

**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](mailto:julio.passos@ufsc.br)

Alexandre Bittencourt de Sá  
João Humberto Freitas

Victor C;esar Pigozzo  
Willian Mendes

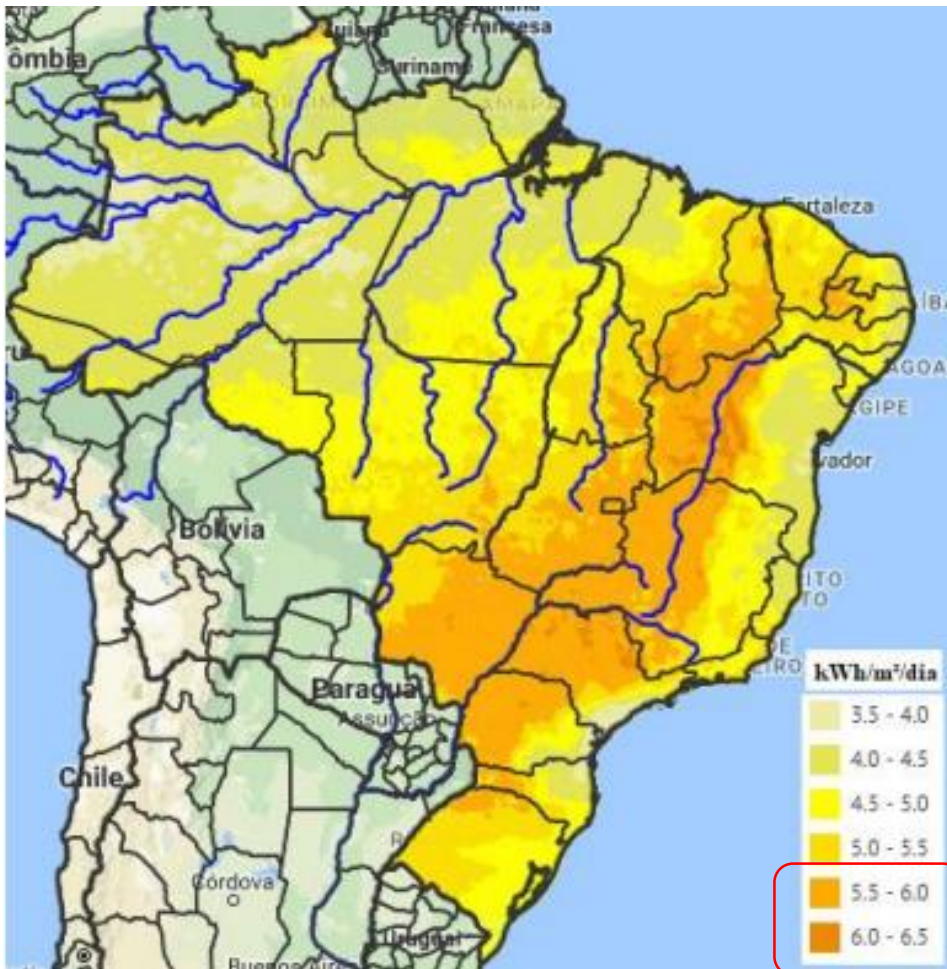
**Rio de Janeiro, 04 de Dezembro, 2019**



