

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
LEPTEN – Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia

PESQUISAS NA ÁREA DE GERAÇÃO TERMOSSOLAR NO LEPTEN-UFSC



Júlio César Passos

Email: julio.passos@ufsc.br

Alexandre Bittencourt de Sá

João Humberto Freitas

Victor C;esar Pigozzo

Willian Mendes

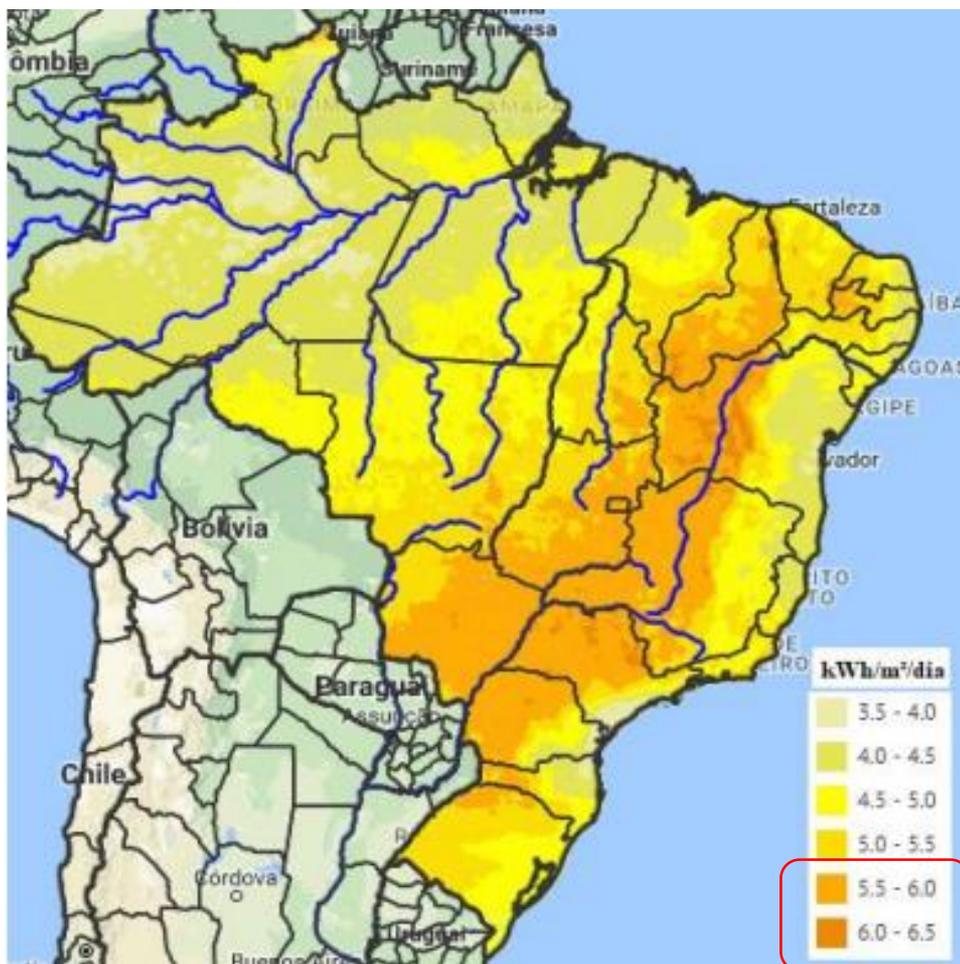
Rio de Janeiro, 04 de Dezembro, 2019



Apresentação

- Introdução
- Concentrador Fresnel Linear no LEPTEN/UFSC
- Resultados
- Conclusões

Introdução



No Brasil, há uma extensa área com potencial ao desenvolvimento de projetos de concentração Heliotérmica.

DNI > 2000 kWh/m²/ano
(5,5 kWh/m²/dia)

Mapa de irradiação direta normal do Brasil

Fonte: NREL (2016), em Ferreira, W.M., Dissertação de mestrado, POSMEC-UFSC, 2018

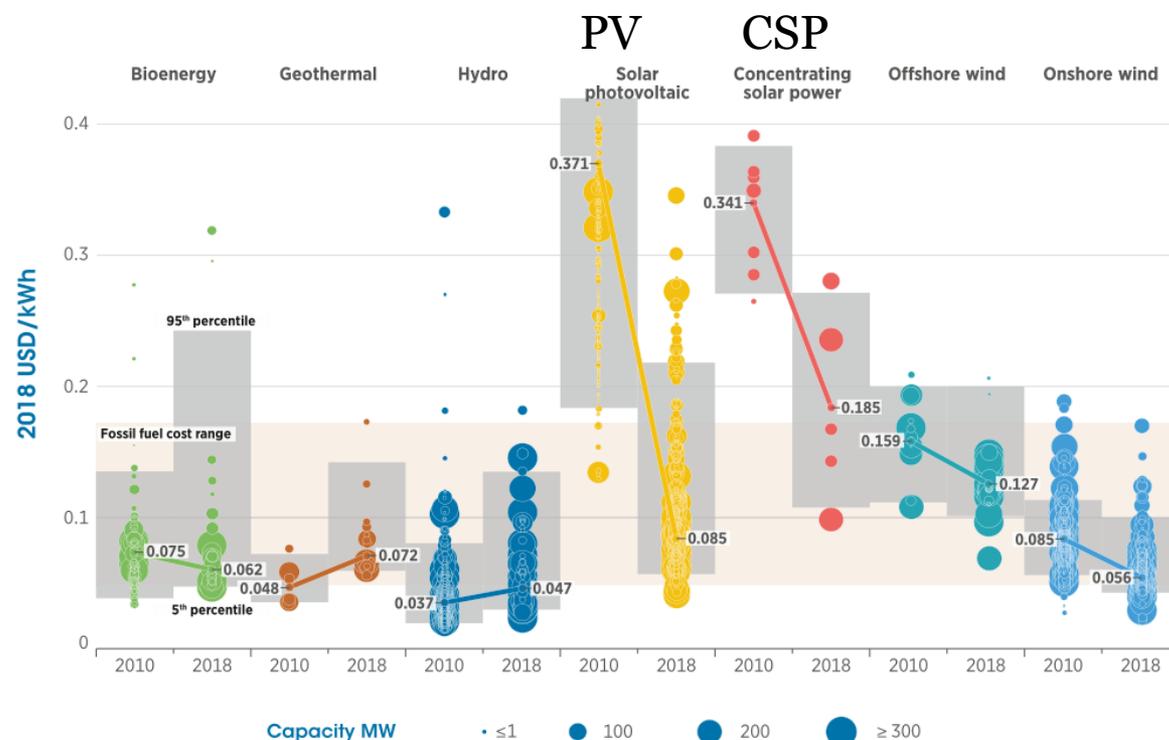
Introdução

- O sucesso da conversão de energia solar em elétrica depende de sistemas de armazenamento.
- CSP com sistemas de armazenamento térmico (SAT, ou TSE em inglês) podem apresentar vantagens sobre os sistemas de geração fotovoltaica de grande potência.

