



# Rotas Tecnológicas para Produção de Combustíveis para Aviação

Profa. Dra. Amanda Duarte Gondim

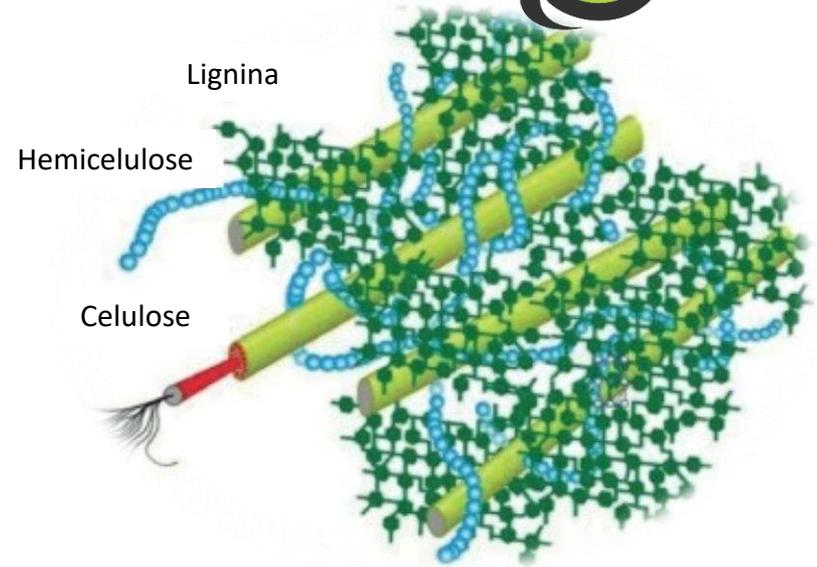
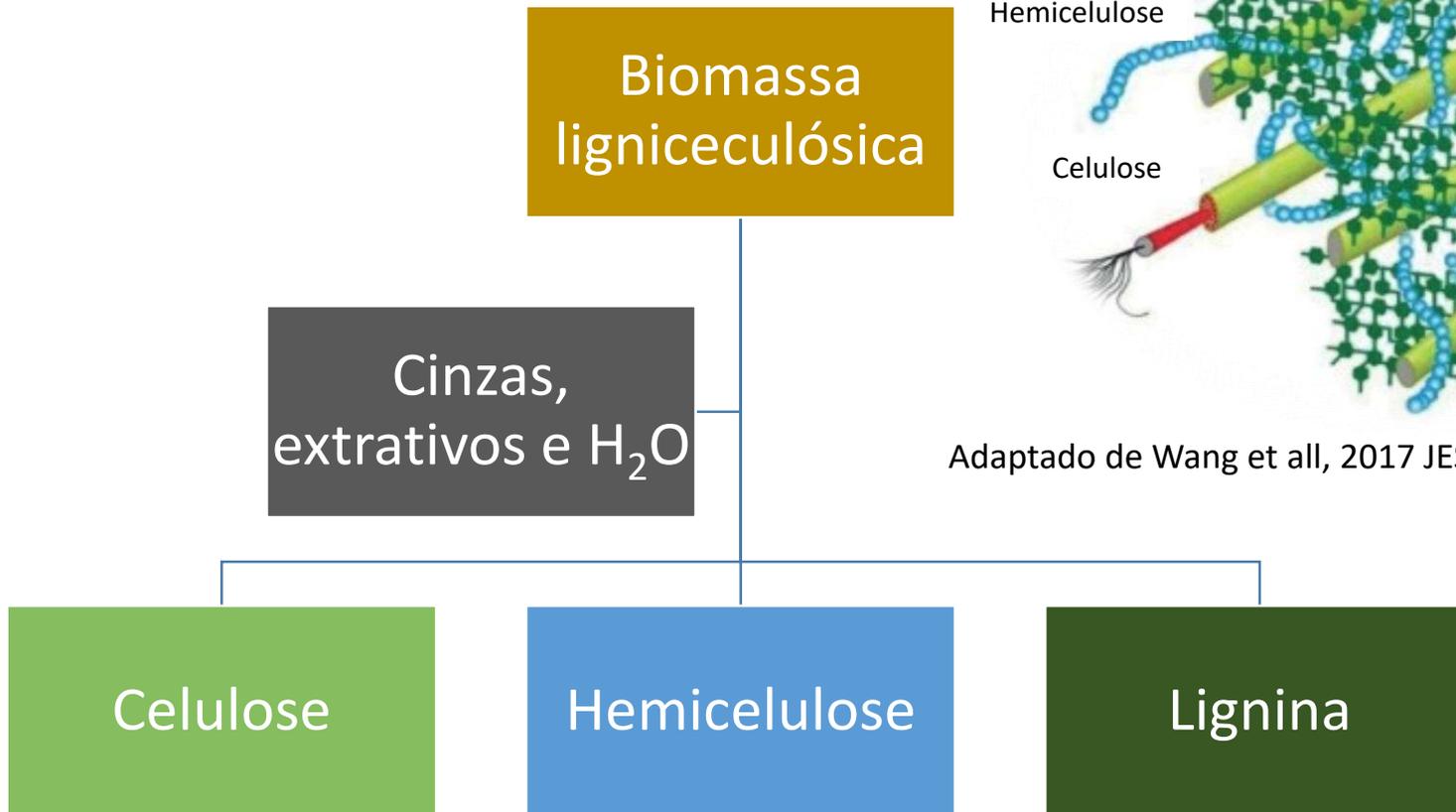
Profa. Dra. Aruzza Mabel de Moraes Araújo

