



# CEAR

CENTRO DE ENERGIAS  
ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA



## Uso da Energia Solar na Indústria

Prof. Zaqueu Ernesto da Silva  
LES/DEER/CEAR

# Fontes de Energia no Brasil

## Repartição da oferta interna de energia

### RENOVÁVEIS ▶ 42,4%

biomassa da cana  
15,4%



hidráulica e eletricidade  
13,8%



lenha e carvão vegetal  
9,1%



lixívia e outras renováveis  
4,1%



### NÃO RENOVÁVEIS ▶ 57,6%

petróleo e derivados  
39,2%



gás natural  
11,5%



carvão mineral  
5,4%

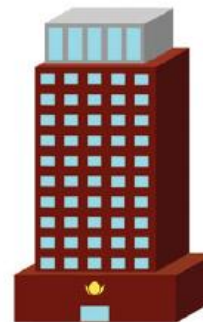
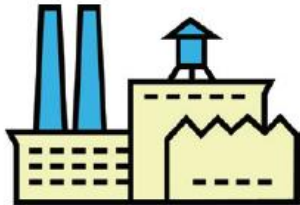


urânio  
1,5%

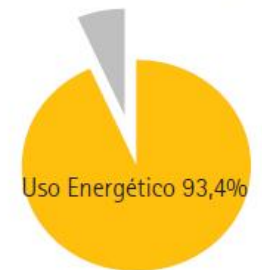


# Quem usou energia no Brasil - 2012

Quem usou a energia no Brasil em 2012



Uso Não Energético 6,6 %

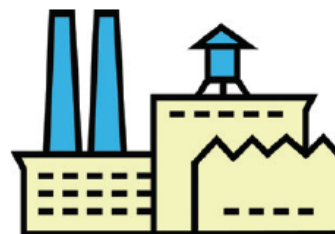
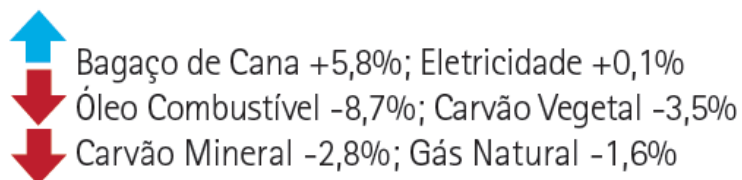


|   |            |
|---|------------|
| 2012  | 253,4 Mtep |
| 2011  | 245,8 Mtep |
|  | 3,1%       |

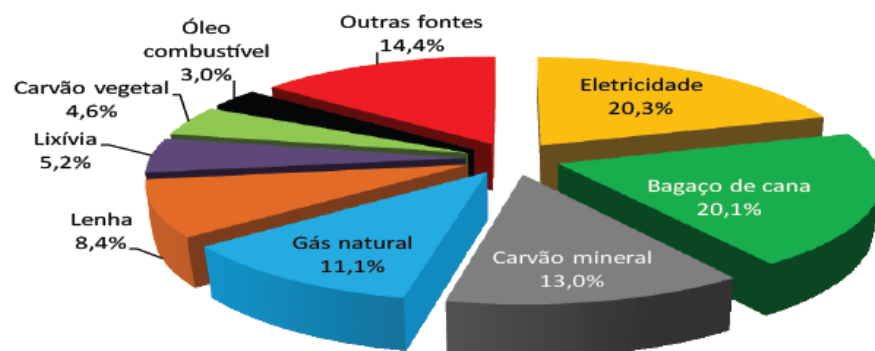
Produção industrial, transporte de carga e mobilidade das pessoas respondem por 66% do consumo de energia do país

# Consumo de Energia no Setor Indústria

## Consumo de energia nas indústrias



|      |           |
|------|-----------|
| 2012 | 89,0 Mtep |
| 2011 | 88,7 Mtep |
|      | 0,3%      |



Renováveis 57%









# Setor Industrial – Papel e Celulose



| FONTES           | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | SOURCES      |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| CARVÃO VAPOR     | 1,2   | 1,2   | 1,1   | 1,0   | 0,9   | 0,9   | 0,9   | 1,1   | 1,2   | 1,2   | STEAM COAL   |
| GÁS NATURAL      | 6,0   | 6,3   | 6,7   | 7,0   | 7,0   | 5,7   | 5,2   | 6,7   | 7,2   | 7,1   | NATURAL GAS  |
| LENHA            | 14,6  | 15,6  | 15,2  | 15,6  | 15,1  | 15,3  | 15,5  | 14,9  | 14,9  | 15,2  | FIREWOOD     |
| LIXÍVIA          | 41,8  | 43,1  | 43,3  | 44,9  | 44,9  | 45,5  | 46,4  | 46,5  | 46,3  | 46,1  | BLACK LIQUOR |
| ÓLEO COMBUSTÍVEL | 10,6  | 8,7   | 8,2   | 5,4   | 5,5   | 5,6   | 5,3   | 4,6   | 3,8   | 3,3   | FUEL OIL     |
| ELETRICIDADE     | 16,3  | 16,6  | 16,5  | 16,6  | 16,7  | 17,1  | 16,8  | 16,1  | 16,1  | 16,7  | ELECTRICITY  |
| OUTRAS           | 9,6   | 8,5   | 9,0   | 9,5   | 9,9   | 9,9   | 9,9   | 10,0  | 10,5  | 10,3  | OTHERS       |
| TOTAL            | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | TOTAL        |