Introdução

Variação Custo Nivelado de Energia (LCoE)

- Variações do LCoE podem ser utilizadas como uma medida de ganho de competitividade;
- Usualmente refletem reduções nos custos de fabricação, ganho de escala e desenvolvimento tecnológico.



Variação do LCoE para diferentes tecnologias de geração de energia renovável em escala comercial entre os anos 2010 e 2018.

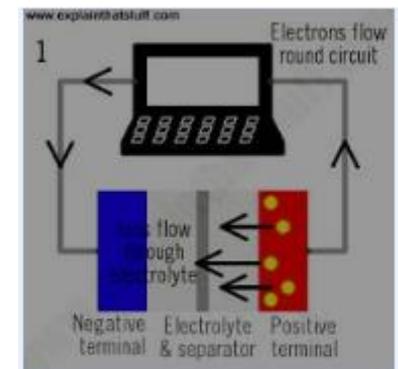
Introdução

Prêmio Nobel de Química 2019



Ao desenvolvimento de baterias de íons de Li recarregáveis.

Sistemas capazes de armazenar grandes quantidades de energia representam um grande desafio ao futuro das energias renováveis!



Introdução

- O setor industrial responde por uma grande fatia do consumo energético
 - Brasil: ~ 40%
- Grande parte dessa energia é consumida na forma de calor
 - Aquecimento
 - Cozimento
 - Secagem
 - Destilação
 - Pintura
 - ...
- 60% dos processos que utilizam energia térmica são a temperaturas de até 250 °C
- Em muitos casos vapor é utilizado como fluido de processo

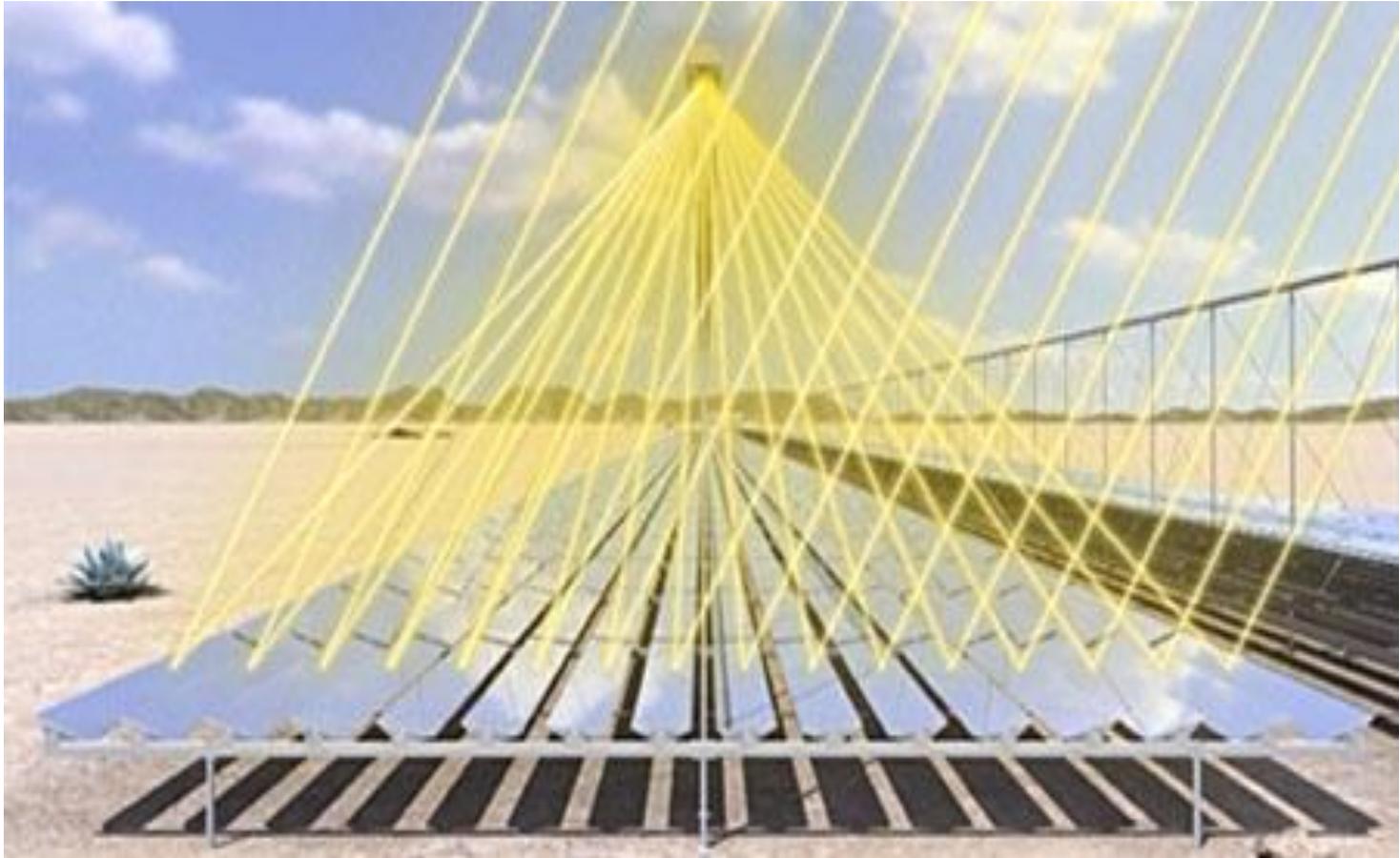
Introdução

- O Concentrador Fresnel Linear pode apresentar vantagens sobre concentradores parabólicos para utilização industrial em pequena e média escala
 - Menor custo inicial
 - Perfil baixo
 - Maior resistência ao vento
 - Facilidade de instalação em telhados
- DSG (*Direct Steam Generation* - Geração Direta de Vapor)
 - Para temperaturas até 200 °C o uso de Concentradores Fresnel Lineares com absorvedores não evacuados é indicado com um bom custo benefício