# 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

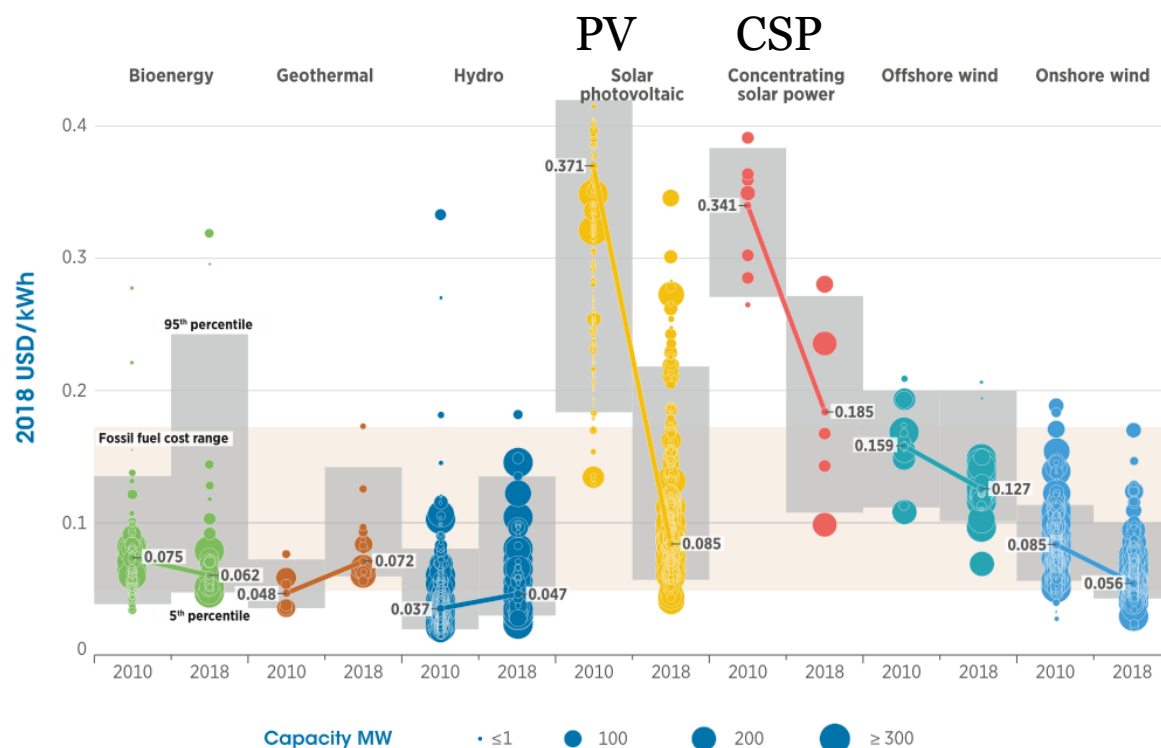
# Introdução

- 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

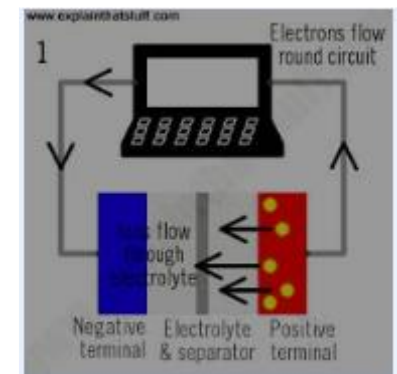
## Prêmio Nobel de Química 2019



(L-R) John B Goodenough, M Stanley Whittingham, Akira Yoshino

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
- [Sharma et al. 2017]

