Encontro Nacional do Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP - 2026

# SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS CARBONÁCEOS OTIMIZADOS PARA APLICAÇÕES EM CAPTURA DE $CO_2$

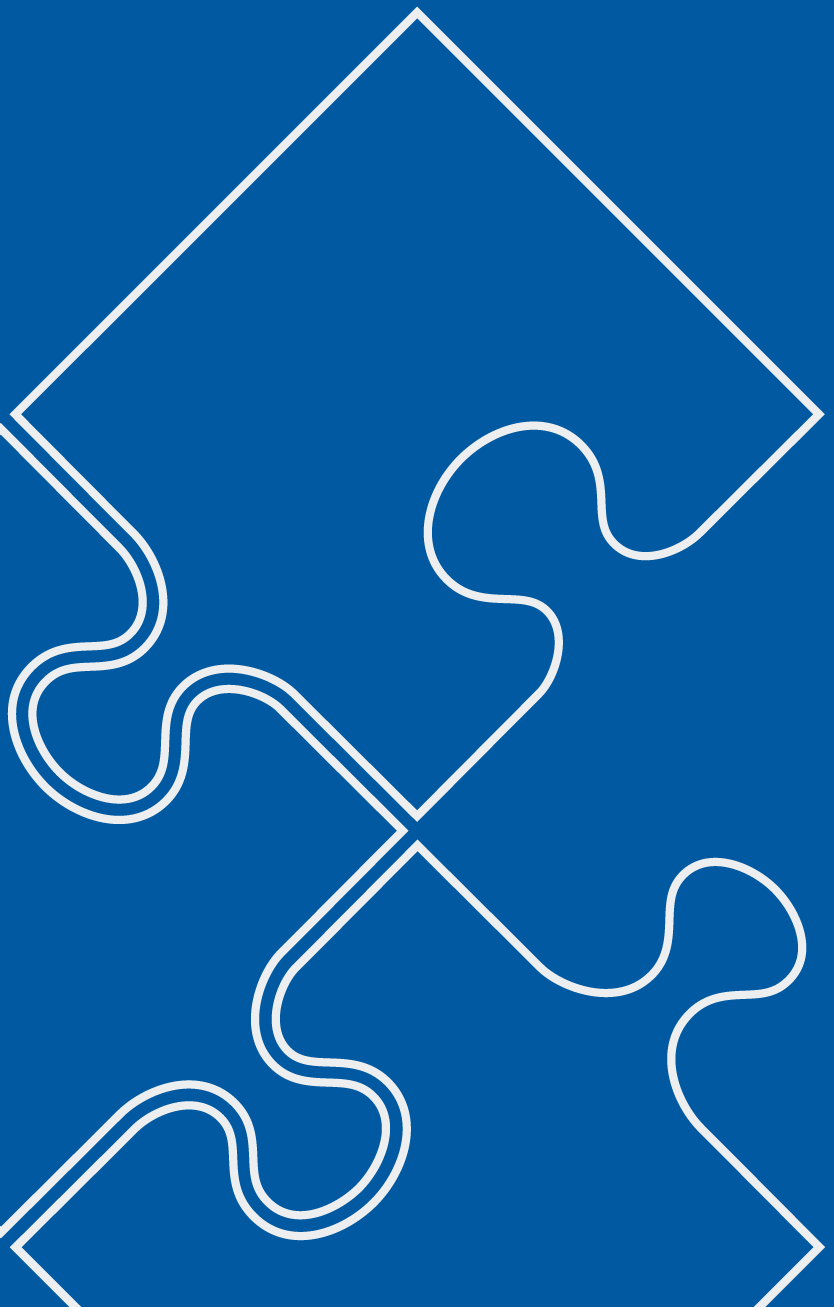
Alice Guimarães Wendelstein; Carlos Pérez Bergmann

**PRH ANP13/UFRGS**

**Tipo de bolsa: Mestrado**

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)**

Gestão:



1

# MOTIVAÇÃO

# MOTIVAÇÃO

Valorização de Biomassa → Desenvolvimento de Materiais Porosos → Mitigação de Emissões

## POR QUE ESTE TRABALHO?

- Aumento das **emissões de $CO_2$** e agravamento das **mudanças climáticas**.
- Desenvolvimento de tecnologias para a mitigação das emissões de GEE.
- Valorização de resíduos agroindustriais.
- Uso do bagaço de cana, abundante no Brasil, como matéria-prima.
- Produção de adsorventes carbonáceos, derivados de biomassa, de baixo custo.

## OPORTUNIDADE

- Resíduo abundante no setor sucroenergético.
- Potencial de **Valorização tecnológica**
- Materiais aplicados à adsorção de $CO_2$.
- Economia circular - Setor de energia.