Concentrador Fresnel Linear

- Introdução
- **Concentrador Fresnel Linear do LEPTEN/UFSC**
- Resultados
- Próximos Passos
- Conclusões

Concentrador Fresnel Linear



Coletor Fresnel Linear: Novatec Solar (2017)

Concentrador Fresnel Linear da UFSC



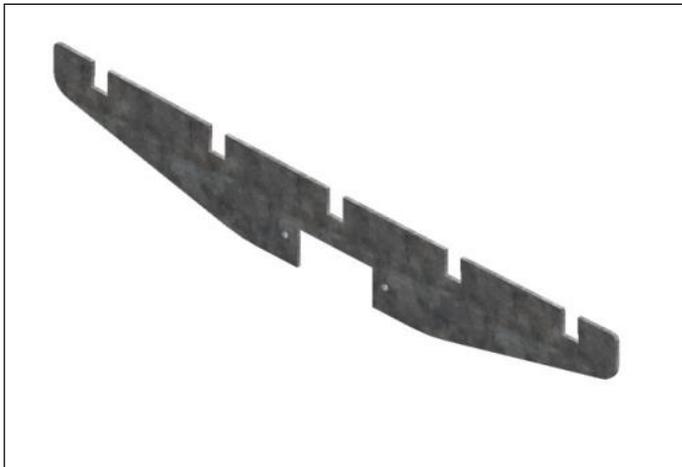
Concentrador Fresnel Linear

- Largura do coletor: 5 m
- Comprimento do coletor/refletor: 12 m
- Quantidade de fileiras: 10
- Largura de cada fileira: 45 cm
- Altura do absorvedor: 3,7 m
- Largura do absorvedor: 15cm
- Distância focal: 5 distâncias focais diferentes
- 10 linhas simétricas duas a duas com relação ao centro

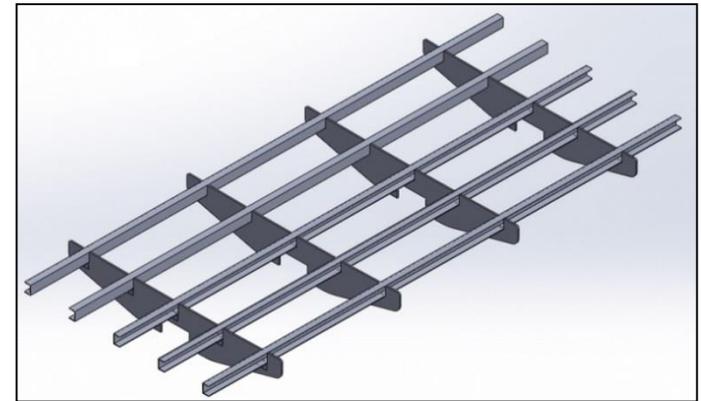
Concentrador Fresnel Linear

Prensa para curvar os espelhos

- Originalmente planos, curvados a frio
- 120 espelhos de 3mm de espessura
- Dimensões: 1000 mm x 450 mm



Espinhas de peixe



Estrutura de fixação dos espelhos

Concentrador Fresnel Linear



Concentrador Fresnel Linear

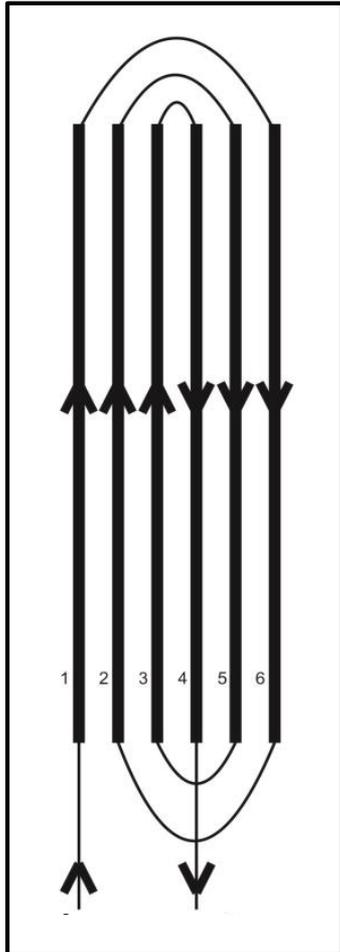


Absorvedor trapezoidal multi-tubos
não evacuado

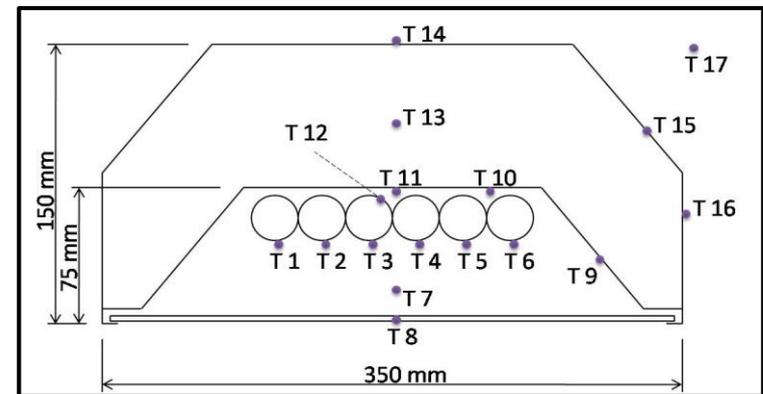
- 6 tubos de aço inoxidável
- Diâmetro externo: 25,4 mm
- Tinta seletiva nos tubos - *Solkote Solec*
 ε - 0,20 à 0,49
 α - 0,88 à 0,94
- Janela de vidro *extra-clear*
- Calha trapezoidal de alumínio com isolamento térmico de lã de rocha
- escoamento do fluido é em série pelos seis tubos, indo da periferia para o centro