%





# Energia Térmica na Indústria



|                    | Calor de Processo |                      | Aquecimento Direto |                      |
|--------------------|-------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
|                    | %                 | 10 <sup>6</sup> Tep* | %                  | 10 <sup>6</sup> Tep* |
| <b>Agricultura</b> | 0,0               | -                    | 0,0                | -                    |
| <b>Indústria</b>   | 1,9               | 363,147              | 11,4               | 2178,882             |
| <b>Residencial</b> | 5,0               | 955,65               | 0,7                | 133,791              |
| <b>Serviços</b>    | 0,2               | 38,226               | 0,7                | 133,791              |
| <b>Públicos</b>    | 0,0               | -                    | 0,4                | 76,452               |
| <b>Energético</b>  | 0,0               | -                    | 0,0                | -                    |
|                    | 7,1               | 1376,136             | 13,2               | 2522,916             |

# Setores e processos industriais com condições favoráveis de uso energia solar



| SETOR                 | PROCESSOS                                  | NÍVEL DE TEMP. (°C) |
|-----------------------|--|---------------------|
| Cerveja e Malte       | Fervura do mosto                           | 100                 |
|                       | Limpeza do vasilhame                       | 60                  |
|                       | Arrefecimento                              | 90                  |
|                       | Secagem                                    | 60                  |
| Laticínios            | Pasteurização                              | 62 – 85             |
|                       | Esterilização                              | 130 – 150           |
|                       | Secagem                                    | n. d.               |
| Alimentos em Conserva | Esterilização                              | 110 – 125           |
|                       | Pasteurização                              | < 80                |
|                       | Cozimento                                  | 70 – 98             |
|                       | Escaldamento                               | 95 – 100            |
|                       | Branqueamento                              | < 90                |
| Carne                 | Lavagem, esterilização, limpeza, Cozimento | < 90<br>90 – 100    |

# Setores e processos industriais com condições favoráveis de uso energia solar

| SETOR                                      | PROCESSOS  | NÍVEL DE TEMP. (°C)                         |
|--|--|---|
| Vinho e Bebidas                            | Limpeza de vasilhame<br>Arrefecimento  | 60 – 90<br>85 (*)                           |
| Indústria Têxtil<br>(incluindo Lanifícios) | Lavagem, branqueamento,<br>tinturaria, Cozimento   | < 90<br>140 – 200                           |
| Indústria Automóvel                        | Secagem de pinturas<br>Desengorduramento   | 160 – 220<br>35 – 55                        |
| Indústria do papel                         | Polpa de papel: cozimento<br>Caldeira da água de alimentação<br>Branqueamento<br>Secagem | 170 – 180<br>< 90<br>130 – 150<br>130 – 160 |
| Curtumes                                   | Aquecimento de água para<br>processos de tratamento e<br>Secagem                         | Vapor a 165 –<br>180                        |
| Indústria da Cortiça                       | Secagem, cozimento da cortiça,<br>outros   | 40 – 155                                    |

# Temperaturas de Processos

- Cerca de 50% da necessidade de ENERGIA TÉRMICA na indústria, corresponde a temperaturas nas faixas:  
baixas ( $<60^{\circ}\text{C}$ ), médias ( $60^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$ ) e média-alta ( $150^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$ ).
- A Percentagem mais alta do consumo de ENERGIA TÉRMICA nas faixas de média e média-alta temperatura estão nas indústrias: alimentar, papel e celulose, têxtil e química.
- Mais de 50% das necessidades ENERGIA TÉRMICA estão na faixa de temperaturas até  $200^{\circ}\text{C}$ .
- O maior consumo de calor está nas indústrias de papel e alimentar. Um considerável consumo de calor está também situado nas indústrias têxteis e químicas.
- A maior parte da ENERGIA TÉRMICA ( $100^{\circ}\text{C} < T < 200^{\circ}\text{C}$ ), é usada na indústria alimentar, têxtil e química em processos de: secagem, cozimento, limpeza, extração.