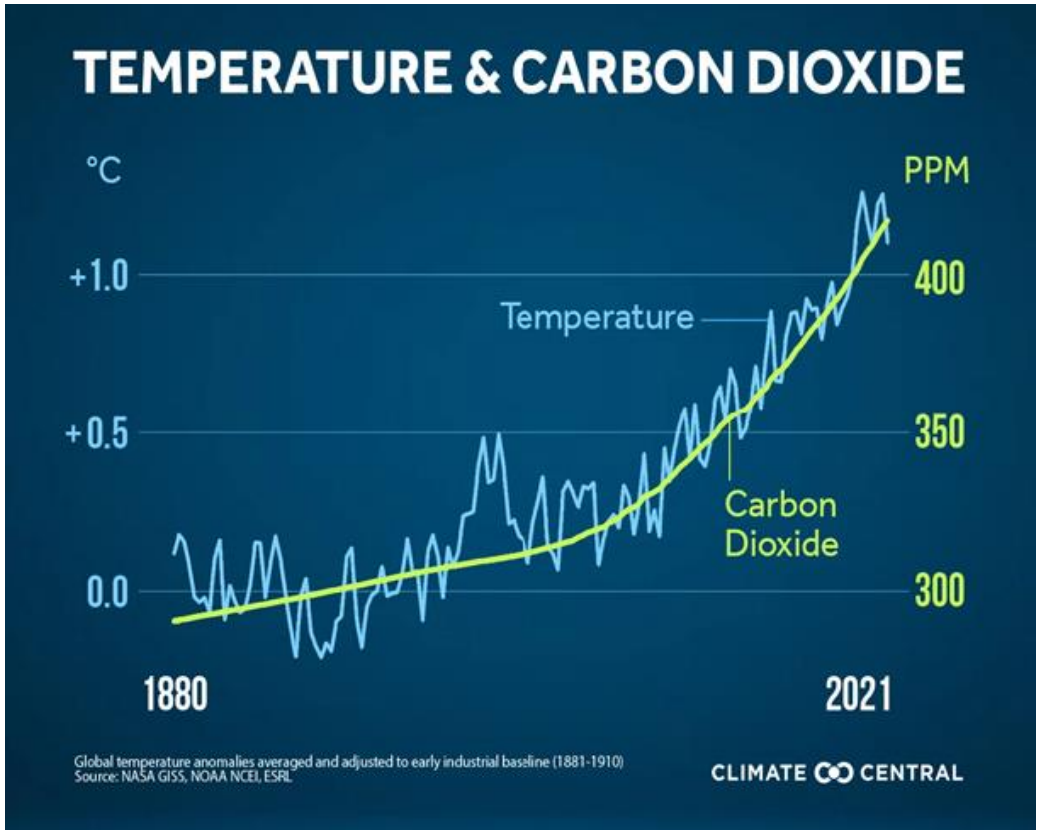
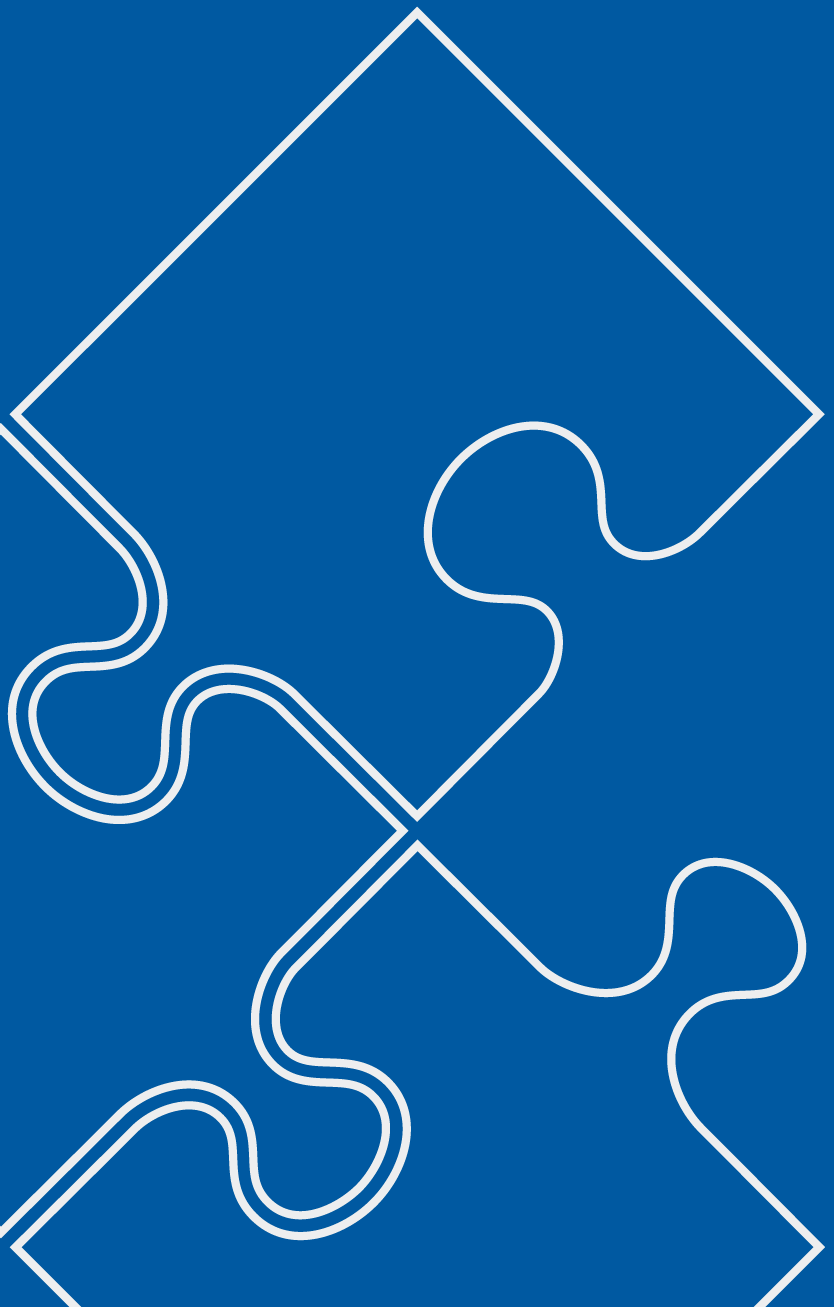



Figura 1: Concentração de $CO_2$ atmosférico e variação da temperatura média global durante os anos.