# 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



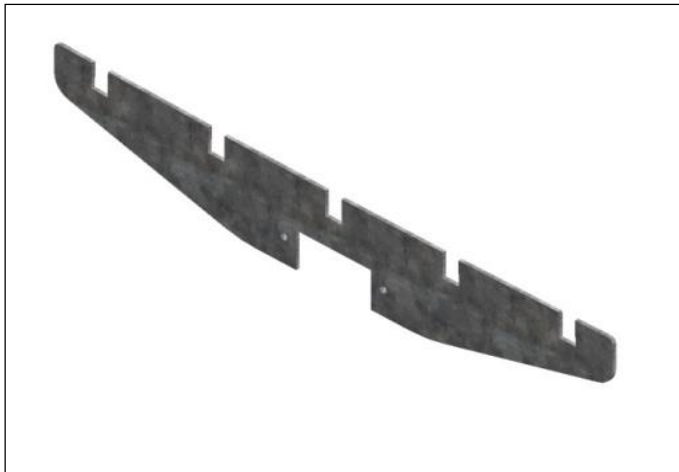
# Concentrador Fresnel Linear

- 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

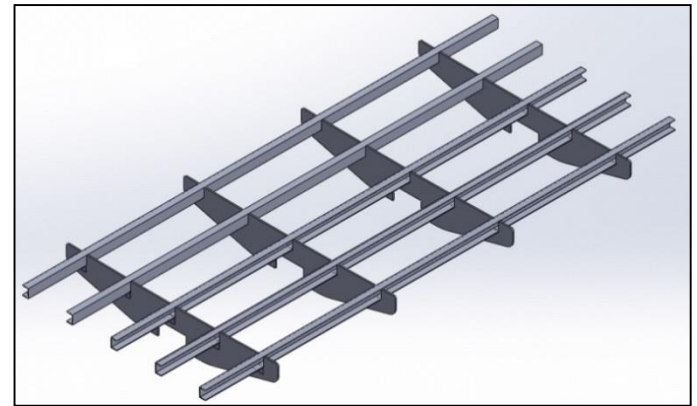
# Concentrador Fresnel Linear

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

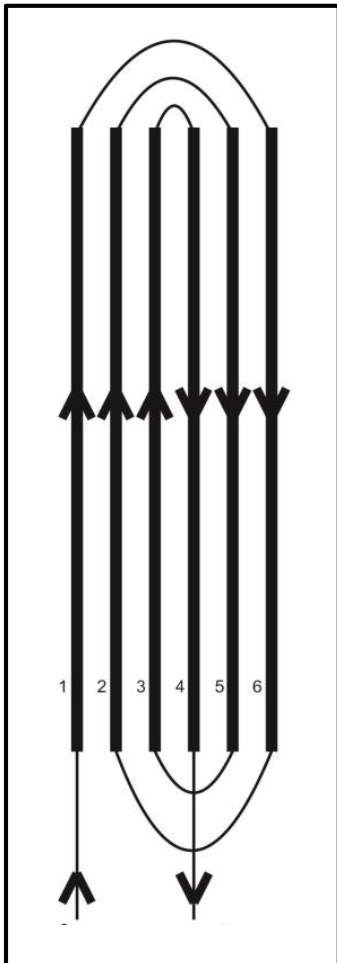


Absorvedor trapezoidal multi-tubos  
não evacuado

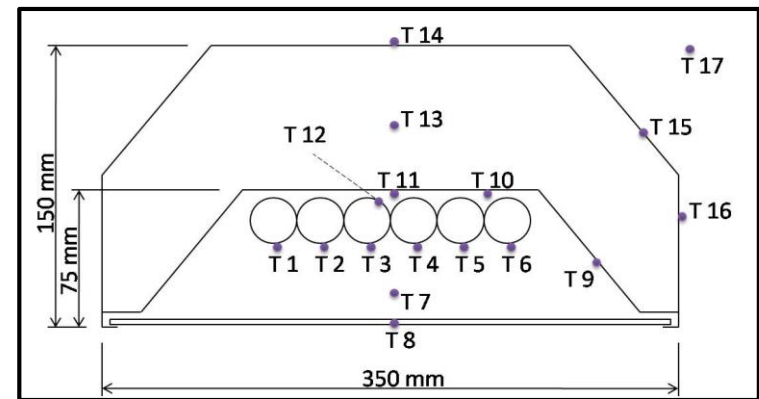
- 6 tubos de aço inoxidável
- Diâmetro externo: 25,4 mm
- Tinta seletiva nos tubos - *Solkote Solec*  
 $\varepsilon$  - 0,20 à 0,49  
 $\alpha$  - 0,88 à 0,94
- Janela de vidro *extra-clear*
- Calha trapezoidal de alumínio com isolamento térmico de lã de rocha
- Escoamento do fluido é em série pelos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

