

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
LABORATÓRIO DE ENERGIA E BIOPROCESSOS

# **Produção de carvão ativado a partir de madeira tratada com arseniato de cobre cromatado (CCA) para adsorção de CO<sub>2</sub>**

Prof. Dr. Marcelo Godinho  
MSc. Michele Leoratto Botomé



## **Matriz High Tech de reuso e descarte limpo na CPFL**

Período: 2011 – 2015

Financiador: Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL – P&D  
ANEEL.

## **Produção sustentável de Biometano para a cogeração de energia elétrica e calor**



Período: 2012 – 2015

Financiador: Companhia Estadual de Energia Elétrica – CEEE – P&D  
ANEEL

## **O Conceito de uma Biorrefinaria Aplicado a uma propriedade rural**

Período: 2012 – 2016

Financiador: Secretaria do Desenvolvimento Econômico, Ciência e  
Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul



SECRETARIA DO  
DESENVOLVIMENTO  
ECONÔMICO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA

# Infraestrutura Laboratorial



Fixed-bed/Rotative reactor  
Application:  
Pyrolysis/gasification  
reactions. Biomass and  
waste combustion.



Multipurpose reactor (CSTR/PFR)  
Application: Catalytic  
homogeneous/heterogeneous  
reactions. Production of biodiesel.



Fixed or Fluidized-bed reactor  
Application: Pyrolysis/gasification  
reactions. Biomass and waste  
combustion.

# Infraestrutura Laboratorial



Steam explosion reactor  
Application: Separation of  
biomass fibres and lignin removal



Fixed or Fluidized-bed reactor  
Application: Pyrolysis/gasification  
reactions. Biomass and waste  
combustion.



Pressure Swing Adsorption (PSA)  
Application: CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> separation.  
Biomethane production

# Infraestrutura Laboratorial



Fazenda Souza



UASB reactor  
Application: Biogas production



Screw reactor  
Application: Pyrolysis reactions.  
Biomass and waste.

# Infraestrutura Laboratorial



Surface Area Analyser  
Quantachrome/NOVA1200E



Thermogravimetric Analyser TG/DSC  
NETZSCH STA449F3 Jupiter.



Gas chromatograph  
Dani/Master (GC).

# Biomassas/Resíduos pesquisados no Lebio



Capim elefante



Resíduos de couro



Resíduos de cama de aviário



Resíduos de madeira contaminada com CCA



Nabo forrageiro



Resíduos de MDF



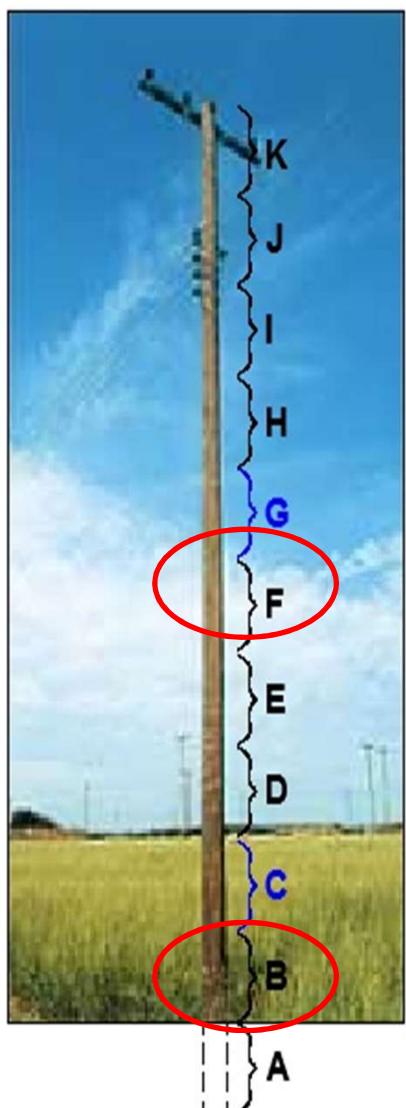
Resíduos de talo de fumo



Resíduos siderúrgicos

## Empresas com projetos P&D em andamento no LEBIO





11 frações

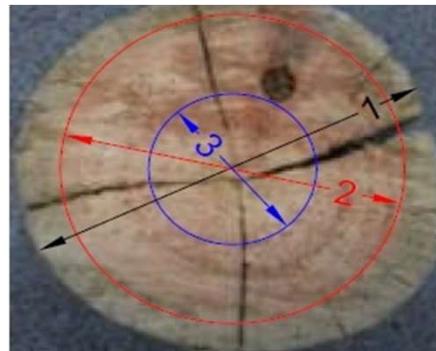


Figura. Seções do poste de madeira tratada com CCA



### Nomenclatura e sigla das amostras de madeira tratada com CCA

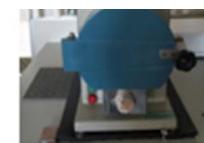
Sigla	Nomenclatura
C1	Fração referente à base do poste e parte externa do disco
C2	Fração referente à base do poste e parte do entremeio do disco
C3	Fração referente à base do poste e parte interna do disco
G1	Fração referente ao meio do poste e parte externa do disco
G2	Fração referente ao meio do poste e parte do entremeio do disco
G3	Fração referente ao meio do poste e parte interna do disco