2

# APLICAÇÃO NO SETOR DE PETRÓLEO E ENERGIA

# APLICAÇÃO NO SETOR DE PETRÓLEO E ENERGIA

## DESCARBONIZAÇÃO

- Setor de energia → importante fonte de emissões de GEE
- Metas globais de redução de emissões

## CAPTURA DE $CO_2$

Os materiais desenvolvidos tem potencial para atuar na separação e captura de $CO_2$ de processos industriais do setor de petróleo e energia → estratégia de transição energética e possíveis **ganhos tecnológicos e econômicos.**

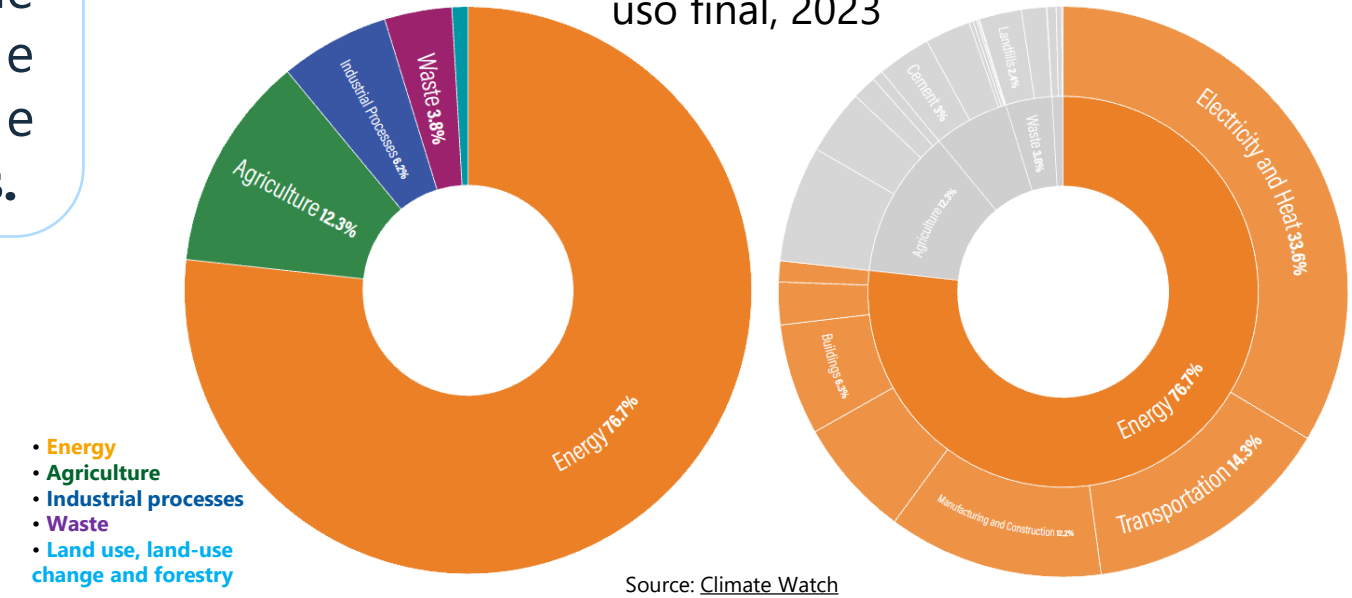
## POTENCIAL TECNOLÓGICO

Uso do bagaço de cana-de-açúcar agrega valor tecnológico a um resíduo do setor sucroenergético pela produção de material com potencial de aplicação na mitigação de emissões.

## 76,7% DAS EMISSÕES GLOBAIS DE GEE

Eletricidade e calor, transportes, manufatura/construção e edifícios. Geração de **eletricidade e calor** representa cerca de **30–34%** do total global.

