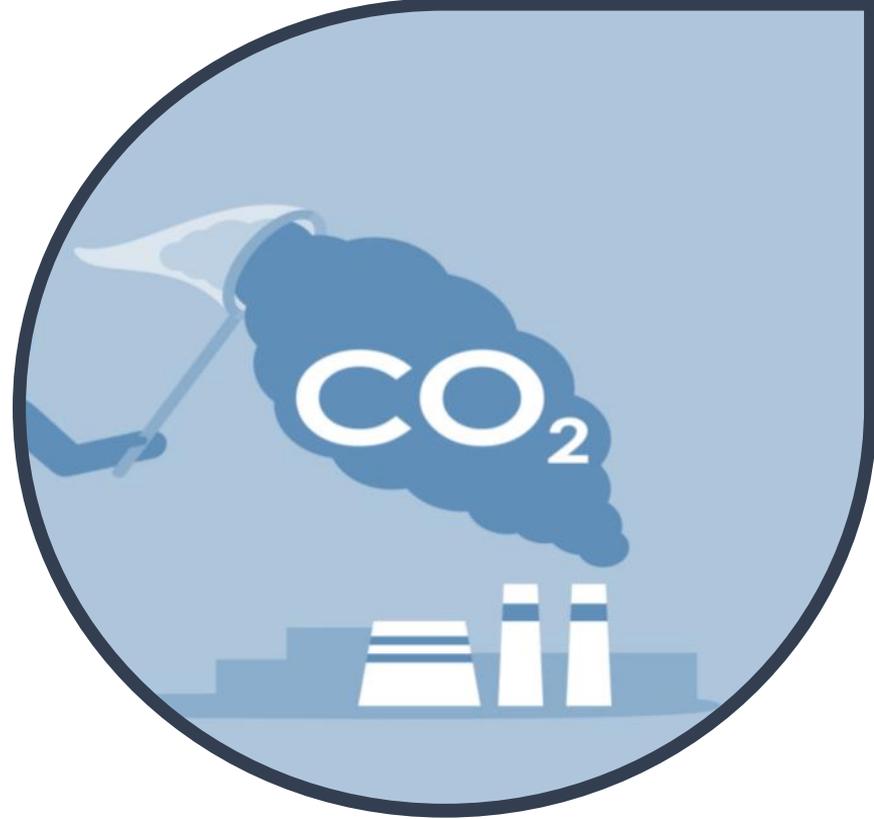




# Desafios e Oportunidades para Descarbonização dos Setores da Cerâmica e do Vidro



**Inês Rondão**

Coordenadora Técnica de Projetos de I&D / Investigadora  
CTCV

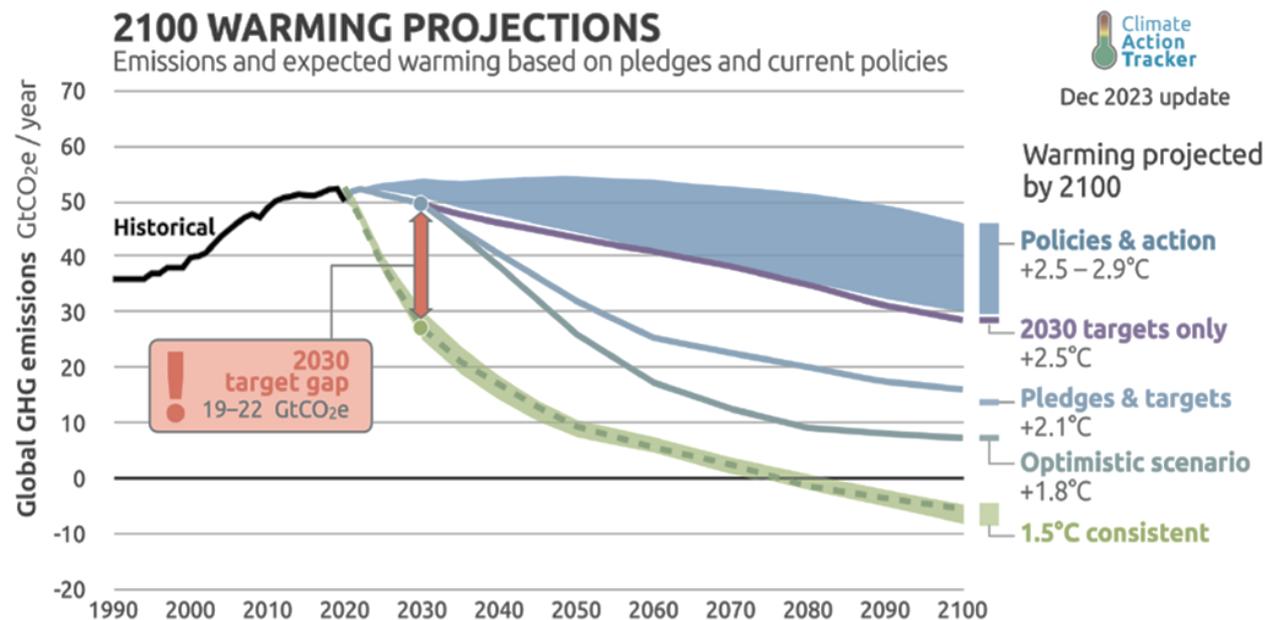


# Resumo

---

- Metas para a descarbonização
- As indústrias da Cerâmica e do Vidro
  - Pontos críticos do processo – emissões de CO<sub>2</sub>
  - Tecnologias para descarbonização deste sectores
- Notas finais

# Metas para a descarbonização



# Cerâmica e Vidro

- **Artes do fogo**
- Partilham várias matérias-primas – inorgânicas, de origem mineral...
- Similaridade de alguns processos – moagem, mistura de componentes...
- Energeticamente intensivos – requerem altas temperaturas
- Propriedades dos produtos finais:
  - Frágeis