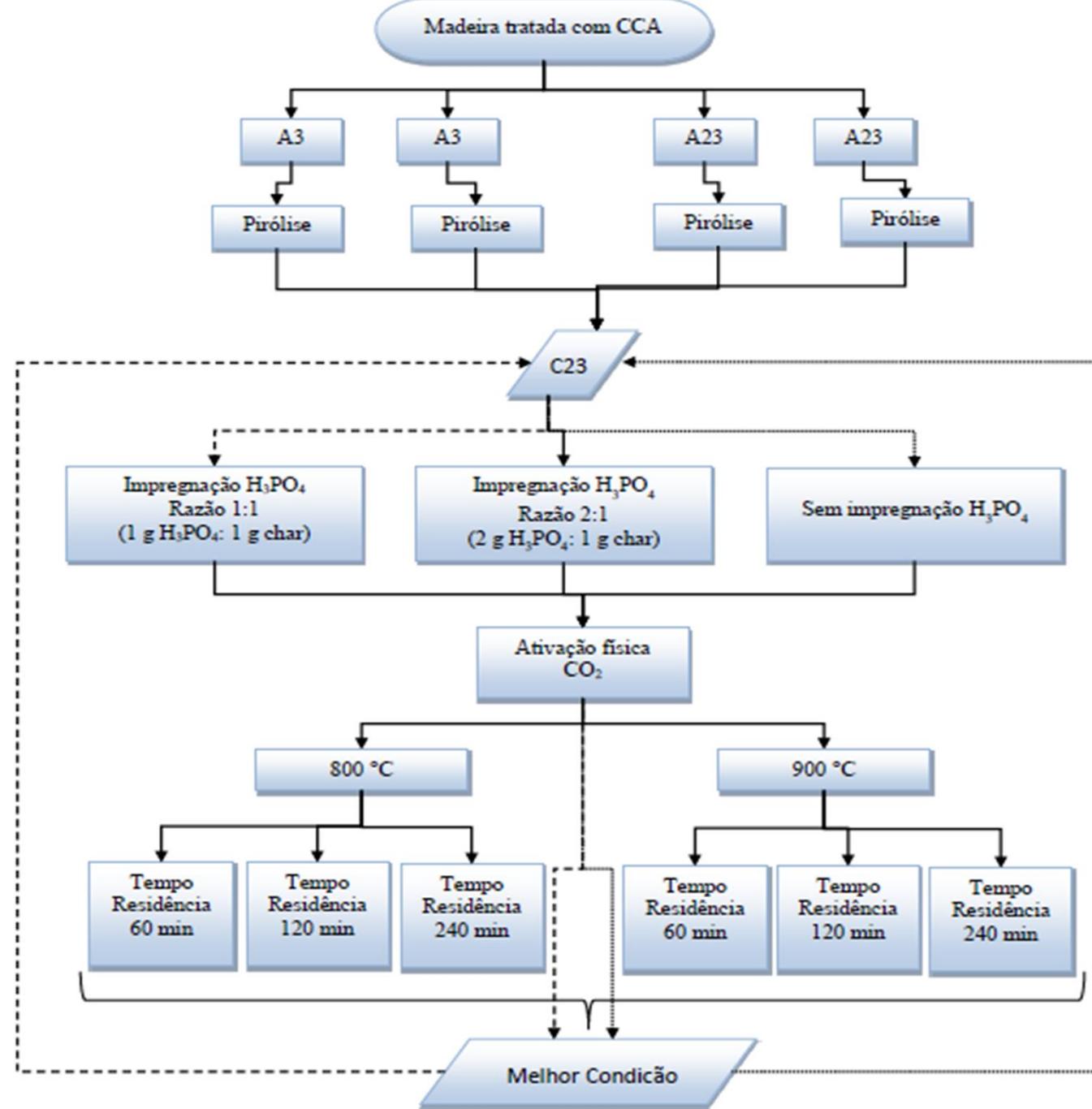
Amostra no formato  
de pó



Classificador



Moinho de facas  
de bancada



Composição e nomenclatura das amostras utilizadas nos experimentos de pirólise da madeira tratada com CCA em reator de leito fixo

Amostras	Massa C3 (g)	Massa G3 (g)	Massa C2 (g)	Massa G2 (g)
A3	250	250	-	-
A23	125	125	125	125