# Potencial de aplicações

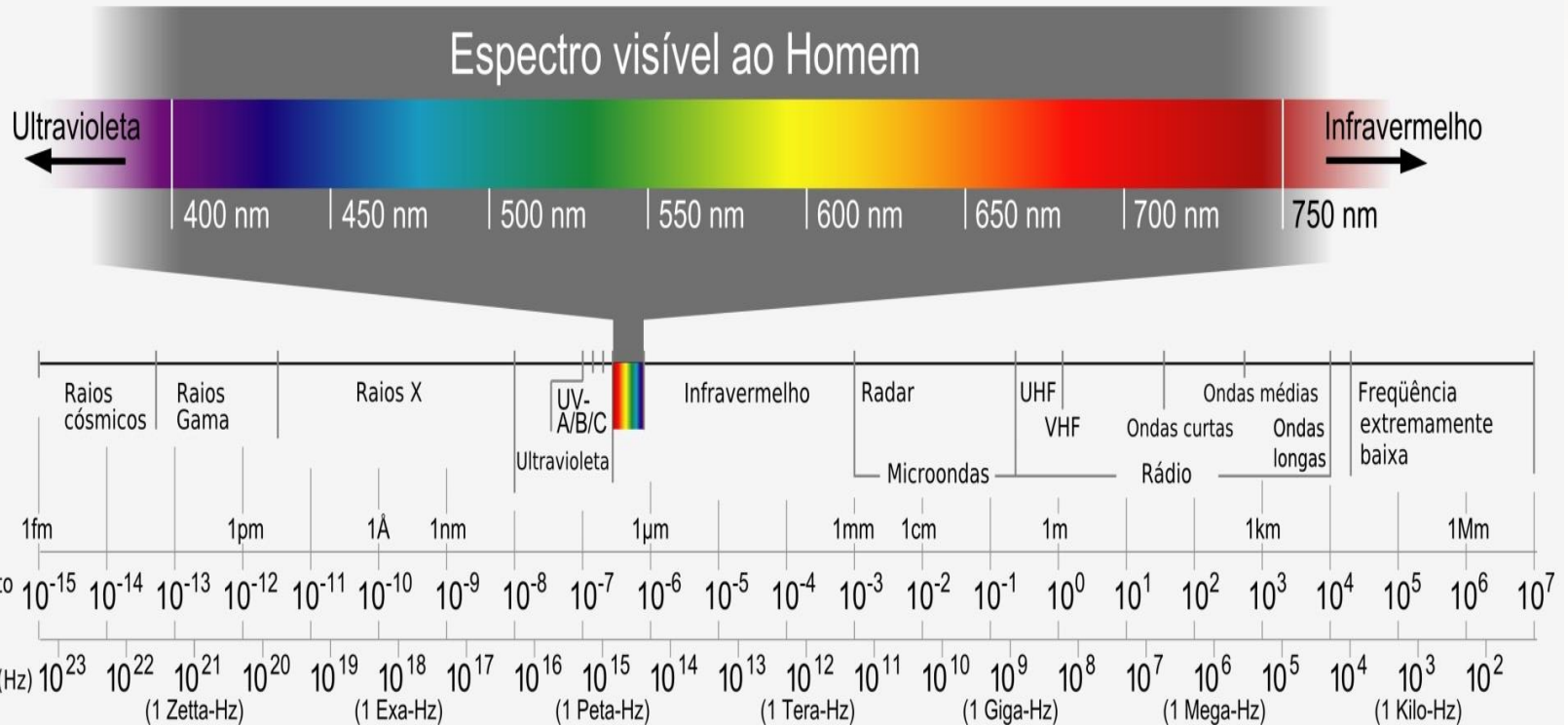
## Condições Favoráveis

- ✓ Identificar a indústria que tenha processos com um consumo contínuo de ENERGIA TÉRMICA durante o período de sol e ao longo do ano. têm as condições mais favoráveis para o uso da energia solar.

## Processos Industriais

- Aquecimento de banhos líquidos para lavagem
- Processos de secagem e tratamentos químicos
- Aquecimento de ar para secagem
- Produção de vapor a baixa pressão para usos diversos.
- Sistemas de refrigeração por Absorção ou Adsorção, sendo a combinação entre o pico de consumo e a maior incidência de luz solar, uma das suas vantagens.

# Radiação Solar



# Energia Solar e a Terra

- **Energia solar** – Origem de quase todas formas de Energia existente na terra.
- "**Energia Solar**" - aproveitamento da **radiação solar direta**

## Aproveitamento Indireto da Energia Solar

- **Eólica** - energia cinética das massas de ar provocadas pelo aquecimento desigual na superfície do planeta.
- **Biomassa** - a energia química, produzida pelas plantas na forma de hidrocarbonetos através da fotossíntese.
- **Hidroenergia** - energia cinética das massas de água dos rios, que fluem de altitudes elevadas para os mares e oceanos graças a força gravitacional



# Processos de Conversão da Energia Solar

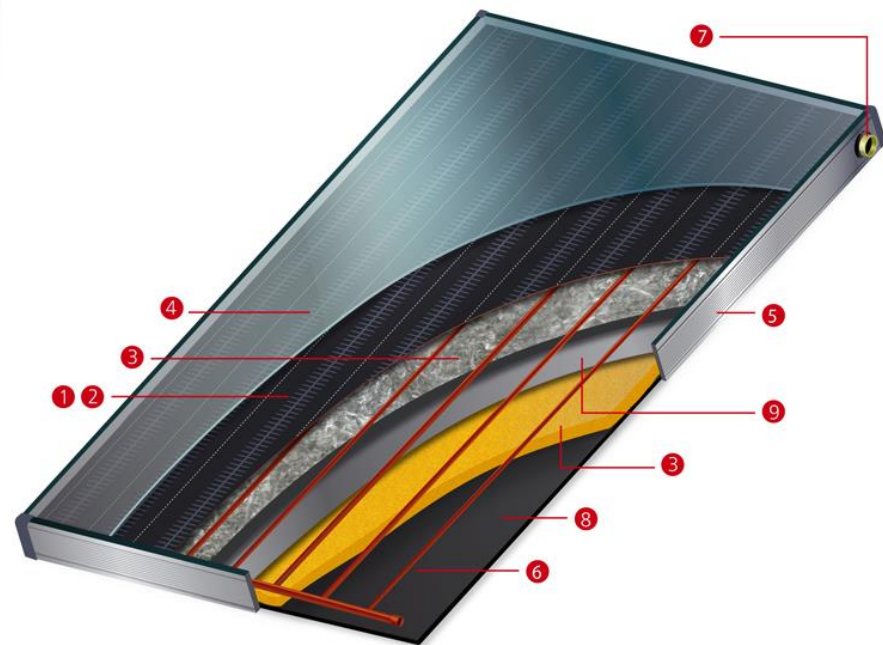
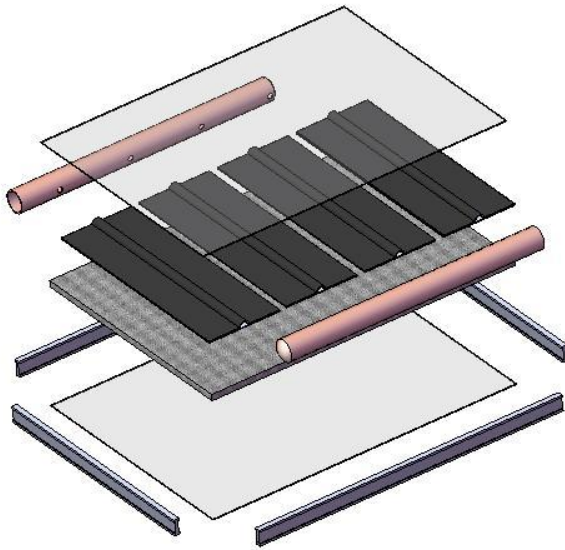