Figura 2: Emissões globais de gases de efeito estufa por setor e uso final, 2023

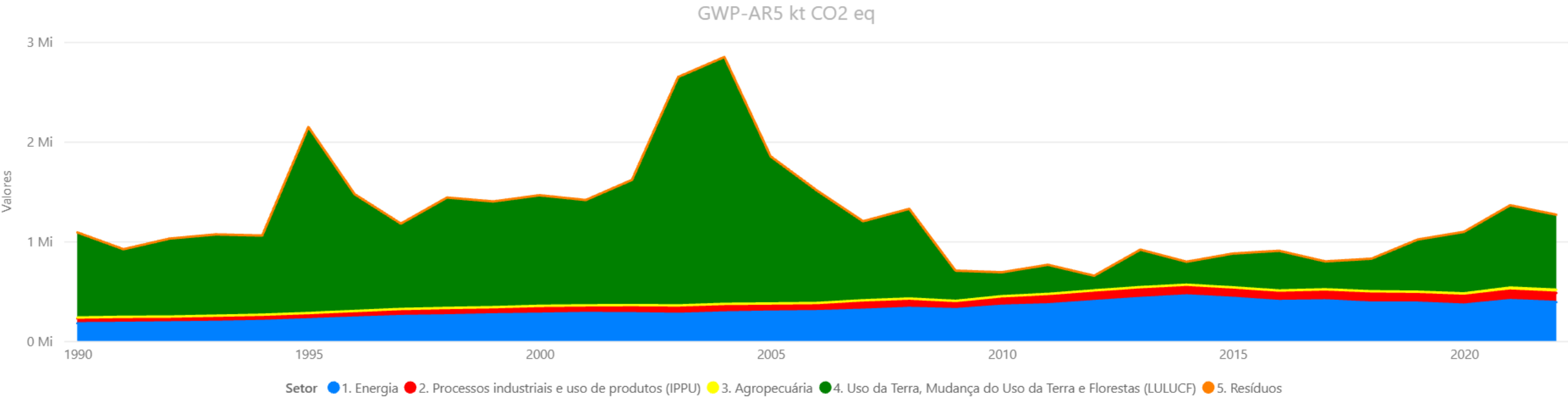


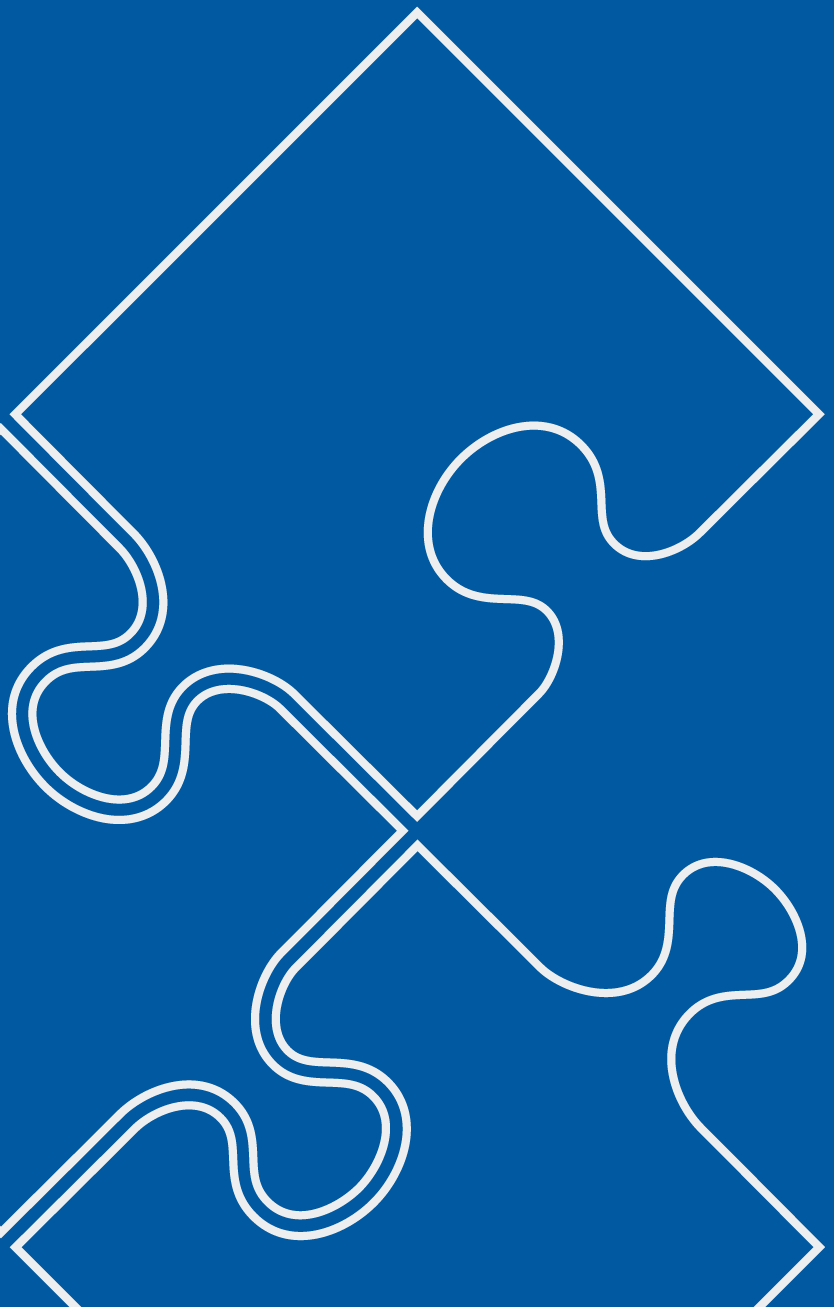

Source: Climate Watch

# APLICAÇÃO NO SETOR DE PETRÓLEO E ENERGIA

Figura 3: Emissões de $CO_2$ por Setor no Brasil

| Ano | 1. Energia | 2. Processos industriais e uso de produtos (IPPU) | 3. Agropecuária | 4. Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF) | 5. Resíduos | **Total** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2022 | 391.193 | 91.483 | 31.484 | 751.467 | 504 | **1.266.131** |
| 2021 | 409.617 | 95.423 | 30.236 | 825.372 | 534 | **1.361.183** |
| 2020 | 364.226 | 87.215 | 26.010 | 616.679 | 548 | **1.094.677** |
| 2019 | 383.453 | 86.118 | 24.299 | 522.863 | 557 | **1.017.289** |