05 de junho/2019

# Biomassa para pirólise

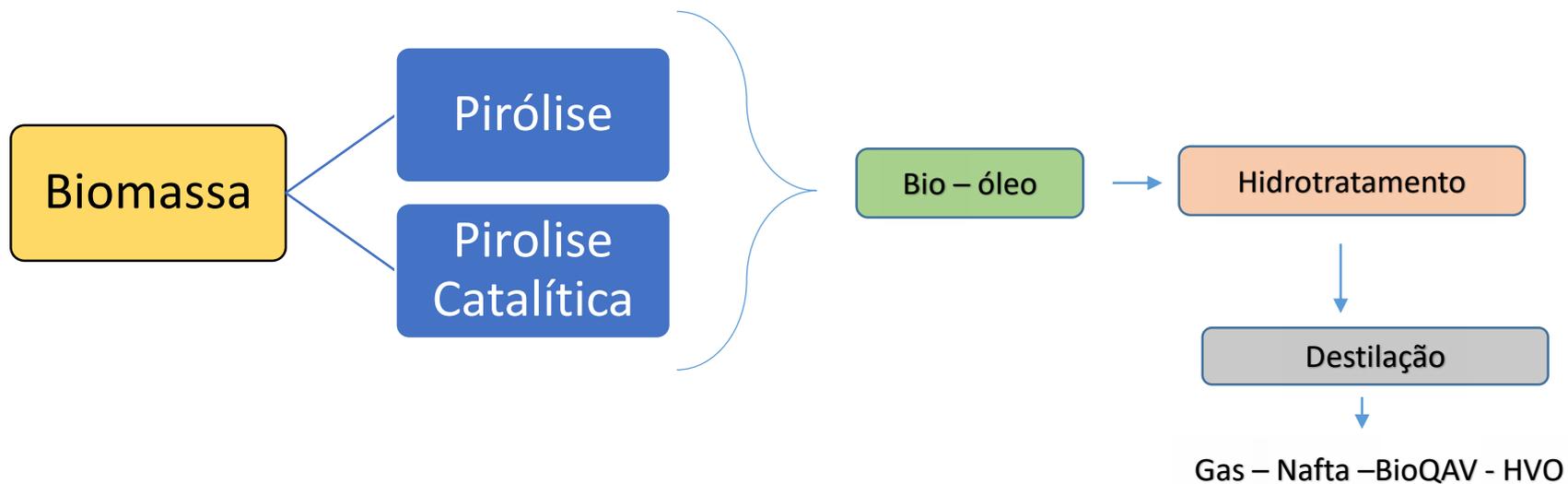


# Constituição da biomassa

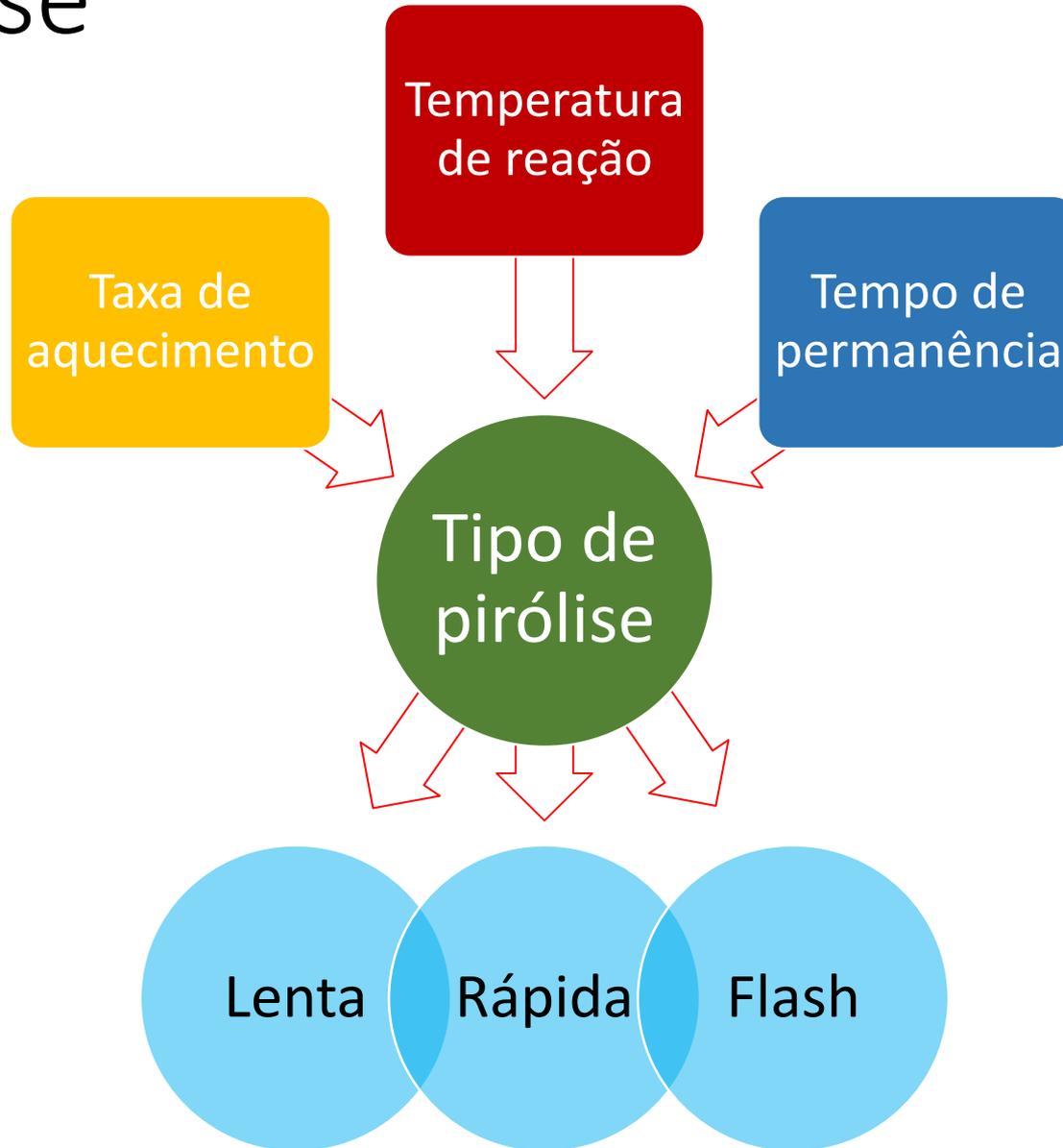


Adaptado de Wang et al, 2017 JESUS, N. A. L., 2017.

# Pirólise



# Pirólise



# Tipos de pirólise



Parâmetros de operação dos processos de pirólise.

## Lenta

- 277-677 °C
- 0,1-1,0 K.s<sup>-1</sup>
