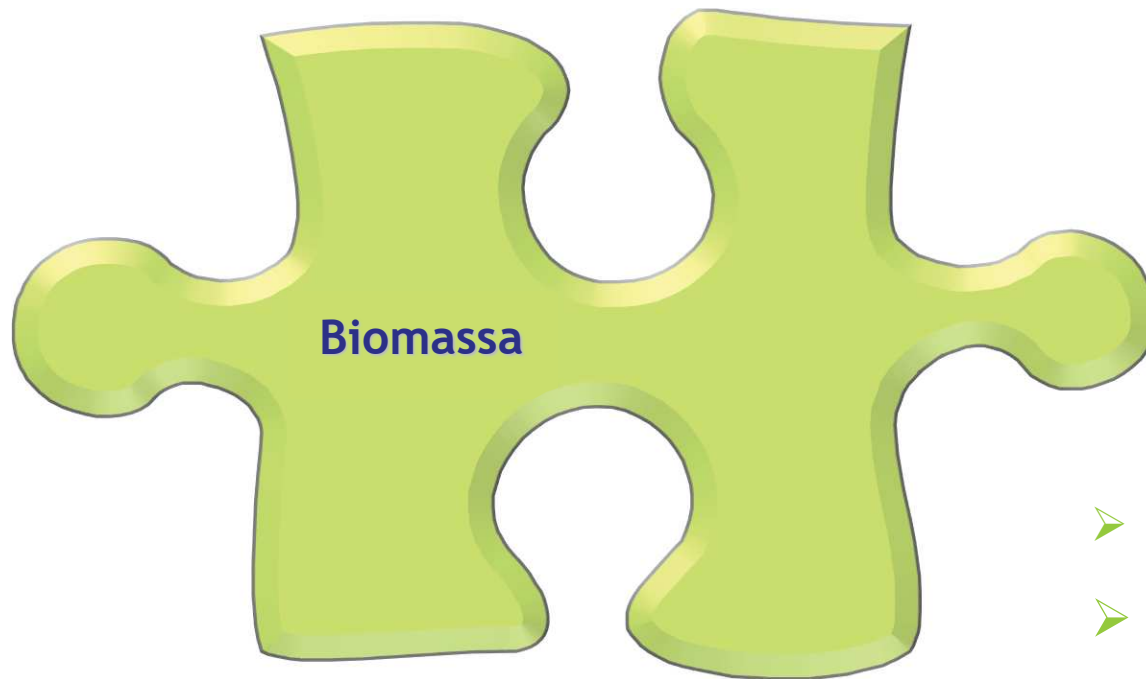


**Biomassa**

**Biomassa Florestal**

**Processos de Conversão da Biomassa**



- Biomassa
- Parâmetros de qualidade
- Resíduos florestais



Solar  
Eólica  
Geotérmica  
Hídrica  
Oceânica

### Biomassa

***Biocombustíveis sólidos:***

lenha, carvão, pellets, briquetes, resíduos sólidos

***Biocombustíveis líquidos:***

biodiesel, etanol, metanol

***Biocombustíveis gasosos:***

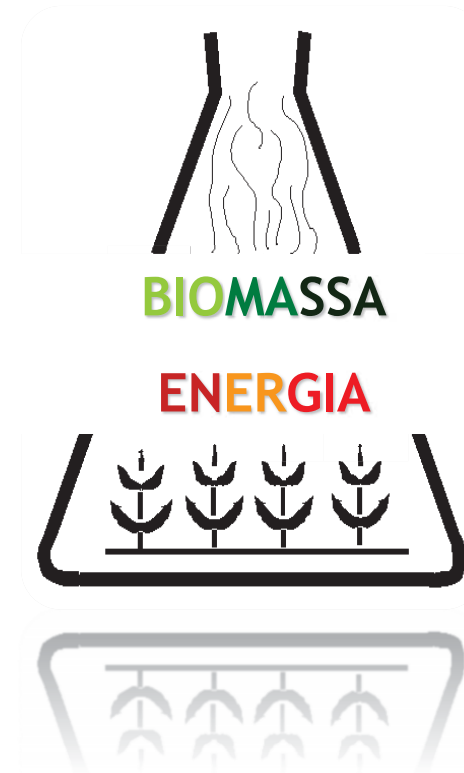
biogás



### “Transformação da BIOMASSA em ENERGIA. PORQUE?”

A aposta de uma Nação na produção de energia a partir da biomassa assenta em três imperativos:

- Segurança energética
- Desenvolvimento rural
- Melhoria Ambiental





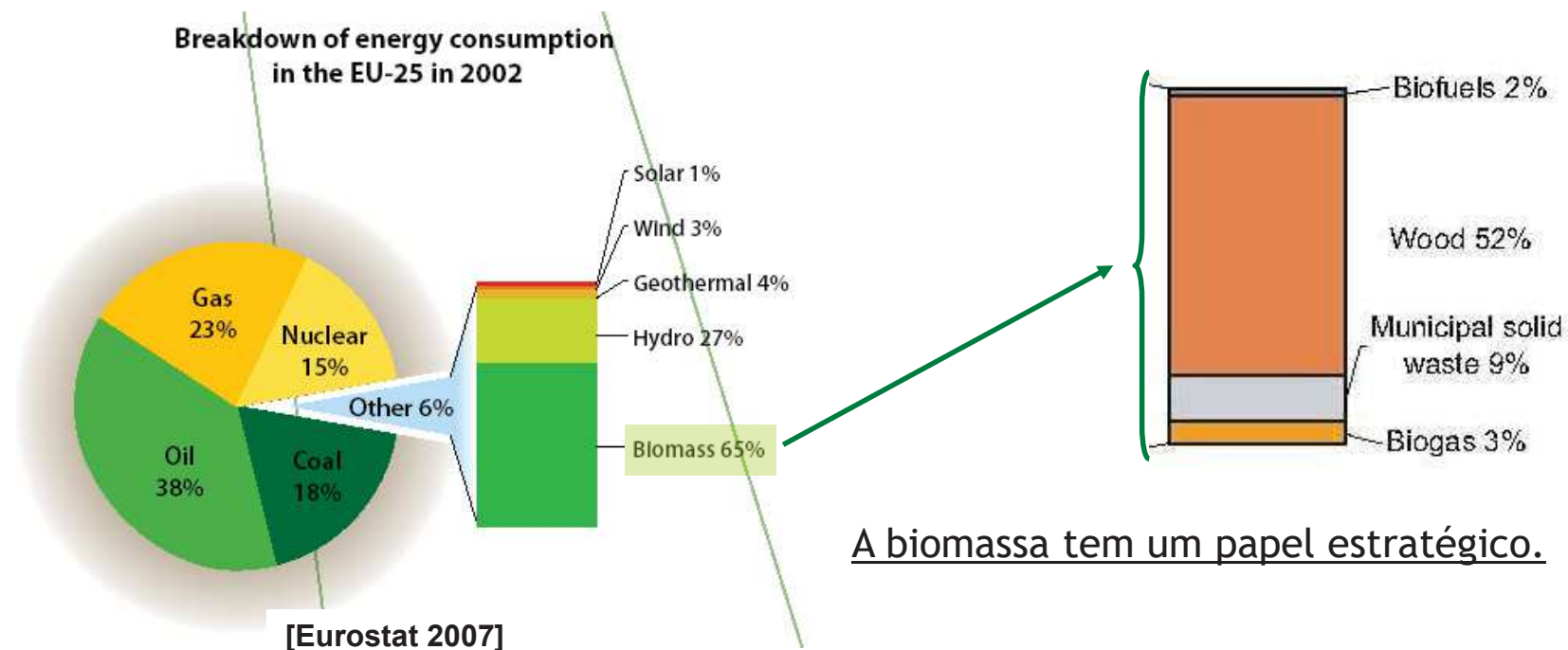
## Energias renováveis

O consumo mundial de energia:

79 % de combustíveis fósseis (carvão, gás e petróleo),  
7 % de energia nuclear,

14 % de fontes renováveis.

### A situação energética na UE



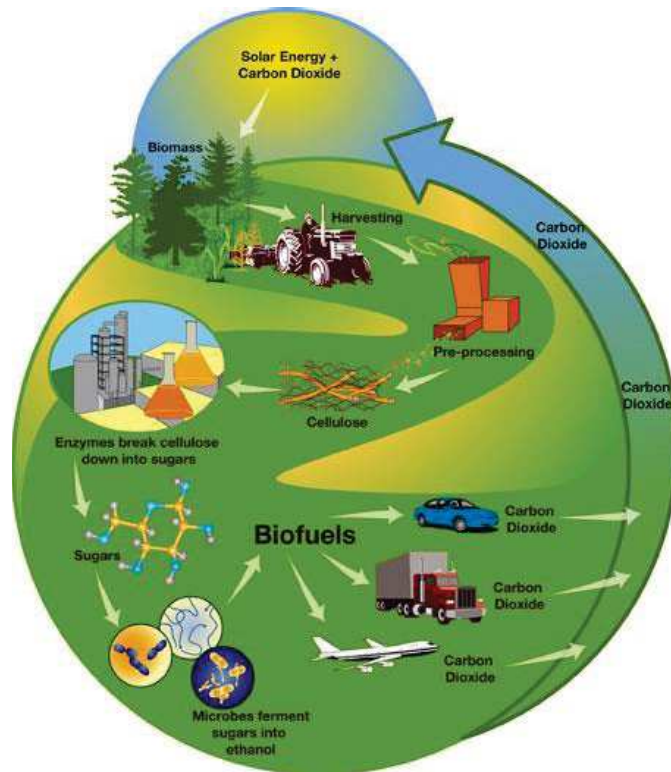


## Produção das energias renováveis em Portugal





# O QUE É A BIOMASSA?



**BIOMASSA** - aplica-se a toda fracção biodegradável de produtos e resíduos provenientes da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), da silvicultura e das indústrias conexas, bem como a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos.