3

# OBJETIVO

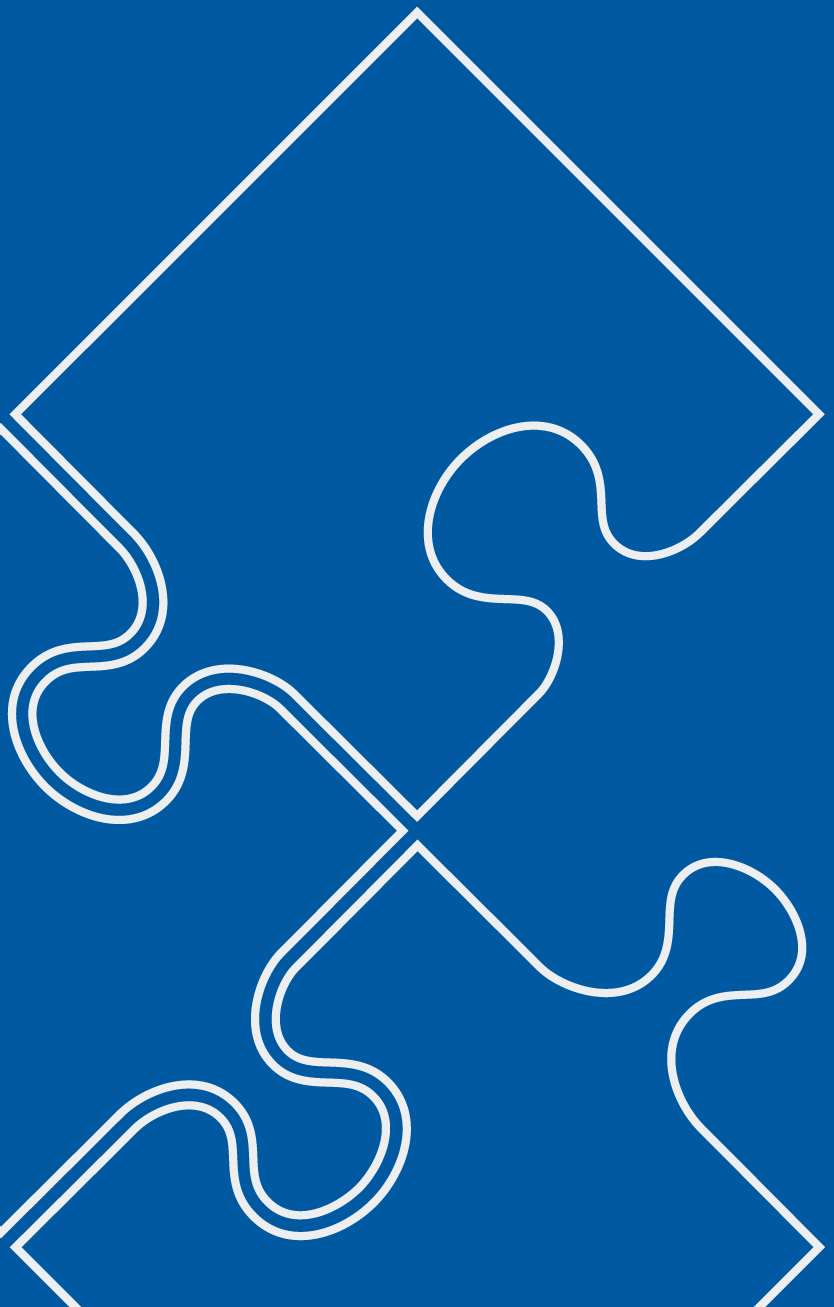
# OBJETIVOS

## OBJETIVO GERAL

**Sintetizar adsorventes carbonáceos otimizados, usando bagaço de cana-de-açúcar como precursor, e avaliar sua capacidade de captura de $CO_2$.**

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **Realizar a pirólise da biomassa bagaço de cana-de-açúcar;**
- **Promover a ativação química do biochar obtido utilizando diferentes agentes ativantes;**
- **Caracterizar os materiais carbonáceos desenvolvidos;**
- **Impregnar com ferrita de magnésio a amostra que apresentar as propriedades mais promissoras;**
- **Avaliar a capacidade de captura de $CO_2$ dos materiais carbonáceos desenvolvidos.**



# 4

# METODOLOGIA

# METODOLOGIA

**1 Bagaço**
Secagem 100 °C
2 dias; moagem;
peneira 4 mm

**2 Pirólise**
550 °C | $N_2$
10 °C/min |
30 min

**3 Ativação Química**
KCl, KOH, $ZnCl_2$,
NaCl, $FeCl_3$
500 °C | $N_2$
10 °C/min | 60 min

**4 Caracterização**
Análise
Imediata;
BET/BJH;
DRX

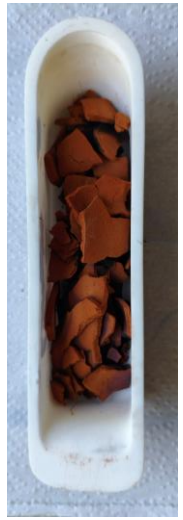
**5 Impregnação Ferrita de Magnésio**
Coprecipitação.
Confirmado por
DRX.

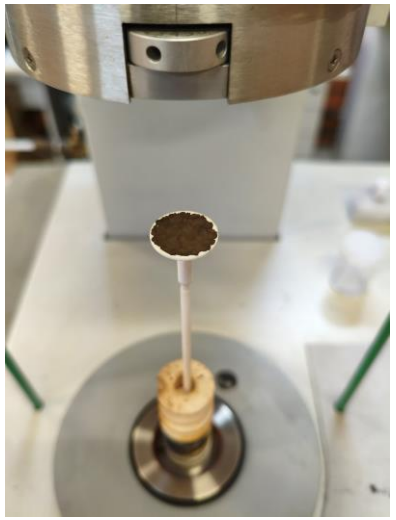
**6 Captura de $CO_2$**
TG: 30 °C
$CO_2$ 50 mL/min
3 h