# Concentrador Fresnel Linear

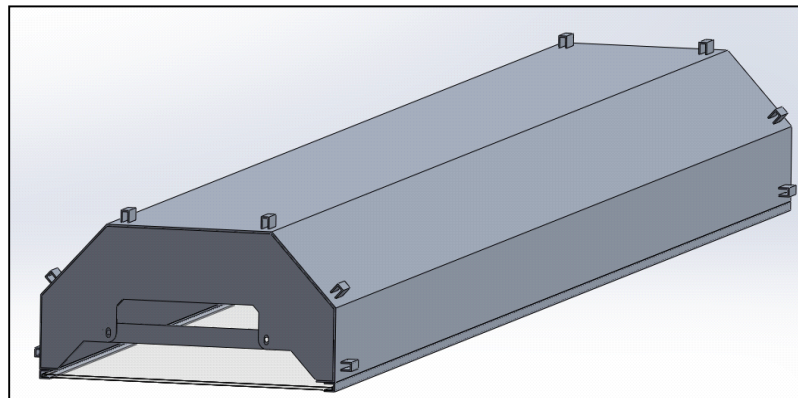
Escoamento em série pelos tubos



Instrumentação e dimensões do absorvedor

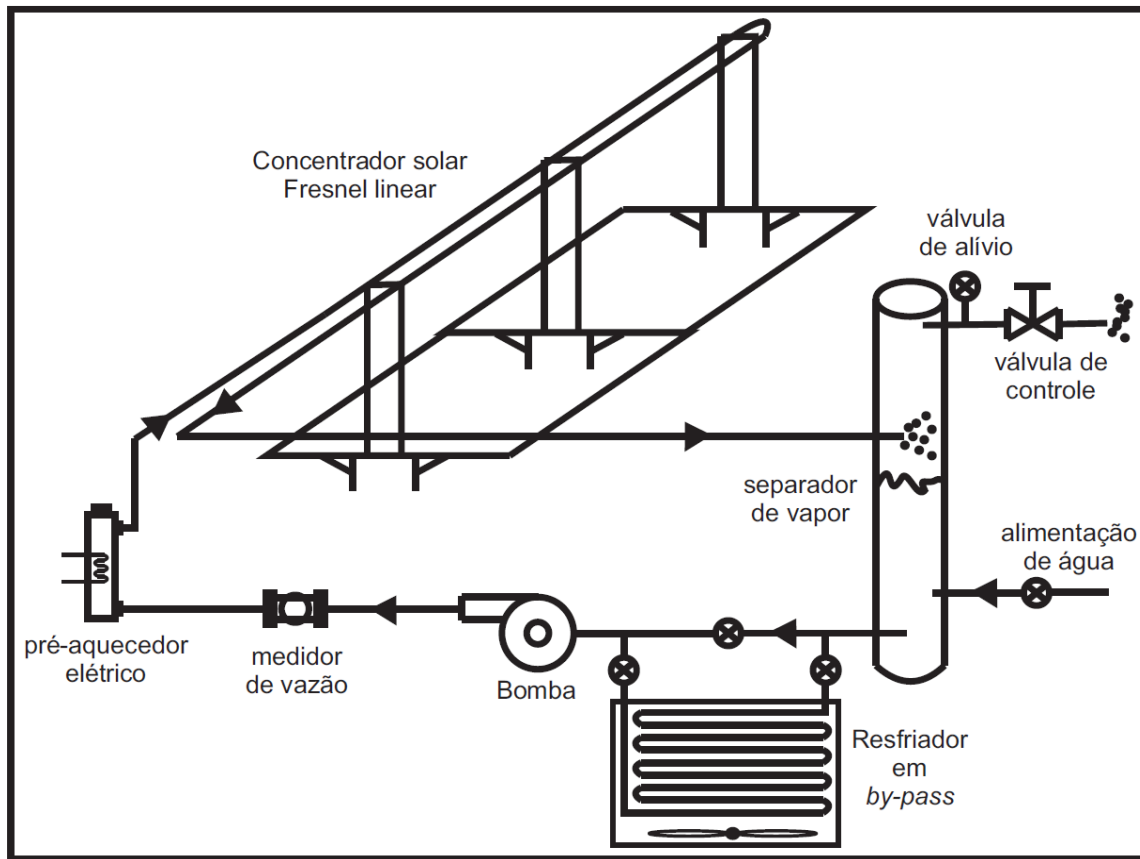


Calha trapezoidal de alumínio





# 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

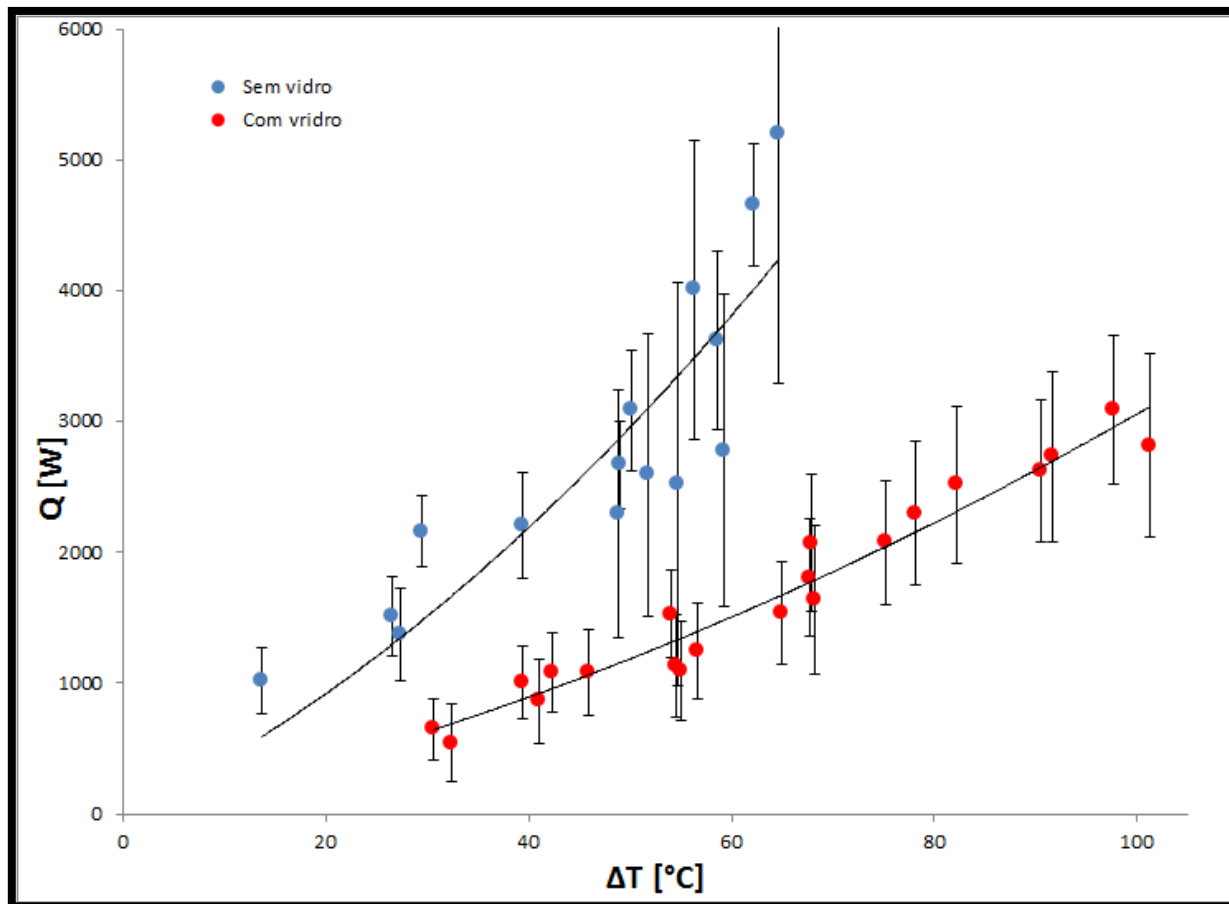


# Resultados

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

