

Incentivo à produção sustentável de carvão vegetal de florestas  
plantadas por pequenos e médios produtores rurais  
**Projeto: BRA/14/G31 - Biomass-based charcoal**

## PROJETO KIT SIDERURGIA SUSTENTÁVEL

# PRODUTO 02 - RELATÓRIO DE INSTALAÇÃO E CAPACITAÇÕES

## ANEXO 5 – CONTEÚDO DE TREINAMENTO

Referência	Edital JOF - 2516/2020
Proponente	ECOCARB - Ecoconsultoria e Agronegócios LTDA
Endereço	R. Raimundo Correia, 123/402. CEP 30330-090. Belo Horizonte, MG.
Contato	+ 55 (31) 99782-4499   <a href="mailto:tuliojardimraad@gmail.com">tuliojardimraad@gmail.com</a>   <a href="mailto:contato@ecocarb.com.br">contato@ecocarb.com.br</a>
Responsável	Túlio Jardim Raad
Data	30 de agosto de 2021

## ANEXO 5 – CONTEÚDO DE TREINAMENTO

CAPACITAÇÃO EM PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CARVÃO VEGETAL



### Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

TÚLIO JARDIM RAAD



Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade



TEORIA DA CARBONIZAÇÃO DA BIOMASSA – QUÍMICA ORGÂNICA

**C** – Carbono

**O** – Oxigênio

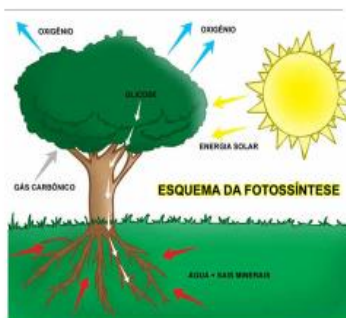
**H** – Hidrogênio

Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

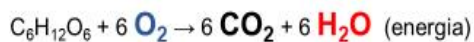
## C – Carbono

### Ciclo Biológico do Carbono

Fotossíntese



Respiração



Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

## H – Hidrogênio

O hidrogênio é o elemento mais abundante do universo (75%). Junto com o hélio ( $\text{H}_2$ ), com 23%, formam, 98% de toda a sua massa elementar.

Na reação envolvendo o hidrogênio e o oxigênio, produzindo a água, ocorre a liberação de energia que poderia ser usada para diversos fins como mover carros sem produção de poluentes.

Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

## O – Oxigênio

O oxigênio é o terceiro elemento mais abundante do universo



O químico francês Lavoisier (1743 a 1794) foi o responsável por identificar e batizar este elemento imprescindível à vida

Considerado o pai da química moderna e idealizador da teoria da conservação da massa, é autor da famosa frase:

***“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”***

Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

## Lei da Conservação da Massa



### Entrou

Carbono	= 6 x 1 elemento de carbono	= 6 C
Hidrogênio	= 6 x 2 elementos de hidrogênio	= 12 H
Oxigênio	= 6 x 1 + 6 x 2 elementos de oxigênio	= 18 O

### Saiu

Carbono	= 6 x 1 elemento de carbono	= 6 C
Hidrogênio	= 6 x 2 elementos de hidrogênio	= 12 H
Oxigênio	= 6 x 2 + 6 x 1 elementos de oxigênio	= 18 O

Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

**O Processo termo-químico**

**C** – Carbono    **H** – Hidrogênio    **O** – Oxigênio

$H + 2 O$	= $H_2O$	Água
$C + 2 O$	= $CO_2$	Gás Carbônico
$C + O$	= $CO$	Monóxido de Carbônico
$4 C + 10 H$	= $C_4H_{10}$	Gás Butano (gás de cozinha)
$C + 4 H$	= $CH_4$	Gás Metano
$x C + y H + z O$	= $C_xH_yO_z$	Hidrocarbonetos

Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

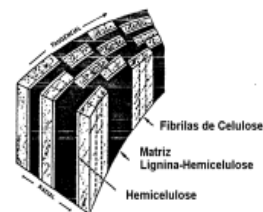
**Componentes da Biomassa**

*Elementares*

**Carbono - 50%; Oxigênio 43%; Hidrogênio - 6%; Cinzas - 1%.**

*Moleculares*

**Hemiceluloses = 20 a 30%;**  
**Celulose = 40 a 50%**  
**Lignina = 20 a 30%;**  
**Extrativos = 01 a 08%.**

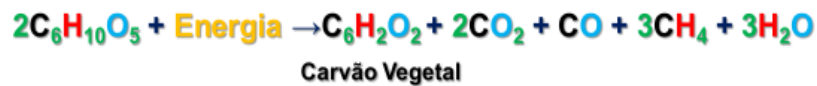


LM: lamela média; P: parede primária; S: parede secundária com suas camadas S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> e T. [Fengel, 1984].

Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

## Processo de Carbonização

Na **carbonização** da madeira a reação química ocorre pela decomposição térmica das moléculas originais transformando-se em um novo produto (no caso abaixo o carvão vegetal da celulose):

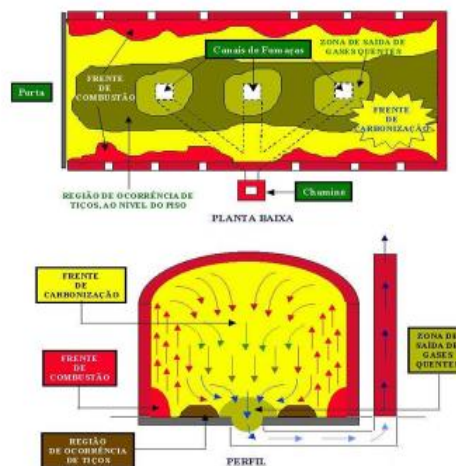


Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

## Processo de carbonização da biomassa em fornos de alvenaria



Distribuição dos Gases

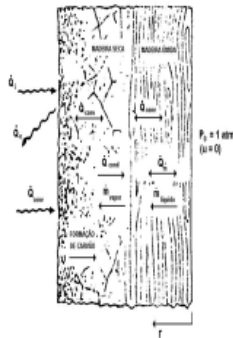


Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

**Transferência de Calor e Massa**

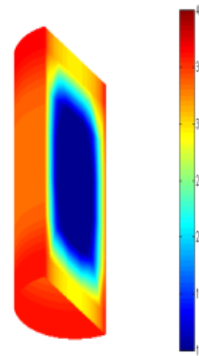
Quando um gás quente produzido pela queima de um combustível passa pelo leito de madeira dentro dos fornos ocorrem dois processos de forma simultânea:

**SECAGEM** e **CARBONIZAÇÃO** - (para Temperatura  $T > 200^{\circ}\text{C}$ )



Quando falamos em gás quente temos que entender que este gás carrega uma energia que veio lá da queima de um combustível. O quente é associado numericamente à temperatura.

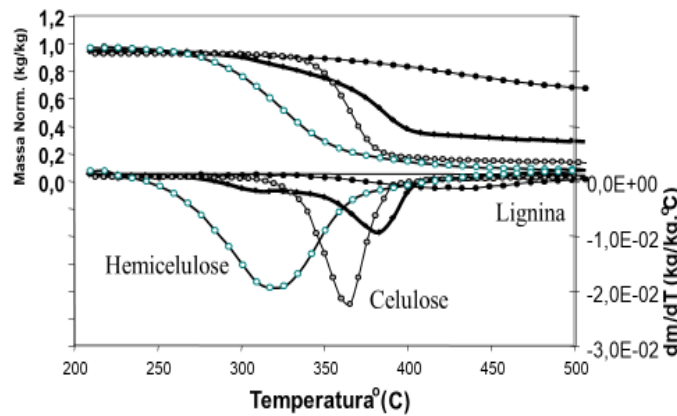
**ENERGIA & TEMPERATURA**



Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

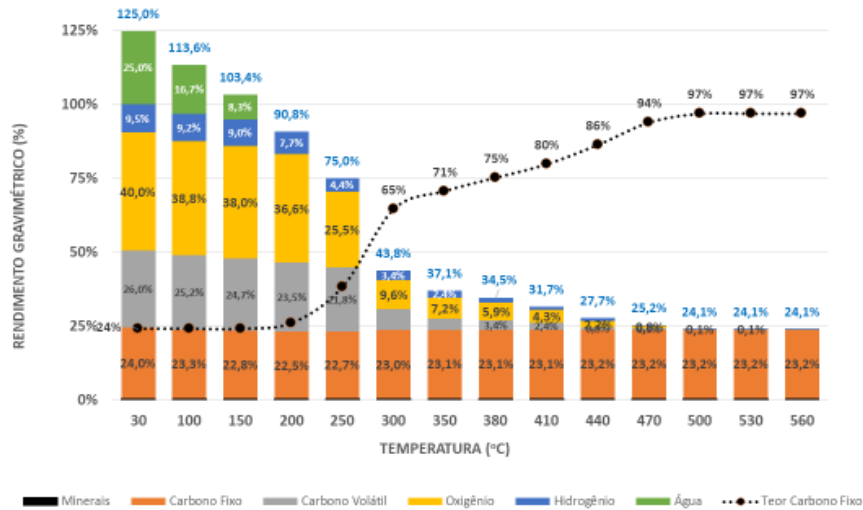
**Carbonização dos Componentes da Madeira**