  - Resistentes a altas temperaturas
  - Inertes - food safe
  - Resistência à abrasão
  - Fácil limpeza
  - ...



# Pontos críticos do processo – emissão de CO<sub>2</sub>



## Cerâmica

Preparação  
das MP

Conformação

Secagem

Cozedura

Acabamento

Subsectores:

- Louça utilitária e decorativa
- Estrutural
- Sanitário
- Pavimento e revestimentos
- Cerâmicos técnicos



## Vidro

Preparação  
das MP

Fusão

Conformação

Recozimento

Acabamento

Subsectores:

- Cristalaria
- Vidro de embalagem
- Vidro plano
- Vidros técnicos

# Pontos críticos do processo – emissão de CO<sub>2</sub>



**Cerâmica**



Principais responsáveis pelas emissões do processo

Preparação das MP

Conformação

Secagem

Cozedura

Acabamento

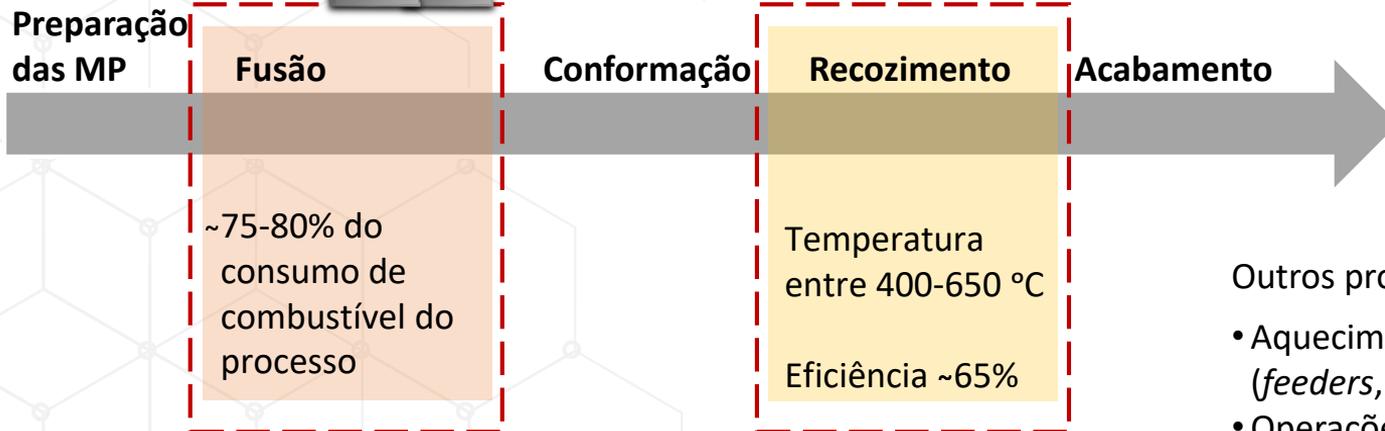
Processo pouco eficiente (~30% de eficiência)