# Resultados

## Teste de perdas Térmicas

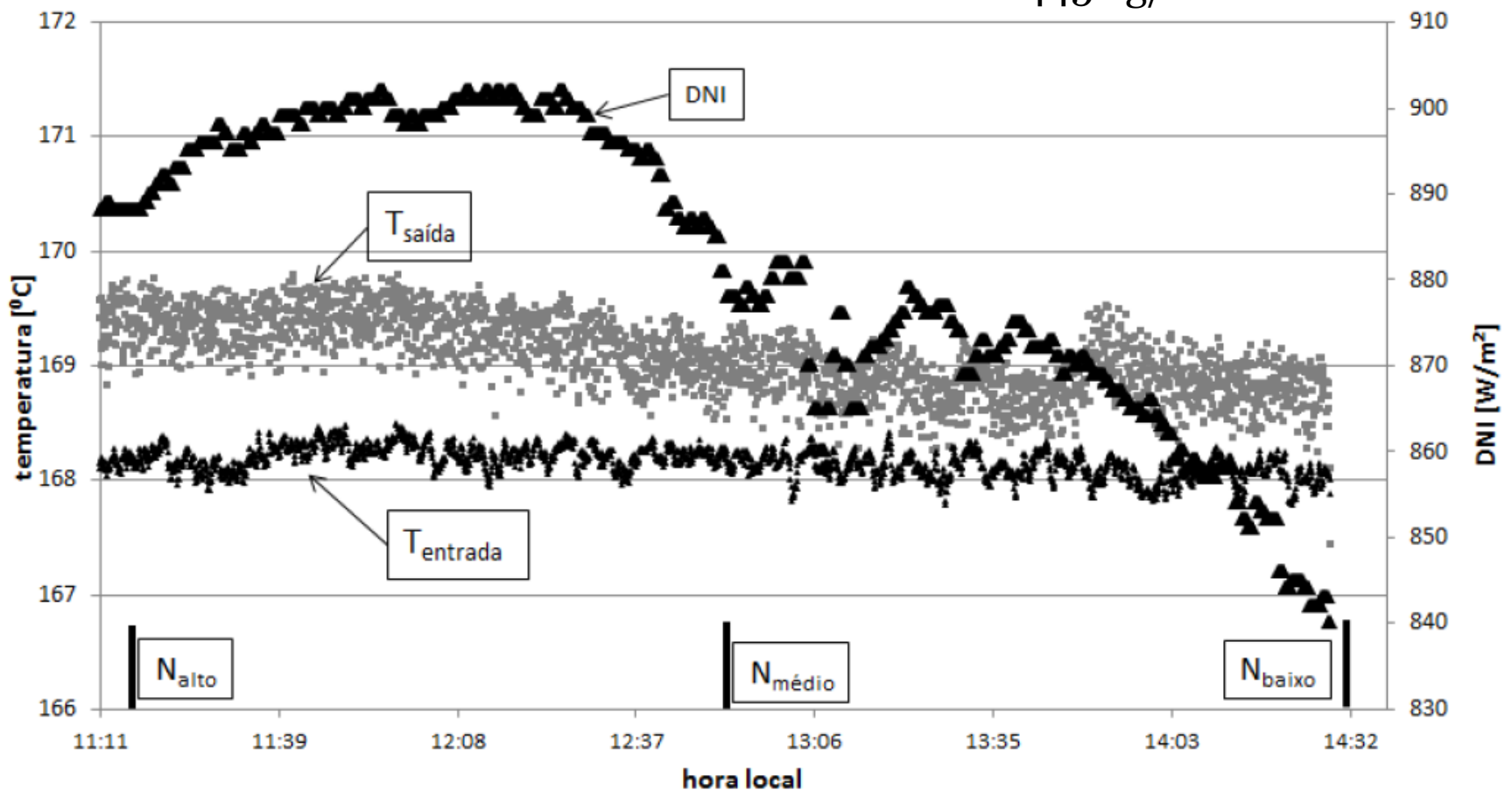


- Efetividade da Janela de vidro do absorvedor na diminuição das perdas térmicas
- Grande influência do vento nas perdas térmicas

# Resultados

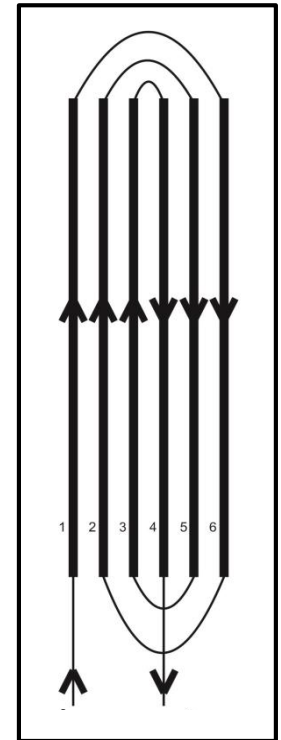
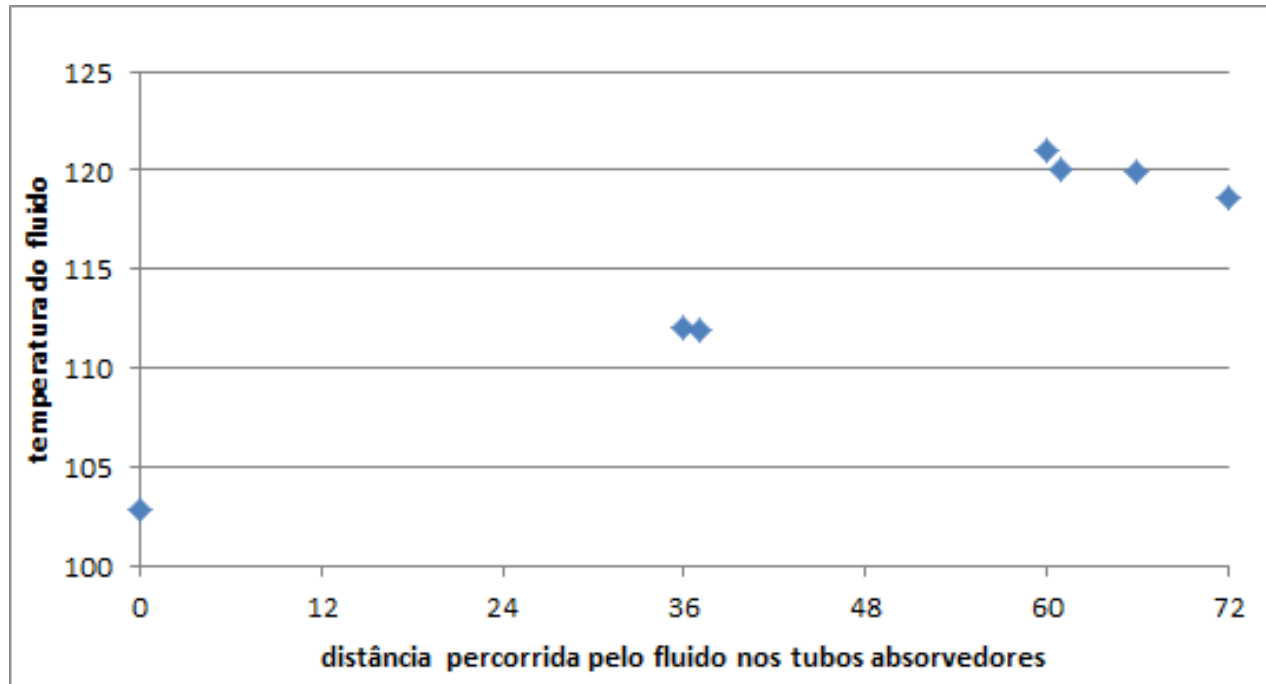
## Geração Direta de Vapor

