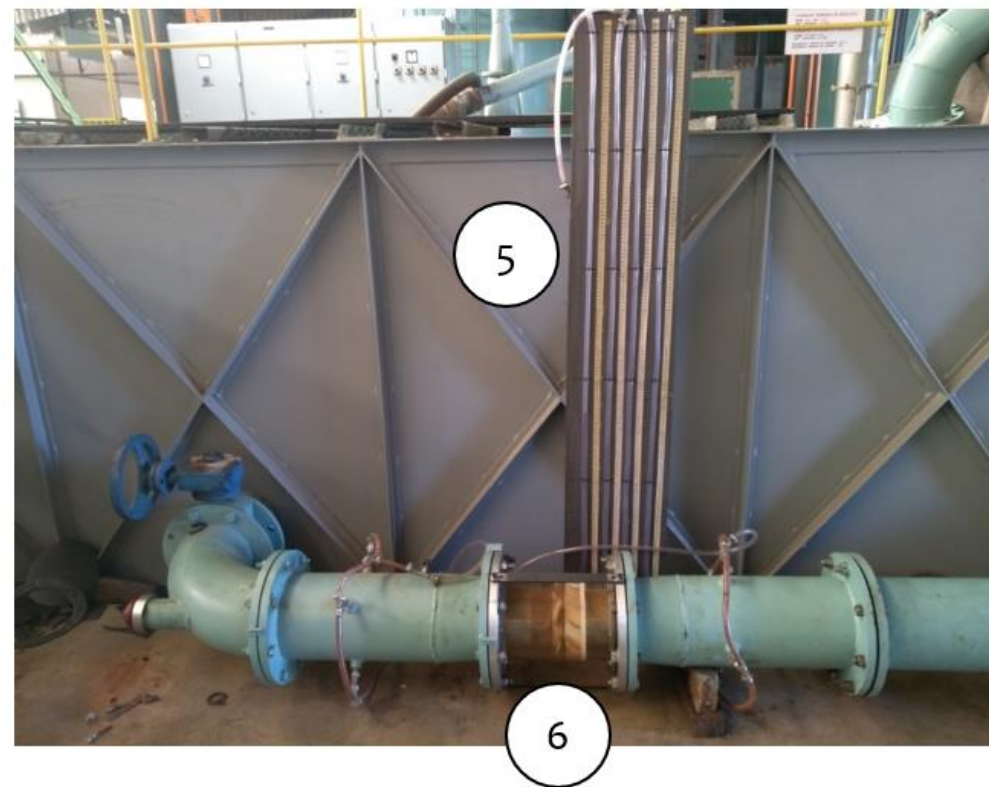
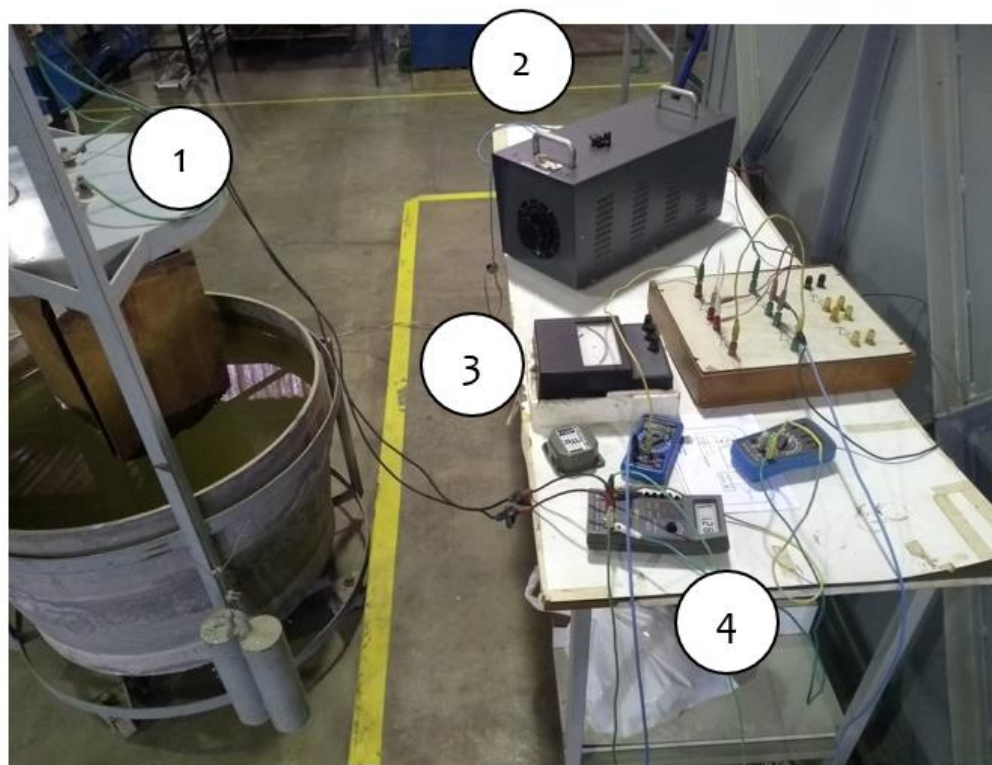
Curvas de Rendimento da Turbina – CFD

Montagem	Rotação [rpm]	Vazão [m ³ /s]	Rendimento
Sem Distribuidor	400	0,01749	62,49%
Distribuidor à Montante	800	0,03503	76,76%
Distribuidor à Jusante	800	0,03900	71,65%
Distribuidor à Montante e Jusante	800	0,03503	68,83%



Ensaio do Modelo – Bancada de Ensaios

- 1- Freio Hidrodinâmico
- 2- Varivolt
- 3- Amperímetro
- 4- Multímetro
- 5- Manômetro de coluna d'água
- 6- Rotor e distribuidor



