



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS**  
Caixa Postal:3037 – CEP:37200-000 – LAVRAS-MG  
FONE/FAX: 55 353829-1411

# Qualidade da Madeira para Fins Energéticos

Prof. PAULO FERNANDO TRUGILHO  
E-Mail: [trugilho@ufla.br](mailto:trugilho@ufla.br)





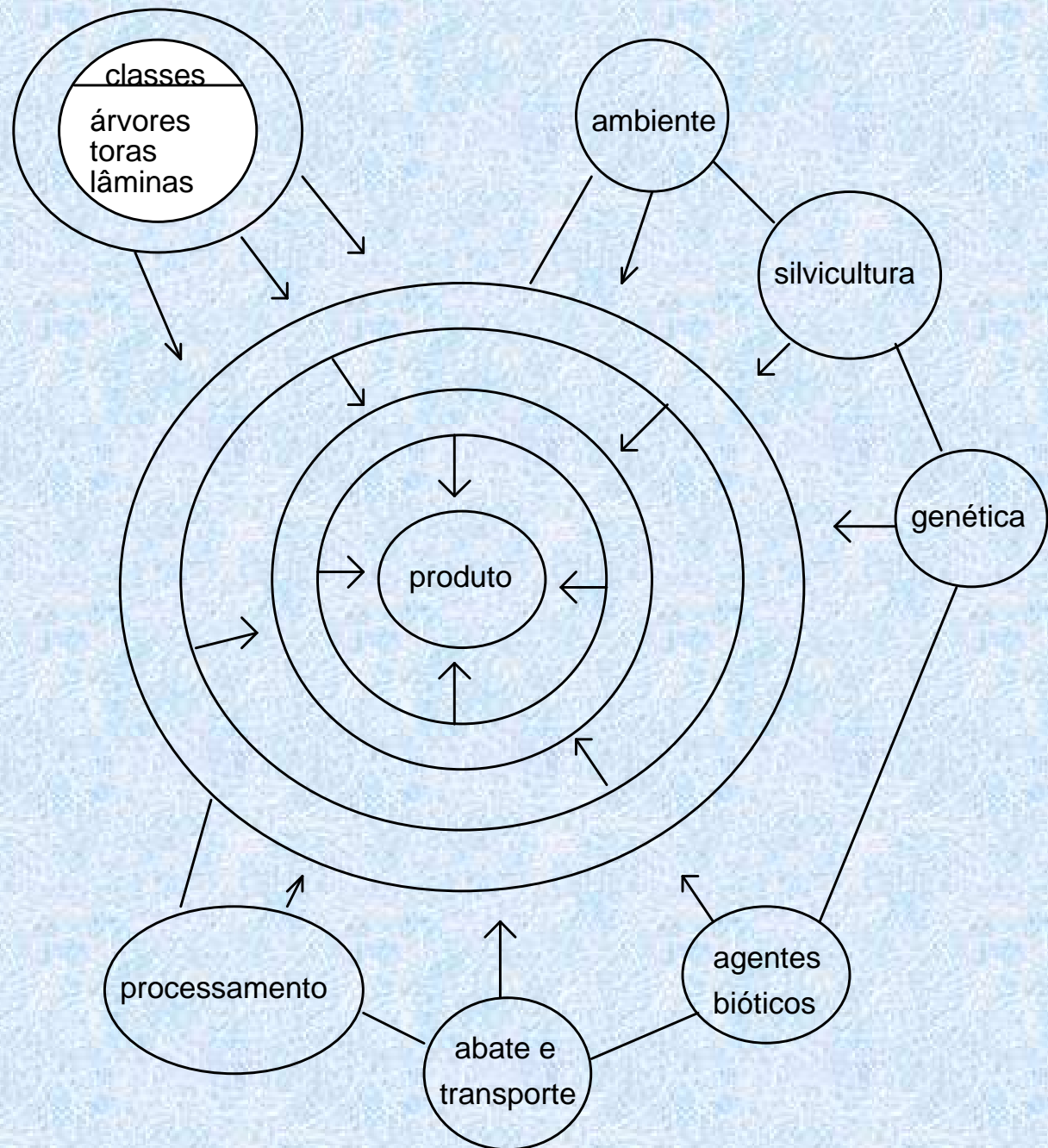
## QUALIDADE DA MADEIRA

**Combinação de características físicas, químicas, mecânicas e anatômicas de uma árvore ou de suas partes que possam definir a melhor forma de utilização da sua madeira.**

A avaliação da qualidade da madeira **DEPENDE** de:

1. Definição de qualidade – o que se pretende;
2. Definição dos fatores que a afetam – na madeira;
3. Forma de determinação desses fatores – quantificação (amostragem); e
4. Avaliação do seu efeito na qualidade da madeira – tipo de análise usada na avaliação.