- Conversão Térmica
- Conversão Fotovoltaica

# Conversão Térmica

Princípio de Funcionamento – Efeito Estufa

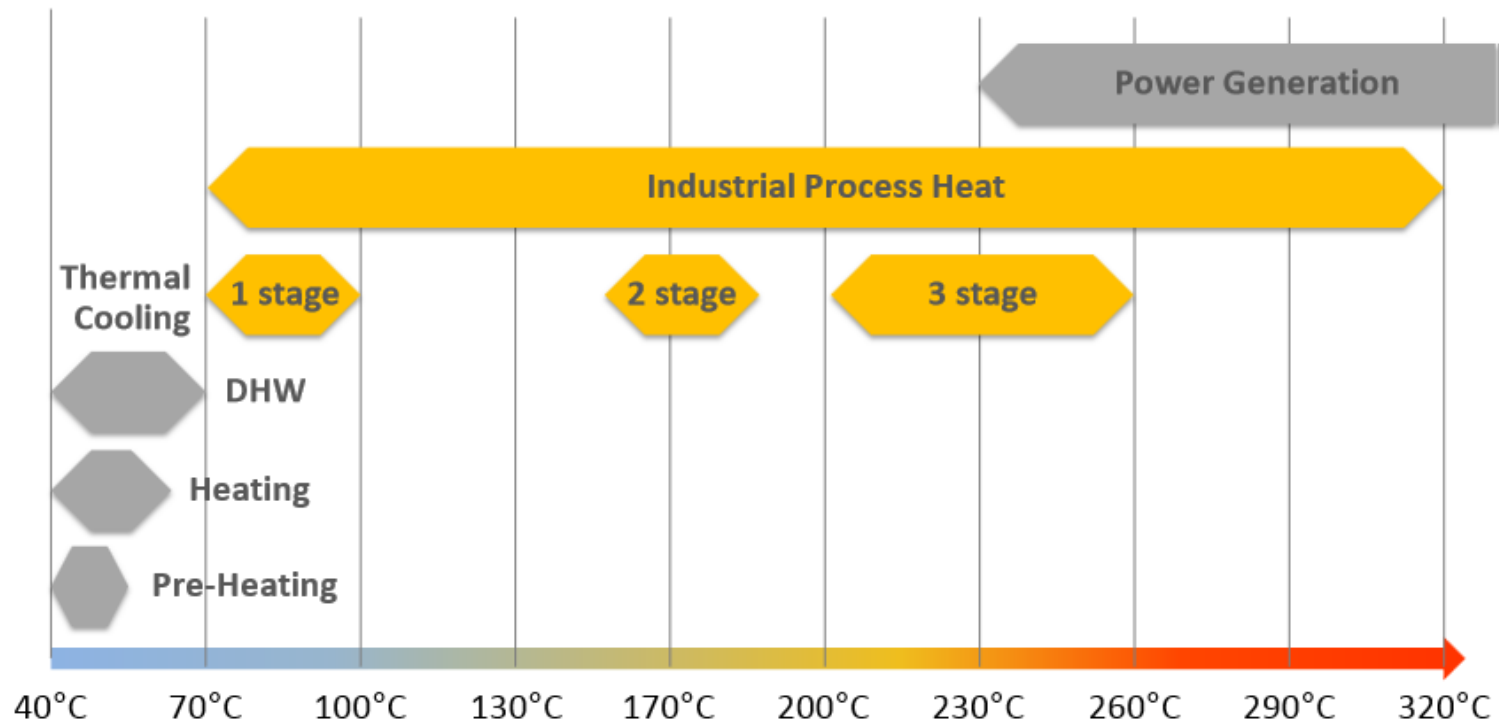
Coletor Plano



# Temperaturas de Operação dos Coletores

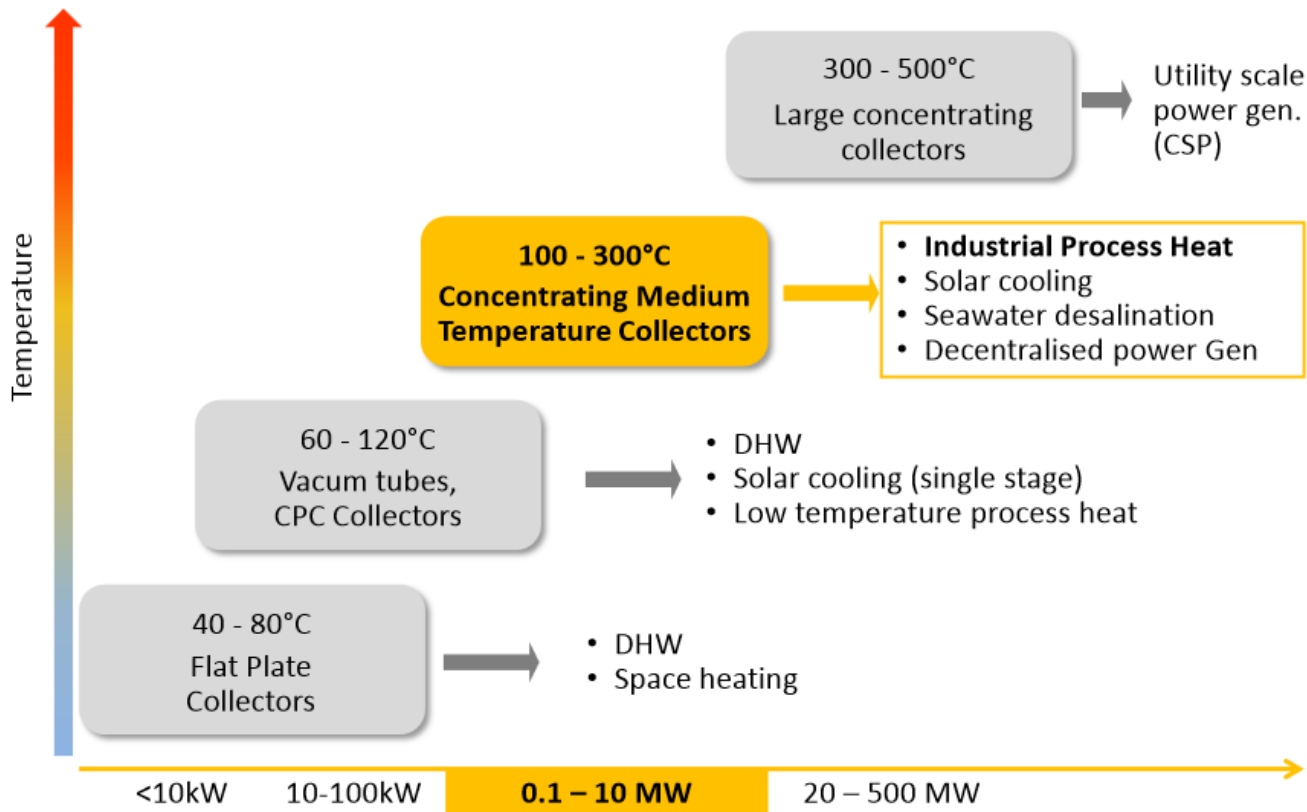
## Solar Thermal Applications

Temperature range of typical solar thermal applications

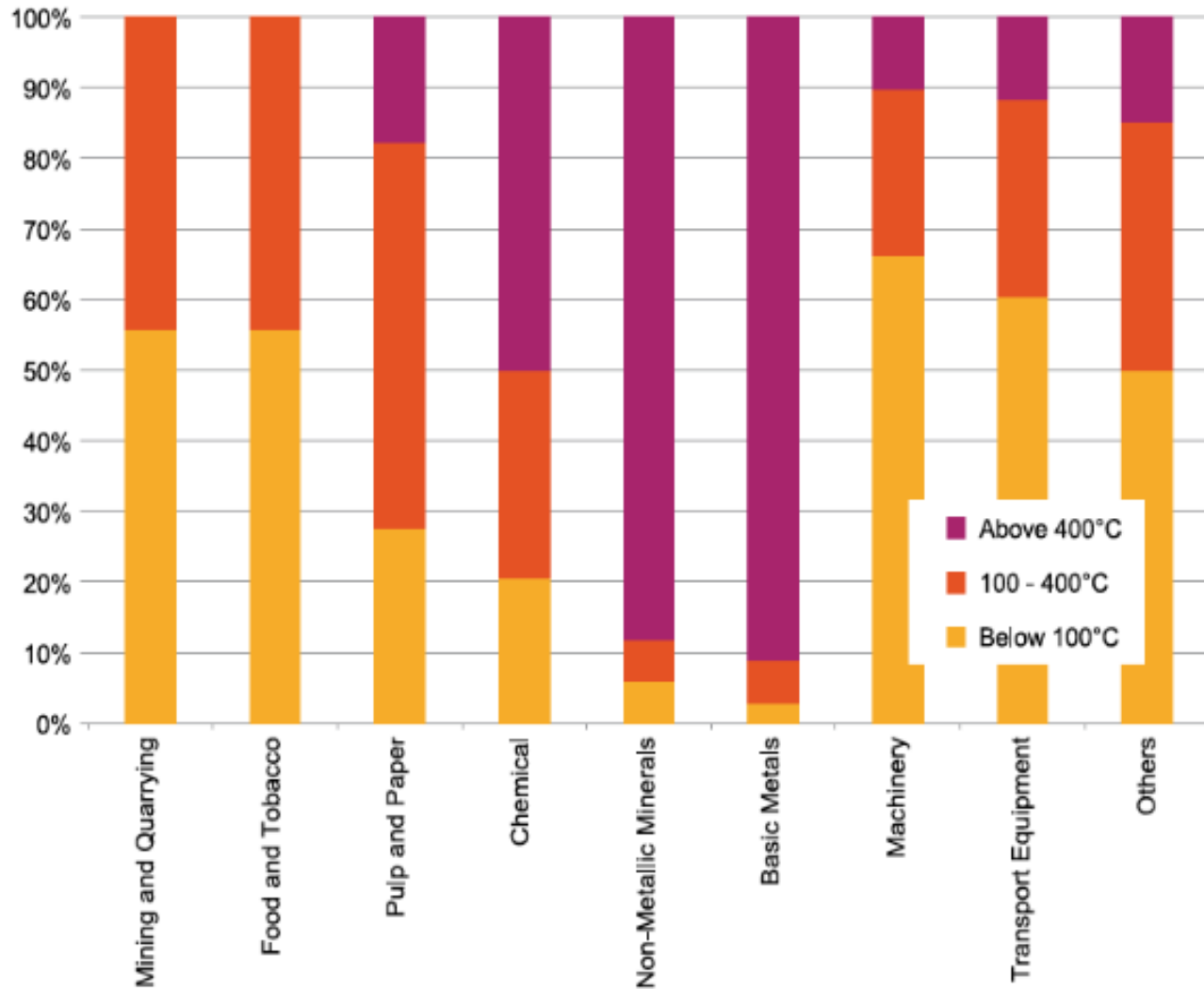


# Qual a Tecnologia?