- 450-550 s
  - Carvão vegetal

## Rápida

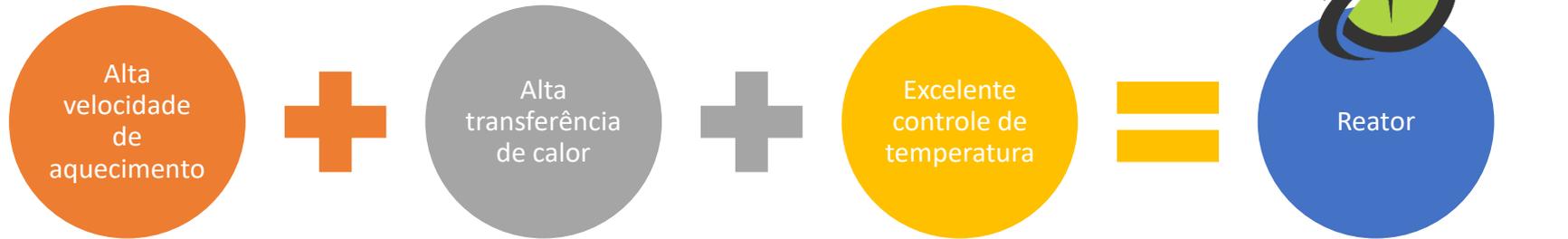
- 577-977 °C
- 10-200 K.s<sup>-1</sup>
- 0,5-10,0 s
  - Líquidos (60-75%)

## Flash

- 777-1026 °C
- > 1000 K.s<sup>-1</sup>
- < 0,5 s
  - Bio-óleo (75-80%)

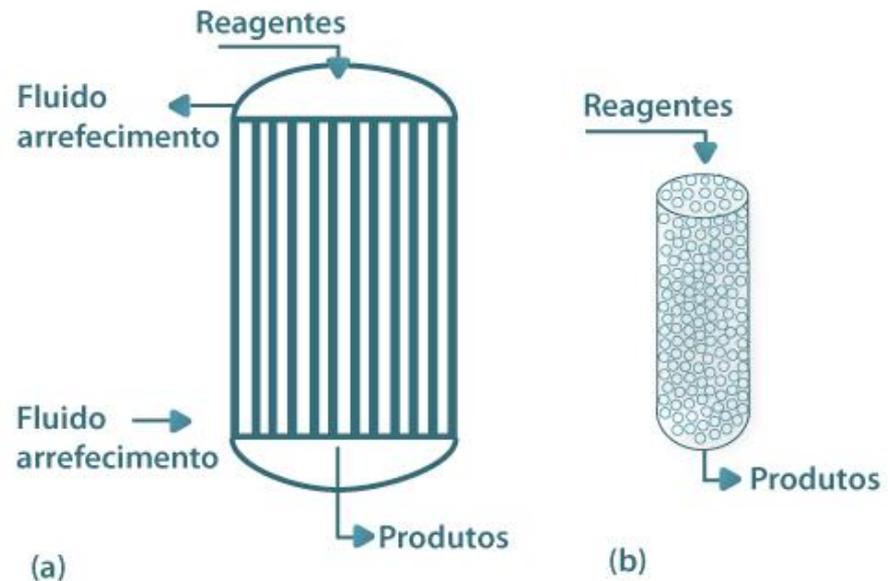
Adaptado de Wang et all, 2017 & JESUS, N. A. L., 2017.