Concentrador Fresnel Linear

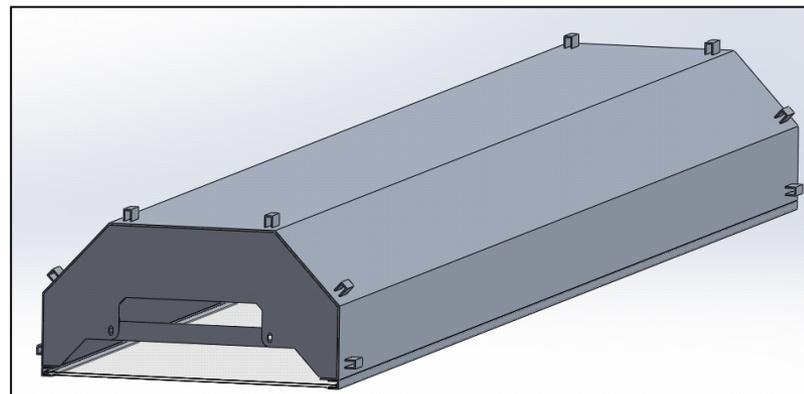
Escoamento em série pelos tubos



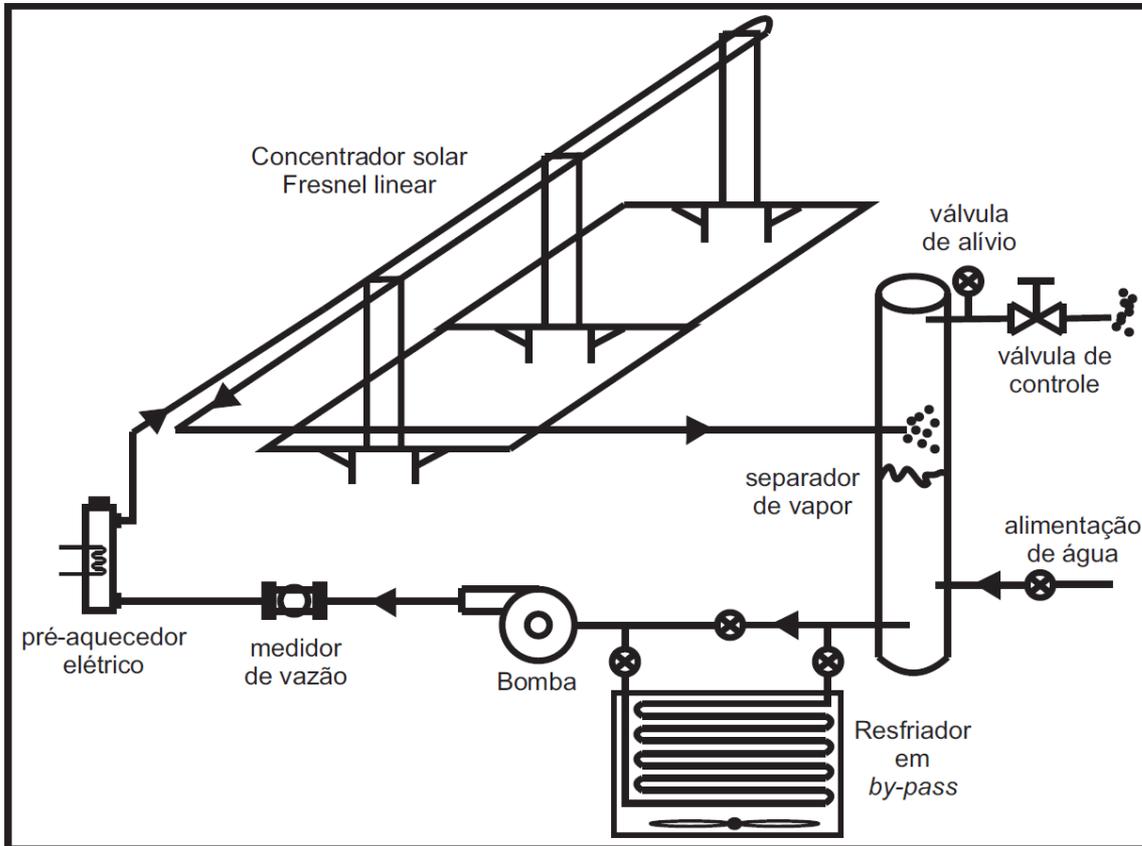
Instrumentação e dimensões do absorvedor