A madeira é composta de hemiceluloses, celulose e lignina. Cada um destes componentes tem um comportamento característico quando estão se transformando em carvão vegetal.



Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

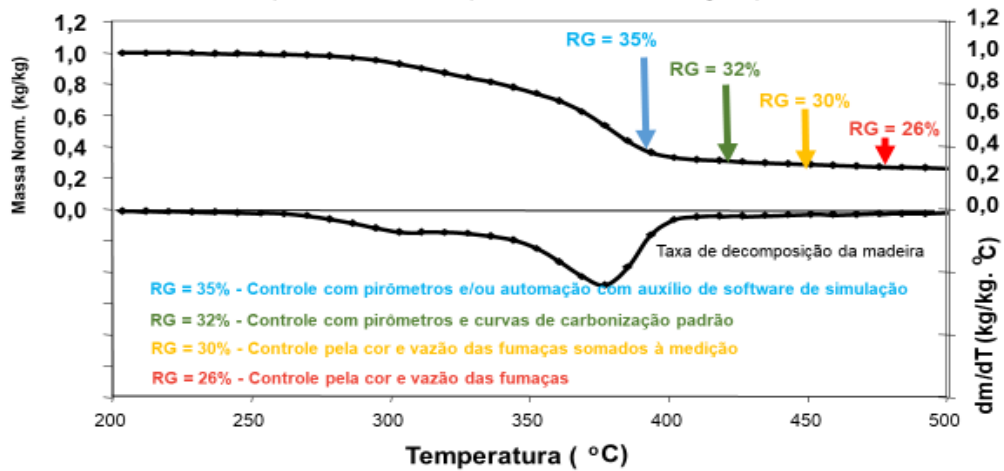
Rendimento x Composição Elemental da Madeira e Carvão Vegetal



Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

Rendimento Gravimétrico em função do tipo de controle de processo

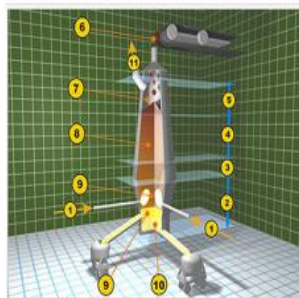
Diversos são os tipos de controle do processo de carbonização que influenciam o RG





Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

### Funcionamento básico dos Altos Fornos



1. Fôrnia Cowper
2. zona de derretimento
3. zona de redução de óxido ferroso
4. zona de redução de óxido férrico
5. zona de pré-aquecimento (garganta)
6. alimentação de minério, pedra calcária e coque siderúrgico
7. escapamento de gases
8. coluna de minério, coque e pedra calcária
9. remoção de escória
10. ferro-gusa
11. Chaminé para escoamento dos gases liberados

Para transformar o minério de ferro (sólido) em ferro gusa líquido precisamos de energia que também virá da queima de um combustível que poderá ser um gás natural ou pó de carvão vegetal.

O gás quente produzido terá a incumbência de, ao permear a carga metálica levar a energia necessária para que as reações químicas ocorram.

Controle de processo e seus efeitos no rendimento e qualidade

### Carbono Fixo

Principal elemento que irá proporcionar a redução do minério de ferro em ferro gusa. Quanto maior melhor desde que não haja interferência na resistência mecânica do carvão.

### Granulometria e Finos

Quanto **maior** a resistência mecânica do carvão **menor** a geração de finos e **maior** a granulometria favorecendo a permeabilidade dos gases nos AFs

### Umidade do Carvão

Quanto **menor** a umidade do carvão **melhor**. Umidade consome energia nos AFs e geram fragilidade no carvão devido aos choques térmicos

### Cinzas do Carvão

Quanto **menor** a cinza do carvão **melhor**. Cinzas consomem energia e aumentam a produção de escória