# Tipos de reatores

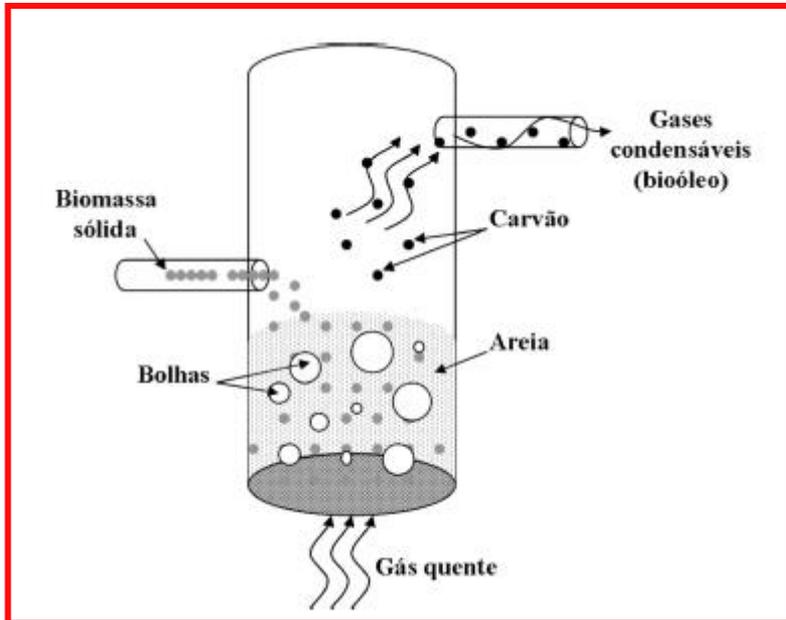


## Reator de leito fixo

- Longo tempo de permanência para sólidos;
- Baixo tempo de permanência para vapores;
- Baixa velocidade de gás (inerte  $N_2$ ).



# Tipos de reatores



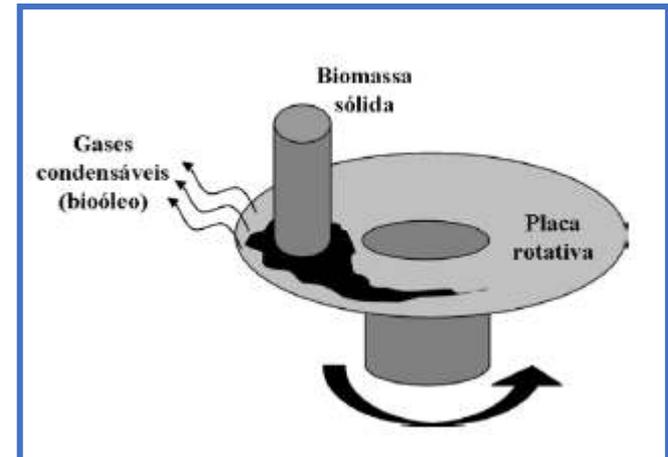
## Reator de leito fluidizado

- Baixo tempo de permanência;
- Rápida transferência de calor;
- Separação dos gases e carvão vegetal

Rodrigues et all, 2011.

## Reator ablativo

- Amostra em contato com a superfície quente;
- Temperatura da parede < 600 °C.



Rodrigues et all, 2011.

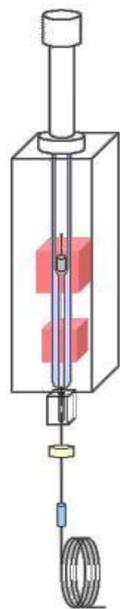
# Tipos de reatores



Reator analítico modelo **PY-2020iS Control da Frontier LAB**, acoplado a um GC/MS modelo QP 2010 da Shimadzu.



a)



b)