$$v = 0,21 \text{ l/s} \quad P_{\text{in}} = 8 \text{ bar}$$
$$G = 445 \text{ kg/m}^2\text{s}$$



# Resultados

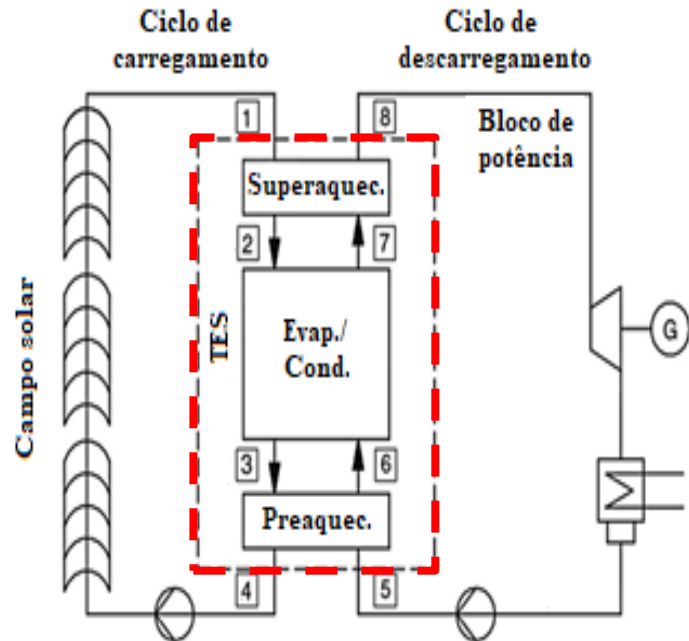
## Geração Direta de Vapor



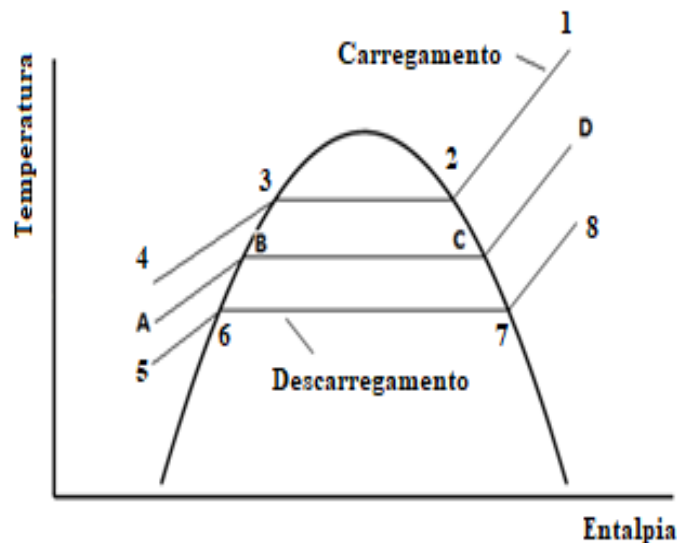
Vazão: 0,15 l/s

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

# CSP com sistema de armazenamento

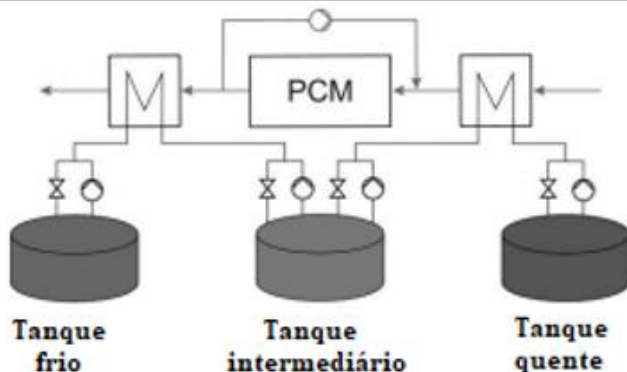


A-B: Armazenamento sensível  
B-C: Armazenamento latente  
C-D: Armazenamento sensível