Responsável por 70-80% das emissões globais do processo

# Pontos críticos do processo – emissão de CO<sub>2</sub>



Principais responsáveis pelas emissões do processo



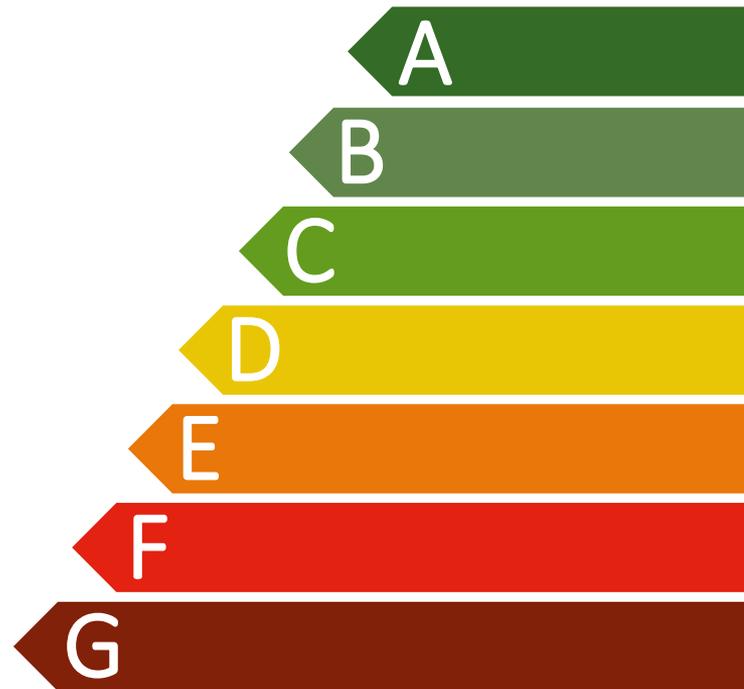
Outros processos térmicos/queima:

- Aquecimento de canais e ferramentas (*feeders*, moldes)
- Operações de acabamento
- Operações de corte

# Melhoria da Eficiência Energética



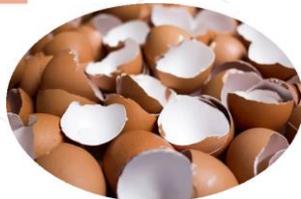
- Sistemas de **gestão e monitorização de energia**
- Geração de energia com **aproveitamento de calor**
- **Isolamento térmico** de fornos, arcas e secadores
- Utilização de energia **solar térmica** para aquecimento de água
- Produção de energia elétrica com **solar fotovoltaico**
- Eficiência de motores elétricos
- Ar comprimido



# Matérias-primas alternativas



Matérias-primas carbonatadas (ex.  $\text{CaCO}_3$ )



Fonte: [www.lifeeggshellence.eu/](http://www.lifeeggshellence.eu/)

Incorporação de caco (cerâmica) e casco (vidro)

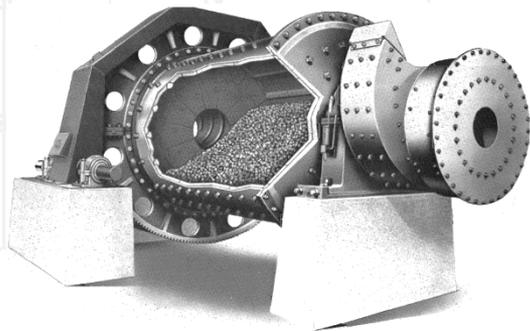


# Alteração/otimização de processos

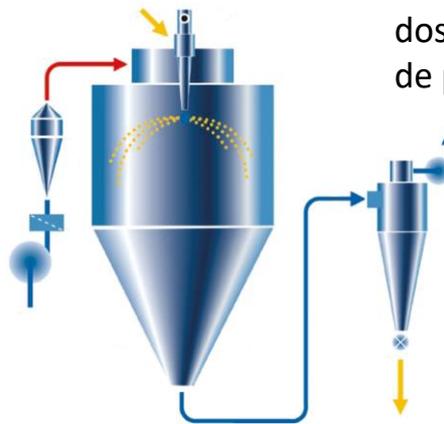


## Moagem

- Incorporação de matérias-primas secundárias
- Reutilização de calor gerado
- Redução da quantidade de água utilizada