Ensaio do Modelo

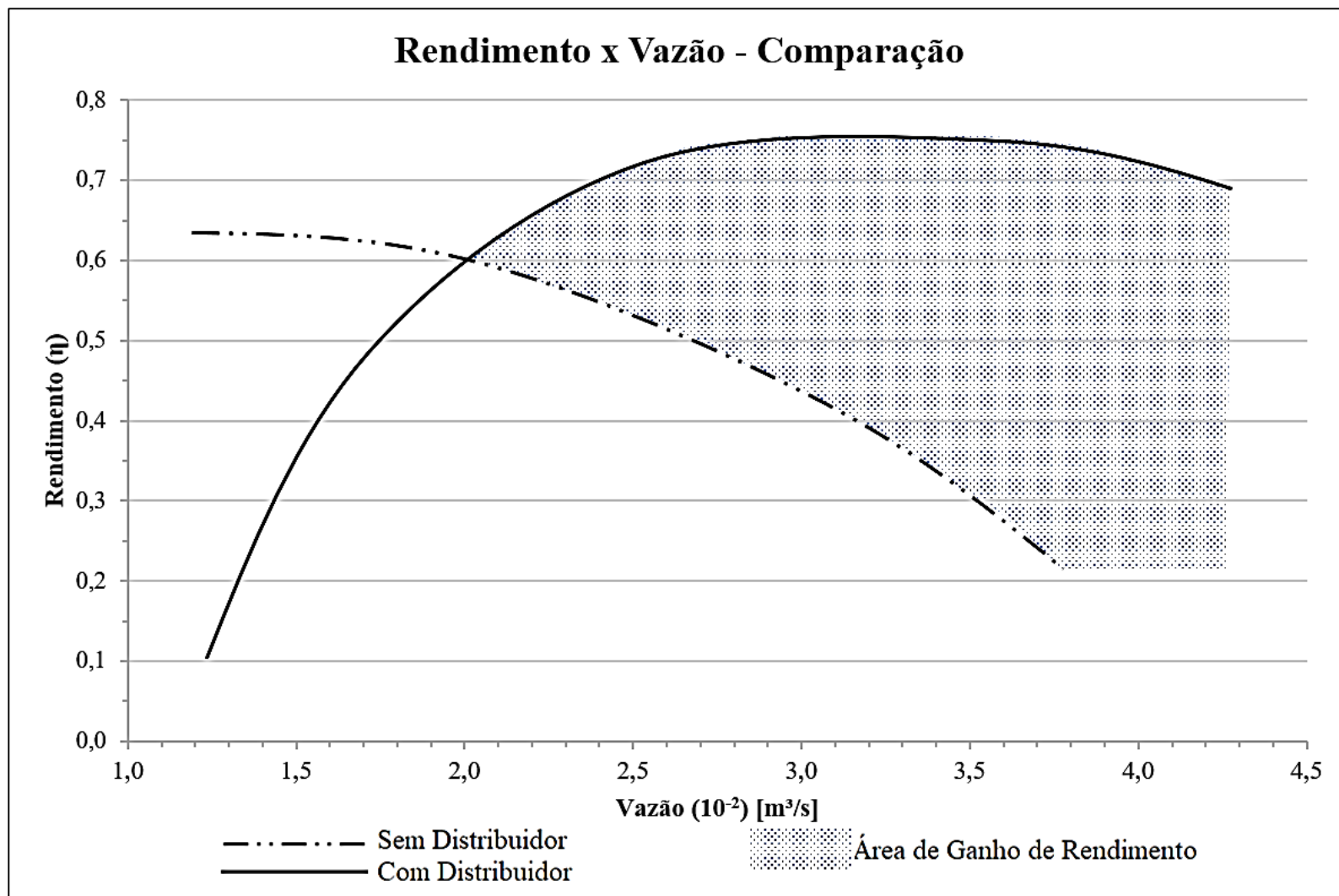


Ensaio do Modelo

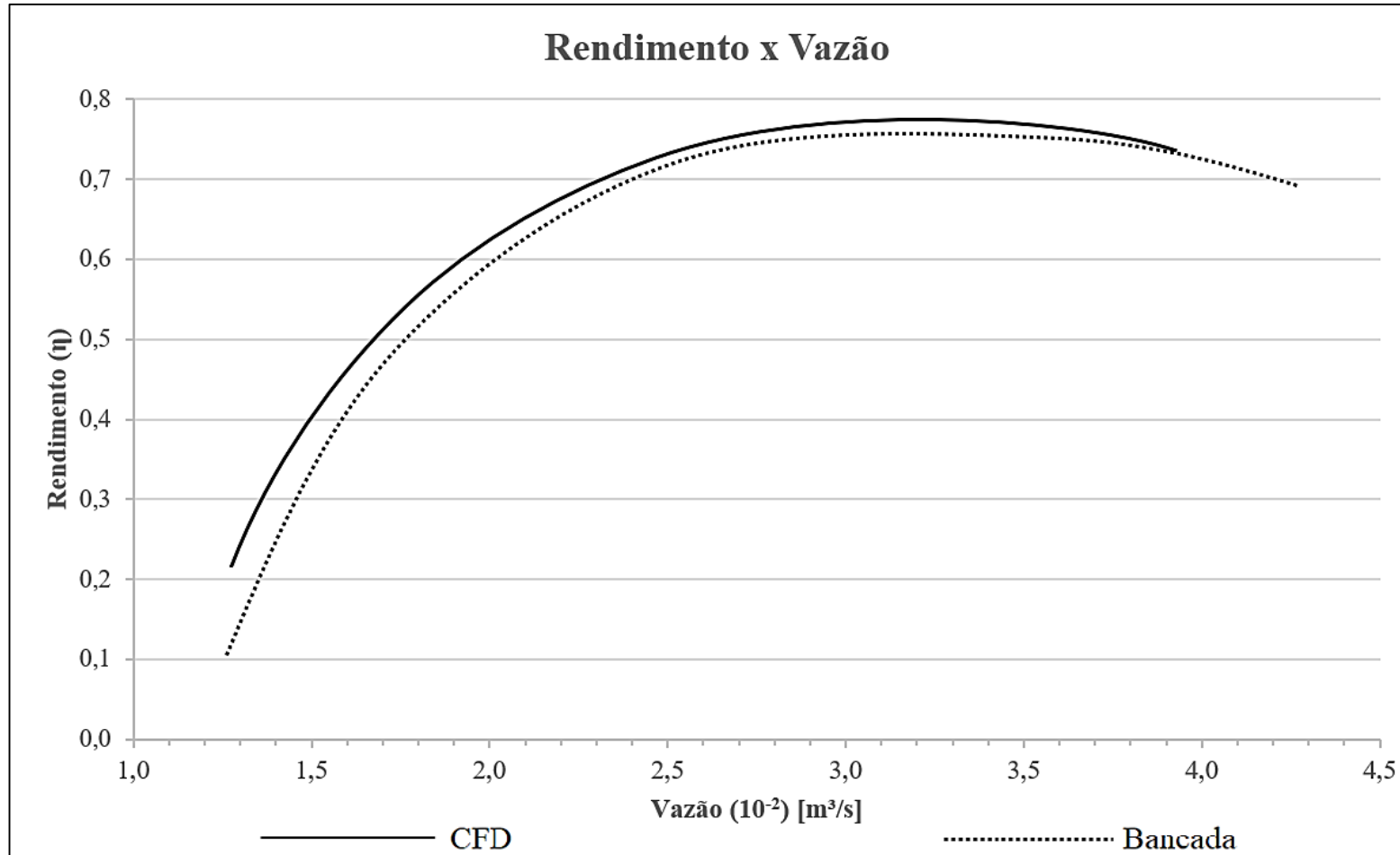
Curvas de Rendimento da Turbina
Ensaio de Bancada
Distribuidor à Montante

Rotor Sem Distribuidor
Vazão: 0,01712 m³/s
Rotação: 400 rpm
Rendimento: 63,1%

Rotor Com Distribuidor
Vazão: 0,03382 m³/s
Rotação: 800 rpm
Rendimento: 74,82%



Comparação dos Resultados – CFD x Ensaio de Bancada



Turbina Maremotriz - Conclusões

- Aumento da eficiência máxima atingida pelo rotor operando com o distribuidor posicionado a montante;
- Houve um aumento do campo operacional da turbina, onde o rotor apresenta elevada eficiência para altas rotações e vazões;
- Esse aumento da faixa de operação, além de aumentar as possibilidades de uso da turbina, necessitam de um sistema elétrico, no caso específico o gerador, por exemplo, menos robusto, com menor número de par de polos e, conseqüentemente, com menor custo;
- Melhor comportamento da turbina face às variações da queda, como é caso das centrais maremotrizes.