## Solar Heat: Technology choice depends on application temperature



# Temperaturas de Operação nos Processos Industriais

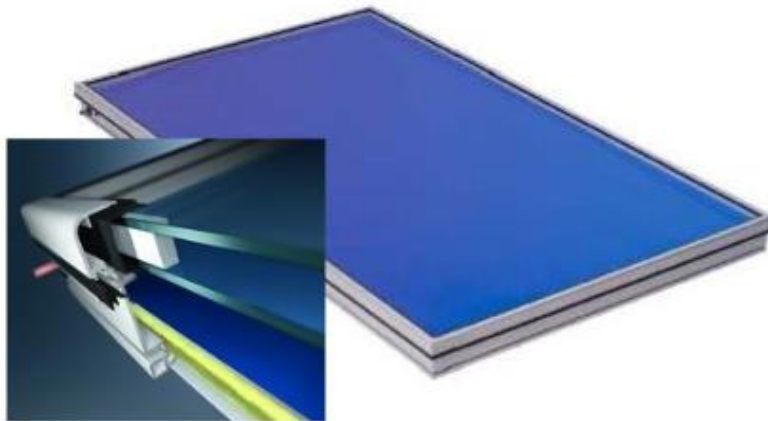


# Tecnologias de Coletores Solar

FHO Fachhochschule Ostschweiz

## Collectors

80-120 °C



# Tecnologias de Coletores Solar

## Collectors

80-120 °C

120-250 °C

[www.itcollect.de](http://www.itcollect.de)

**IT·OLLECT**  
der intelligente Kollektor



[www.nep-solar.com](http://www.nep-solar.com)



# Tecnologias de Coletores Solar

## Collectors

120-250 °C