Calha trapezoidal de alumínio



Concentrador Fresnel Linear



$P_{\max} = 23 \text{ bar} \text{ -- } T_{\text{sat}} = 220^{\circ}\text{C}$

Vazão: entre 0,1 l/s e 1,0 l/s

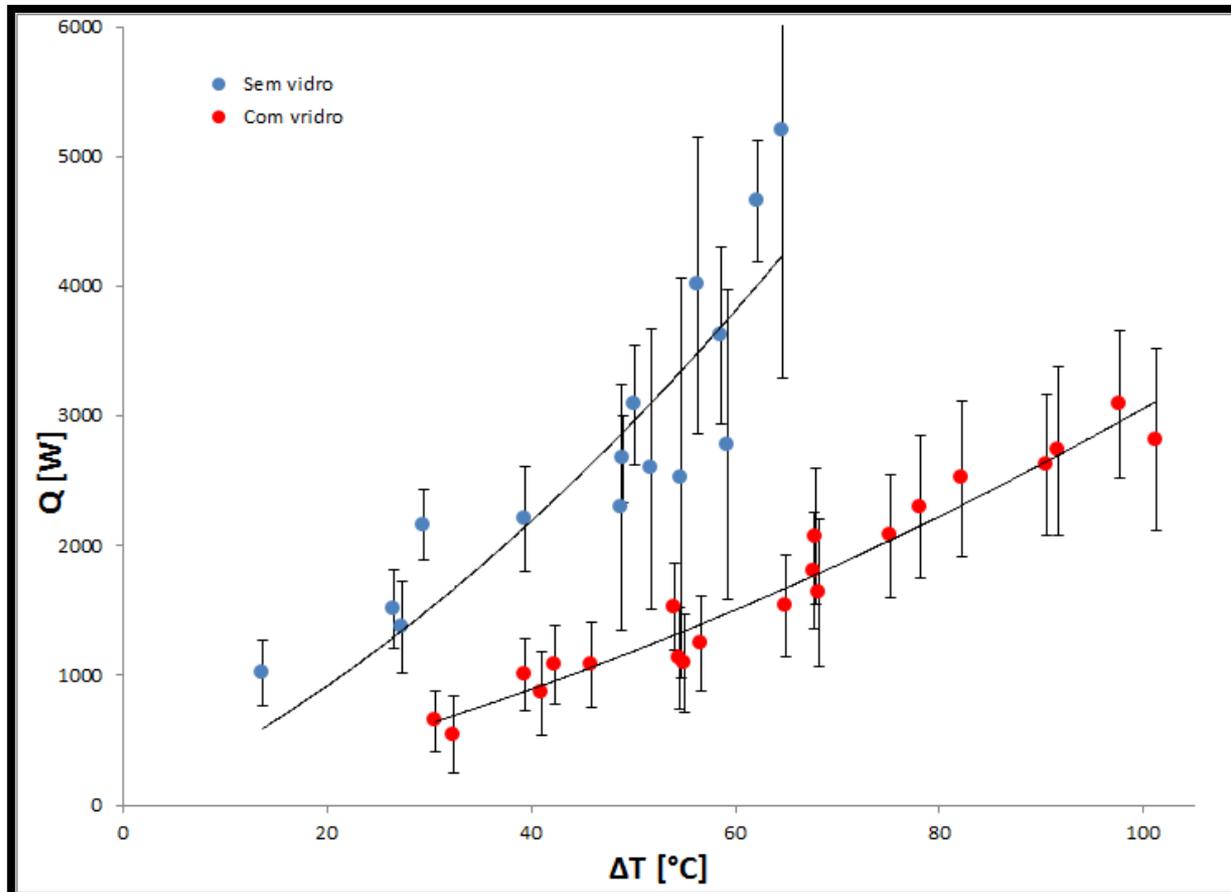


Resultados

- Introdução
- Concentrador Fresnel Linear
- **Resultados**
- Conclusões

Resultados

Teste de perdas Térmicas



- Efetividade da Janela de vidro do absorvedor na diminuição das perdas térmicas
- Grande influência do vento nas perdas térmicas