TURBINA HÉLICE

Turbina projetada com perfis de pá no rotor e distribuidor para operar em sistemas de baixas e ultra baixas quedas quedas

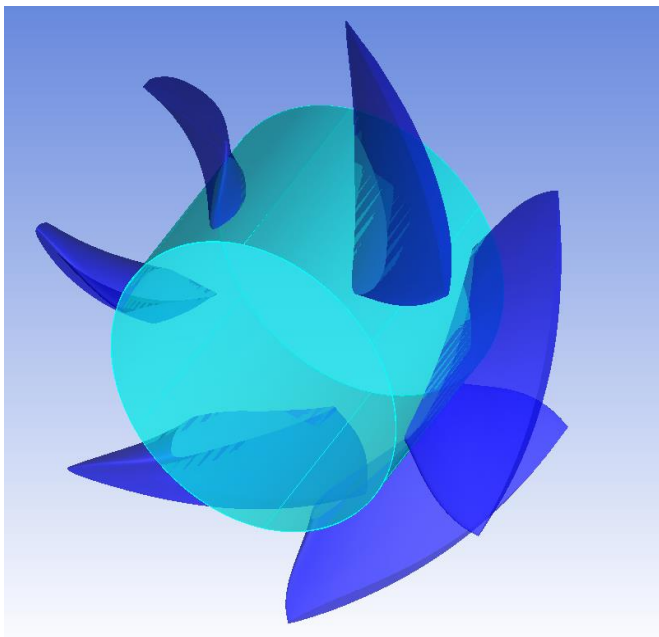
Objetivos:

- Projetar, simular em CFD e desenvolver experimento em laboratório de uma turbina axial que opere com várias vazões e rendimento proximamente constante;

Turbina hélice

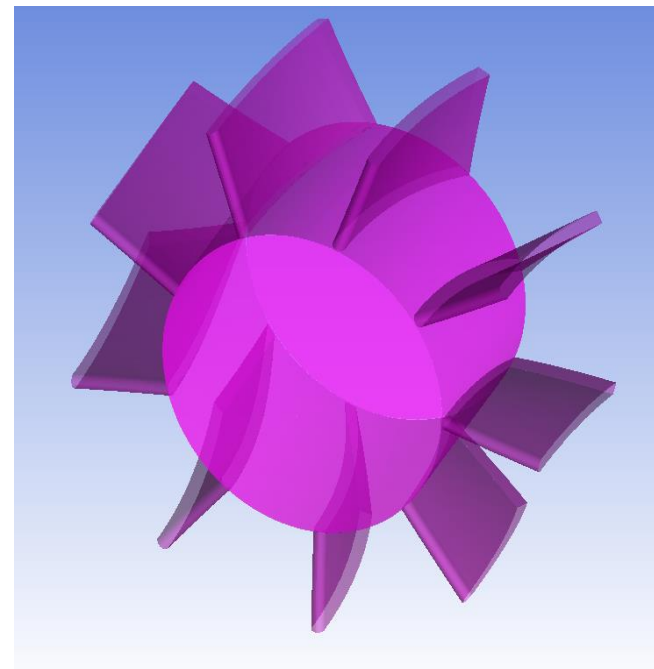
Rotor

Diâmetro Interno: 112mm
Diâmetro externo: 188mm
Número de pás: 6
Perfil: Gottingen 490

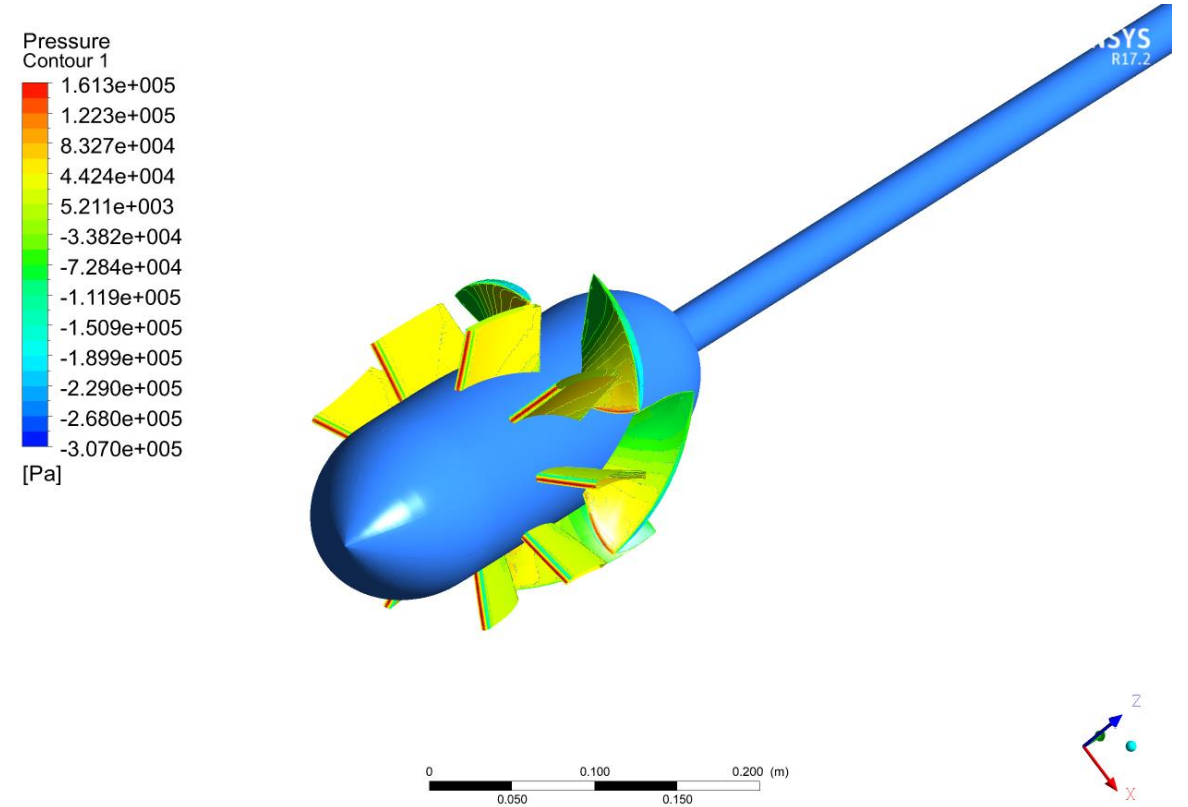
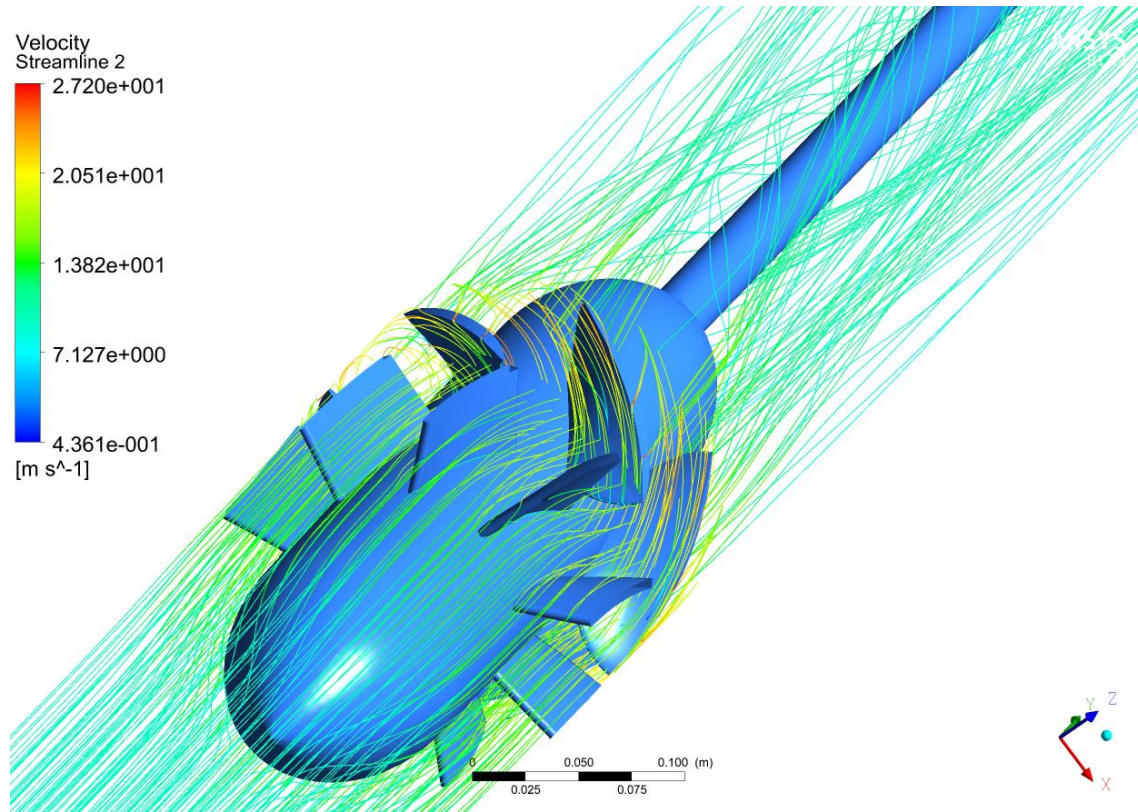