[www.smirro.de](http://www.smirro.de)



[www.solitem.com](http://www.solitem.com)





# Uso da Energia Solar na Industria



EL NASR Industria Farmaceutica no Egito

# Desafio para Engenharia e Integração

Tecnologia Termica Solar e Calor de Processo Industrial - mundos diferentes



Solar thermal <math><100^{\circ}\text{C}</math>

Solar  
Process  
Heat



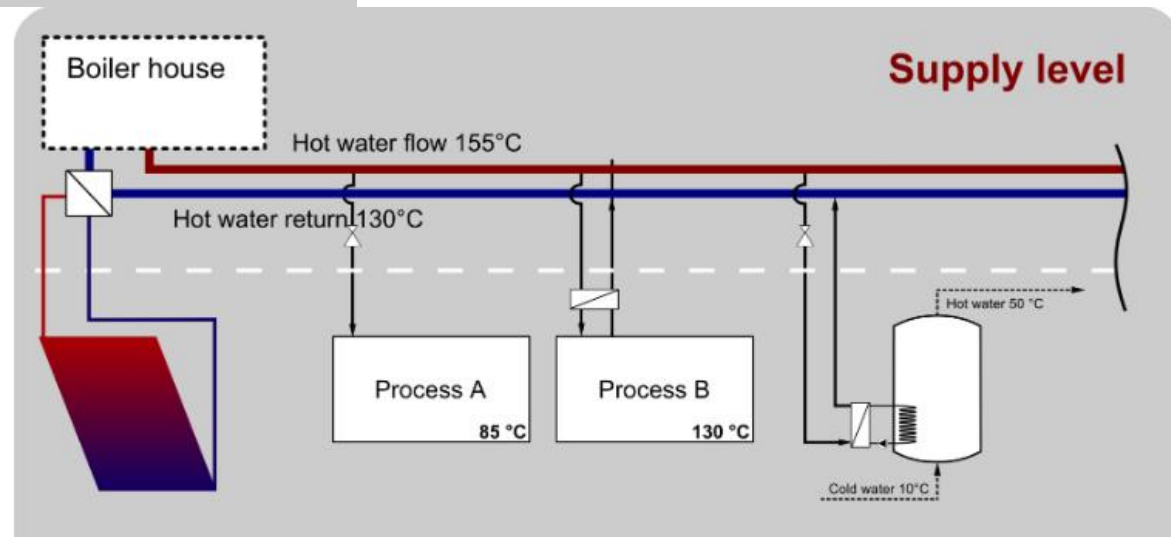
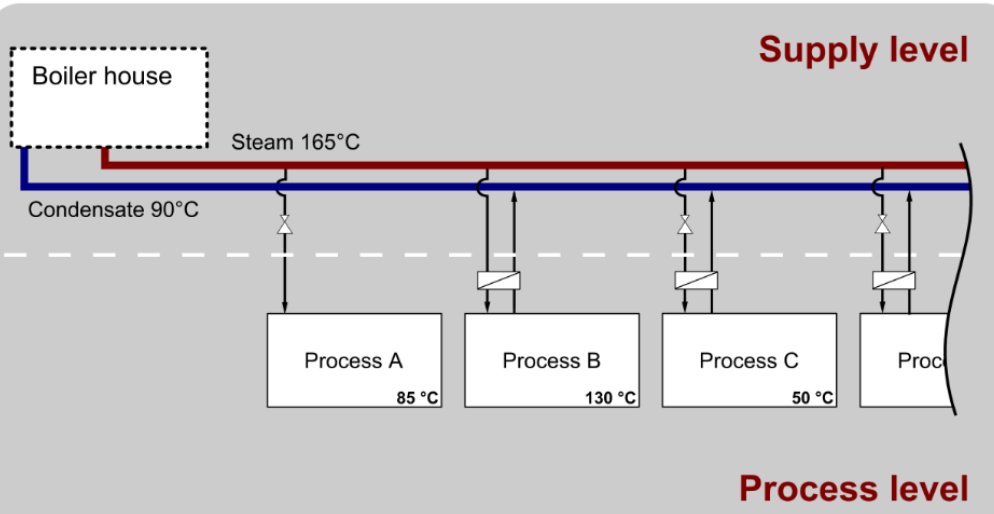
Industrial process heat