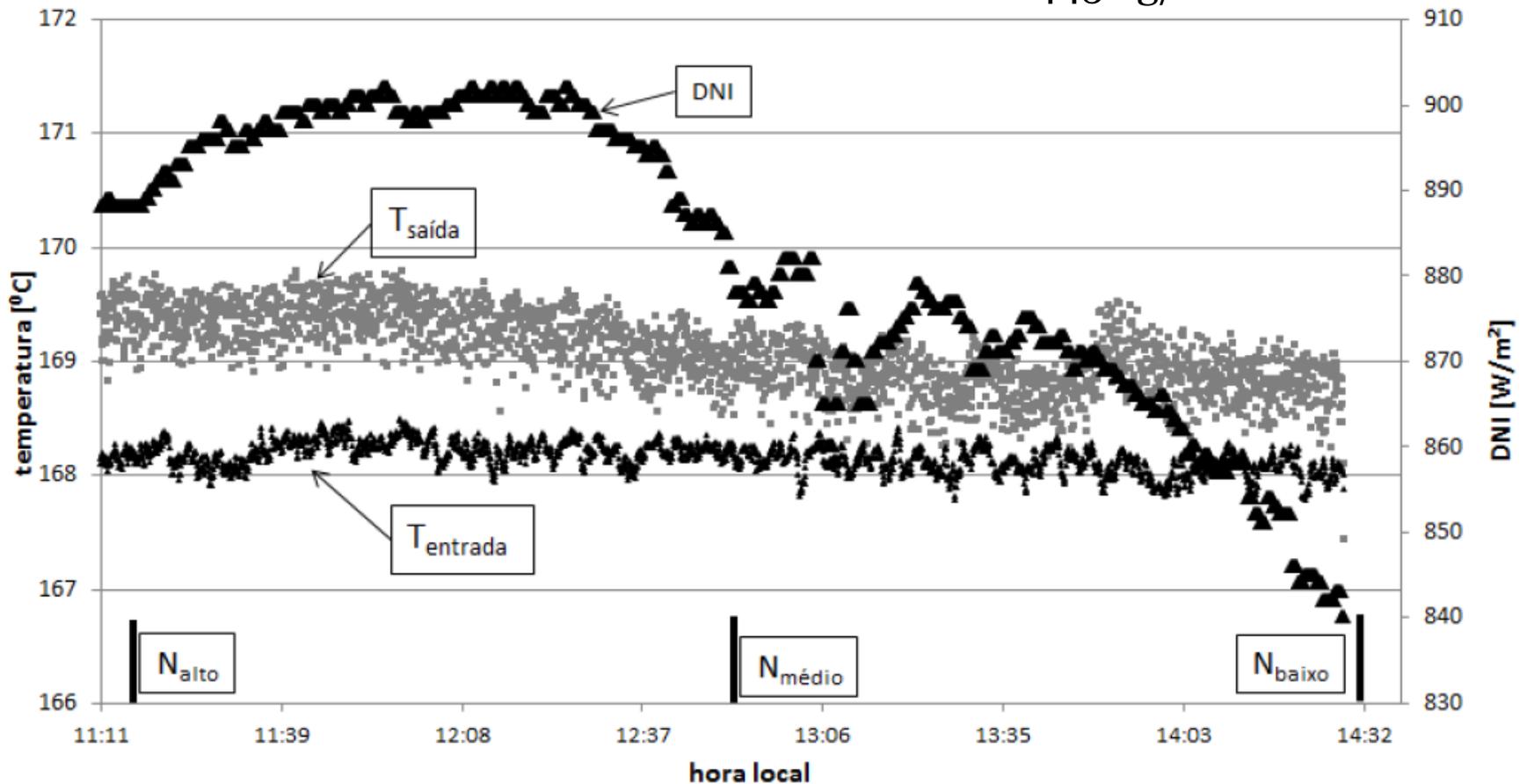
Resultados

Geração Direta de Vapor

$v = 0,21 \text{ l/s}$

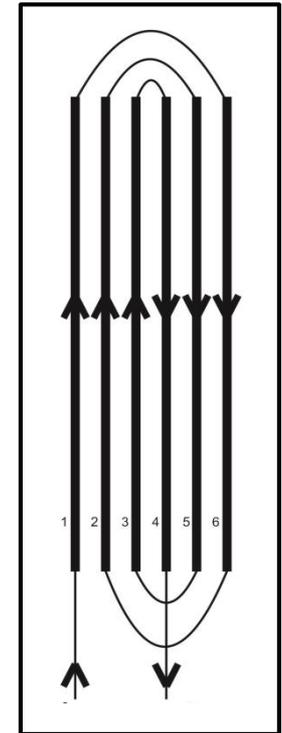
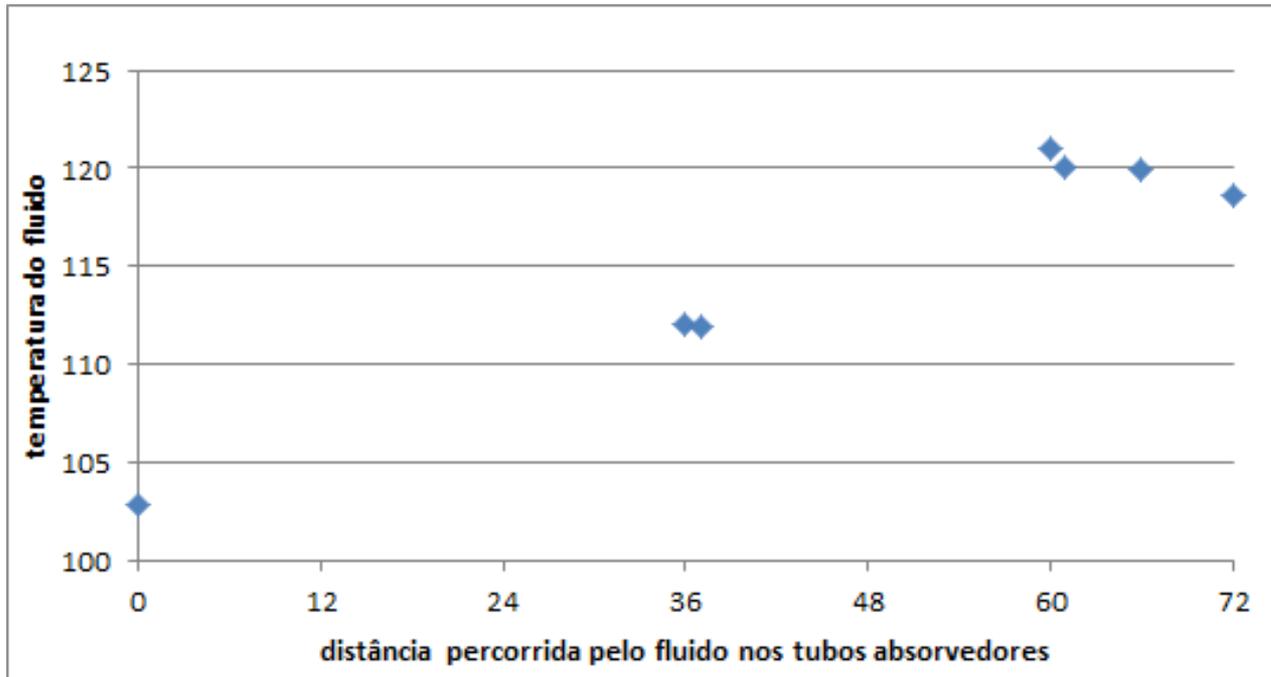
$P_{in} = 8 \text{ bar}$