## Atomização



- Recuperação da água e energia dos gases de exaustão através de permutadores

- Alteração do vetor energético utilizado no processo
- Reaproveitamento de calor de outros processos (ex. forno ou cogeração de energia)

# Produção por via seca



revidry

**Método de preparação de pasta por via seca,**  
tornando o processo ambientalmente mais sustentável



Fonte: lb-technology.com

# Eletrificação: processos de alta temperatura



Eletrificação de fornos e secadores

Tecnologias disruptivas:

- Secagem por infravermelhos
- Micro-ondas de secagem e de cozedura
- *Flash Sintering*



ROCA GROUP  
SUCCESSFULLY  
COMMISSIONS THE  
WORLD'S FIRST ELECTRIC  
TUNNEL KILN FOR THE  
PRODUCTION OF SANITARY  
CERAMICS

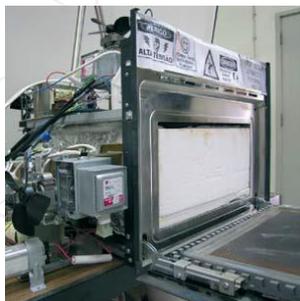
Fonte: rocagroup.com

ECONOMÍA **EL MUNDO**

**Kerajet gesta la primera planta cerámica 100% eléctrica y con tecnología española**



Fonte: elmundo.es/



CERWAVE

Green  
www.wave



costaverde



universidade  
de aveiro

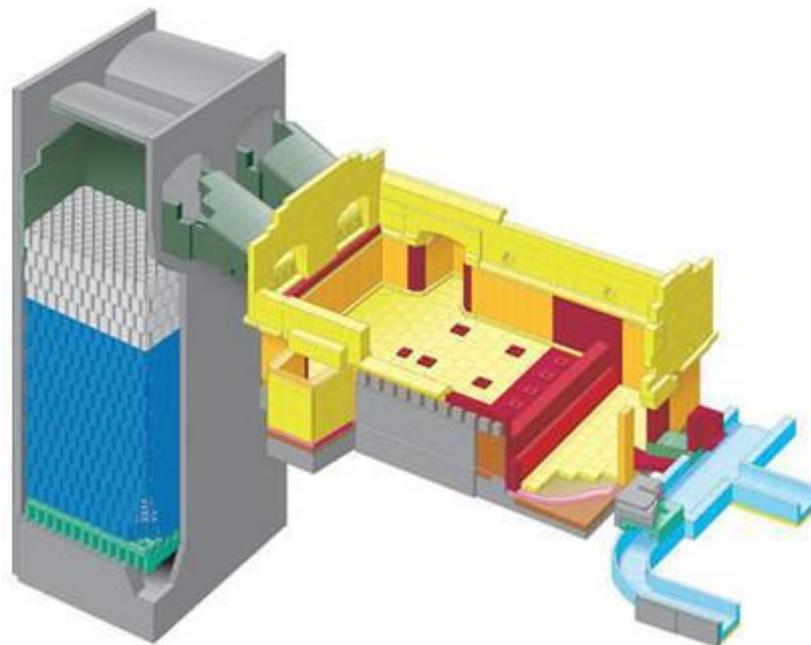


# Eletrificação: processos de alta temperatura



**Fornos de fusão:** diferentes tipologias consoante o tipo de produto e tonelagem  
Existem no mercado diferentes modelos de fornos híbridos (elétrico-GN) → **Boost elétrico**  
Diferentes níveis de eletrificação