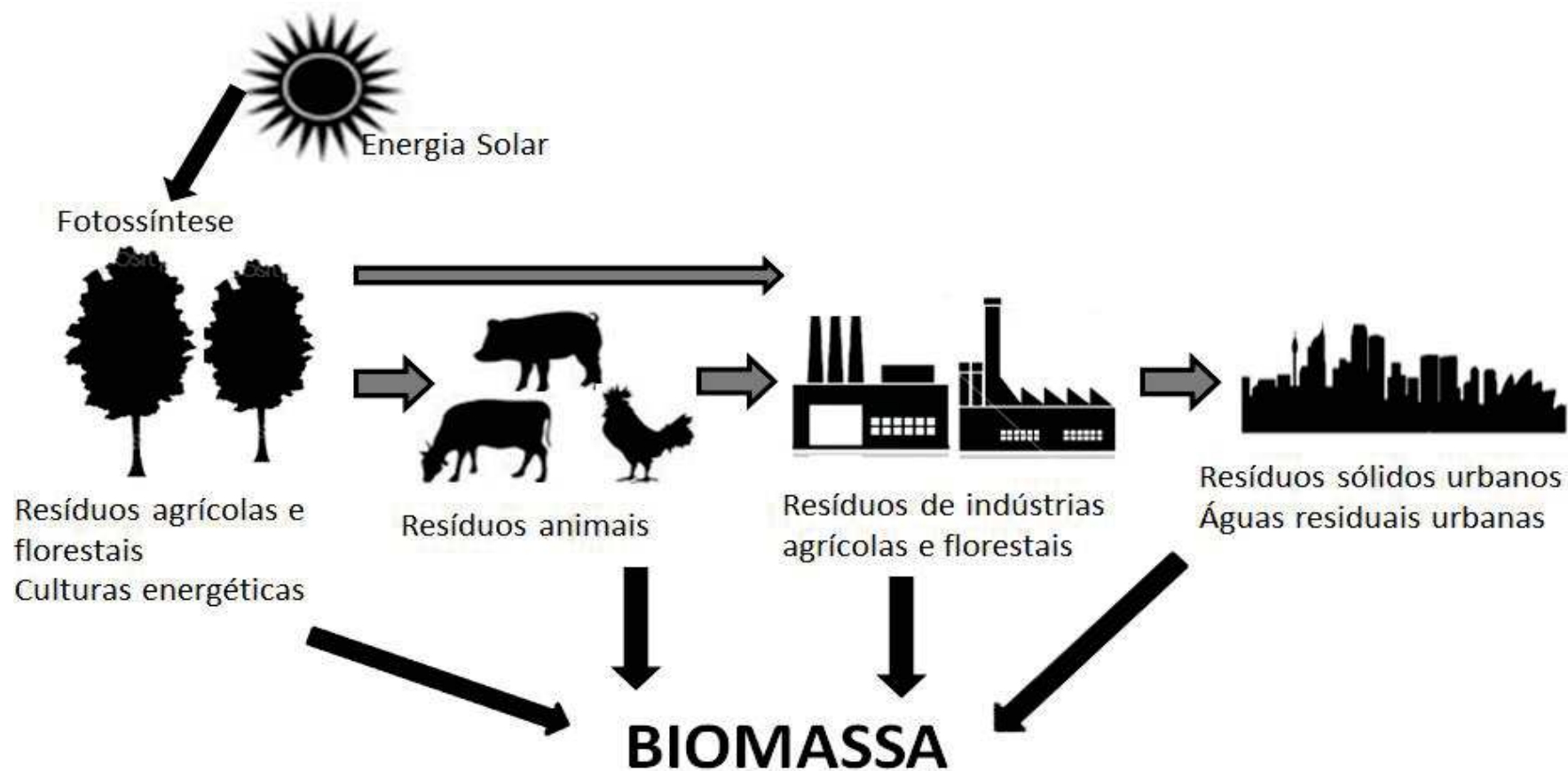
*(Directiva 2003/30/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 8/5/2003)*

[[www.jgi.doe.gov/education/bioenergy/co2cycle.jpg](http://www.jgi.doe.gov/education/bioenergy/co2cycle.jpg)]





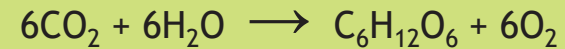
Num conceito mais simples podemos dizer que **biomassa** é o material biológico usado como **combustível** para produzir **calor** ou **electricidade**.





## Biomassa vegetal

### FOTOSSÍNTESE



A **biomassa vegetal** é formada pela combinação de  $\text{CO}_2$  da atmosfera e  $\text{H}_2\text{O}$  na fotossíntese, que produz os hidratos de carbono - a **energia solar** é armazenada nas ligações químicas dos componentes estruturais da biomassa.

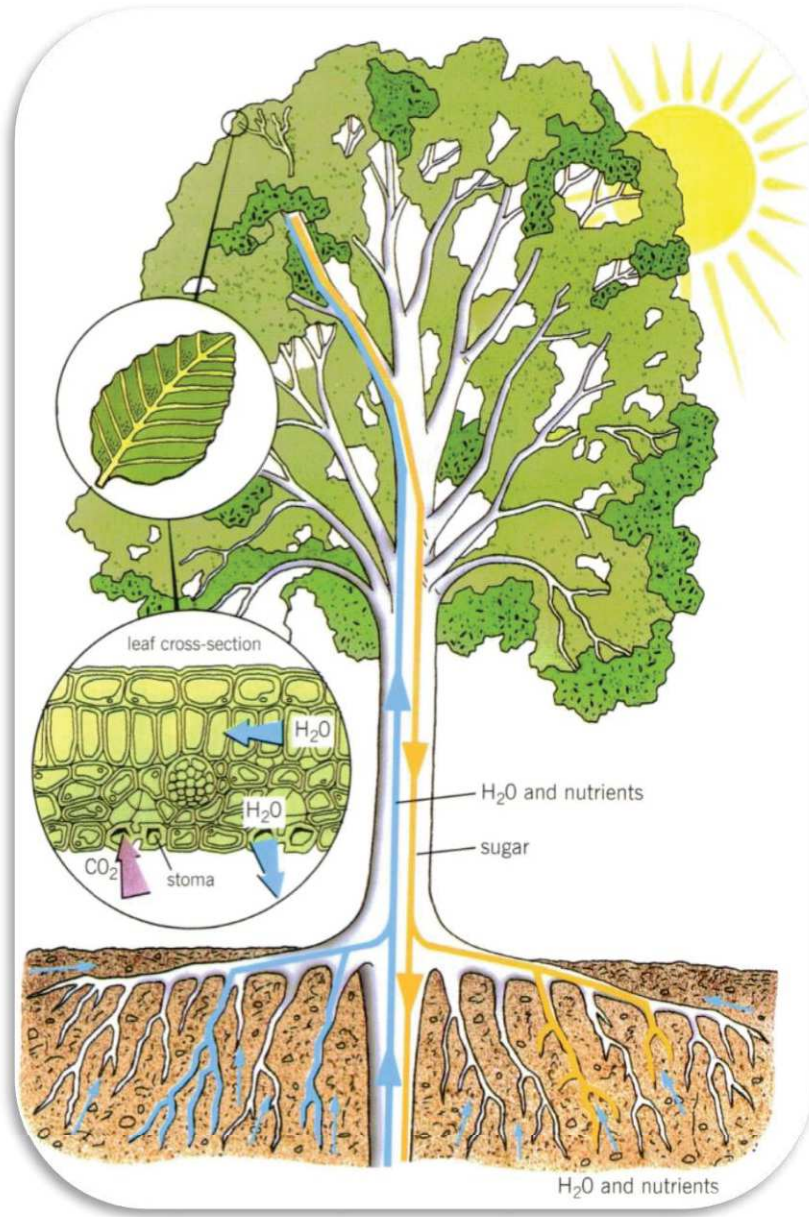
A acumulação de 1kg de

- lípidos = 37,7 MJ
- hidratos de carbono = 17,6 MJ
- proteínas 12,6 MJ

Factores que afectam a fotossíntese

radiação solar  
temperatura  
disponibilidade hídrica

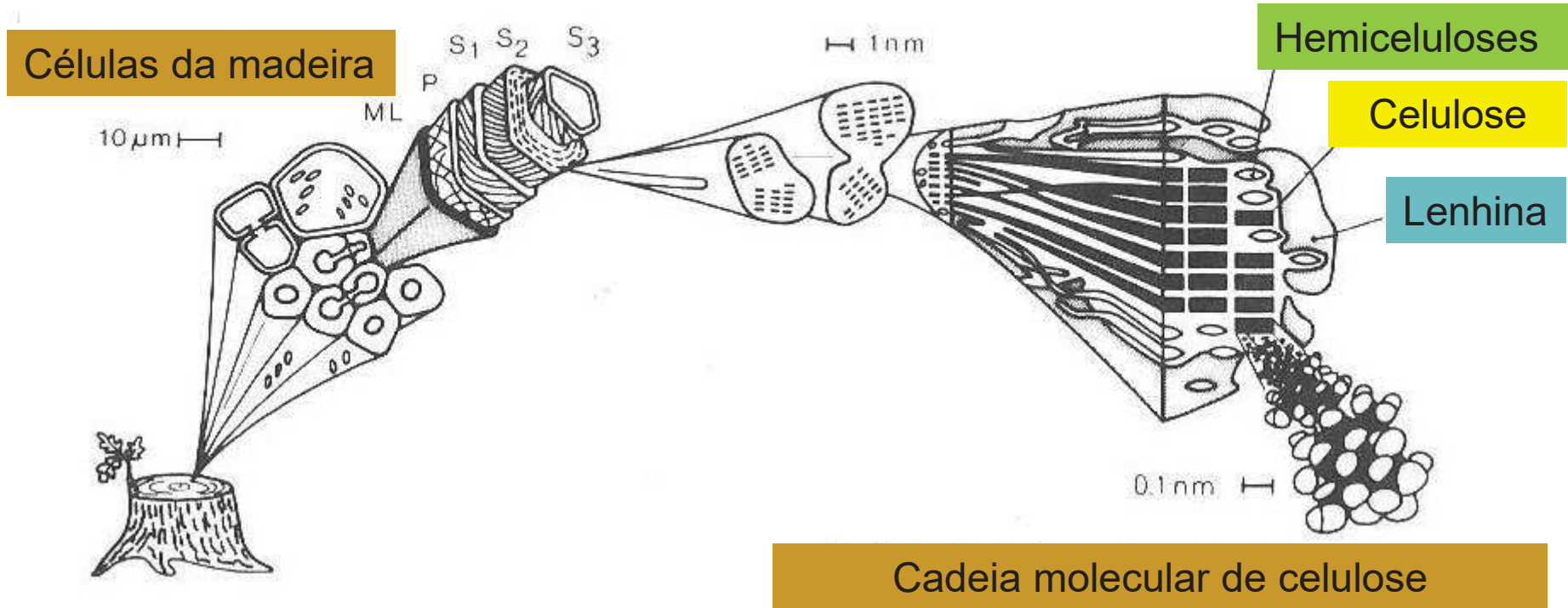
[Nogueira e Lora, 2003]