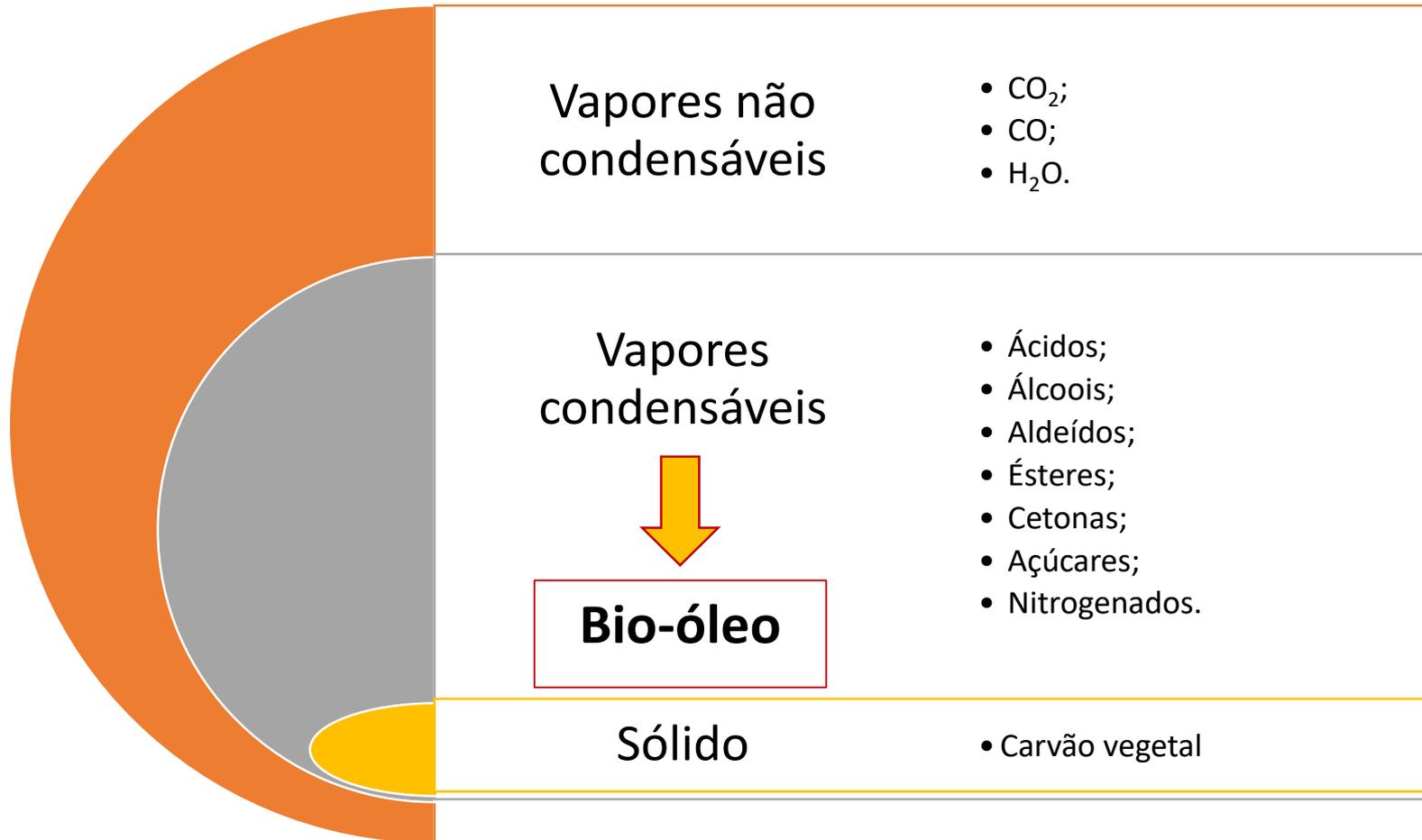


c)

a) Cabeça de pirólise; b) Esquema da pirólise; c) Py-GC/MS.

Fonte: Elaborada pelo autor.