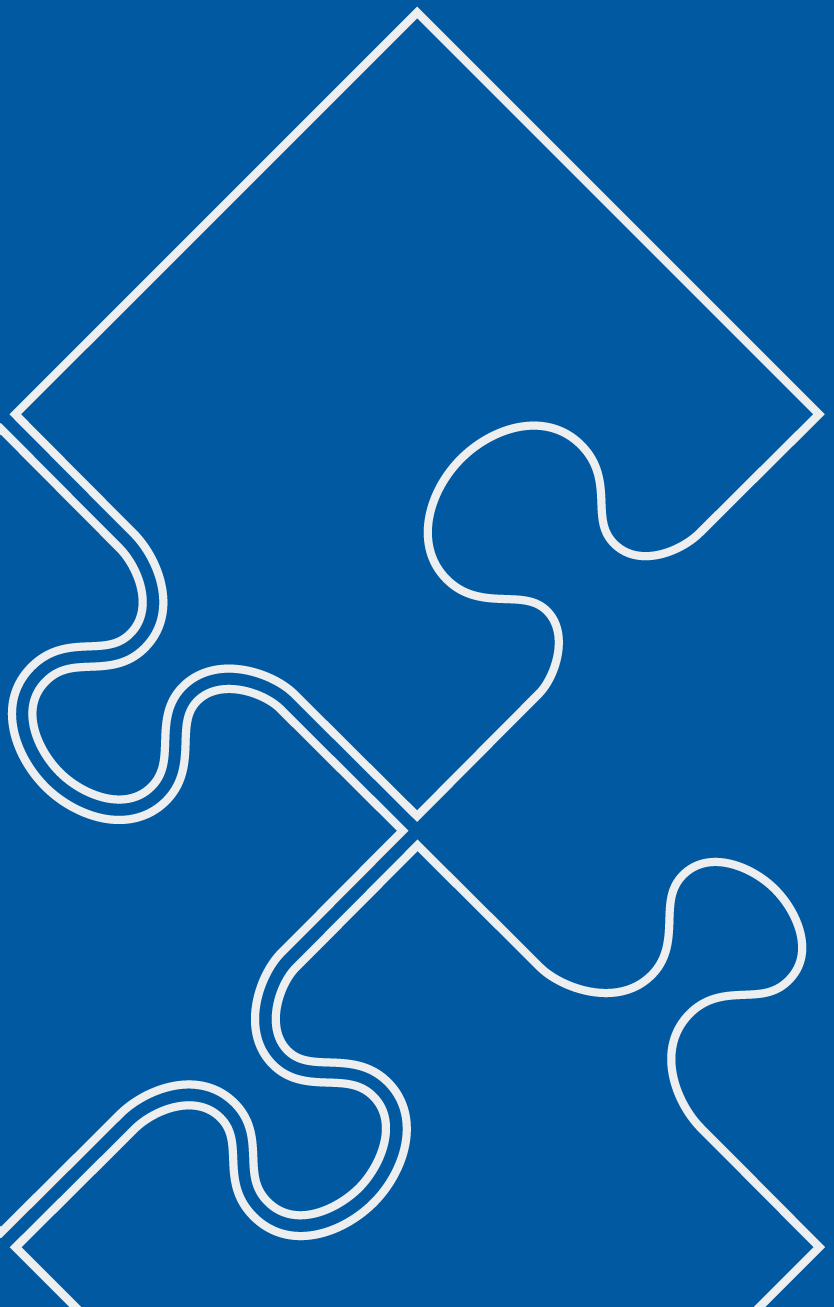












5

# RESULTADOS OBTIDOS

# RESULTADOS OBTIDOS

| Análise Imediata | | CA | BC |
|---|---|---|---|
| Umidade (wt% btq) | Umidade | 4,2 | 5,3 |
| Análise imediata (wt% bs) | Cinzas | 2,2 | 7,1 |
| | Matéria Volátil | 82,7 | 9,4 |
| | Carbono Fixo | 15,1 | 83,5 |

BC: ↑ Carbono Fixo → Maior Estabilidade

CA: ↓ Cinzas → Reduz reações secundárias durante a pirólise.

**296,75 m²/g**
Área superficial BCNa

**0,154 cc/g**
Volume de poros BCNa

## EFEITO DA ATIVAÇÃO

BC: 94,16 m²/g → BCNa: 296,75 m²/g

## EFEITO DA IMPREGNAÇÃO

BCNa-I: 234,09 m²/g e 0,135 cc/g
Redução possivelmente associada ao bloqueio parcial dos poros.

Figura 4: Área Superficial Específica das amostras.

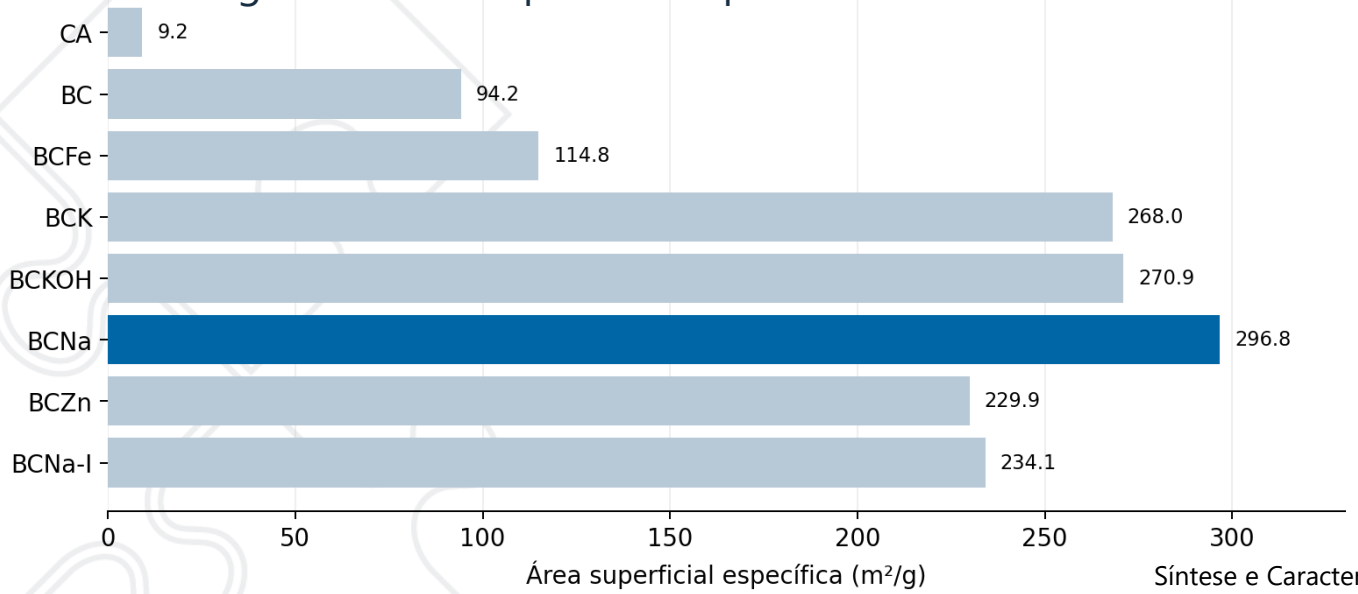
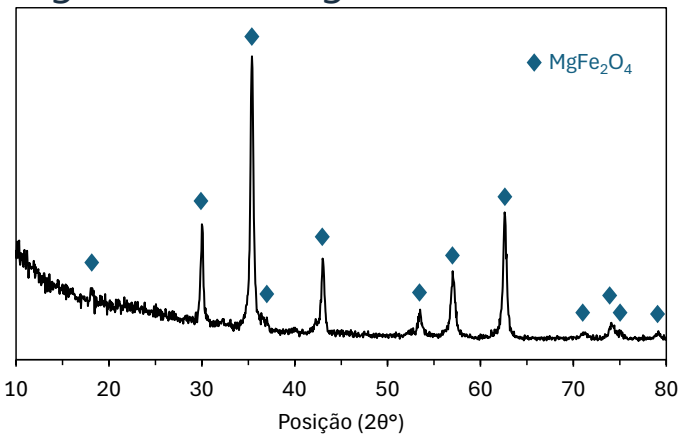