Paredes celulares

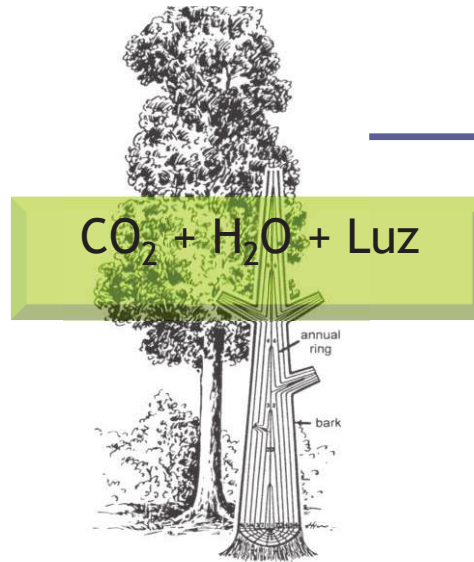
Fibrilhas



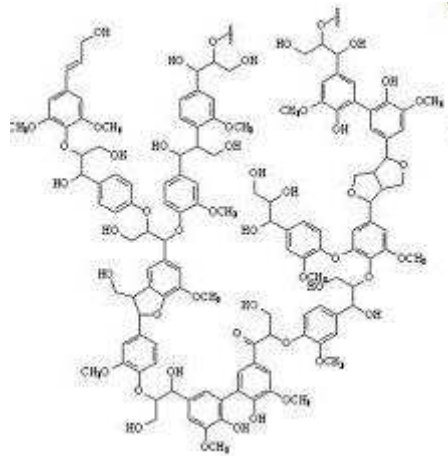
[How Wood is Composed of Cellulose. Hoffman, P. and Jones, M. A. ]



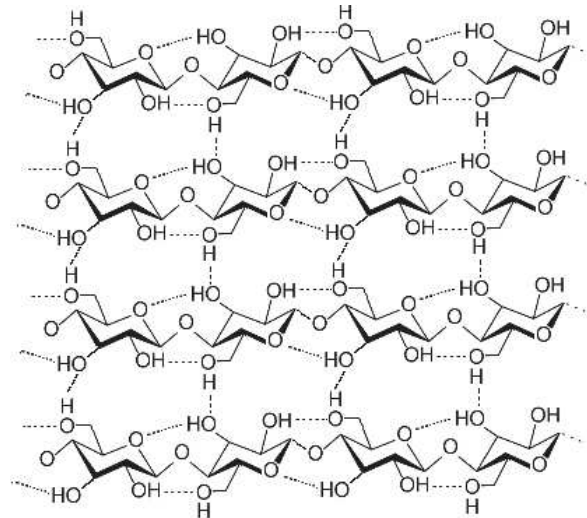
# Biomassa vegetal



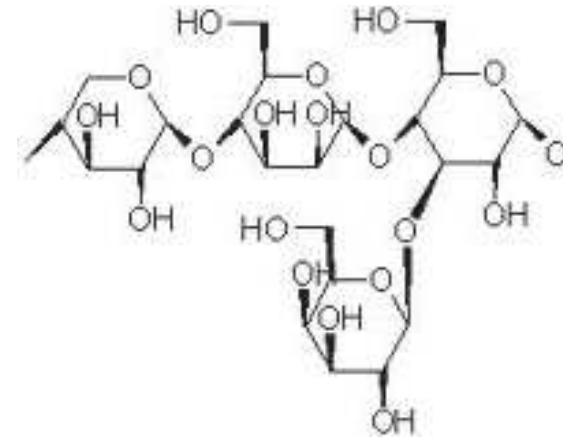
**Lenhina**



**Celulose**

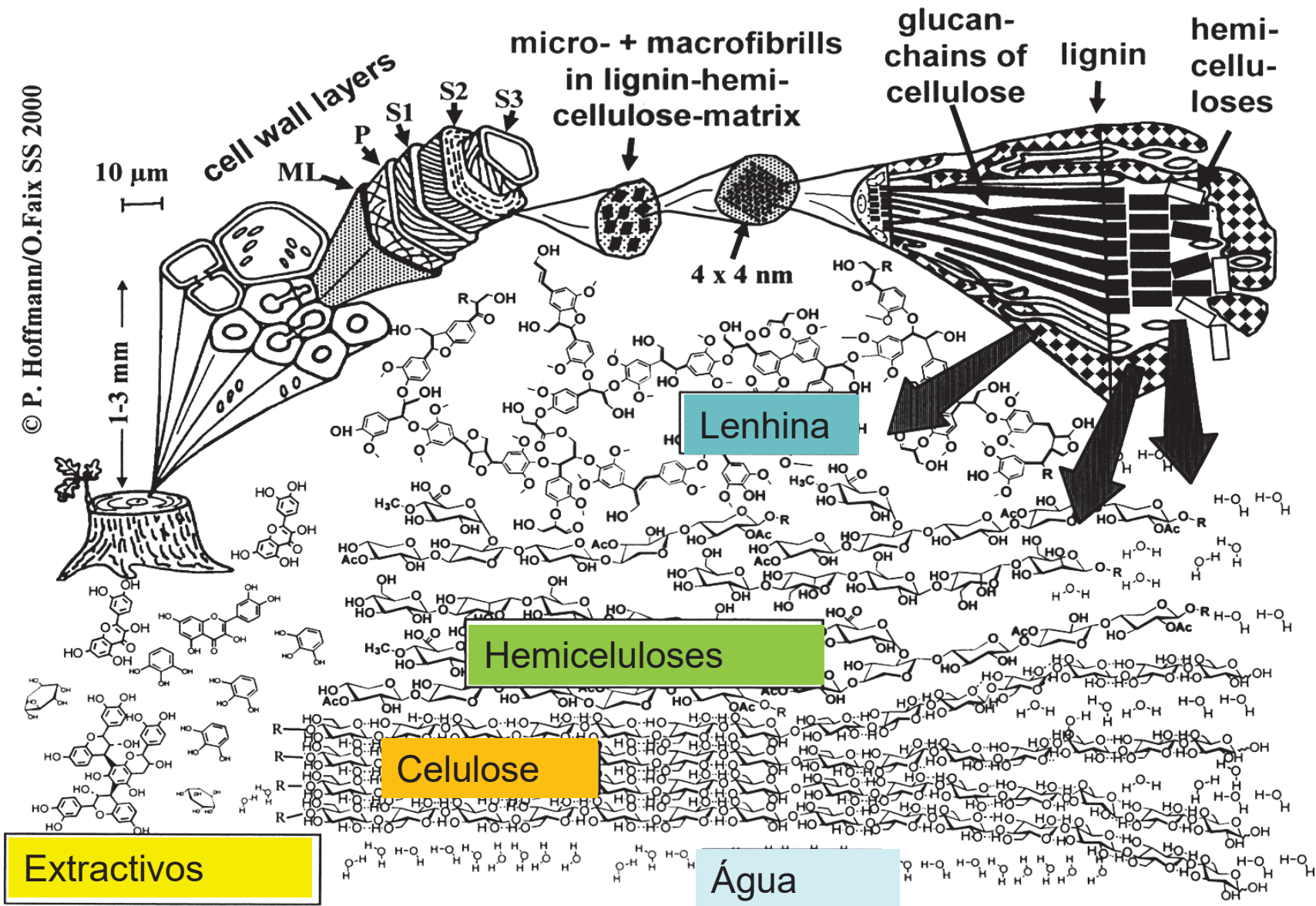


**Hemiceluloses**





# Biomassa vegetal





A **composição química** dos materiais lenhocelulósicos corresponde à composição química das suas **paredes celulares**

	CINZAS (%)	EXTRACTIVOS (%)	LENHINA (%)	Holocelulose	
				CELULOSE (%)	HEMICELULOSES (%)
Madeira Folhosas	< 1	2	20	39	35
Madeira Resinosas	1	3	28	41	24
Palha trigo	7	12	17	40	28
Palha arroz	16	18	12	30	25
Bagaço de cana	2	18	19	34	29

[Rowell, 2005]

A **energia química** da biomassa armazenada nas ligações químicas dos componentes estruturais pode ser libertada por combustão directa ou convertida através de outros processos (físicos, termoquímicos ou biológicos) em outras fontes energéticas mais vantajosas .



Propriedades energéticas de alguns materiais biomassa

<b>Biomassa</b>		<b>Fóssil</b>	
	<u>kcal/kg</u>		<u>kcal/kg</u>
<b>Celulose</b>	3 797	<b>Turfa</b>	3 439
<b>Lenhina</b>	5 995	<b>Coque</b>	7 308
<b>Amido</b>	3 797	<b>Óleo pesado</b>	9 649
<b>Açúcar</b>	3 797	<b>Óleo leve</b>	10 055
<b>Carbono</b>	8 049	<b>Óleo diesel</b>	10 750
<b>Casca</b>	4 991	<b>Petróleo</b>	10 800
<b>Madeira</b>	4 394		<u>kcal/m<sup>3</sup></u>
<b>Lenha</b>	3 300	<b>Gás natural</b>	8 622
<b>Carvão vegetal</b>	6 800	<b>Propano</b>	21 997
		<b>Butano</b>	28 446

[Brand, 2010]



## Biomassa vegetal

A **composição química elementar** reporta o conteúdo percentual dos diferentes elementos que constituem um combustível. É geralmente apresentado os valores de (C, H, O, S e N e cinzas).

### Valores médios da composição elementar de alguns materiais lenhocelulósicos

	%					Cinzas	PCS kcal/kg
	C	H	O	N	S		
<b>Coníferas</b>	49,3	5,9	44,4	0,06	0,03	0,30	4 700
<b>Folhosas</b>	49,0	5,8	43,9	0,30	0,01	0,72	4 600
<b>Casca de arroz</b>	38,3-40,9	4,0-4,3	35,8-38,6	0,40	0,02-0,5	18,3-18,6	3 850
<b>Cana-de-açúcar</b>	44,0-47,9	6,0-6,7	44,0-48,0			1-2,5	4 639
<b>Bagaço de cana</b>	44,8-47,0	5,3-6,5	39,5-35,8	0,4-4,1	0,01	9,8	4 100
<b>Casca de coco</b>	48,2	5,2	33,2	2,9	0,12	10,25	4 500
<b>Carolo de milho</b>	46,6	5,9	45,5	0,5	0,01	1,4	4 500
<b>Ramas de algodão</b>	47,0	5,4	40,9	0,65	0,021	5,89	4 370
<b>Cama de aviário</b>	37,5	5,1	31,8	3,7	0,45	21,6	3 550
<b>Capim-elefante</b>	41,2	5,5	45,9	1,8	-	5,6	3 600
<b>Etanol</b>	50,0	13,0	36,9				

[Brand, 2010]





## Biomassa vegetal

A **composição química imediata** reporta o conteúdo percentual em carbono fixo (CF), materiais voláteis (V) e cinzas.