## Conceito de TES para plantas CSP-DSG

Adaptado de Kuravi et al. (2013)

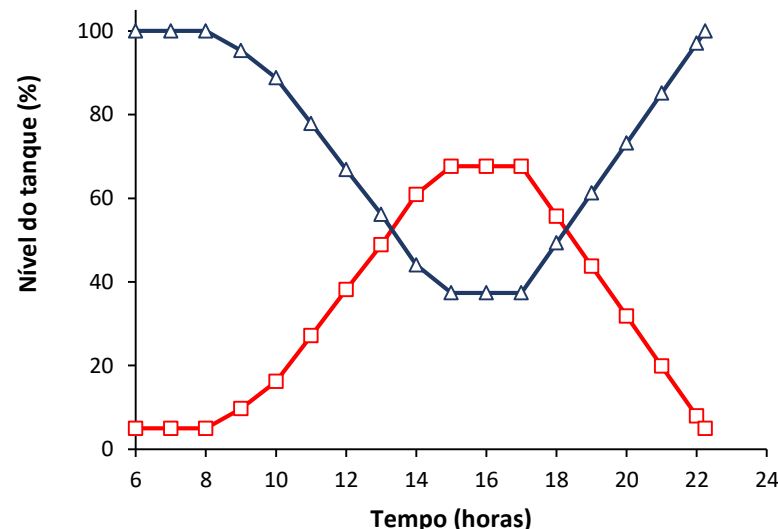
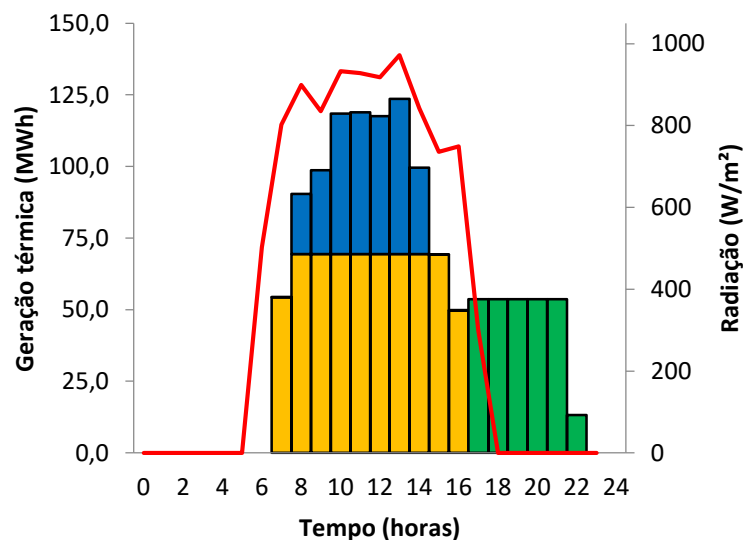


## Modelo de TES proposto por Seitz et al. (2014)

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

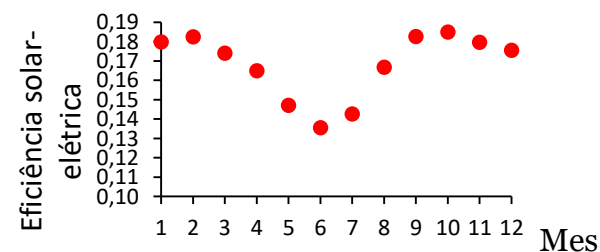
Performance anual de uma planta Fresnel em Bom Jesus da Lapa/BA.



■ Geração direta      ■ Energia armazenada  
■ Energia recuperada      — DNI

□ Tanque quente      ▲ Tanque frio

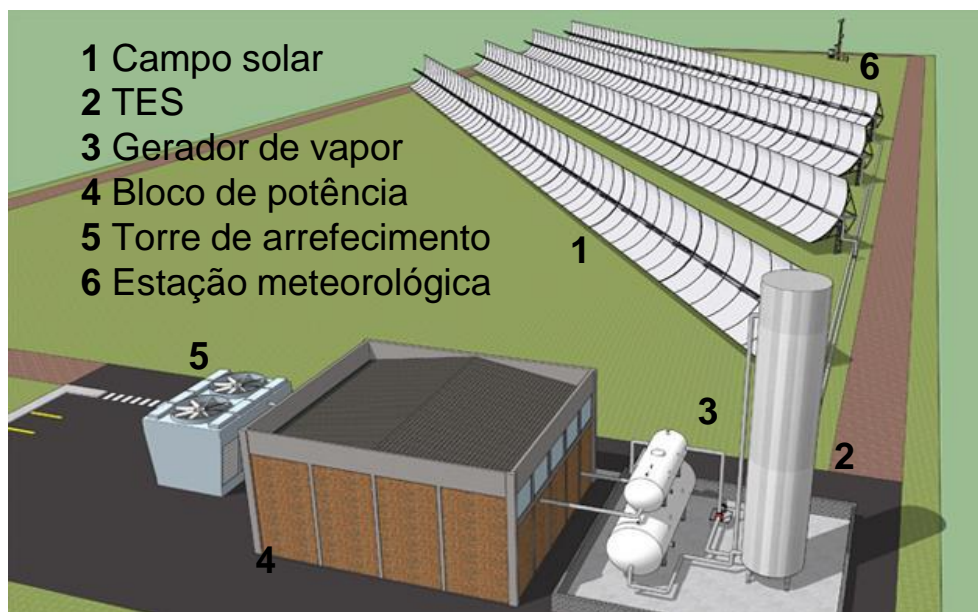
- vapor é gerado diretamente a 550 °C e 107 bar;
- sistema de armazenamento de energia térmica;
- bloco de potência de 30 MW.
- eficiência de conversão solar-elétrica de 16,7%;
- fator de capacidade de 32,8 %.