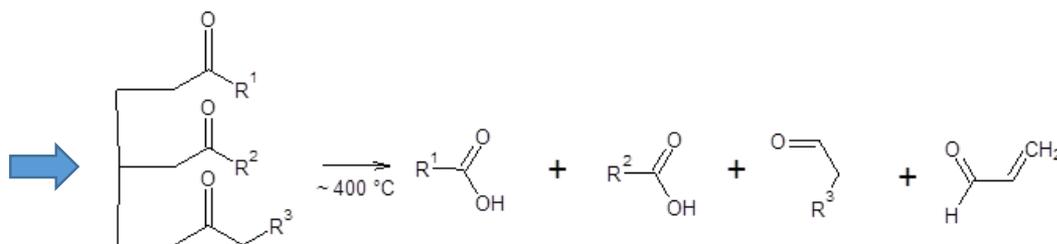
# Produtos de pirólise



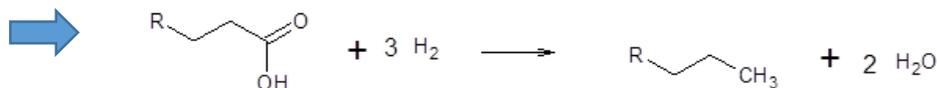
# Pirólise/Desoxigenação biomassa



**Craqueamento**



**Hidrodeseoxigenação**



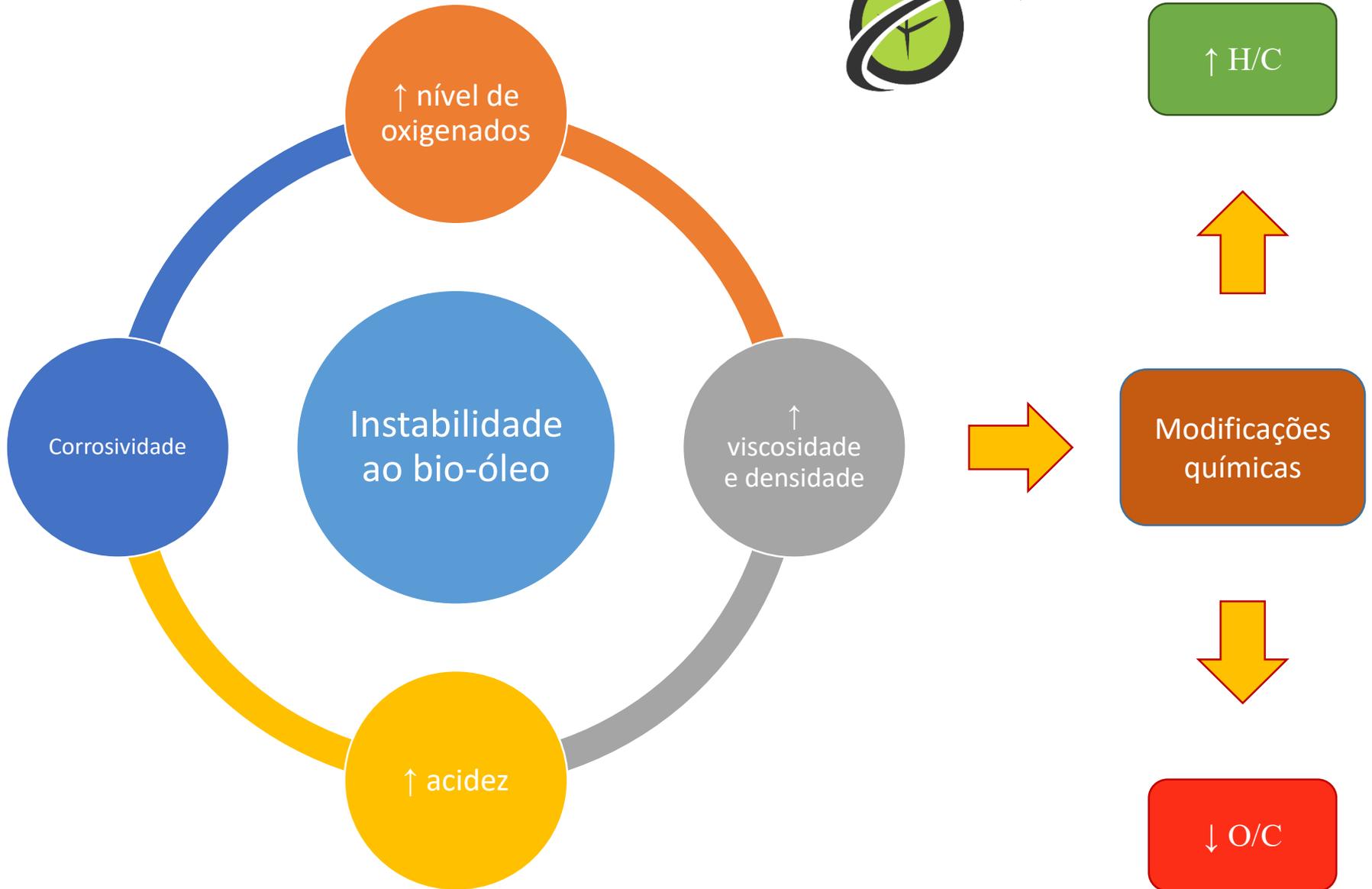
**Descarboxilação**



**Descarbonilação**



# Bio-óleo



# Bio-óleo



## Melhoramento do bio-óleo

Upgrading

Obtenção por  
pirólise rápida  
catalítica

Reação de  
hidrodesoxigenação  
(HDO)

Craqueamento  
catalítico

- Combinação de processo único;
- Evita revolatilização do bio-óleo

# Upgrading



## Reações de hidroxigenação

- ↓ oxigenados –  $H_2$  pressurizado + catalizadores (sulfuretos ou óxidos metálicos);
- Temperatura de 300-400 °C;
- Pressão de  $H_2$  de 35-180 bar.
  - Alto custo e processo complexo.

## Craqueamento catalítico

- ↑ H/C;
- Produzindo:
  - Aromáticos;
  - Parafinas;
  - Olefinas.

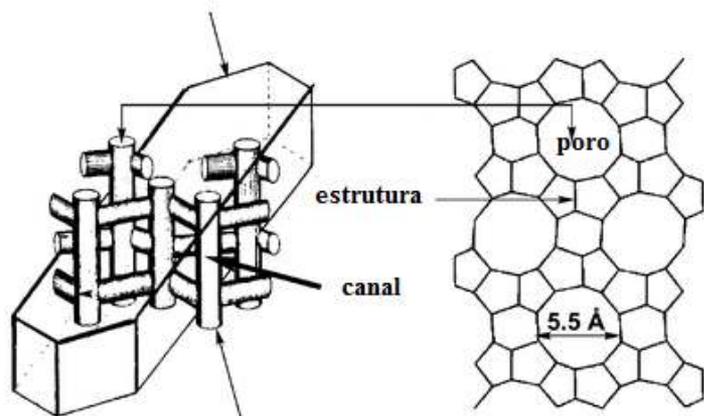


Reações  
desoxigenante ↑  
produção de  $H_2O$ .

# Pirólise rápida catalítica



Forma macroscópica de um cristal de ZSM-5



Forma microscópica de um cristal de ZSM-5

Superfície externa da ZSM-5

Representação da estrutura da zeólita ZSM-5

Fonte: Lei et al. (2003)



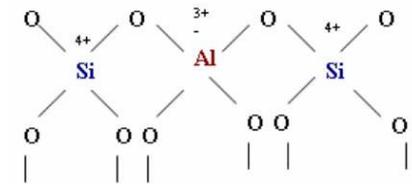
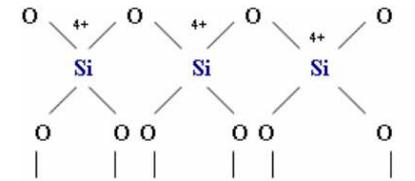
# Otimização do catalisador



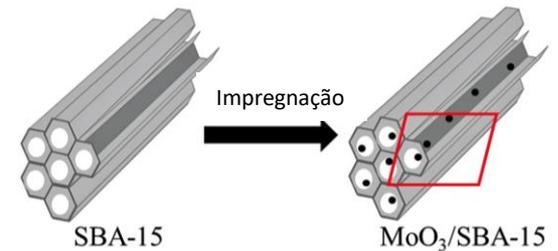
Modificação na síntese

Substituição isomórfica

Impregnação de metais/óxido metálico



Fonte: Janicke et al. (1994)