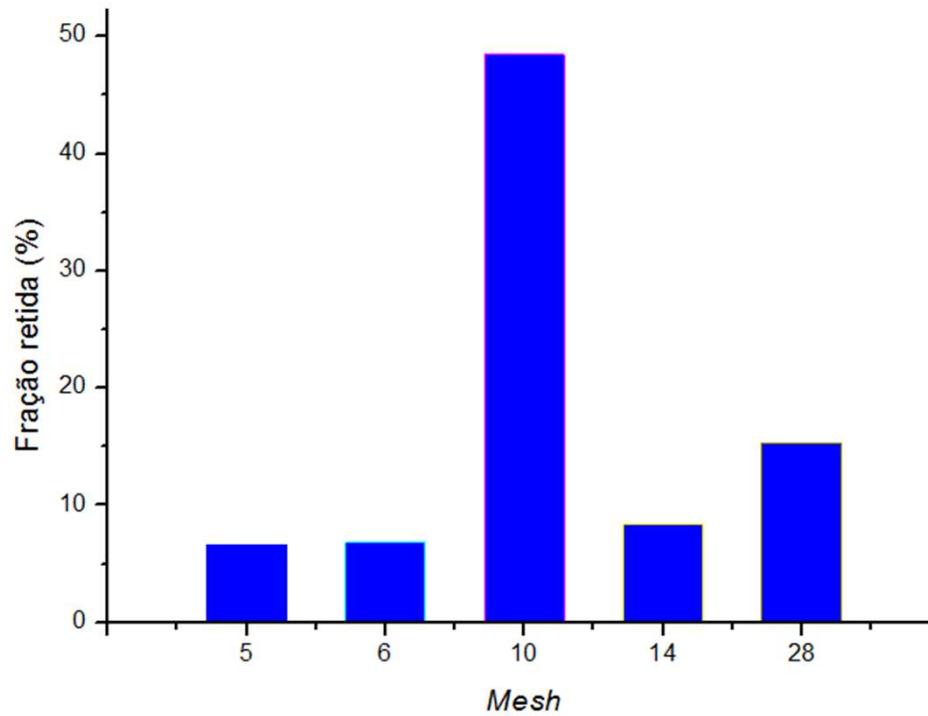
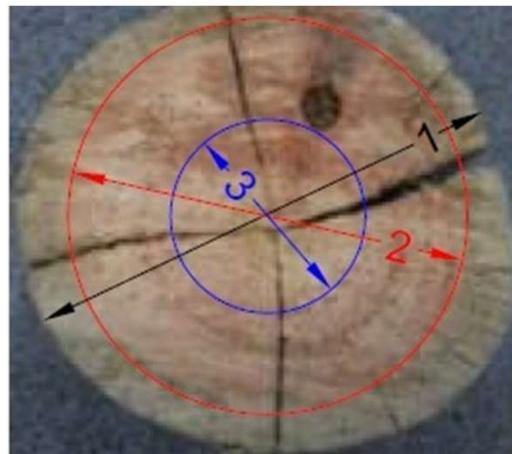


Figura. Distribuição granulométrica das amostras utilizadas nos ensaios de pirólise da madeira tratada com CCA

Determinação da  
emissão de metais  
US-EPA Method 29



Representação do borbulhador  
de vidro borosilicato

**CEN BT/TF 143**



$\text{...min}^{-1}$   
 $5^\circ \text{C}.\text{min}^{-1}$   
 terma: 120 minutos)



Borbulhador de  
aço inox (vazio)