Voláteis – expressa a facilidade de queima; é inversamente proporcional ao carbono fixo

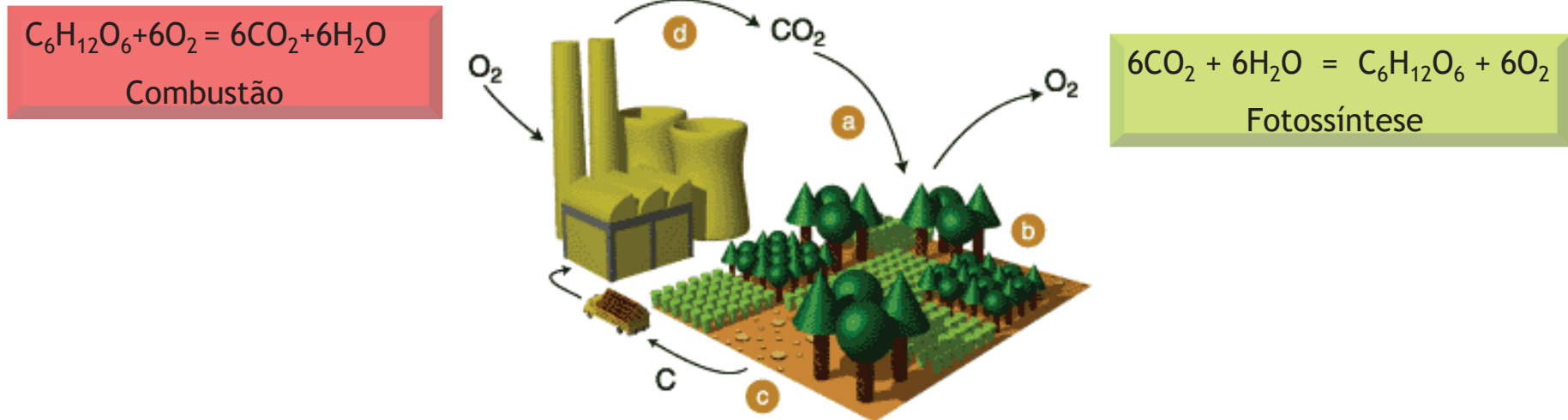
**Valores médios da composição imediata** de alguns materiais lenhocelulósicos

	%			PCS (kcal/kg)
	Materiais voláteis (V)	Carbono fixo (CF)	Cinzas	
<i>Coníferas</i>	82,5	17,7	0,29	4 700
<i>Folhosas</i>	81,4	17,8	0,79	4 600
<i>Casca de arroz</i>	65,4	16,7	17,9	3 850
<i>Bagaço de cana</i>	73,8	14,9	11,3	4 100
<i>Casca de coco</i>	67,9	23,8	8,2	4 500
<i>Carolo de milho</i>	80,1	18,5	1,4	4 500
<b>Ramas de algodão</b>	73,3	21,2	5,5	4 370
<b>Cama de aviário</b>	62,7	13,9	23,4	3 550
<b>Capim-elefante</b>	76,7	17,7	5,6	3 600

[Brand, 2010]



Se a biomassa for queimada de modo eficiente, só há produção de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O.



O processo é cíclico e dizemos que a biomassa é um recurso renovável.



### **Florestas**

- povoamentos naturais ou comerciais

### **Plantações dedicadas (culturas energéticas)**

- florestas de rotação curta (eucalipto, salgueiro, choupo)
- culturas agrícolas (colza, beterraba, cana de açúcar)
- culturas não agrícolas, (miscanthus, cardo)

### **Resíduos** “resíduo é matéria-prima mal aproveitada”

- Resíduos florestais  
(madeira de desbastes, podas, abates florestais)
- Resíduos agrícolas  
(palha de cereais,)
- Resíduos agro-alimentares  
(cana de açúcar, chá, café, árvores borracha, coqueiros)
- Resíduos industriais  
(resíduos das serrações, estrumes)

### **RSU**

- lamas residuais
- fracção orgânica de lixos municipais
- óleos vegetais e gorduras usados



## Qualidade da biomassa

O seu armazenamento pode ser feito em pilhas curtas, pilhas longas, paletes, postes, montes de estilhas ou serrilha. As características da biomassa influenciam de forma determinante os sistemas de conversão energética.

Parâmetros qualitativos:

- ❖ Teor em humidade
- ❖ Granulometria
- ❖ Densidade
- ❖ Inertes
- ❖ Poder calorífico (PCI)
- ❖ Teor em cinzas
- ❖ Cloro



[Norma CEN/TC 335 biomass ]



## Poder calorífico

**Poder Calorífico** - É a capacidade que tem um combustível de gerar calor ao realizar a sua combustão.



**Poder Calorífico Superior (PCS - HHV)** - Quantidade de calor que, em condições normalizadas (volume constante e em atmosfera de oxigénio), se liberta na combustão completa de uma unidade de combustível, numa bomba calorimétrica admitindo-se a recuperação de calor dos condensados produzidos na combustão, até às condições de temperatura do ensaio .



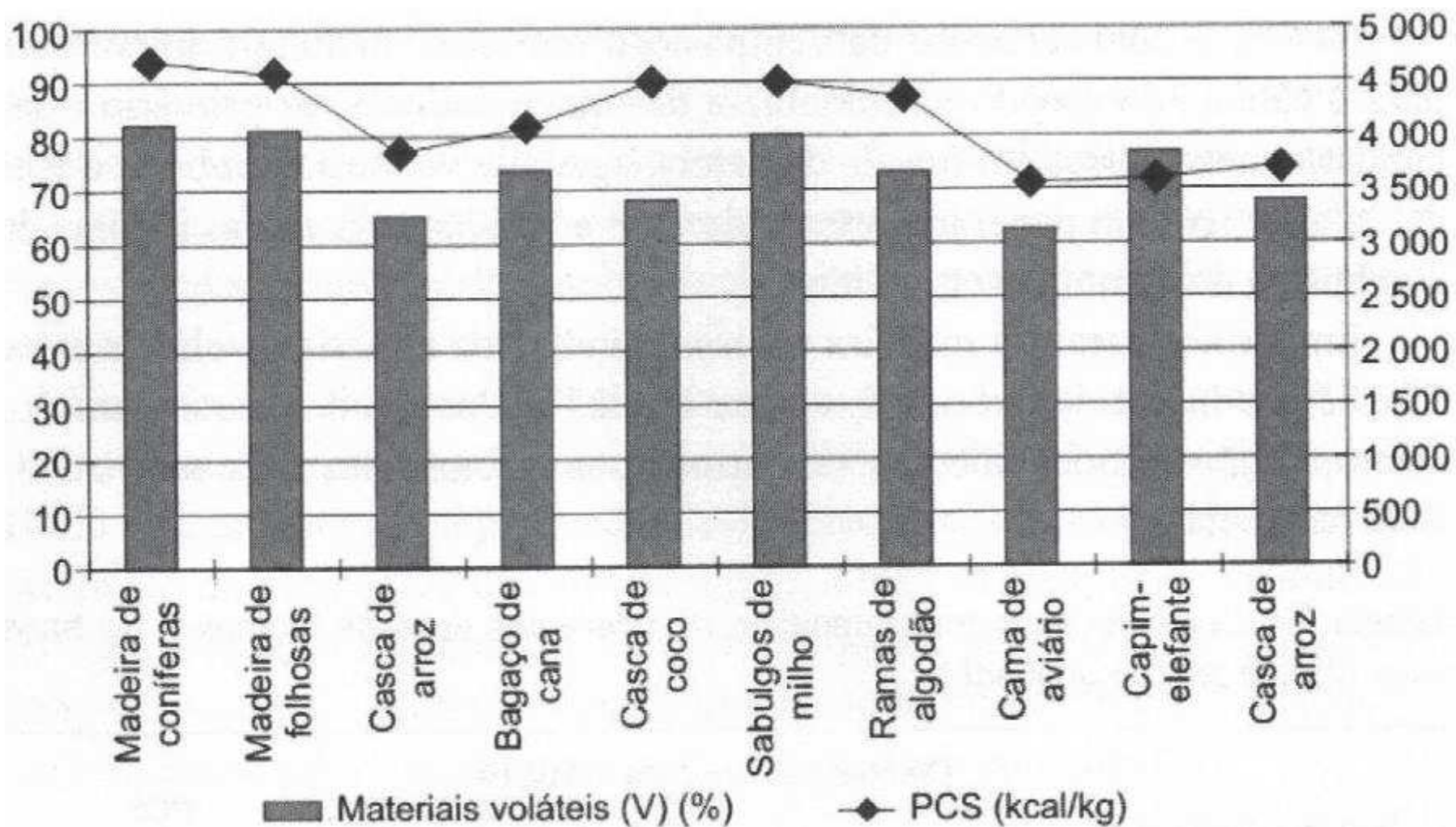
**Poder Calorífico Inferior (PCI - LHV)** - É a energia calorífica (considerada normalmente útil) que se liberta da combustão de uma unidade de volume de gás, em condições normais. Não inclui o calor de condensação do vapor de água que se gera na combustão.

$$PCI = PCS_d - a(W + 9H_d)$$

$$a = 2441,8 \text{ kJ.kg}^{-1}; W = \text{humidade}; s = \text{anidro}$$



Relação entre materiais voláteis e PCS  
(maior voláteis menor valor de PCS)