Distribuidor

Número de pás: 9
Espessura das pás: 5mm
Perfil: Arco de Círculo

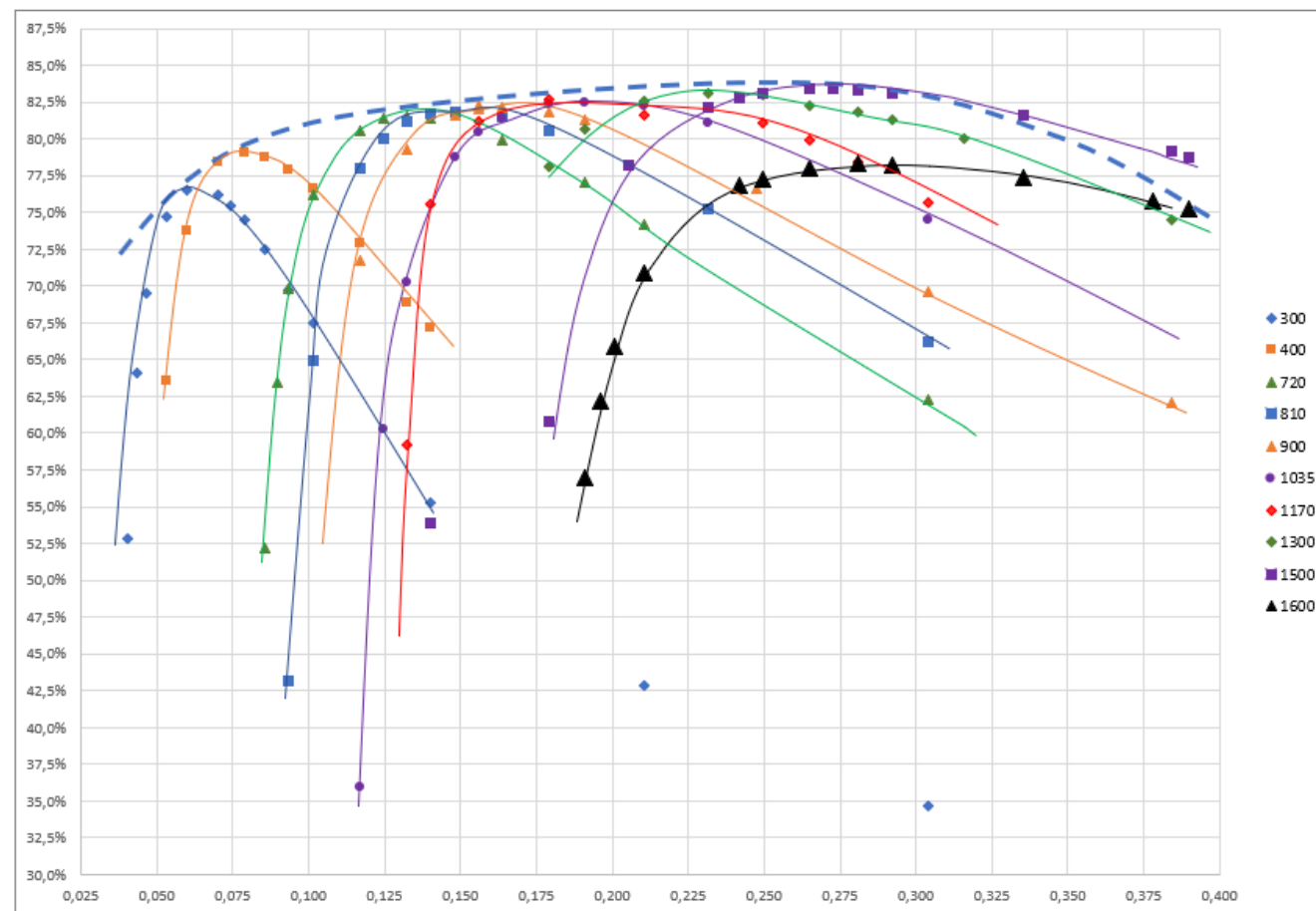


Simulação Computacional - CFD



Simulação Computacional - CFD

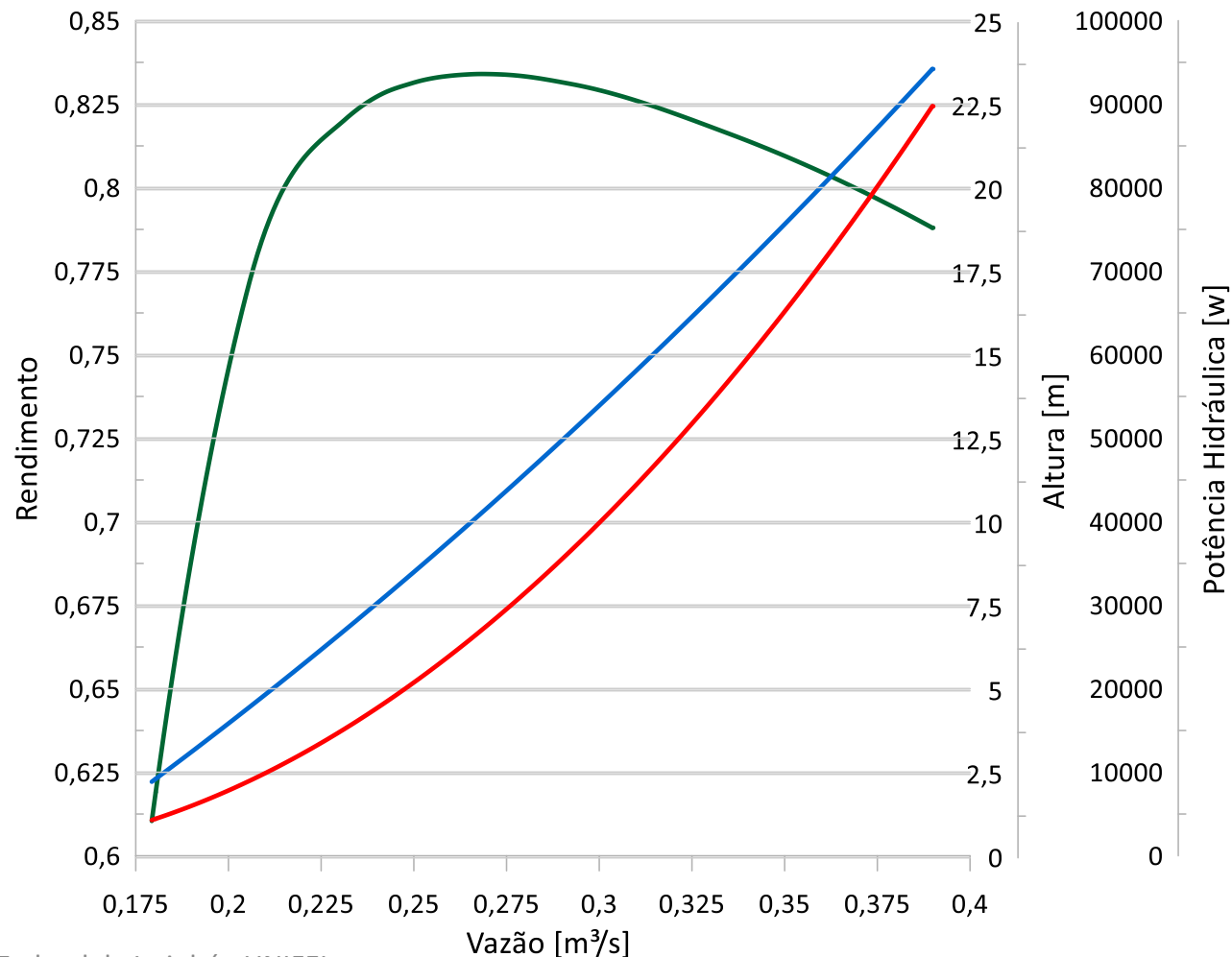
- Montagem com ensaio de perdas mecânicas feito
- Perdas mecânicas por rotação
- Aproximação das curvas ao real