Termopar

Termopar

Entrada  
de  $\text{N}_2$

s às coletas de gás

**Tempo  
(min)**

0
0
0
60
120

## ATIVAÇÃO FÍSICA

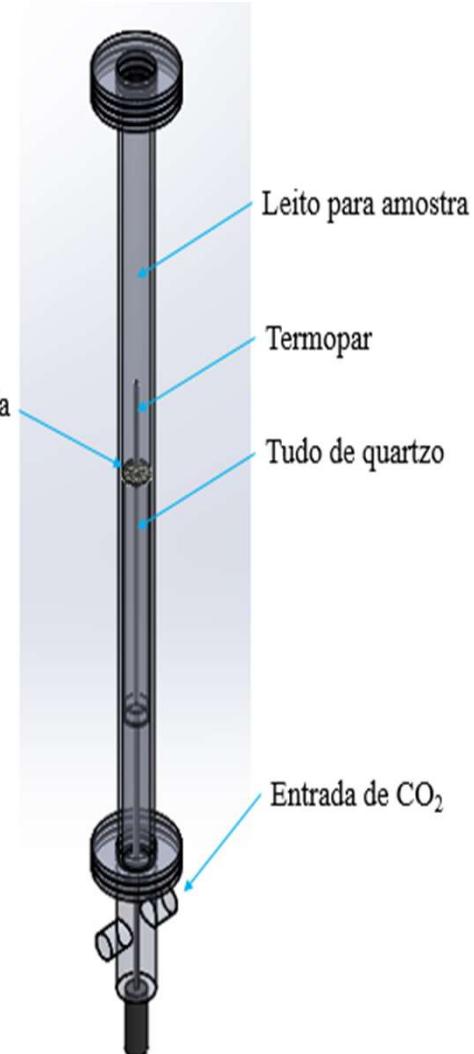
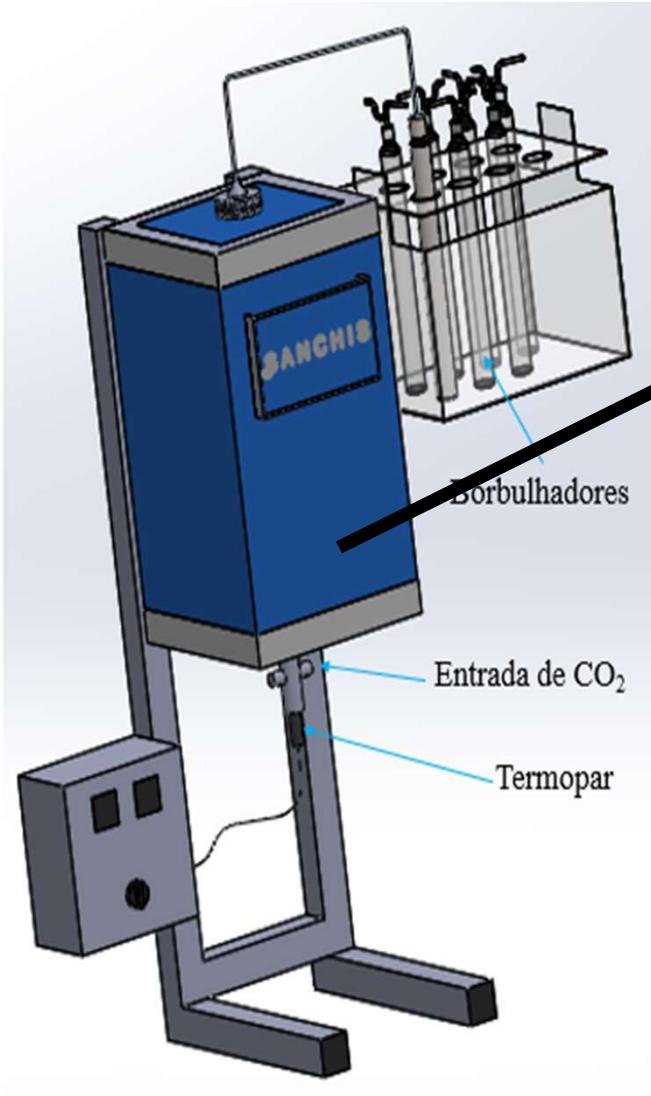
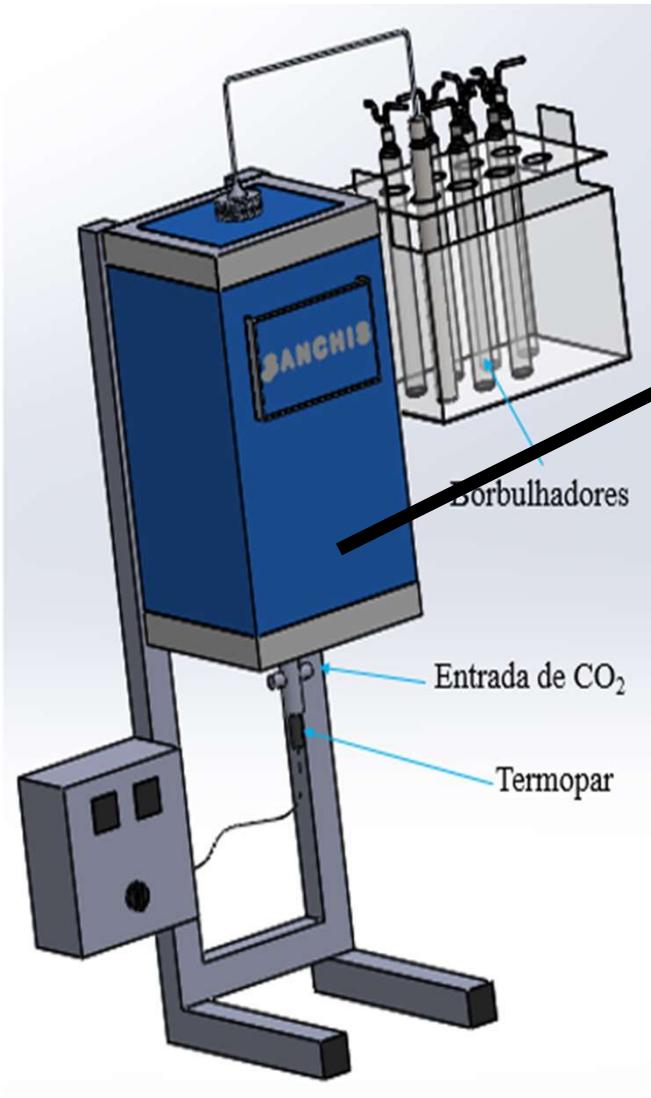


Figura. Componentes presentes no interior do reator de leito fixo

## ATIVAÇÃO FÍSICA



*Char = 15 g*

*50 mL.min<sup>-1</sup>*

*10 ° C. min<sup>-1</sup>*

Activation process conditions of the activated carbon from CCA-treated wood.

Sample	*Impregnation ratio (w/w)	Temperature (°C)	Time (h)
1:2/800/1	1:2	800	1
1:2/800/2	1:2	800	2
1:2/800/4	1:2	800	4
1:2/900/1	1:2	900	1
1:2/900/2	1:2	900	2
1:2/900/4	1:2	900	4
900/4	-	900	4