# CSP com sistema de armazenamento

## Dissertação de Mestrado

João Martins: Cooperação UFSC - Universidade de Évora



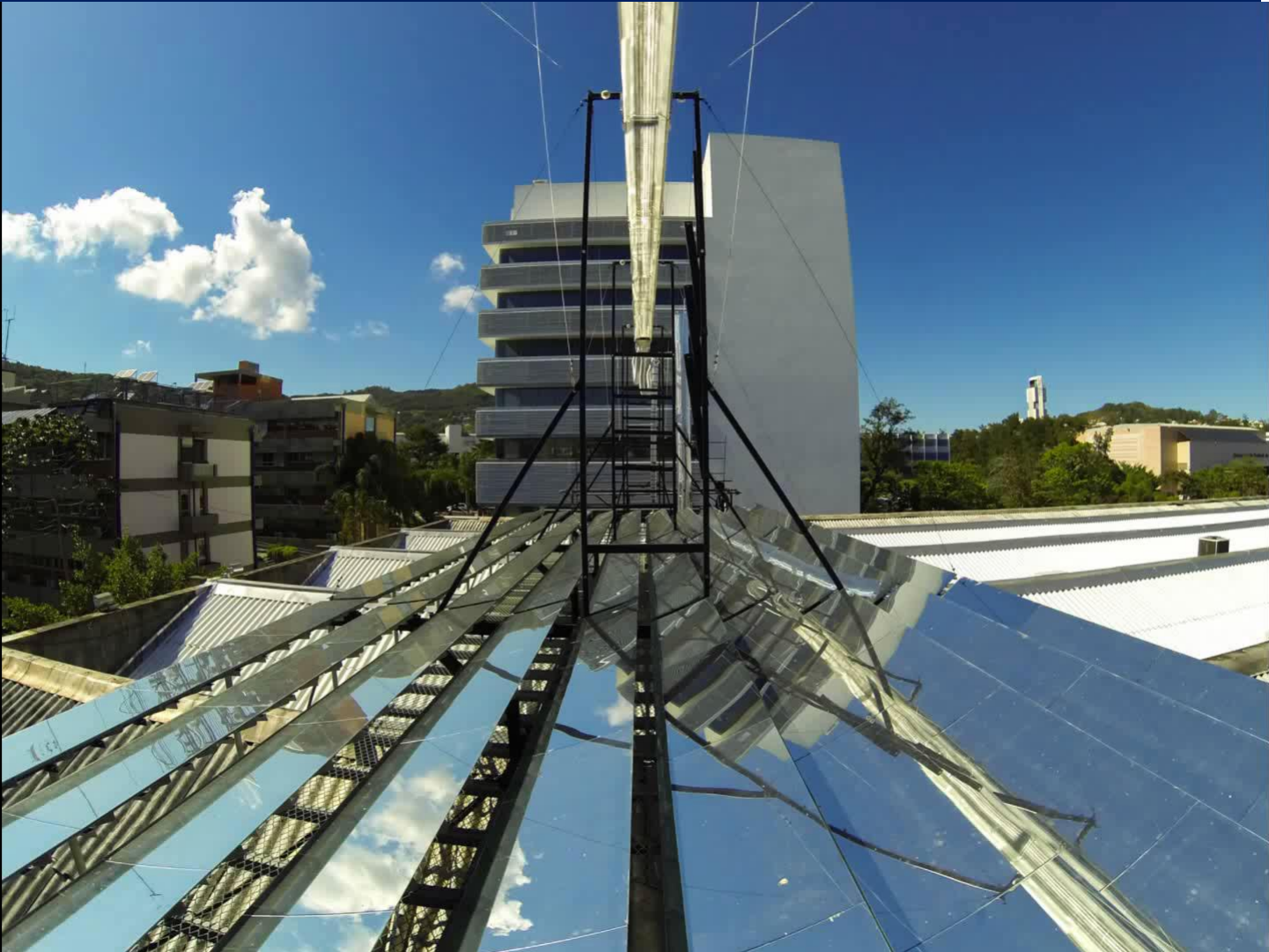
Conceito preliminar da planta piloto.

### 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**



Project: 406357/2013-7



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA

**Muito Obrigado pela atenção!**

Júlio César Passos  
julio.passos@ufsc.br



# 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](mailto:julio.passos@ufsc.br)