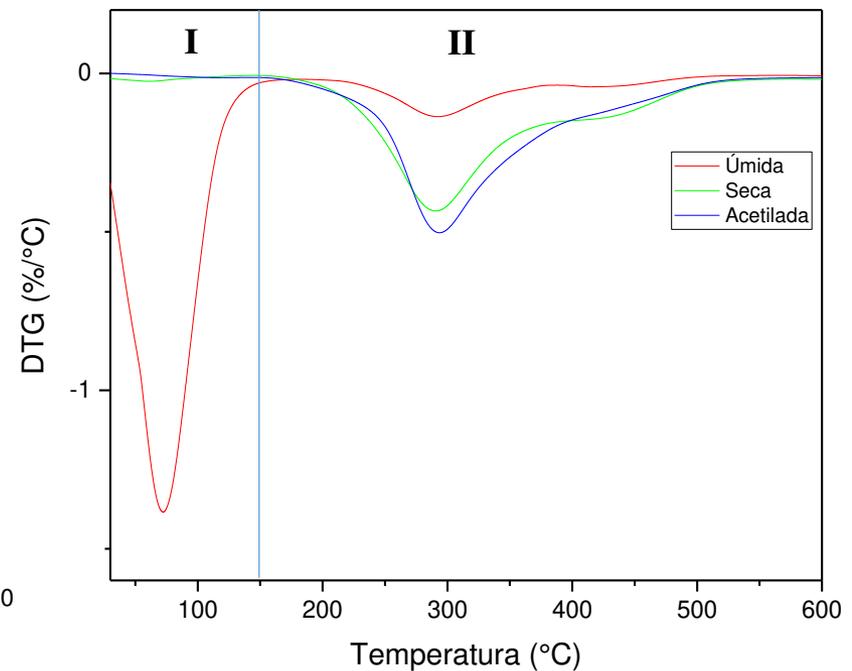
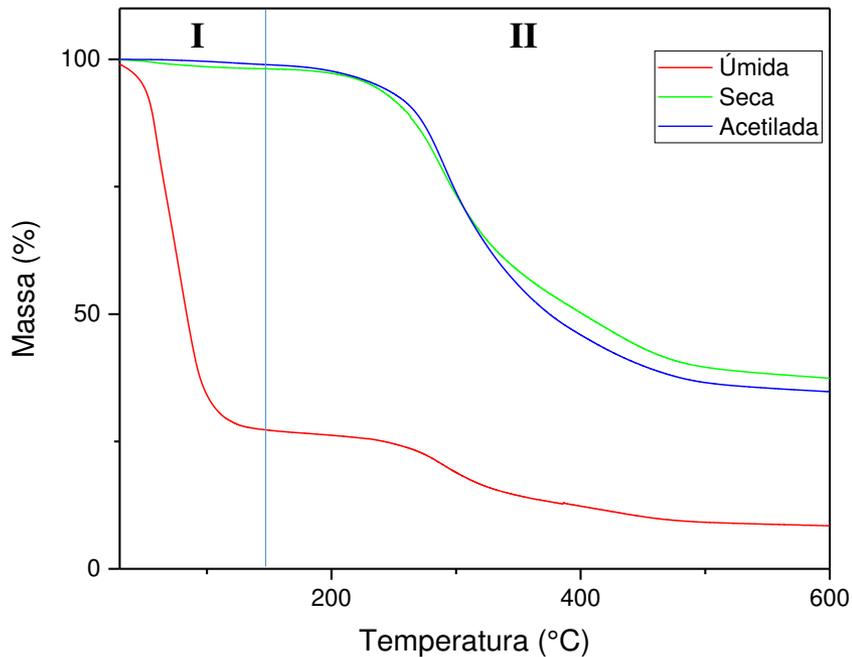
Fonte: Lin et al. (2014)