Figura 5: Difratograma do BCNa-I.



# RESULTADOS OBTIDOS

## CINÉTICA

Adsorção rápida no início; desaceleração após ~10 min e patamar próximo de ~80 min.

## LEITURA DO RESULTADO

Todos os biochars ativados superaram o BC não ativado (52,4 mg/g). $q_e$ variou de 18,0 a 87,7 mg/g, com BCNa apresentando o maior $q_e$.

Figura 6: Cinética de adsorção de $CO_2$ em 30ºC

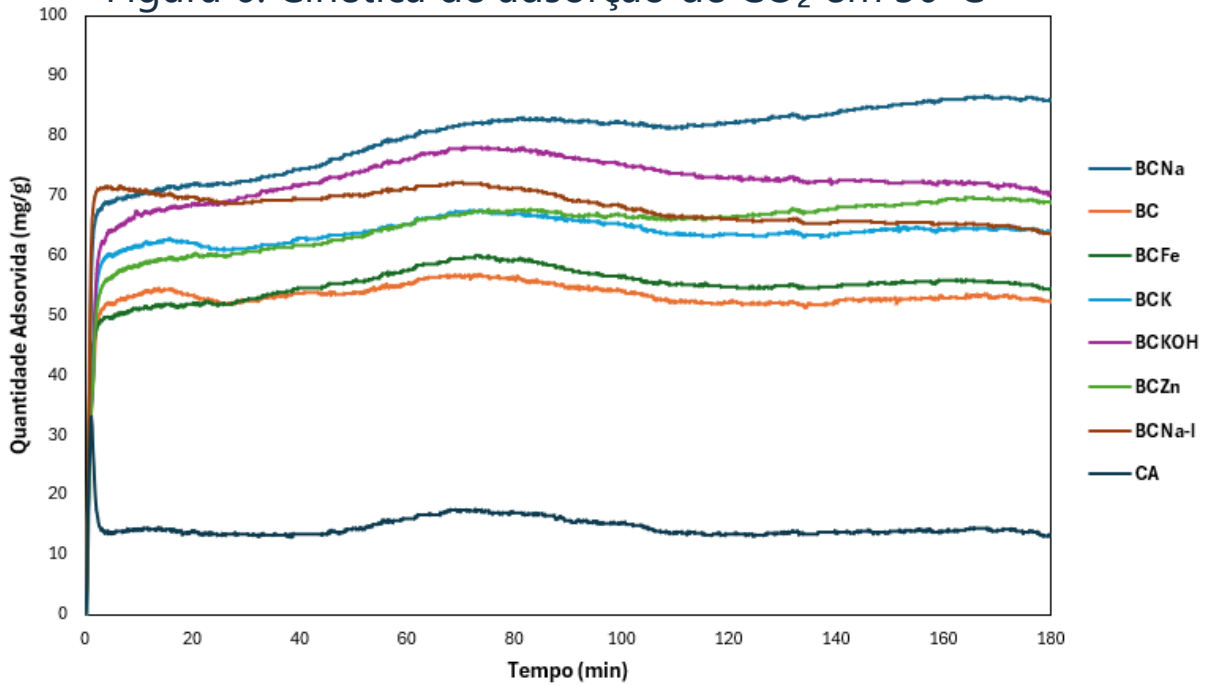
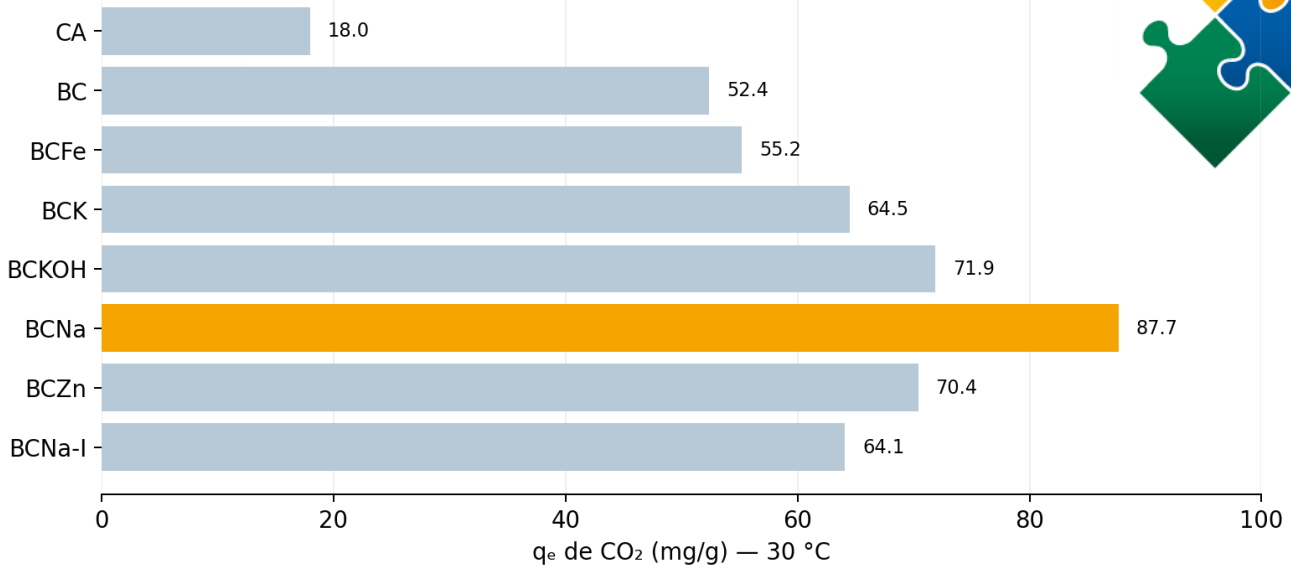