- Água quente para uso doméstico e Aquecimento - Baixa Potência ( kW )
- Água/Anticongelante, baixa pressão
- Sistemas Híbridos é fácil
- Existem normas específicas, ferramentas, sistemas solar padronizados
- Vapor, óleo, água pressurizada
- Capacidade do boiler >1MW
- Pressão água/vapor acima 15 bar
- Não existe normas, não existe um padrão
- Ausência de experiência

# Integração de um Sistema de Aquecimento Solar

## Principles of system integration

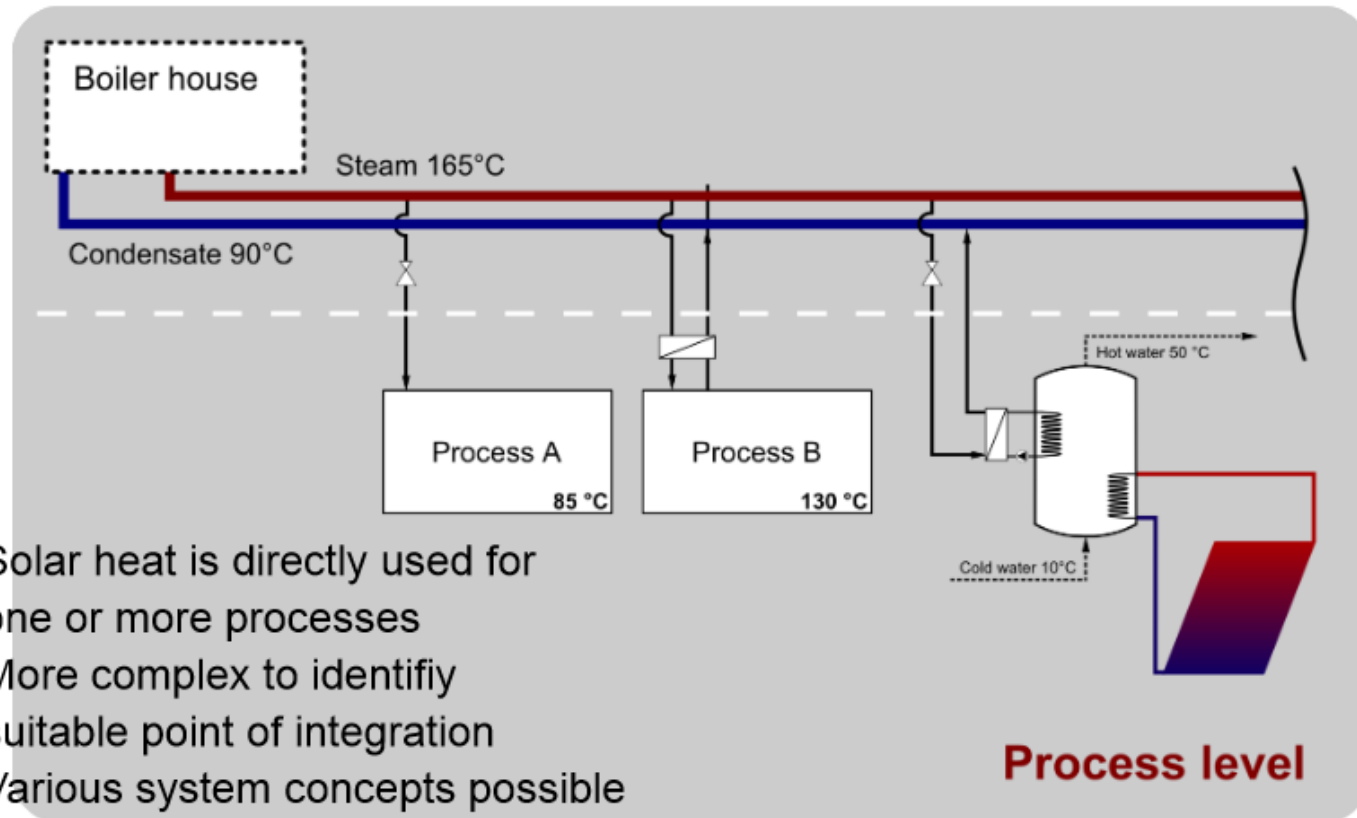
Source: B. Schmitt, Uni Kassel



# Integração de um Sistema de Aquecimento Solar

## Integration on Process level

Source: B. Schmitt,



- Solar heat is directly used for one or more processes
- More complex to identify suitable point of integration
- Various system concepts possible
- Variable set temperatures, higher specific solar yields possible