\* Char/H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

## Pirólise - Rendimento

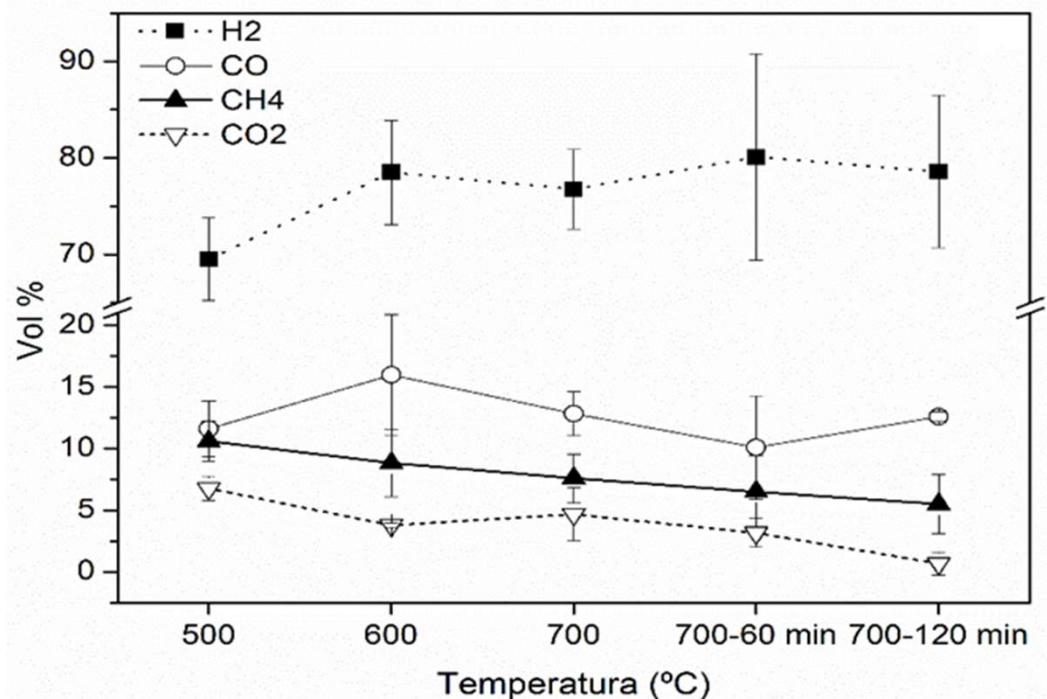
<b>Biomassa</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Produtos (% m.m<sup>-1</sup>)</b>			<b>Referência</b>
		<i>Char</i>	Óleo	Gás	
Eucalipto tratado – CCA (A23)*	700	24,2	43,4	32,5	Este trabalho
Eucalipto tratado – CCA (A3)*	700	26,3	42,6	31,1	Este trabalho
Madeira tratada - CCB	372	38,6	36,6	24,8	(KINATA <i>et al.</i> , 2013)
Pinus tratado - CCA	350	30,2	57,7	4,6	(FU <i>et al.</i> , 2007)

\*Valor médio de 2 experimentos

## CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS DA PIRÓLISE

### • GÁS COMBUSTÍVEL

- Temperatura
- Produção de hidrogênio: 70% - 78% vol



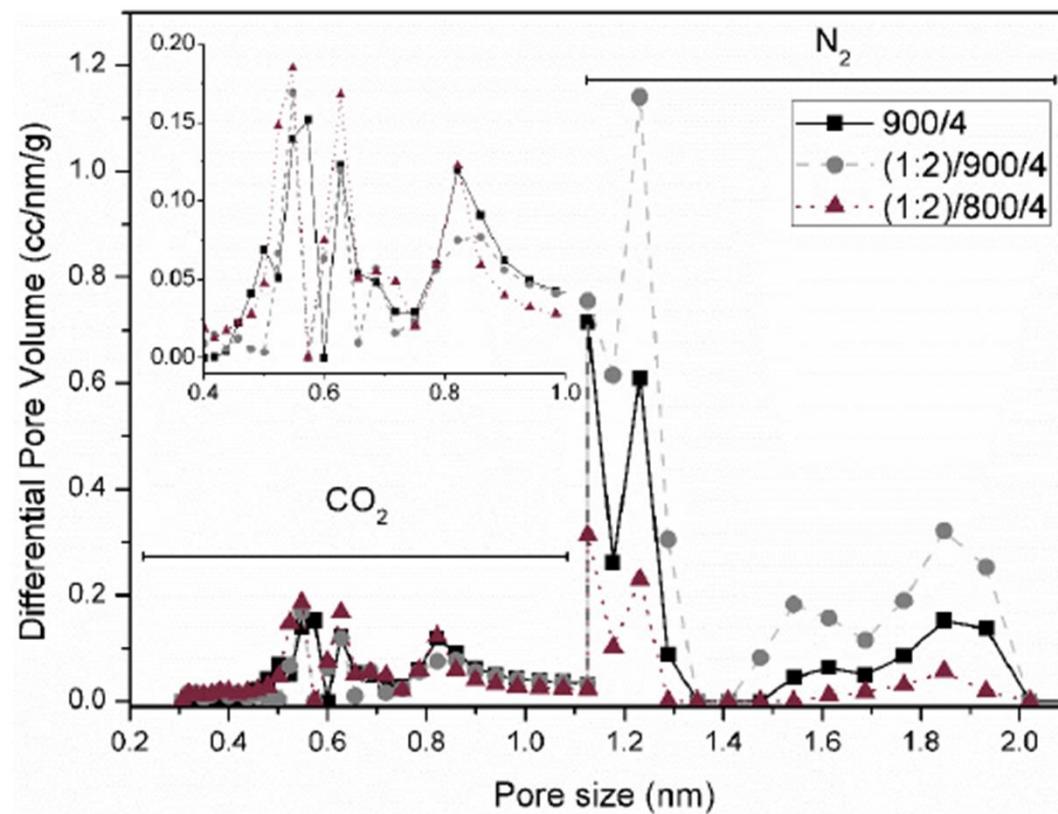
Lignina  
H<sub>2</sub> / CH<sub>4</sub> – 650 ° C

A 500 ° C inicia o craqueamento do alcatrão. Os principais produtos são CO e H<sub>2</sub>

ANCA-COUCE, A. Prog Energ Combust, v. 53, p. 41–79, 2016.