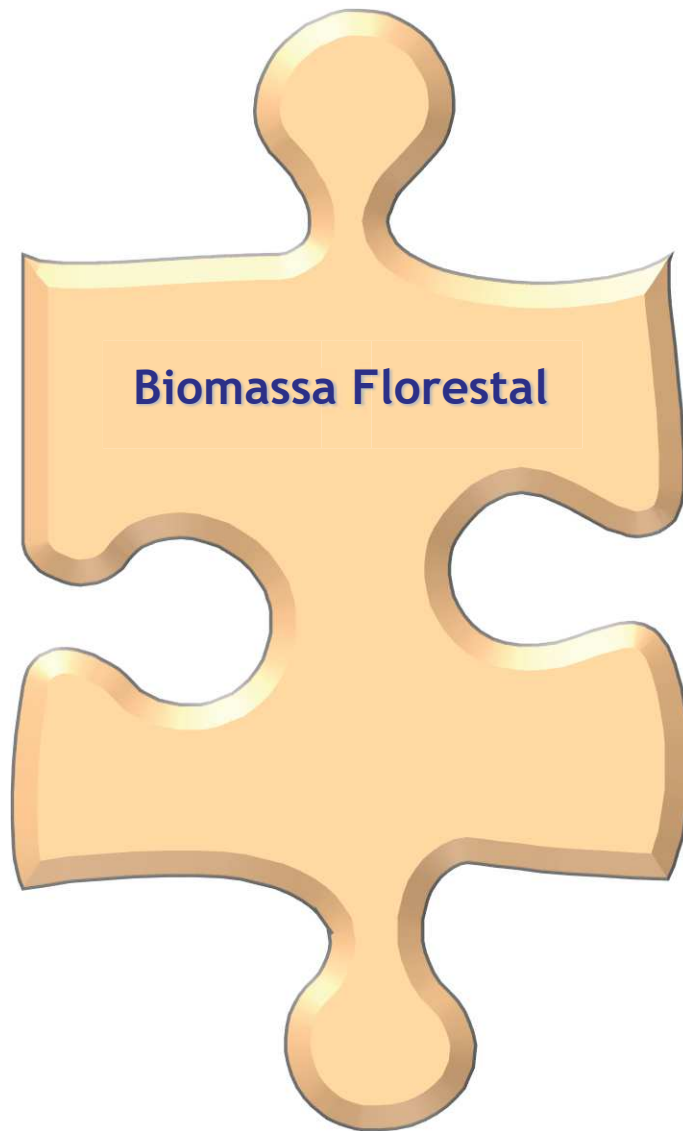


## Qualidade da biomassa

A redução do teor de humidade numa madeira é desejável por duas principais razões:

- reduzir os custos de manuseamento e transporte
- aumentar o seu valor enquanto combustível

Combustível	Poder Calorífico (Kcal/g)
Parafina	10,4
Fuel Óleo	9,8
Carvão Vegetal	7,1
Carvão	6,9
<b>Madeira, seca em estufa</b>	<b>4,7</b>
Estrume, seco ao ar	4,0
Turfa, seco ao ar	4,0
<b>Madeira, seco ao ar</b>	<b>3,5</b>



**Biomassa Florestal**

- **Resíduos florestais**
- **Povoamentos dedicados**





### “BIOMASSA FLORESTAL RESIDUAL”

Fracção biodegradável dos produtos, e dos desperdícios de actividade florestal. Inclui o material vegetal resultante de operações de gestão dos povoamentos

- desbaste
- desrama



Excedentes vegetais resultantes da exploração florestal:

- ramos
- bicadas
- cepos
- folhas
- raízes
- cascas



Em média 25-45 % da madeira abatida constitui resíduos.



Biomassa de cortes fitossanitários



Biomassa de controle de infestantes



Biomassa proveniente de áreas ardidas  
– corte árvore inteira



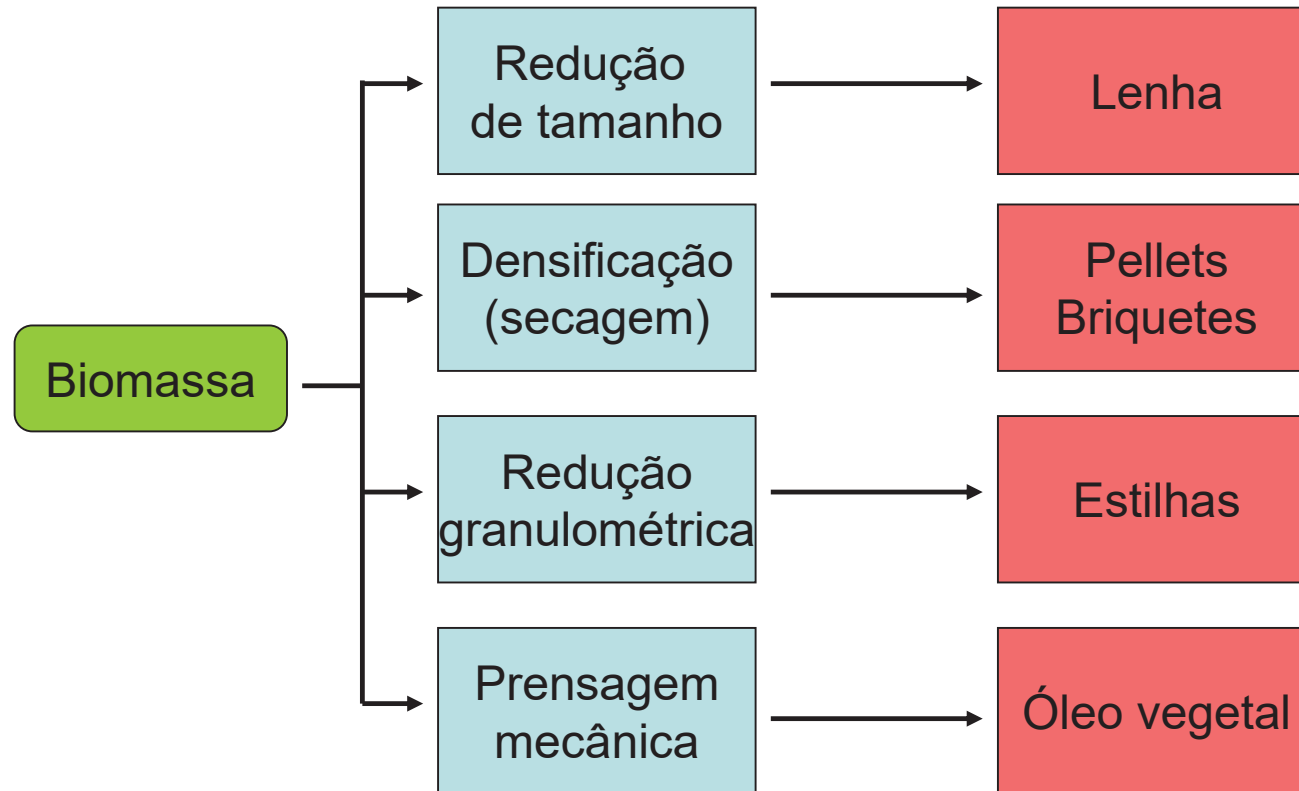
A **biomassa florestal** não é toda igual.

	Cepos de eucalipto	Estilhas de pinho	Casca de pinho
Poder Calorífico Superior (Cal/g)	4500	4700	4750
Poder Calorífico Inferior (Cal/g)	4200	4200	4200
Humidade (%)	20	35	40
Cinzas (%)	2	0,7	3,5
Azoto (%)	0,4	0,4	0,3
Carbono (%)	49	47	55
Enxofre (%)	0,02	0,03	0,02
Hidrogénio (%)	5,5	6	5,2
Cloro (%)	0,07	0,02	0,009



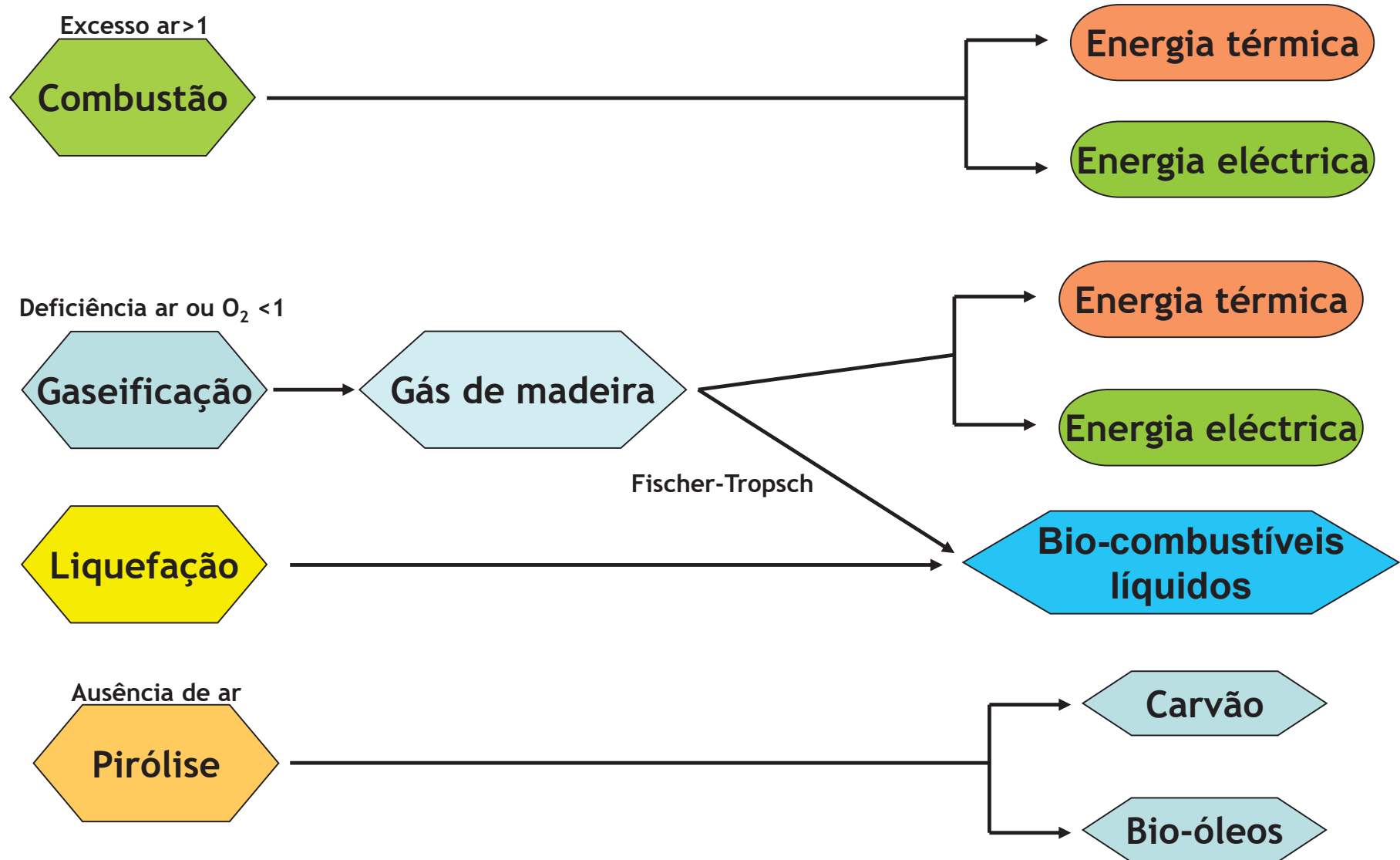
## Processos de Conversão da Biomassa

- **Físicos**
- **Termoquímicos**
- **Bioquímicos**



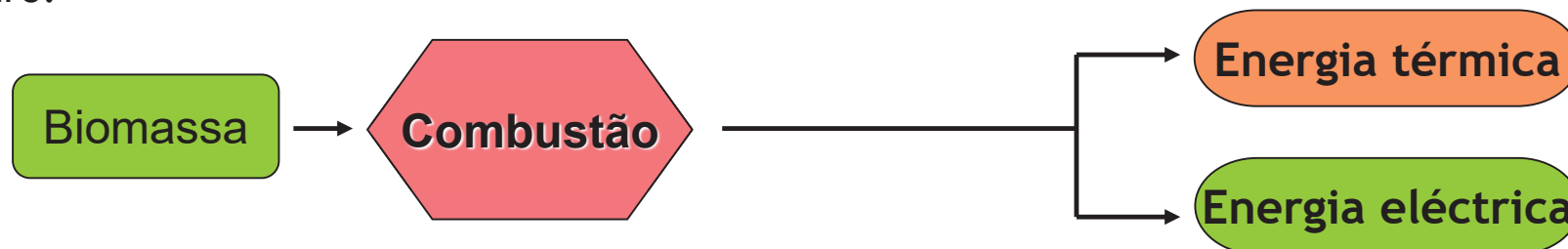


## Processos termoquímicos

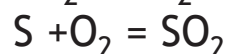
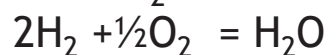
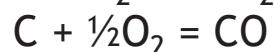
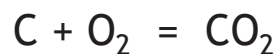