$G = 445 \text{ kg/m}^2\text{s}$



Resultados

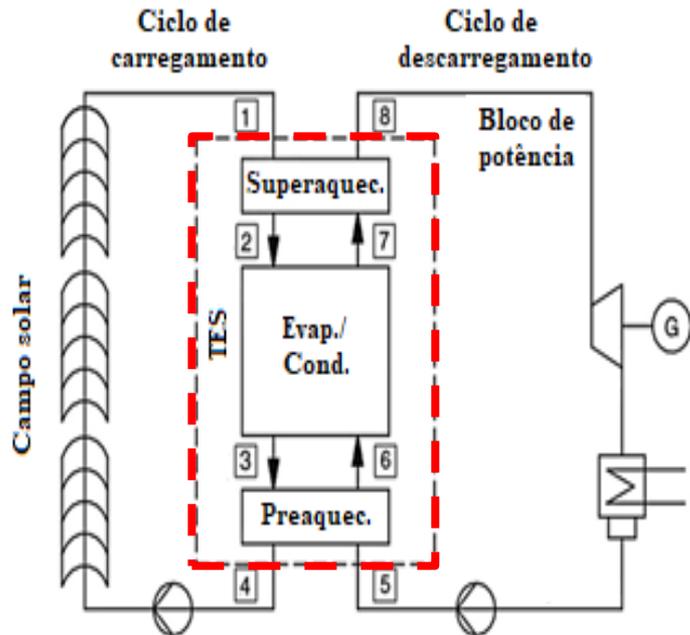
Geração Direta de Vapor



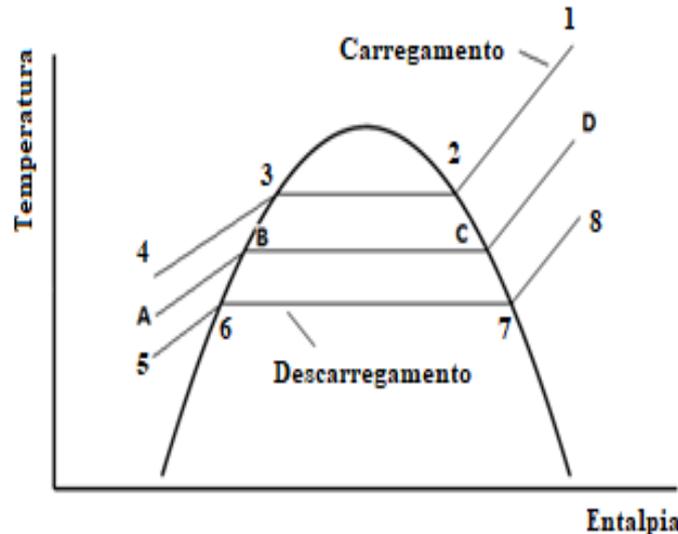
Vazão: 0,15 l/s

Pressão na entrada: 2,38 bar - T_{sat} 125°C

CSP com sistema de armazenamento

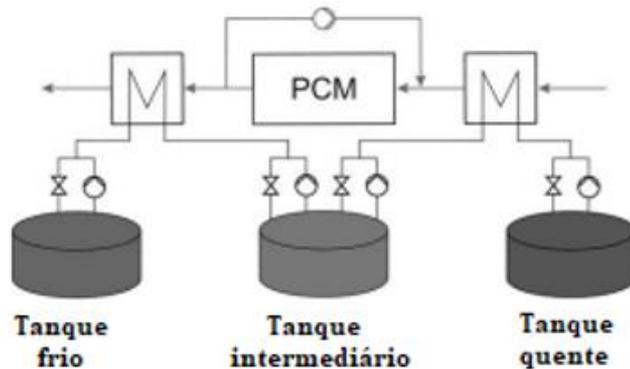


A-B: Armazenamento sensível
 B-C: Armazenamento latente
 C-D: Armazenamento sensível



Conceito de TES para plantas CSP-DSG

Adaptado de Kuravi et al. (2013)

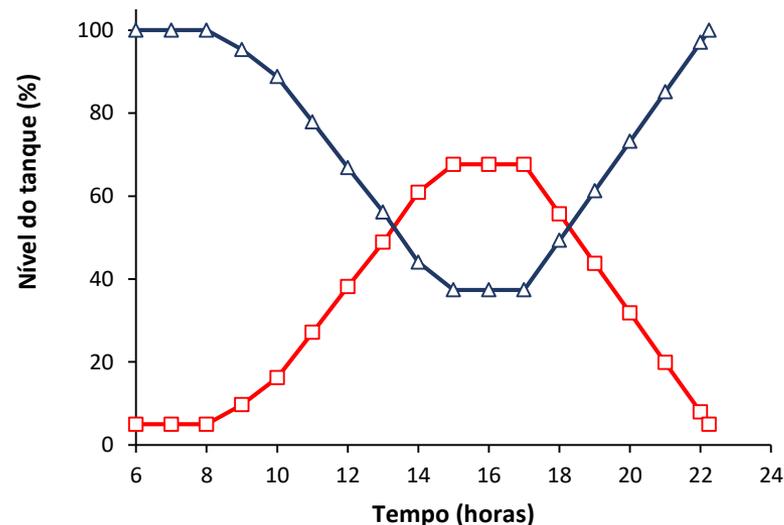
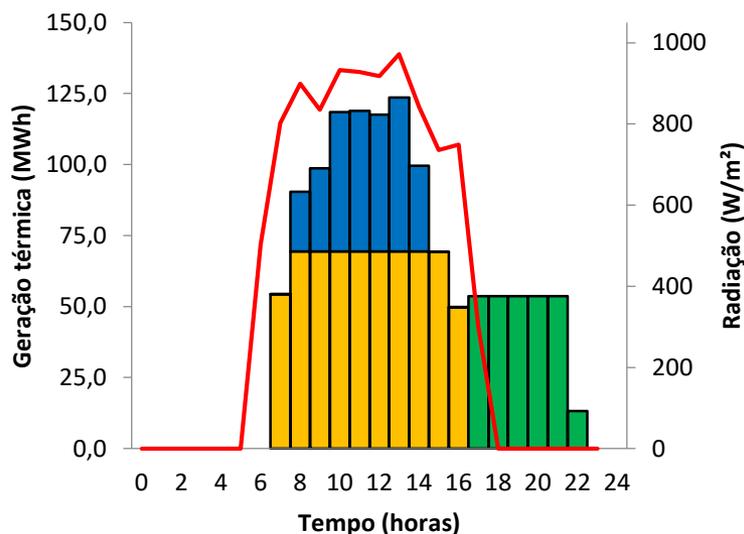


Modelo de TES proposto por Seitz et al. (2014)

In: Ferreira, W. M. e Passos, J.C.,
 VII Congresso Brasileiro de Energia Solar -
 Gramado, 17 a 20 de abril de 2018

CSP com sistema de armazenamento

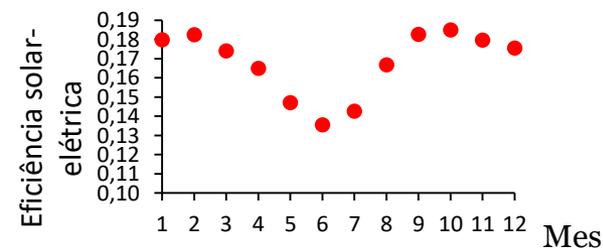
Performance anual de uma planta Fresnel em Bom Jesus da Lapa/BA.