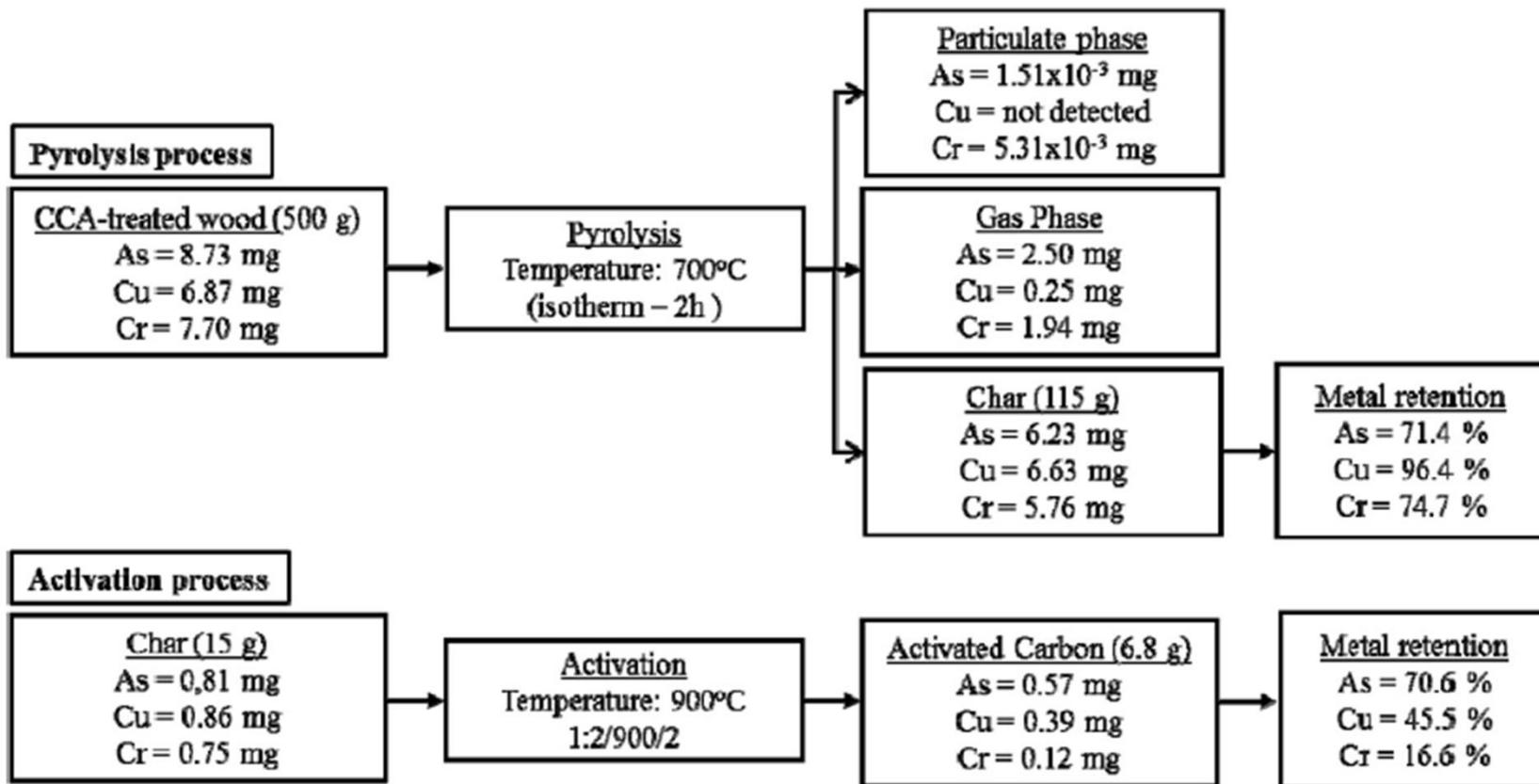
Influência da temperatura sobre a concentração molar (vol%) dos gases não condensáveis

## CARACTERIZAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO



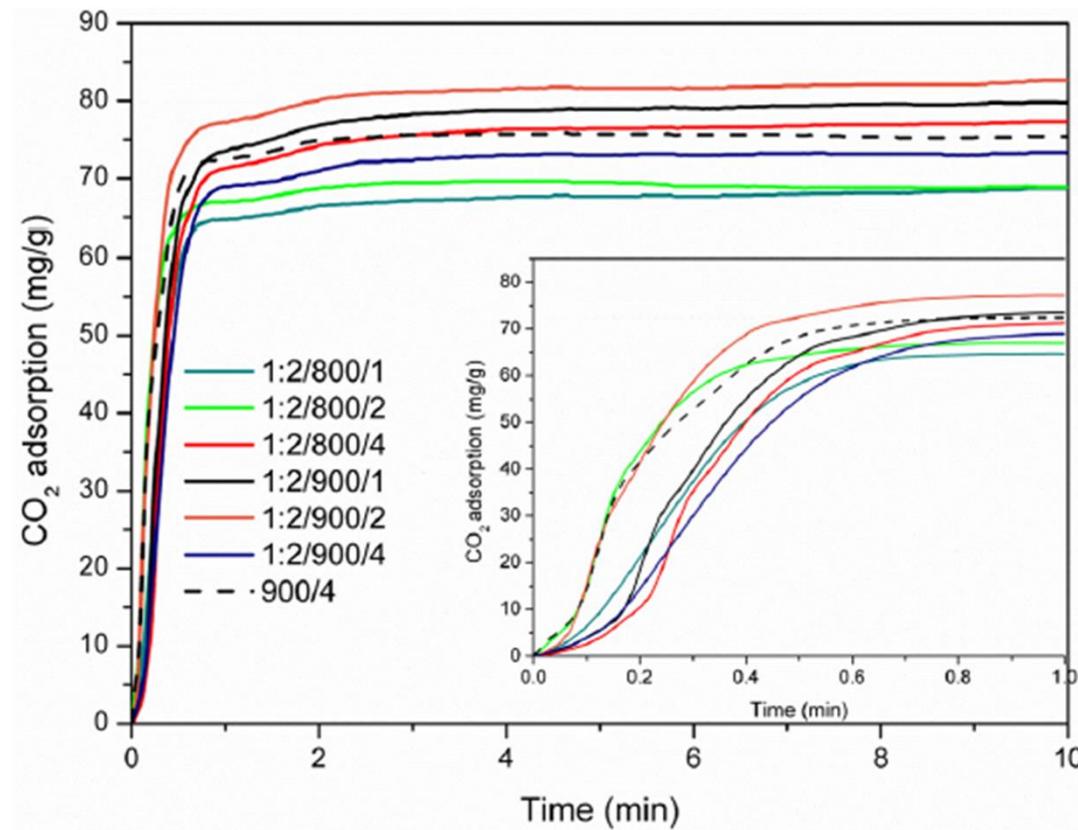
**Fig. 2.** Pore size distribution calculated from  $\text{CO}_2$  and  $\text{N}_2$  isotherms of the samples.  
non-local density functional theory (NLDFT).

## Balânco de massa



## ADSORÇÃO DE CO<sub>2</sub>

69-83 mg.g<sup>-1</sup>



Capacidade de adsorção de CO<sub>2</sub> de diferentes amostras de carvão ativado

## ADSORÇÃO DE CO<sub>2</sub>

Estabilidade do adsorvente  
Rápida cinética de  
adsorção/dessorção

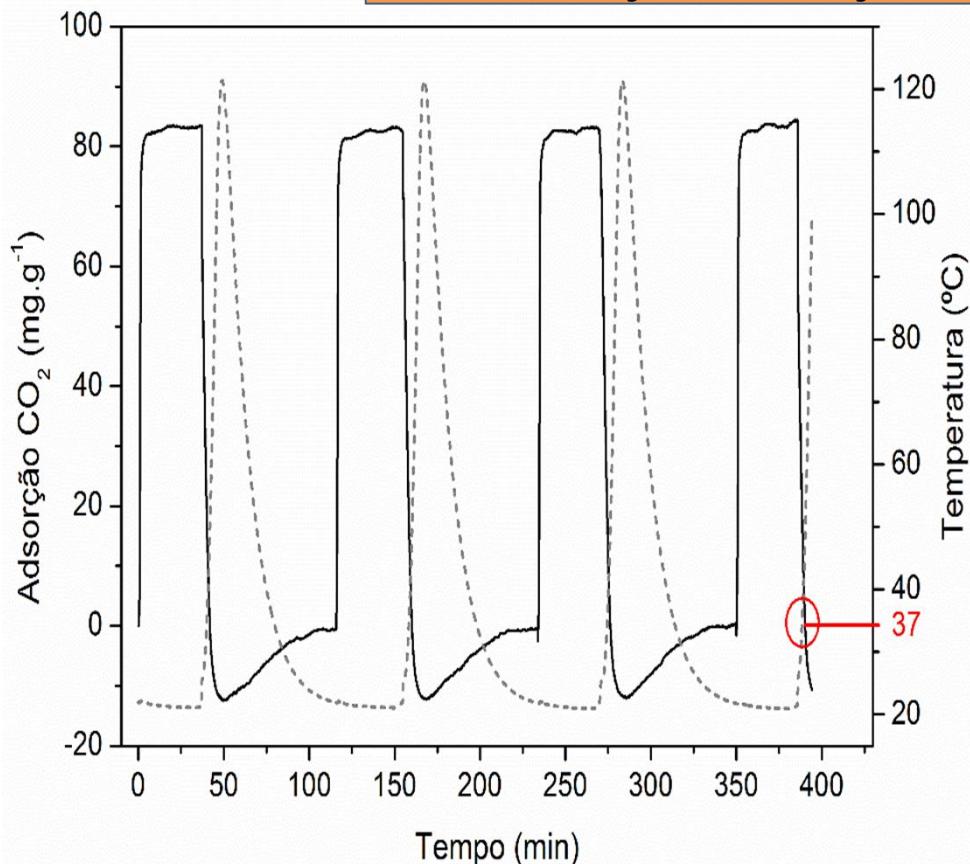


Figura. Ciclos de adsorção de CO<sub>2</sub> da amostra de carvão ativado produzido a partir da madeira tratada com CCA (C23(2:1)900/240)