Simulação Computacional - CFD

- Tem-se:

	Vazão [m ³ /s]	Altura [m]	Potência Hidráulica [W]	Rendimento
Rendimento máximo	0,265	10,017	25933,07	83,40%
Rendimento mínimo	0,179	2,230	3906,35	60,79%
Com rotação de 1500 rpm				



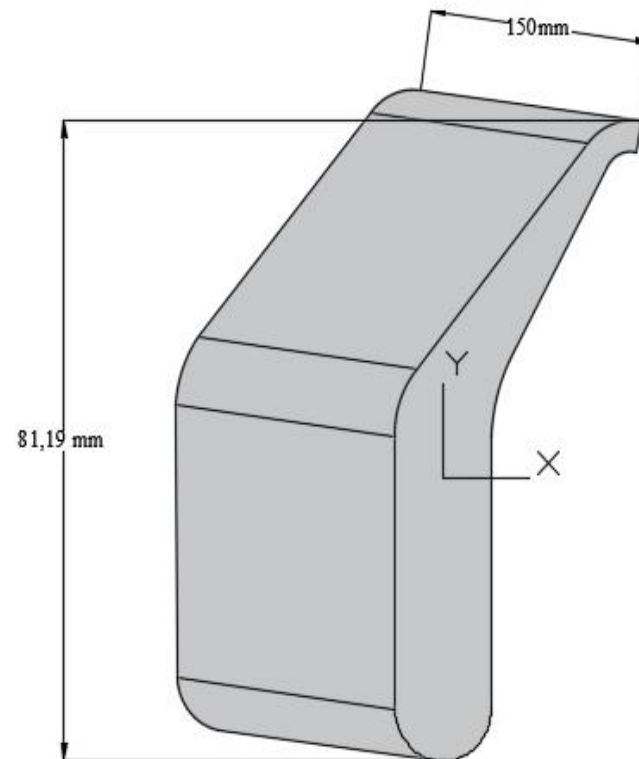
MECANISMO PARA GANHOS DE CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO EM RESERVATÓRIOS

Objetivos:

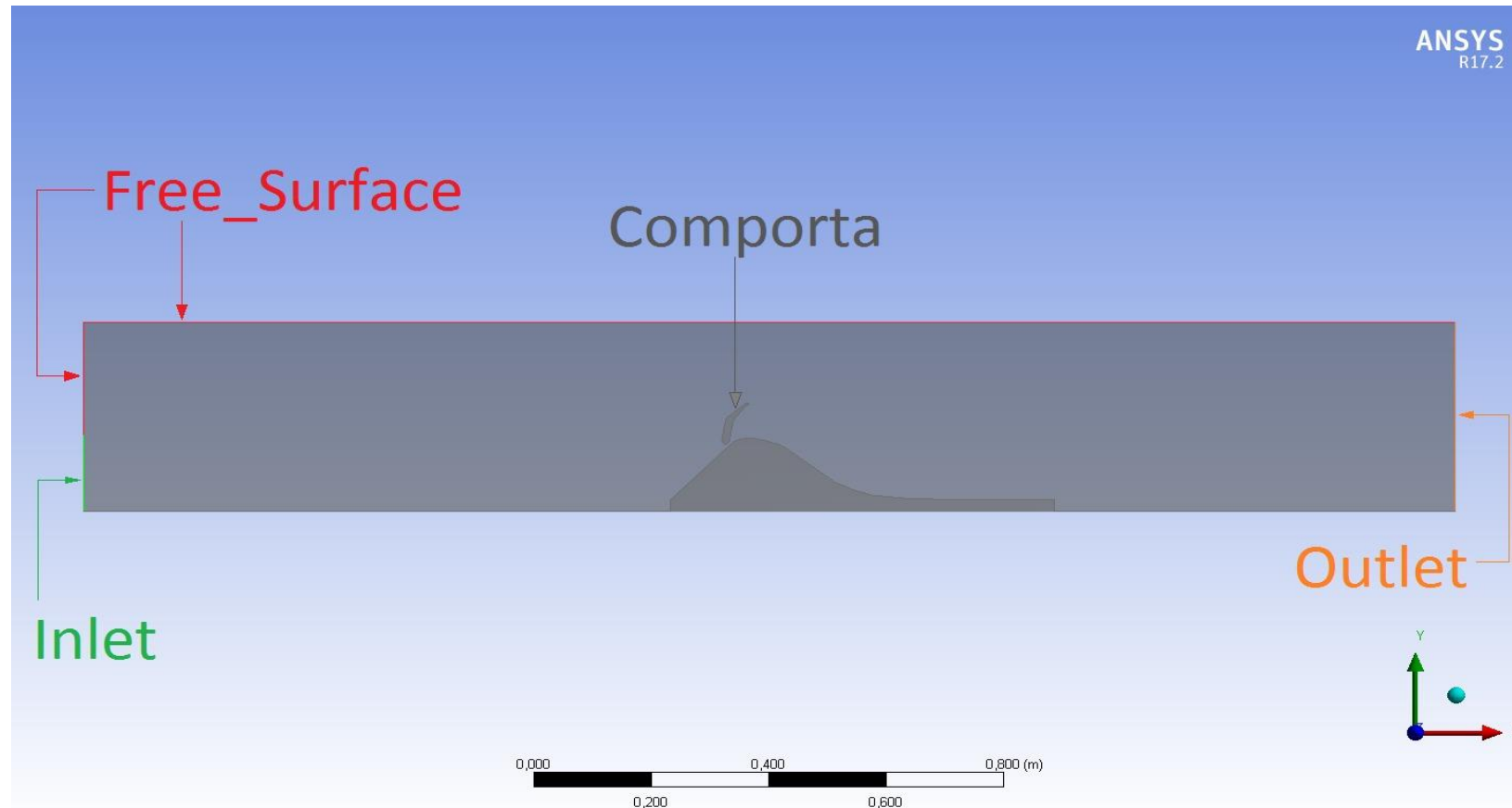
- Desenvolvido um mecanismo visando o acréscimo de capacidade de armazenamento em reservatório de centrais hidrelétricas, auto-operado em função do nível do reservatório
- Objeto de estudo sugerido: Represa Lindolpho Pio da Silva Dias, também conhecida como Barragem Ribeirão do Cipó