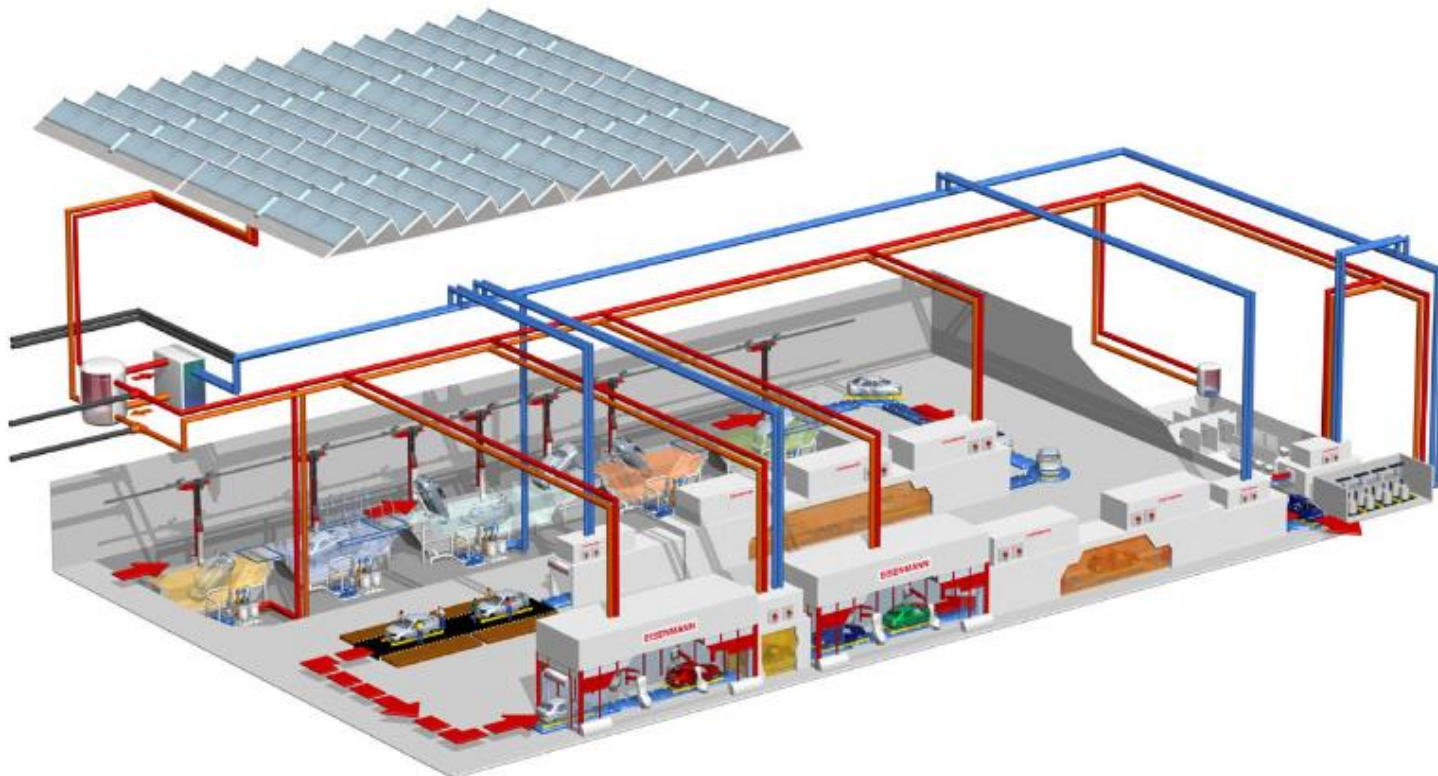


CEAR

## Project example: Swiss Paintshop

“Green Alliance” between  
Eisenmann and Ritter XL

Green alliance for a sustainable production  
**EISENMANN** 



## Analises Final

- O sucesso do potencial de utilização da Energia Solar Térmica vai depender do uso da melhor tecnologia disponível.

## Os problemas para Implementação



- Falta de informação sobre a contribuição do potencial das energias renováveis e as formas de implementá-las;
- combustíveis fósseis baratos;
- A ausência de cadeias de fornecimento de tecnologia adequadas;
- Falta de capacidade técnica;
- O alto custo de capital em muitos países em desenvolvimento

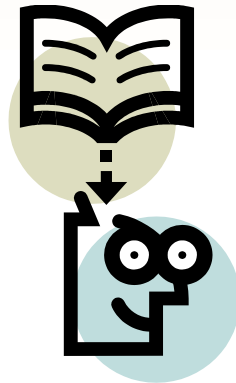
## Os problemas para Implementação



- Focalizar o custo de investimento inicial em vez do custo de ciclo de vida completo;
- Os riscos associados com transições de tecnologia e a adoção de tecnologias em estágio inicial;
- Acesso restrito ao apoio financeiro para cobrir os custos adicionais da melhor tecnologia disponíveis, e
- Eliminar tecnologias poluentes e ineficientes, com vida longa.



F I M



Obrigado