■ Geração direta ■ Energia armazenada
■ Energia recuperada — DNI

□ Tanque quente ▲ Tanque frio

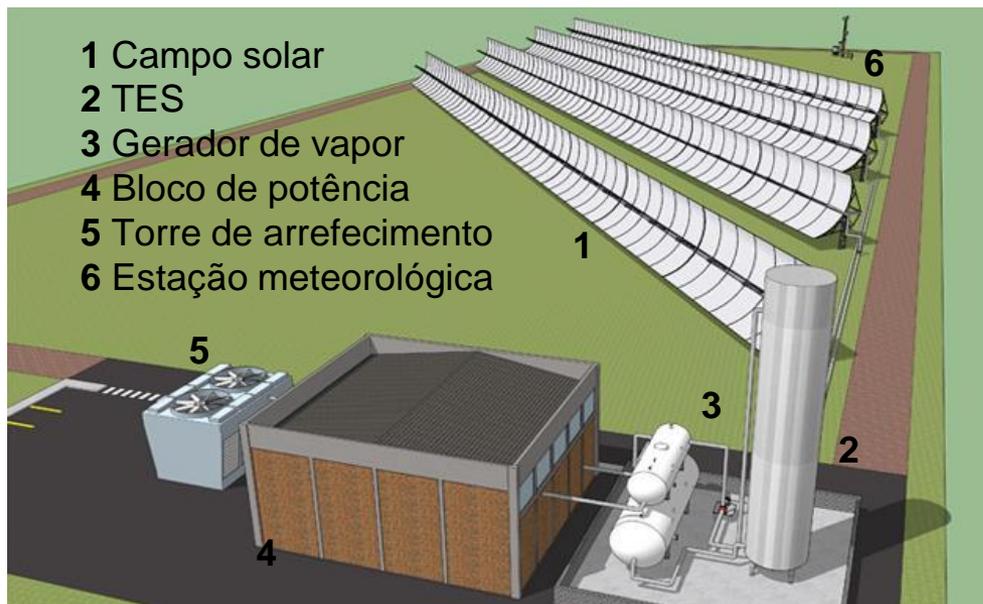
- vapor é gerado diretamente a 550 °C e 107 bar;
- sistema de armazenamento de energia térmica;
- bloco de potência de 30 MW.
- eficiência de conversão solar-elétrica de 16,7%;
- fator de capacidade de 32,8 %.



CSP com sistema de armazenamento

Dissertação de Mestrado

João Martins: Cooperação UFSC - Universidade de Évora

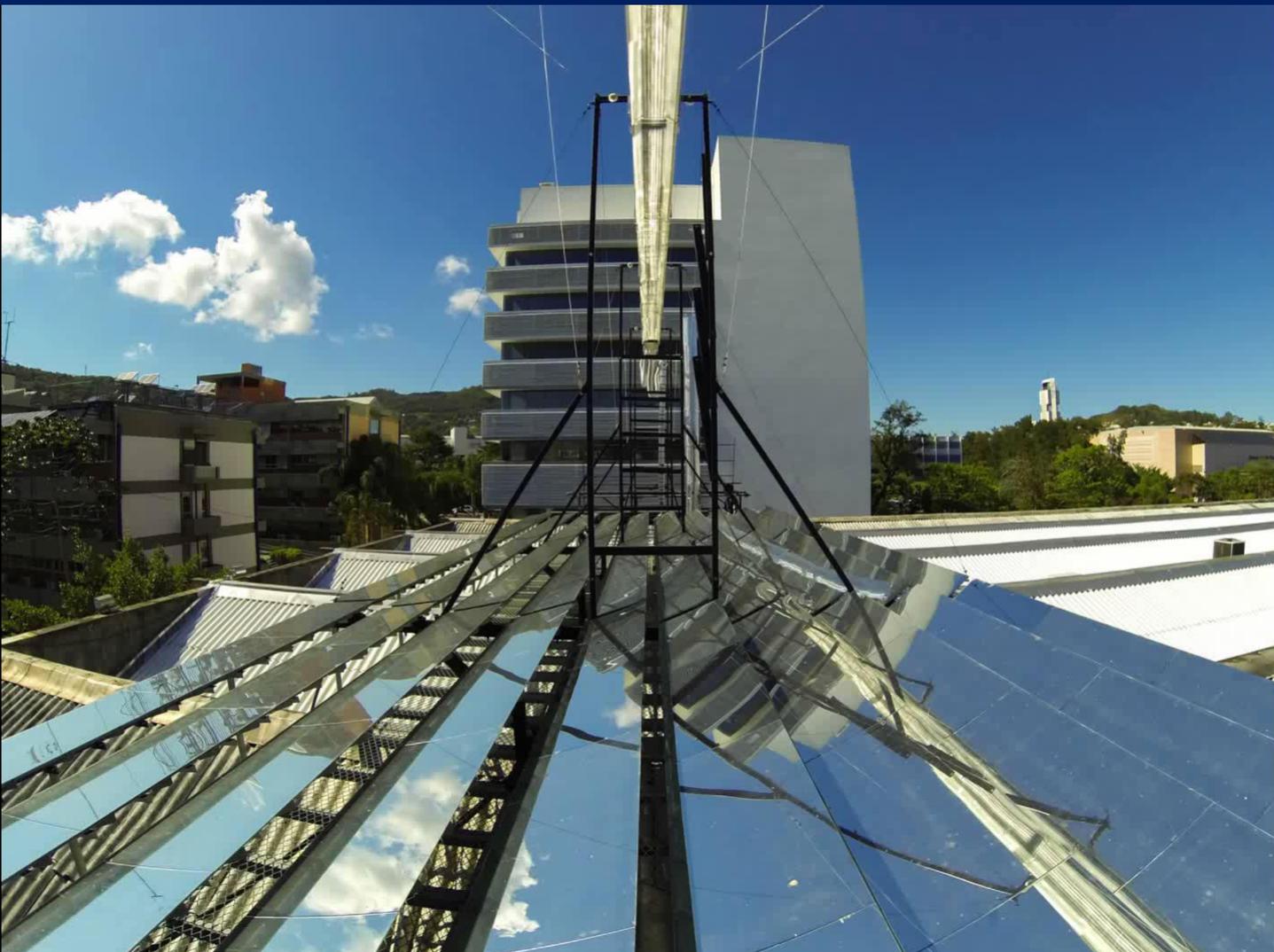


Conceito preliminar da planta piloto.

Principais informações da planta piloto

Característica	Valor / Atribuição
Capacidade instalada	250 kWe
Campo solar	Coletores cilindro parabólicos
Fluido térmico	Óleo sintético
Tecnologia TES	Tanque único Calor sensível Integração direta
Capacidade TES	1,5 h
Empresas responsáveis	Eletrosul, Eudora Energia e Facto Energy
Investimento estimado	R\$ 16,5 milhões

Resultados



Conclusão

- Introdução
- Concentrador Fresnel Linear
- Resultados
- Trabalhos em andamento

 **FGV ENERGIA**



Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico



Project: 406357/2013-7



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

Muito Obrigado pela atenção!

Júlio César Passos
julio.passos@ufsc.br



POSMEC
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica



PETROBRAS

Agradecimentos



Workshop sobre heliotérmica, 04/12/2019



Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico



Project: 406357/2013-7



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Muito Obrigado pela atenção!

Júlio César Passos
julio.passos@ufsc.br