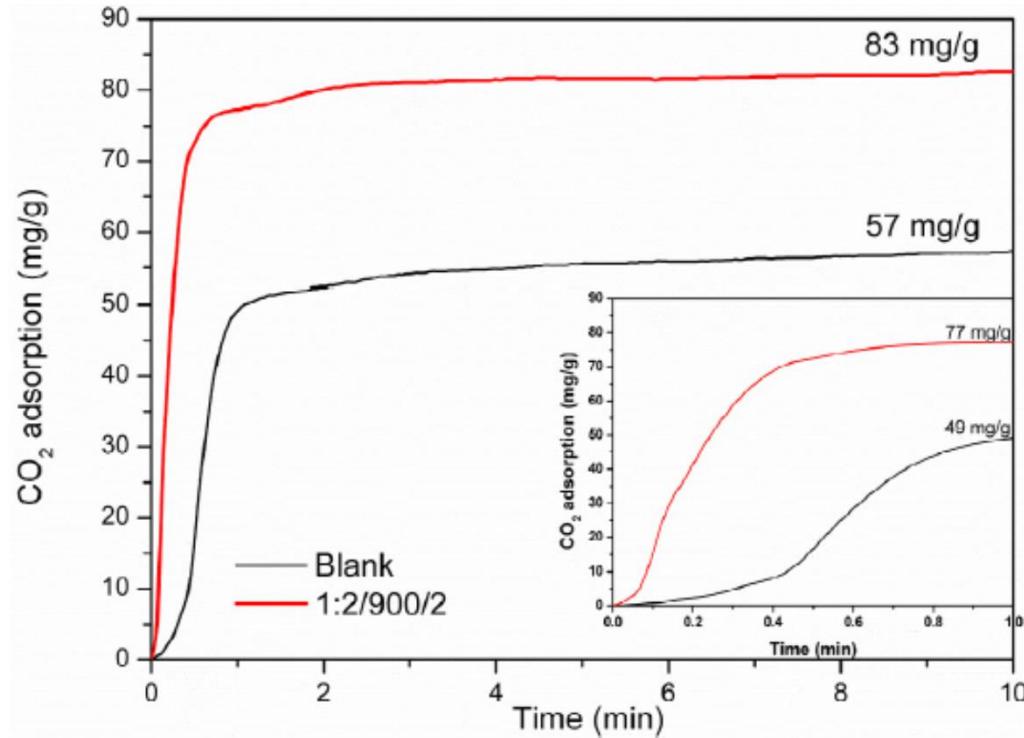
### Dados da Literatura

Aumento de aproximadamente 49% da capacidade de adsorção de CO<sub>2</sub> com o acréscimo de cobre no material carbonoso.

Impregnação de Cr<sub>2</sub>O (0,00034%) no carvão ativado elevou a capacidade de adsorção de CO<sub>2</sub> entre 30 e 50%.

SOMY et al. Int J Greenh Gas Cont, v. 3, n. 3, p. 249–254, 2009.

*Char*  
Cu: 0,0032% (m.m<sup>-1</sup>)  
Cr: 0,0028% (m.m<sup>-1</sup>)



**Fig. 7.** CO<sub>2</sub> adsorption capacity of the activated carbon samples: blank – activated carbon without metals and sample 1:2/900/2 – activated carbon from CCA-treated wood.



Contents lists available at ScienceDirect

## Chemical Engineering Journal

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/cej](http://www.elsevier.com/locate/cej)

Chemical  
Engineering  
Journal



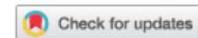
CrossMark

### Preparation and characterization of a metal-rich activated carbon from CCA-treated wood for CO<sub>2</sub> capture

Michele Leoratto Botomé, Patrícia Poletto, Janaína Junges, Daniele Perondi, Aline Dettmer,  
Marcelo Godinho\*

*Postgraduate Program in Engineering Processes and Technologies, University of Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, Brazil*

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY, 2018  
<https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1452984>



### Adsorption of leather dyes on activated carbon from leather shaving wastes: kinetics, equilibrium and thermodynamics studies

Christian Manera  <sup>a</sup>, Andrezza Piroli Tonello<sup>a</sup>, Daniele Perondi<sup>a,b</sup> and Marcelo Godinho  <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Postgraduate Program in Engineering Processes and Technologies, University of Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil; <sup>b</sup>Postgraduate Program in Mining Engineering, Metallurgical and Materials, Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Rio Grande do Sul, Brazil

## Equipe Executora



Dr. Antônio Cezar  
Faria Vilela



Dr. Marcelo  
Godinho



Dra. Daniele  
Perondi



Mestre Janaína  
Junges



Engenheiro  
Christian Manera



Estudante de  
Engenharia  
Andrezza P. Tonello



Estudante de  
Engenharia Danielle  
Restelatto



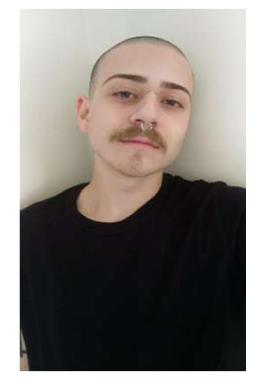
Estudante de  
Engenharia Davi A.  
Zancanaro



Estudante de  
Engenharia Eduardo  
Didomênico



Estudante de  
Engenharia Jonas  
Kerwald



Estudante de  
Engenharia Kirk  
Lopes

# Muito obrigado!

Laboratório de Energia e Bioprocessos – Bloco G – Sala 107  
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – Bairro Petrópolis  
95070-560 – Caxias do Sul / RS  
Telefone: (54) 3218-2689