# Caracterização da biomassa



## *Análise térmica (TGA/DTG)*

Curvas de TGA/DTG das amostras  
de microalga úmida, seca e acetilada

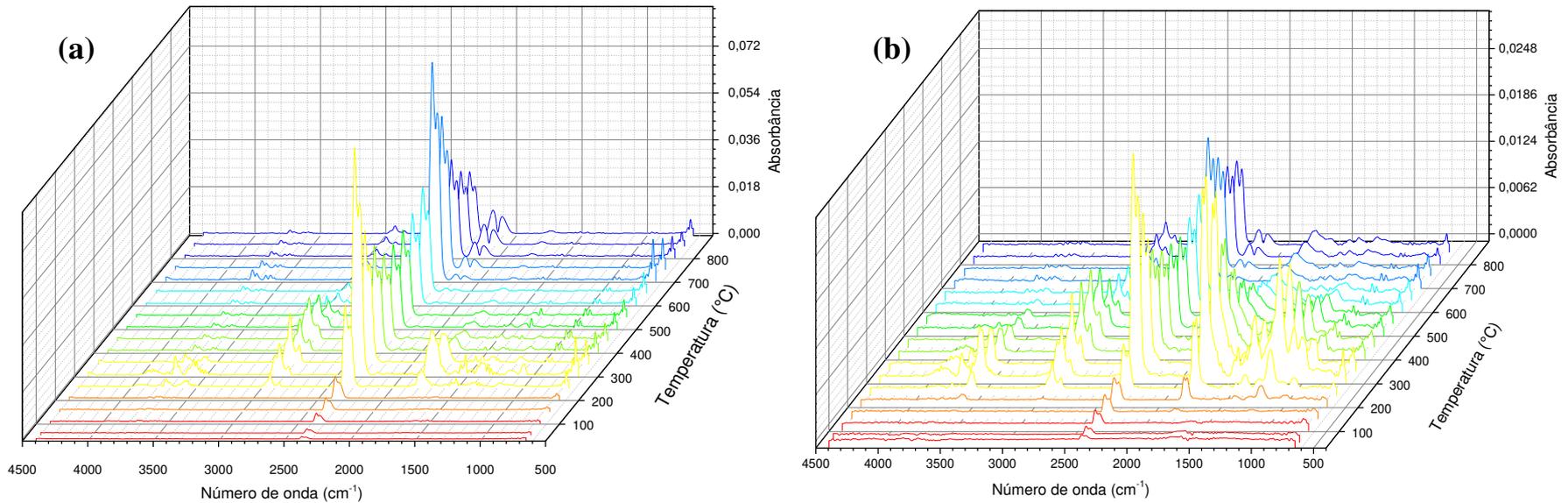


# Caracterização da biomassa



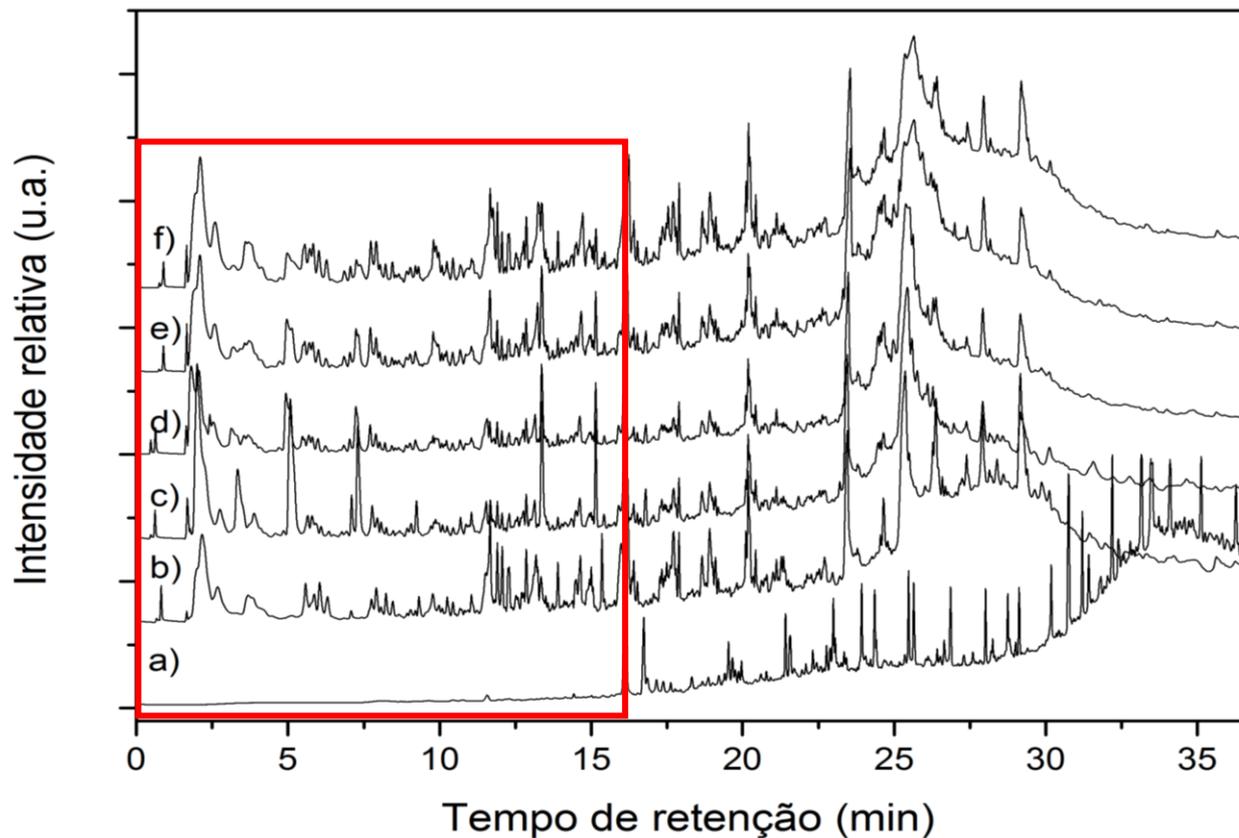
## TGA-FTIR

Espectro de TGA-FTIR da amostra de biomassa da (a) microalga seca (não acetilada) e (b) acetilada



## Caracterização da biomassa

# Pirólise térmica x Pirólise termocatalítica



Piogramas da pirólise térmica – OILSUN a) e termocatalíticas OILSUN/ALMCM b), OILSUN/HZSM5 c), OILSUN/75HZSM5-25ALMCM d), OILSUN/50HZSM5-50ALMCM e) e OILSUN/25HZSM5-75ALMCM f).

Fonte: Elaborada pelo autor.



# Pirólise térmica x Pirólise termocatalítica

Porcentagens de produtos obtidos nas pirólises térmica e termocatalíticas.

<b>Amostras</b>	<b>Hidrocarbonetos (%)</b>	<b>Oxigenados (%)</b>
OILSUN	55,5	44,5
OILSUN/ALMCM	69,3	30,7
OILSUN/HZSM5	78,8	21,2
OILSUN/75HZSM5-25ALMCM	77,6	22,4
OILSUN/50HZSM5-50ALMCM	71,7	28,3
OILSUN/25HZSM5-75ALMCM	58,5	41,50

<b>Amostras</b>	<b>Frações (%)</b>			
	<b>C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub></b>	<b>C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub></b>	<b>C<sub>11</sub>-C<sub>16</sub></b>	<b>&gt; C<sub>16</sub></b>
OILSUN	0	0	13,1	86,9
OILSUN/ALMCM	0	26	54	20
OILSUN/HZSM5	12	46	26	16
OILSUN/75HZSM5-25ALMCM	4,2	45,8	37,5	12,5
OILSUN/50HZSM5-50ALMCM	2,6	44,7	42,2	10,5
OILSUN/25HZSM5-75ALMCM	0	40	48,9	11,1

Fonte: Elaboradas pelo autor.



# Rotas Tecnológicas para produção de combustíveis para aviação

Aruzza Mabel de Moraes Araújo  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Instituto de Química  
[aruzzamabel@gmail.com](mailto:aruzzamabel@gmail.com)