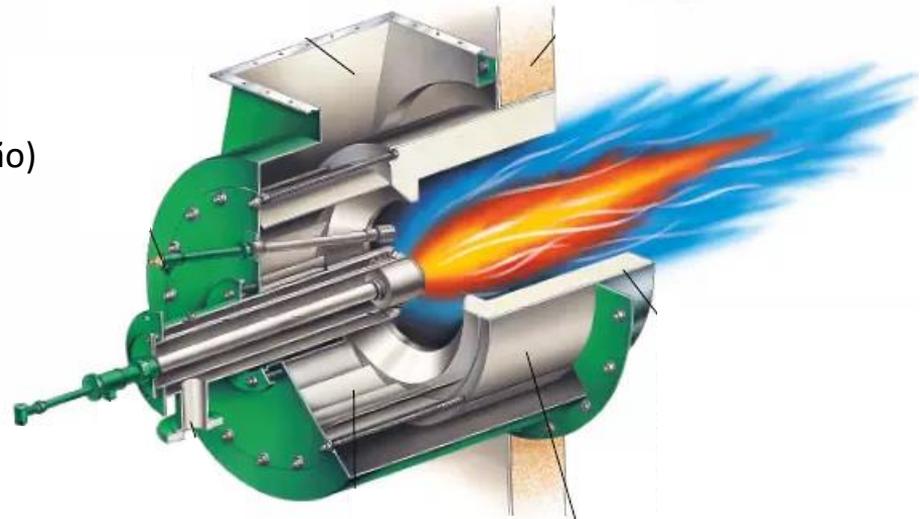
**Arcas de recozimento:** funcionamento idêntico ao de um forno cerâmico contínuo, dadas as baixas temperaturas a eletrificação pode ser viável



# Gases renováveis



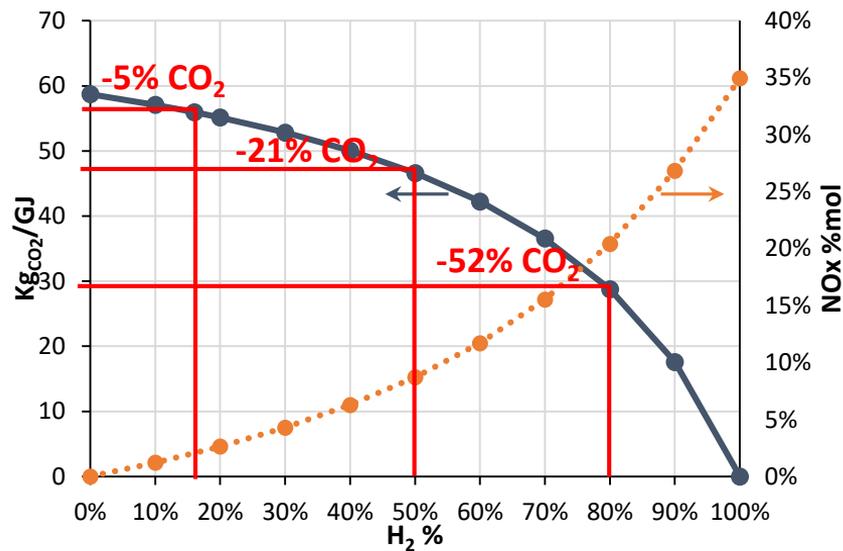
- Hidrogénio verde
- Amoníaco verde
- Combustíveis sintéticos (*power-to-gas*, ex. metanação)
- Bio combustíveis: biomassa, biometano



# Blending de H<sub>2</sub>/GN – emissões



- 16% H<sub>2</sub> → -5% CO<sub>2</sub>  
(limite de interoperabilidade atual)
- 50% H<sub>2</sub> → -21% de CO<sub>2</sub>
- 80% H<sub>2</sub> → -52% de CO<sub>2</sub>
- **35% de aumento da formação de NO<sub>x</sub>**



# Blending de H<sub>2</sub>/GN: impacto nas propriedades

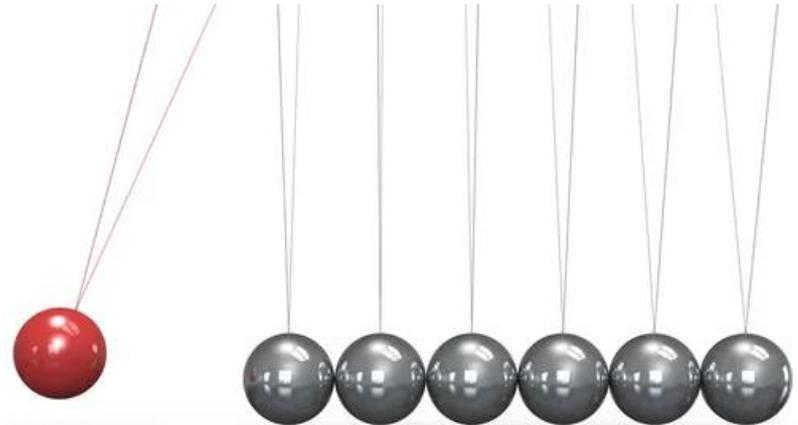


A mudança no combustível resultará em mudanças na atmosfera dentro do forno (dependendo da % de H<sub>2</sub>)