Mecanismo

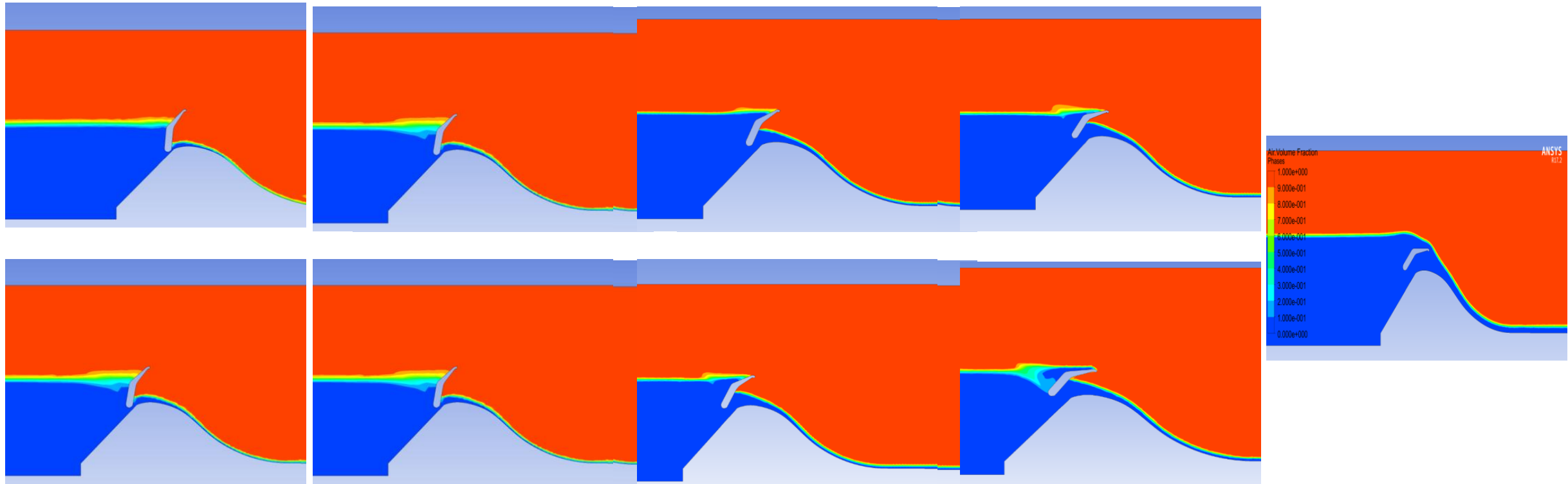
- Aumento da demanda hídrica
- Necessidade de armazenamento para atender todas as atividades
- O mecanismo permite ganho de capacidade de armazenamento dos reservatórios já existentes



Simulação computacional - CFD



Simulação computacional - CFD



Experimento laboratorial

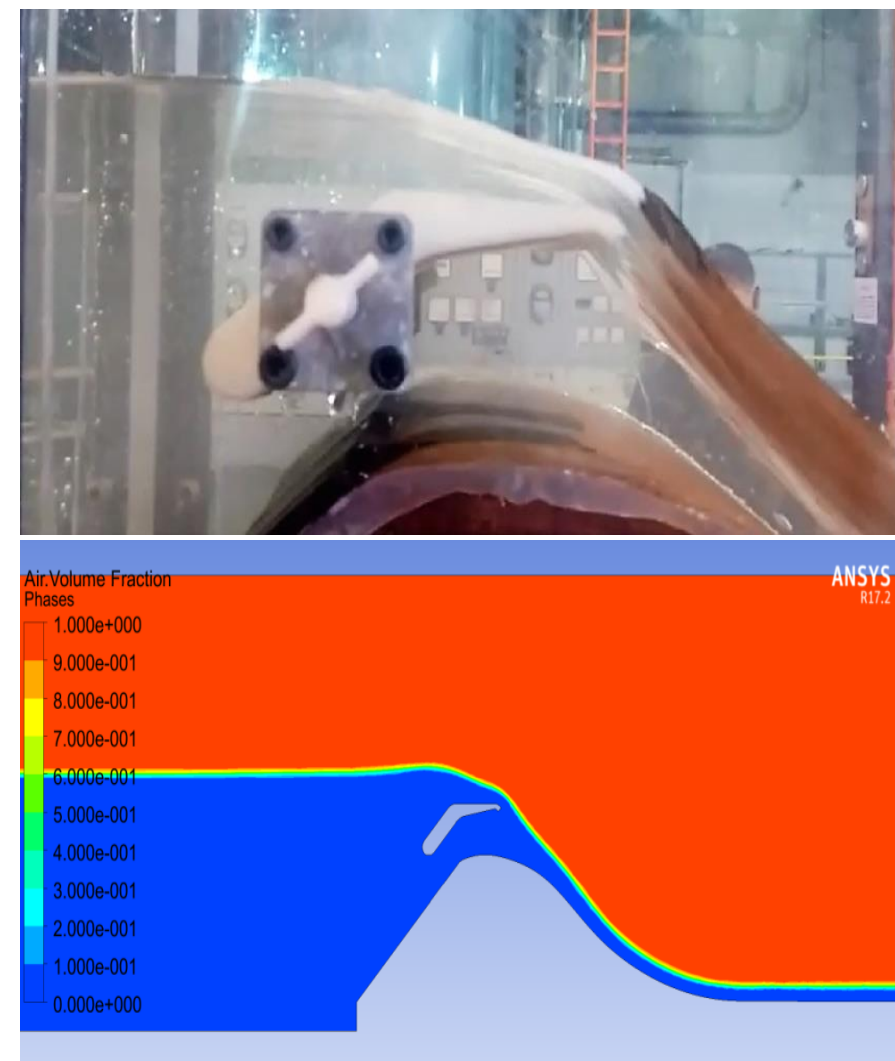


Experimento laboratorial



Simulação *versus* ensaio laboratorial

- Expertise da equipe em comprovar os dados laboratoriais e de simulação numérico-computacional



Propostas Futuras

BRICS STI Framework Programme Coordinated call for BRICS multilateral projects – 3rd Call 2019