**Combustão ou queima directa:** é uma reacção química, exotérmica, auto-sustentada, envolvendo dois reagentes designados por combustível e por comburente ou oxidante. O oxidante mais utilizado é o oxigénio do ar, embora em certas aplicações se utilize oxigénio puro.

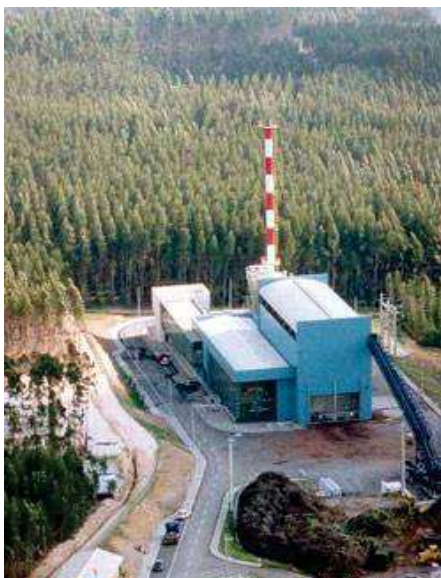


Reações de combustão





## Central termoelétrica de Mortágua



Abastece uma população na ordem dos 35 mil habitantes.

### Características da central

Tipo de central: Turbina a vapor

Combustível: Resíduos florestais (8,7 ton/h)

Potência máxima (MW): 9

Nº de grupos: 1

Entrada em serviço: 1999

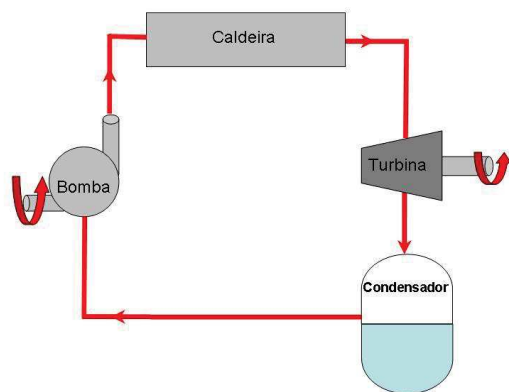
Altura da chaminé (m): 50

Rede de vigilância da qualidade do ar: Não tem

Tratamento de gases: Precipitadores electrostáticos

Modificações de combustão: Não tem

Tratamento de efluentes líquidos: Não tem



**Ciclo de Rankine:** Base das centrais termoelétricas a biomassa clássicas.

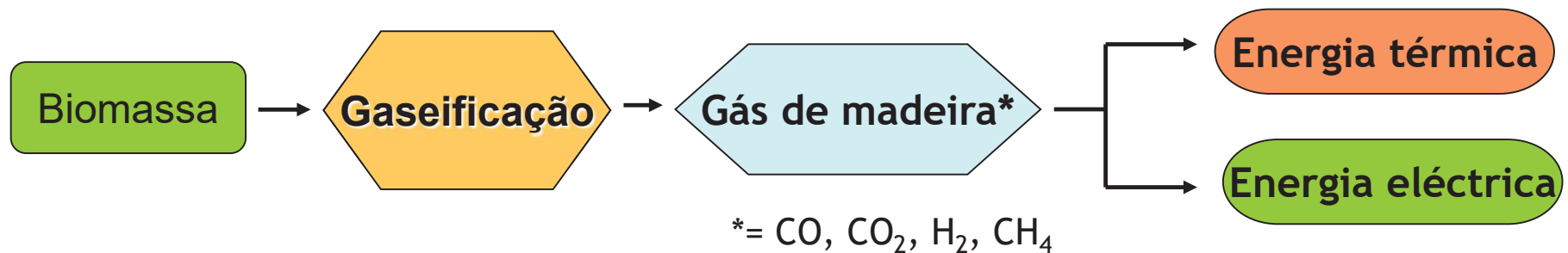
Rendimento na ordem dos 33%.

Significa que apenas 1/3 da energia contida num combustível biomássico é que é convertível em electricidade.

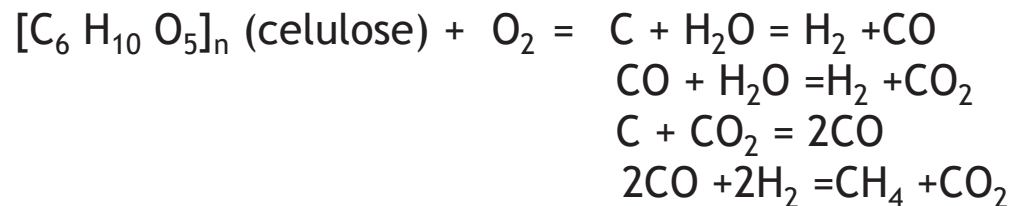




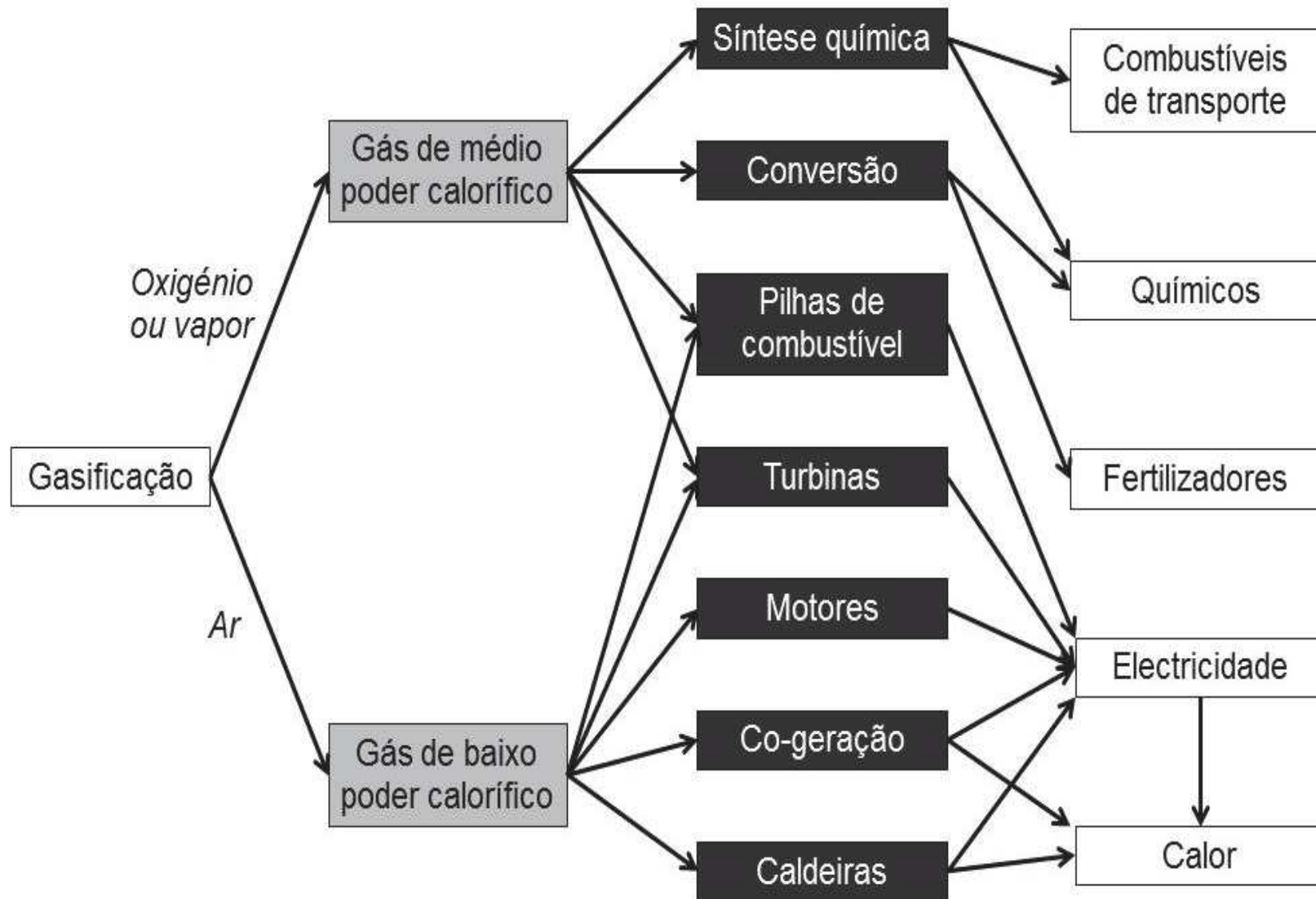
**Gaseificação:** Aquecimento da biomassa em presença de oxidante ( ar ou  $O_2$  ) em quantidades menores do que a estequiométrica, obtendo-se um gás combustível composto de  $CO$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$  e outros. Deste gás, utilizando-se catalisadores, pode-se obter adicionalmente metano, metanol, hidrogénio e amónia. A gasificação de biomassa com vista à produção de hidrogénio, é considerada uma opção muito interessante para o futuro.