Pode influenciar

- cor
- propriedades mecânicas
- controlo de defeitos
- vida útil do forno
- etc.

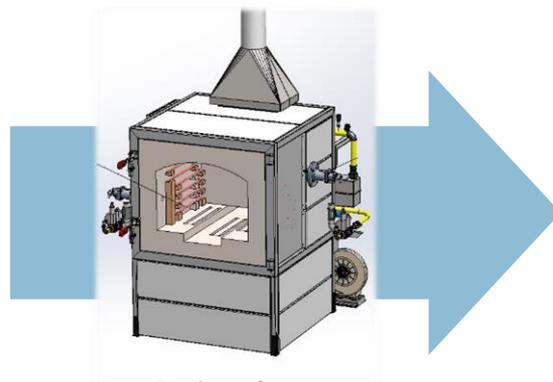
A eletrificação também poderá ter consequências a estes níveis



# Blending de H<sub>2</sub>/GN: reconversão do forno



Estado inicial



Projeto de reconversão



Forno reconvertido

# Blending de H<sub>2</sub>/GN: Testes de produtos



- Cerâmica: testes de cozedura de diferentes tipologias de produto (porcelana, grés e faiança)
- Vidro: estudo de variações de consumos energéticos no aquecimento de moldes

Utilizando diferentes vetores energéticos:

- Gás natural
- Blends de H<sub>2</sub>/GN (50% H<sub>2</sub>)
- Elétrico



# Captura, Armazenagem e Utilização de CO<sub>2</sub> (CCUS)



Capture



Utilization



Storage

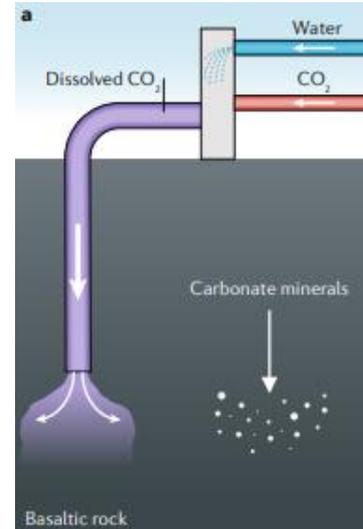
Nível distinto de concentração de efluentes gasosos:

- Cerâmica: 2-3%
- Vidro: ~8%

Projeto demonstrador

**“ORCA is the world's first large-scale carbon dioxide removal plant. (Iceland, 2021)”**

**Capture capacity:** Up to 4,000 tons of CO<sub>2</sub> per year.



Fonte: [climeworks.com/plant-orca](https://climeworks.com/plant-orca)

# Medidas de economia circular



- Sumidouros Naturais de GEE
- Ecodesign e design para a sustentabilidade
- Desmaterialização / digitalização
- Avaliação de Ciclo de Vida e Pegada de Carbono por Subsetor
- Matérias-primas alternativas
- Outras medidas:
  - Reciclagem
  - Recuperação de resíduos de processo
  - Incorporação de resíduos não metálicos de outras proveniências e incorporação de subprodutos



## Reservatórios globais de carbono (carbono armazenado) em gigatoneladas

Fonte: Climate Change Resource Center

# Notas finais

- O caminho para a descarbonização **não é um caminho único**
- **Abordagem integrada** – de todo o processo e produtos no sentido da descarbonização, circularidade e sustentabilidade
- Algumas das tecnologias para a descarbonização **não estão ainda suficientemente desenvolvidas**
- **Projetos demonstradores** das diferentes tecnologias são essenciais

# Obrigada pela atenção!

**Inês Rondão**  
ines.rondao@ctcv.pt

[www.ctcv.pt](http://www.ctcv.pt)