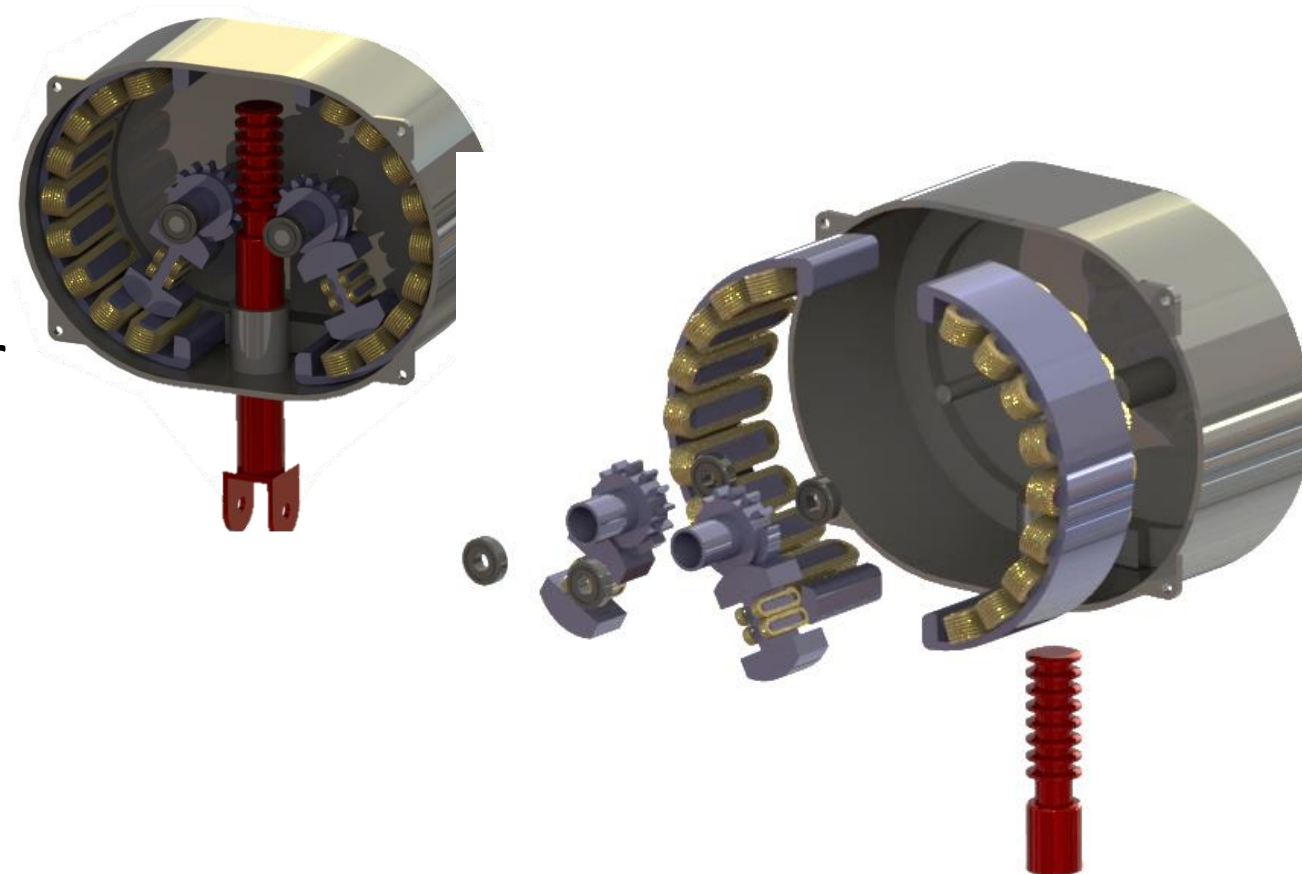


“Variable-speed reversible small pump turbine system for energy storage”,
com a participação dos seguintes parceiros:

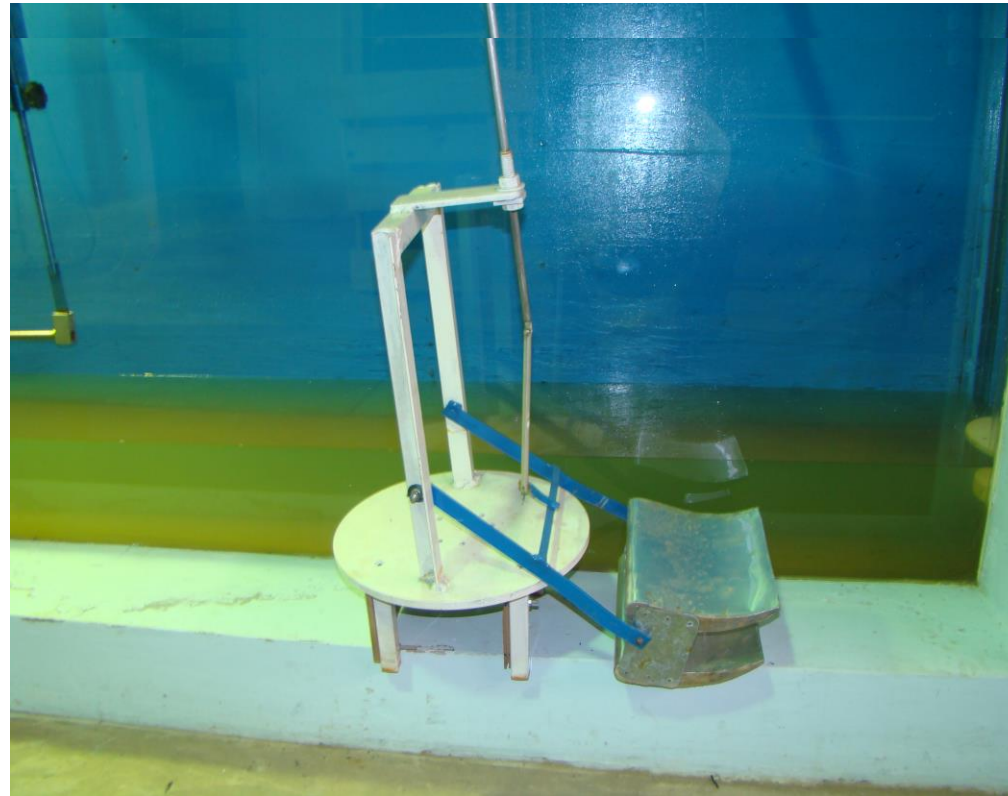
- Índia: Prof. Bhupendra Kumar Gandhi, Department of Mechanical & Industrial Engineering, IIT Roorkee China: Prof. Baoshan Zhu, Department of Energy and Power Engineering, Tsinghua University,
- Brasil: Prof. Geraldo Lúcio Tiago Filho, Federal University of Itajubá, Institute of Natural Resources - Full Professor – Coordinator of National Reference Center of SHP in Brazil
- Rússia: Prof. Sergey Shtork, Laboratory of Ecological Problems of Thermal Power Engineering, Kutateladze Institute of Thermophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IT SB RAS),

Gerador de Polos Oscilantes

- Converte movimento linear em rotativo oscilante
- Geração de eletricidade



Sistema de Geração de energia com perfis hidrodinâmicos oscilantes



ESTRUTURA DOS LABORATÓRIOS

Os laboratórios compõe o Laboratório Hidromecânico para Pequenas Centrais Hidrelétricas, possuindo uma vasta possibilidade de desenvolver projetos que visem a prestação de serviços, tanto quanto o desenvolvimento de serviços na área



Circuito de ensaio de modelo - LHPCH



Canal Hidrométrico da UNIFEI



Canal de Ondas

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

Estrutura dos laboratórios

O CERPCH-UNIFEI dispõe de diversos laboratórios para prestação de serviços, pesquisas e utilização didática, envolvendo as áreas:

- Aproveitamento energético
 - Geração de Energia
 - Energias Renováveis



Laboratórios da Universidade

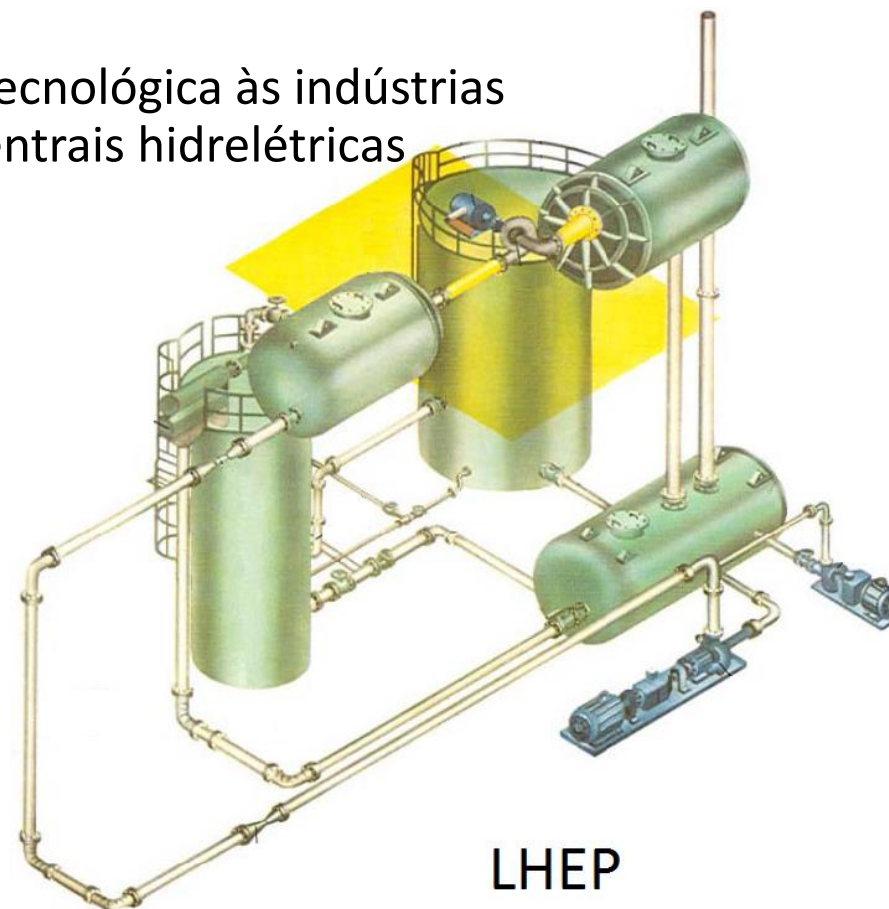
- Alguns dos laboratórios disponíveis na UNIFEI:
 - LHPCH - Laboratório Hidromecânico para Pequenas Centrais Hidrelétricas
 - LHDC - Laboratório Didático e Científico de Pequenas Centrais Hidrelétricas
 - LHEP – Laboratório hidromecânico para Engenharia de Produto
 - Canal de Ondas
 - Canal Hidrométrico – Laboratório de Estruturas Hidráulicas
 - SEHGE – Simulador de escoamentos Hidráulicos em Grande Escala (término de construção previsto para 2017)

Descrição Geral

- Abrange duas plataformas – LHDC e LHEP
- Formação de pessoal qualificado e assistência tecnológica às indústrias fabricantes de turbinas e equipamentos para centrais hidrelétricas



Painel de Controle do LHDC



Planejamento

- Criação, a partir da união junto ao Centro de Tecnologia Hidráulica da USP, o **Centro Cooperado de Tecnologia e Inovações em Máquinas Hidráulicas – CCTIMH**, sendo:
 - Maior centro de ensaio de máquinas hidráulicas da América Latina
 - Laboratório independente, idôneo e de grande capacidade
- Realização de ensaios em território nacional → independência tecnológica



ESCOLA
POLITÉCNICA
DA USP

USP



CERPCH



UNIFEI



Laboratório da USP

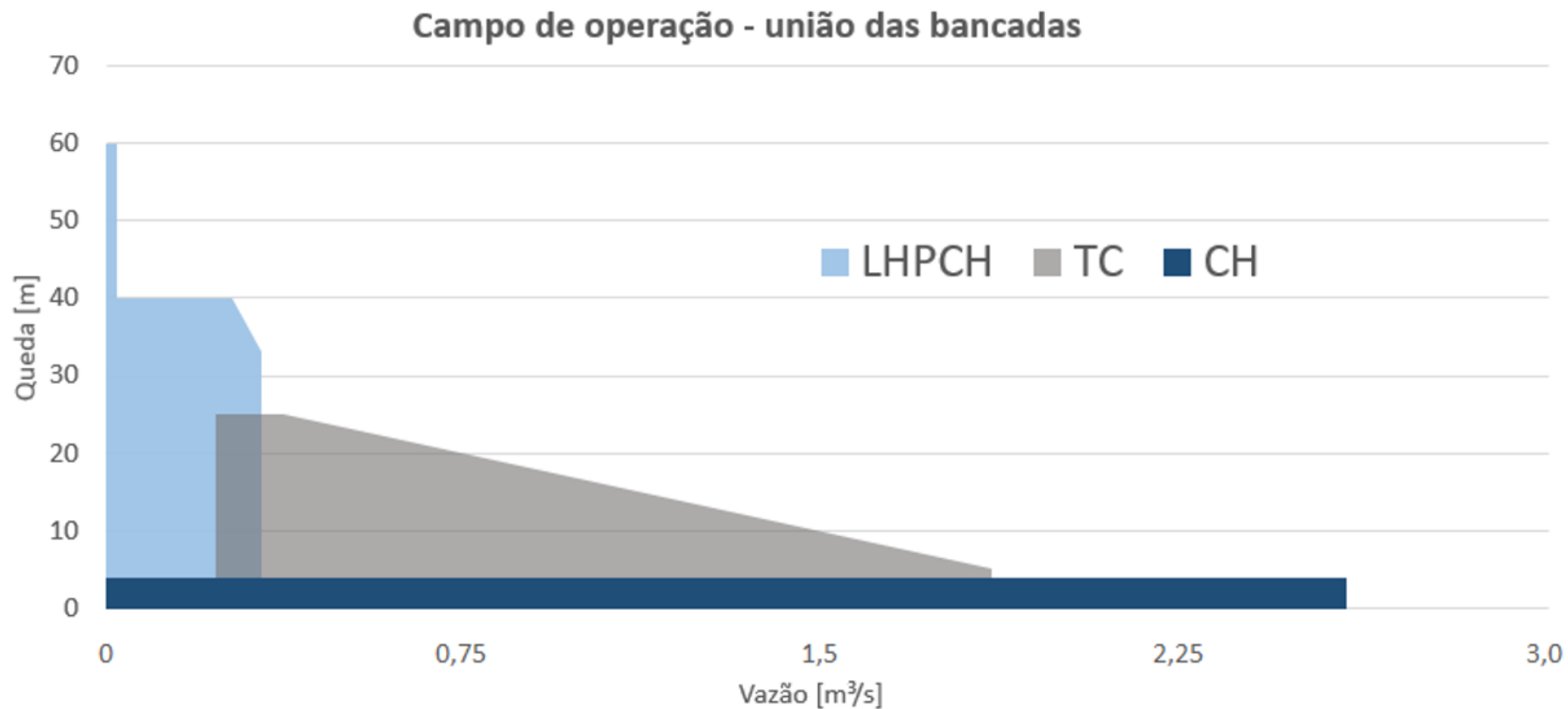


- O Laboratório de Ensaio de Máquinas e Equipamentos Hidráulicos, do CTH da USP, possui três bancadas de teste:
 - Túnel de Cavitação (TC)
 - Canal Hidrométrico (CH)
 - Ensaio de bombas de recalque

Possibilidades

- O CCTIMH, prevê a transferência das bancadas de teste para a cidade de Itajubá-MG.
 - Aumento da abrangência de testes em máquinas de fluxo hidráulicas do CERPCH/UNIFEI
 - Manutenção e adequação de componentes → retorno da operação das bancadas
 - Transferência e construções civis para alocação das bancadas são responsabilidades da UNIFEI.

Perspectiva de atuação



Obrigado!

Geraldo Lúcio Tiago Filho

gltiagofilho@gmail.com