Reacções de gaseificação



Unidade de gaseificação (Gussing)



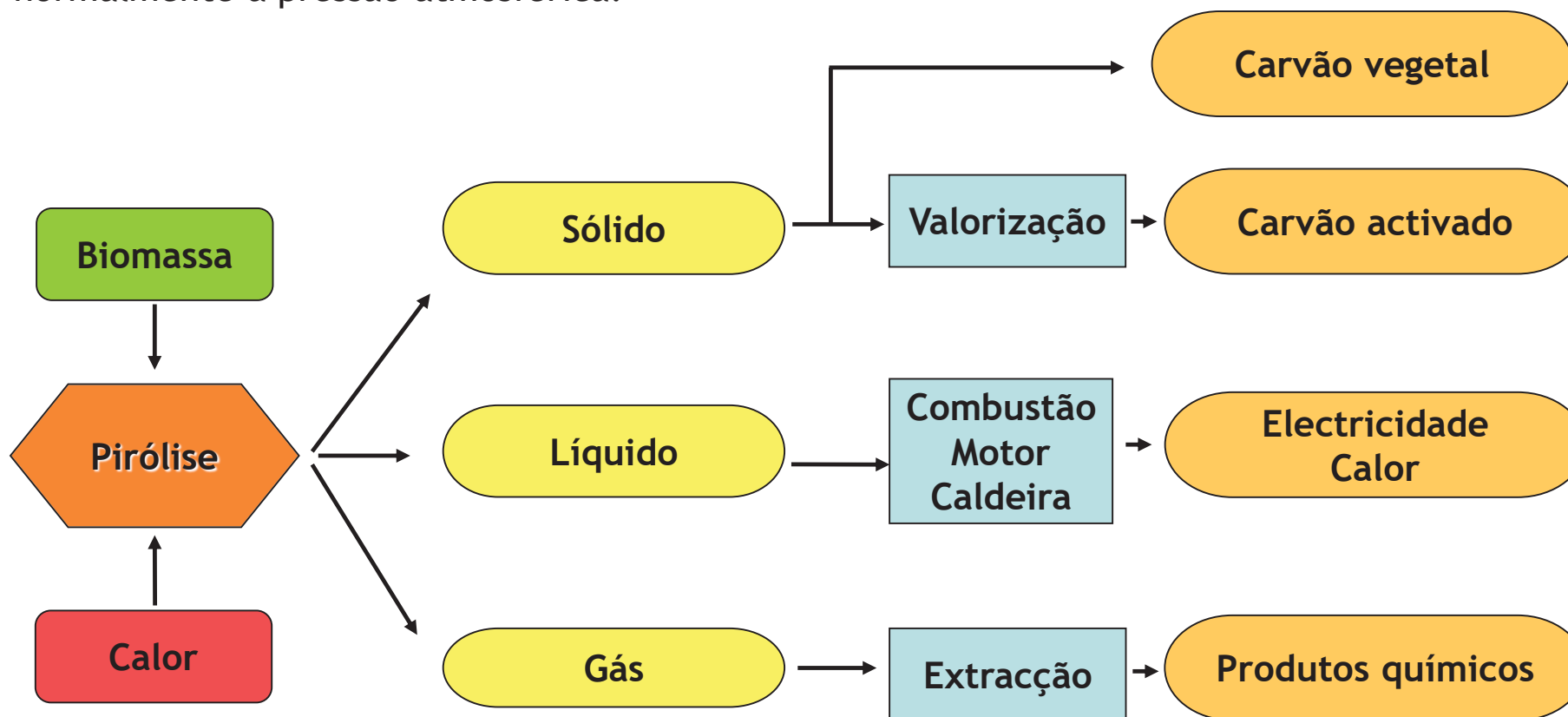


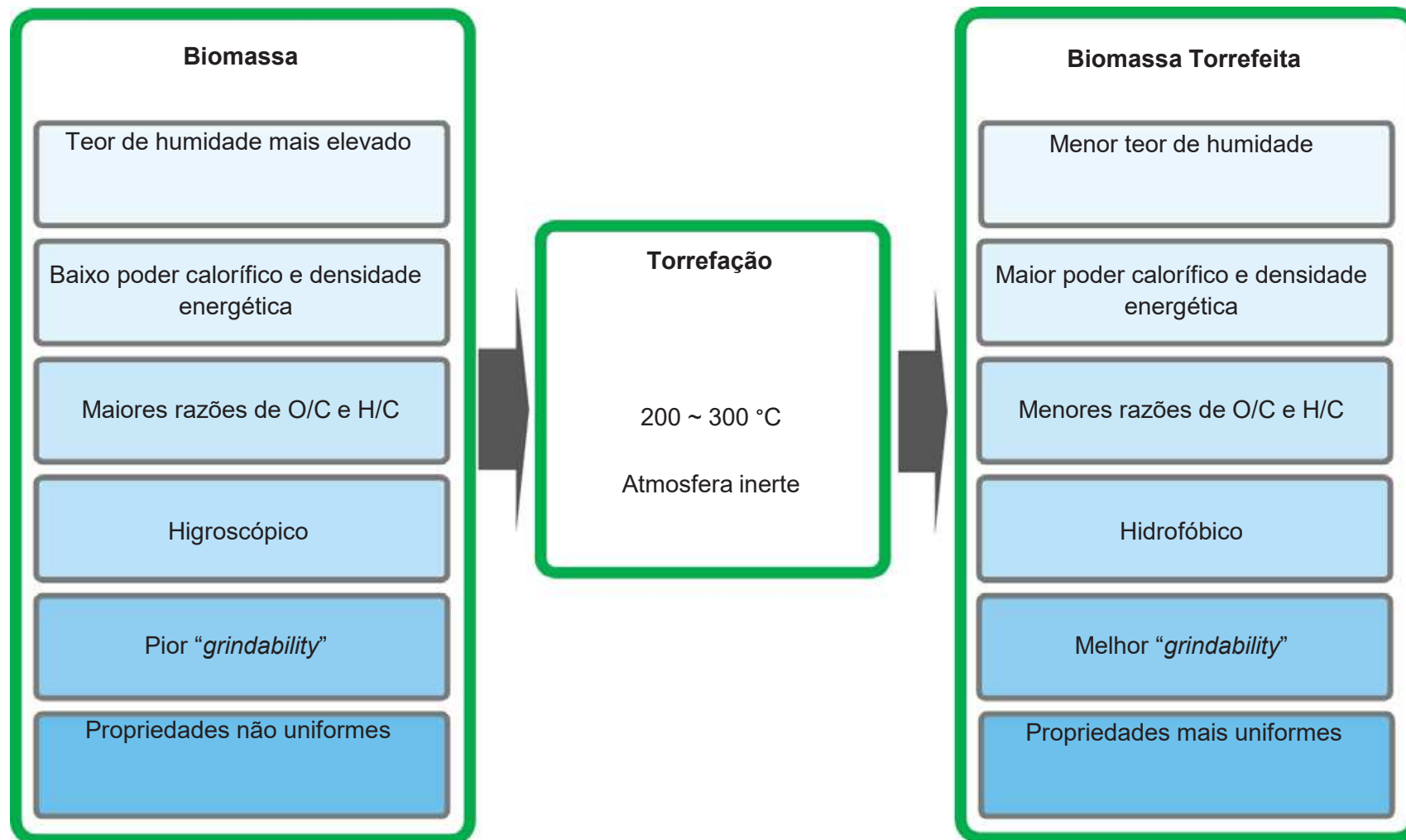
**Gaseificação:** Aquecimento da biomassa.





**Pirólise:** Aquecimento da biomassa em ausência de oxidante (oxigénio). Obtém-se como resultado um gás combustível, produtos líquidos (alcatrão e ácido piro-lenhoso) e uma substância carbonosa que pode ser convertido em carvão activado. É o processo usado na fabricação do carvão vegetal. Ocorre a temperaturas entre os 200°C e os 1100°C, normalmente à pressão atmosférica.