Figura 7: Capacidade de Captura de $CO_2$ ($q_e$) das amostras

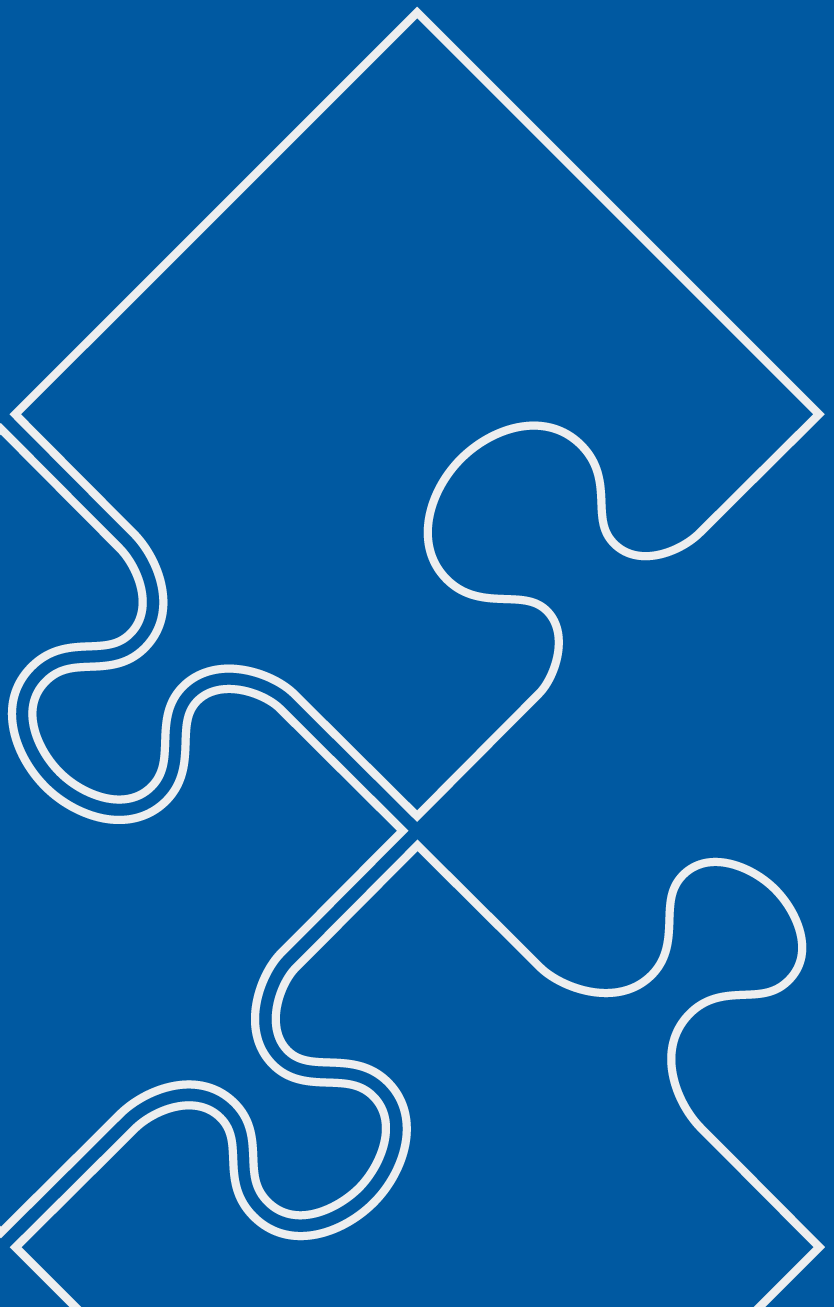



**87,7 mg/g**

$q_e$ — BCNa

## EFEITO TEMPLATE

Maior área superficial observada no BCNa pode estar associada a um possível efeito template promovido pelo NaCl durante a ativação, favorecendo a formação e/ou preservação da estrutura porosa do material.



6

# CONCLUSÃO

# CONCLUSÃO

1. **Produção do Biochar**
   O bagaço de cana-de-açúcar foi convertido em material carbonáceo por meio de pirólise.

2. **Ativação Química**
   A ativação química aumentou a área superficial e o volume de poros do biochar.

3. **Captura de $CO_2$**
   A BCNa apresentou 296,75 $m^2/g$, 0,154 cc/g e $q_e$ = 87,7 mg/g.

4. **Impregnação**
   A impregnação com ferrita de magnésio reduziu a área superficial e o $q_e$ da BCNa-I, possivelmente por bloqueio parcial dos poros.

Os materiais obtidos apresentam características estruturais favoráveis e capacidade de captura de $CO_2$, evidenciando seu potencial como adsorventes carbonáceos e sua aplicabilidade na mitigação de emissões do setor energético.

prh anp 13/UFRGS

**Alice Guimarães Wendelstein**

Dados para contato

alicegw10@gmail.com

(51) 998453019



prh anp

anp | Gestão: FAPESP