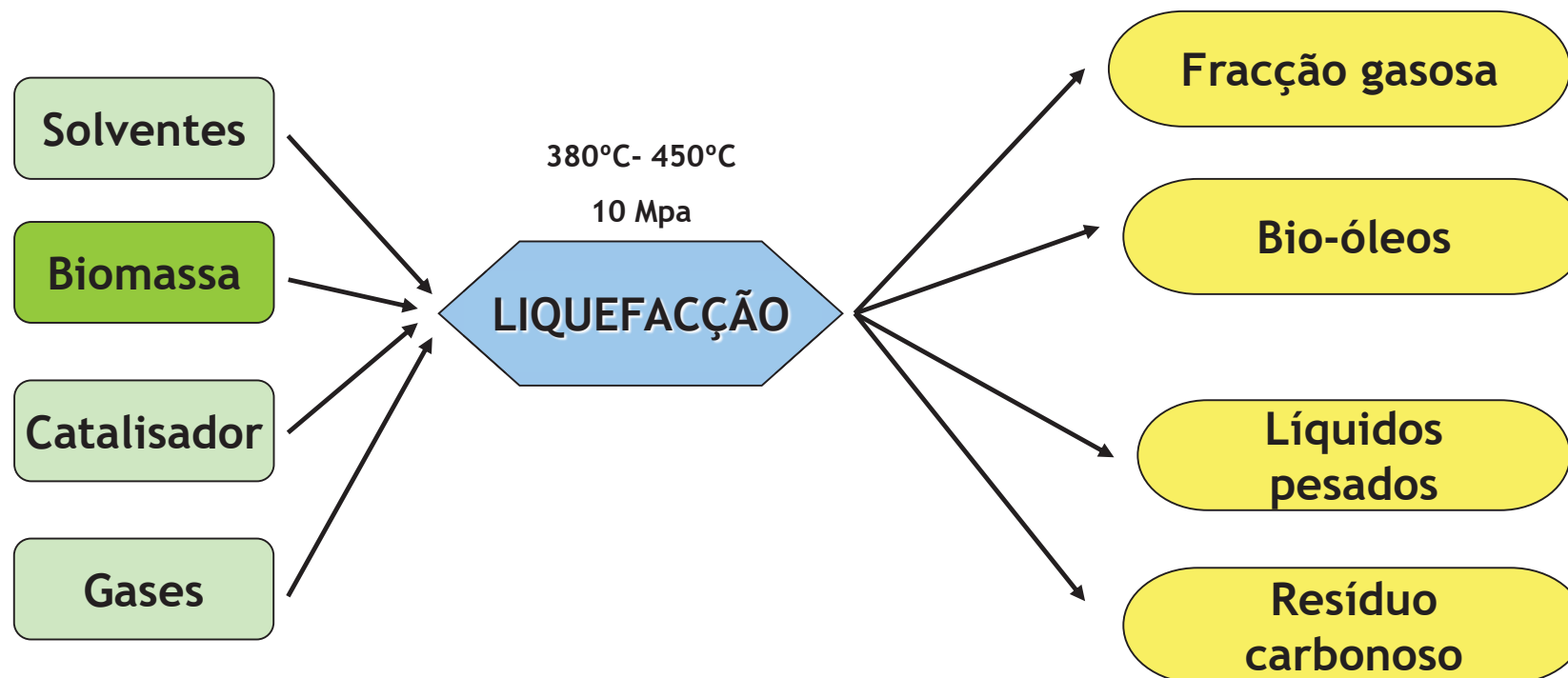






## Liquefacção Directa

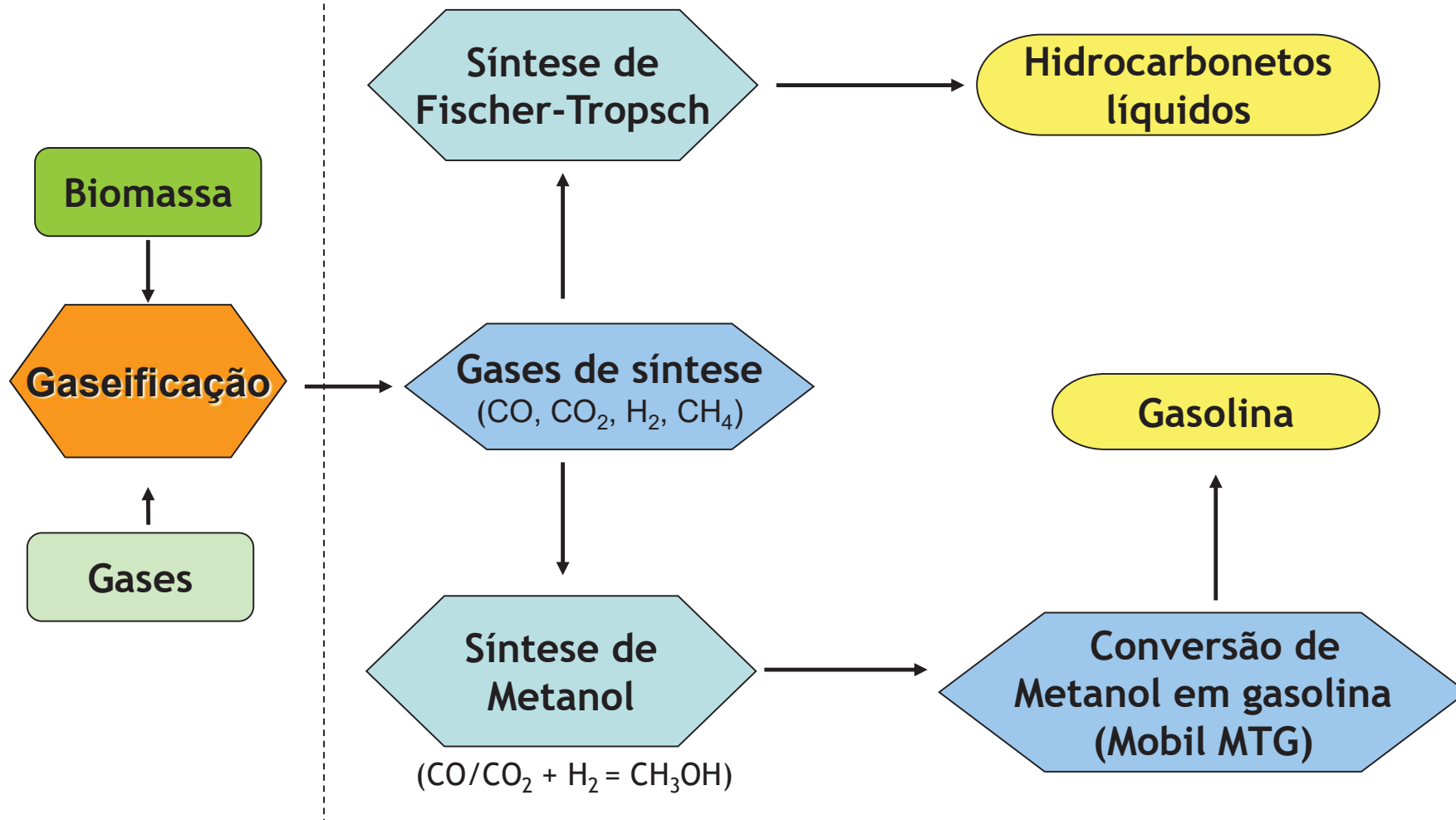
**Liquefacção:** Processo de produção de combustíveis líquidos por meio da reacção da biomassa triturada em um meio líquido com CO em presença de um catalisador alcalino.





## Liquefacção Indirecta

O processo de Fischer-Tropsch é um processo químico para produção de hidrocarbonetos líquidos (ex. gasolina)





**Fermentação:** Conversão anaeróbia (ausência de  $O_2$ ) de compostos orgânicos pela acção de leveduras ou por enzimas. No caso da fermentação alcoólica o substrato orgânico é a sacarose e os produtos são fundamentalmente o etanol e o gás carbónico.



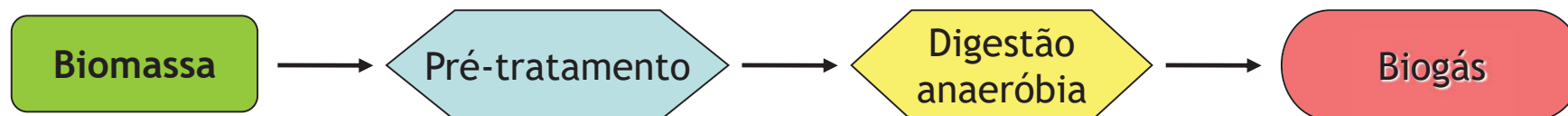
ABENGOA BIOENERGIA - BIOETANOL GALIZA





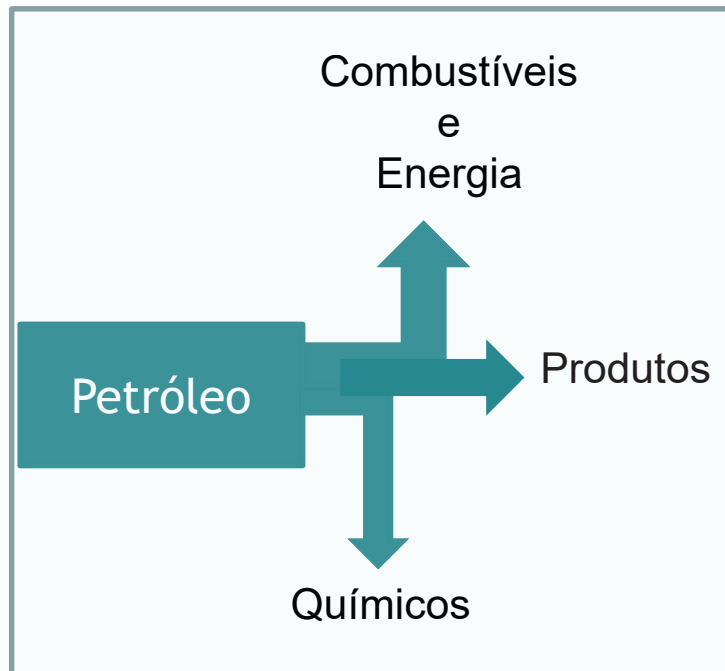
## Processos bioquímicos

**Biogás:** Resulta da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica contida nos resíduos e é constituído por uma mistura de metano ( $\text{CH}_4$ ) em percentagens que variam entre os 50% e os 70% sendo o restante essencialmente  $\text{CO}_2$ . Tem origem nos efluentes agro-pecuários, da agro-indústria e urbanos (lamas das estações de tratamento dos efluentes domésticos) e ainda nos aterros de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos).

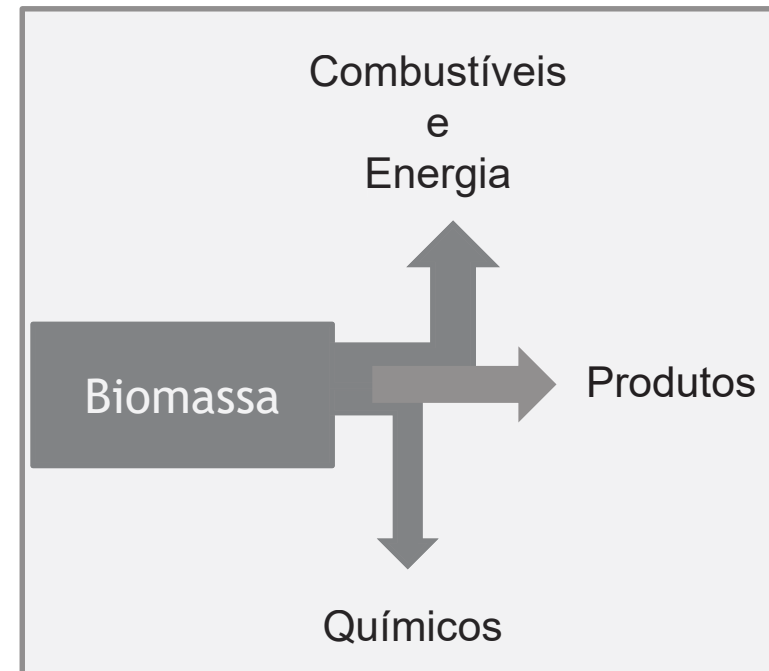


Fábrica de bioetanol

## Biorrefinaria



**Refinaria**



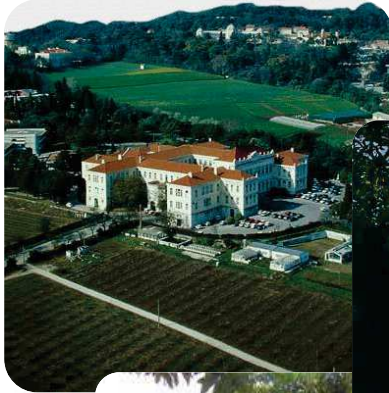
**Biorefinaria**

Uma **biorefinaria** é uma instalação industrial que procura a utilização integral da biomassa, de forma sustentável, para a produção simultânea de **biocombustíveis, energia, materiais e produtos químicos**, preferencialmente de valor acrescentado. [SIADEB, 2010]



## Três abordagens

- Extração aquosa de compostos orgânicos facilmente extratáveis (amido, hexoses e pentoses de reserva) e posterior conversão em biocombustíveis.
- Hidrólise ácida ou enzimática da biomassa para a produção de etanol celulósico
- Gaseificação da biomassa da madeira para a obtenção dos gases de síntese



# Obrigado