# ESQUEMA DA INTERRELAÇÃO ENTRE OS FATORES E A QUALIDADE DO PRODUTO





# Propriedades Importantes da Madeira

→ Características de Crescimento  
DAP, Altura e Volume Individual

→ Características Físicas  
Densidade Básica, Umidade e Massa Seca Estimada

→ Característica Anatômica  
Espessura da Parede Celular, % de tecido

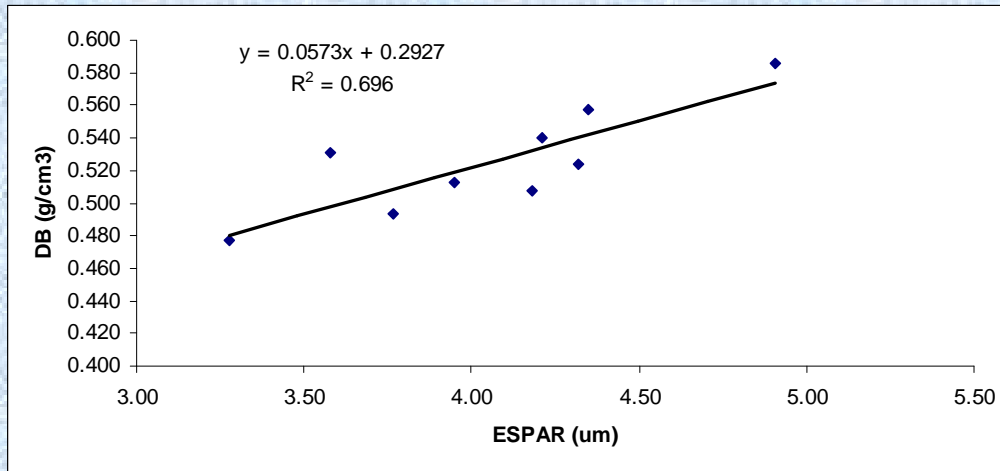
→ Característica Química  
Teor de Lignina e Massa de Lignina Estimada  
Teor de extrativos e minerais

**TABELA 1** – Características de Interesse na Madeira

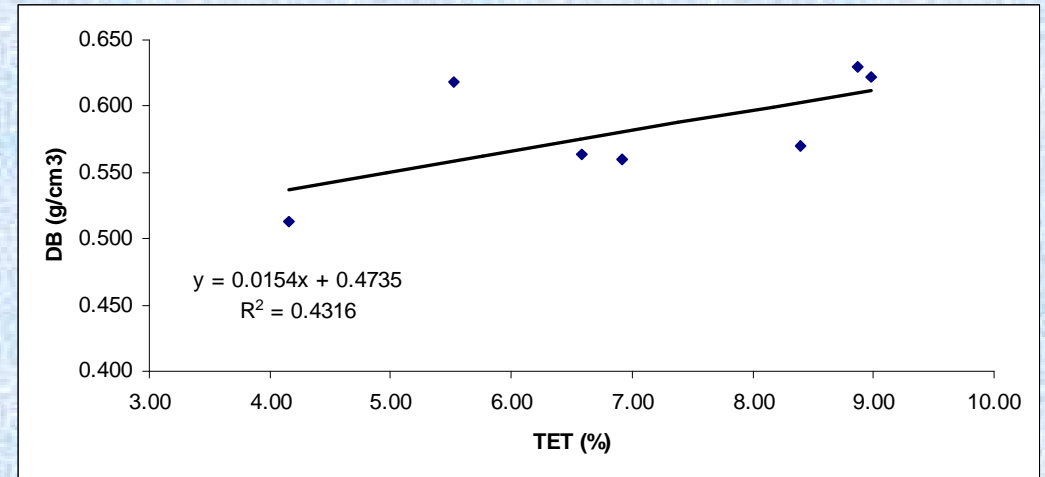
Característica	Acréscimo(+ )/Decréscimo (-)
<b>DB</b>	<b>+</b>
<b>Massa seca (volume x DB)</b>	<b>+</b>
<b>Espessura parede</b>	<b>+</b>
<b>Lignina</b>	<b>+</b>
<b>Massa lignina (massa x Lignina)</b>	<b>+</b>
<b>Teor de extrativos</b>	<b>+</b>
<b>Teor de minerais</b>	<b>-</b>
<b>Teor de umidade</b>	<b>-</b>
<b>Poder Calorífico</b>	<b>+</b>
<b>Carbono elementar</b>	<b>+</b>
<b>Hidrogênio elementar</b>	<b>+</b>
<b>Oxigênio elementar</b>	<b>-</b>
<b>Enxofre elementar</b>	<b>-</b>

# RELAÇÕES DESEJÁVEIS PARA FINS ENERGÉTICOS

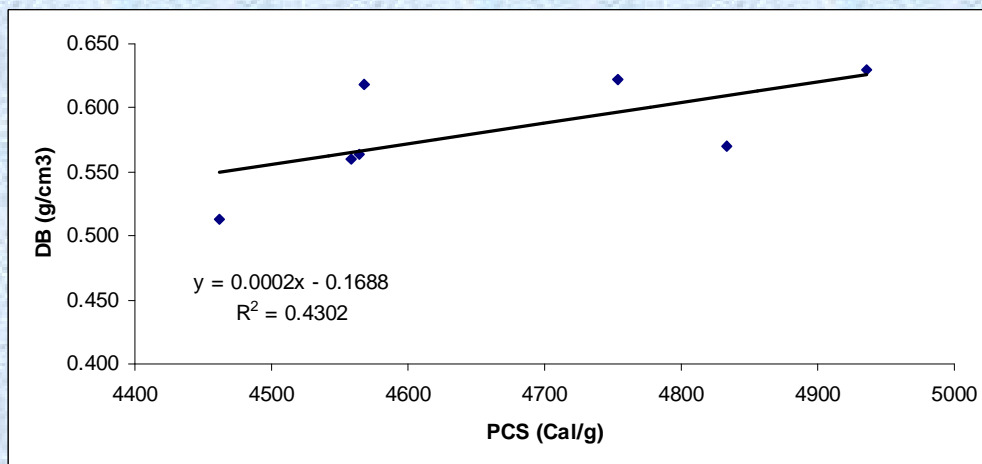
## DB X Espessura da Parede



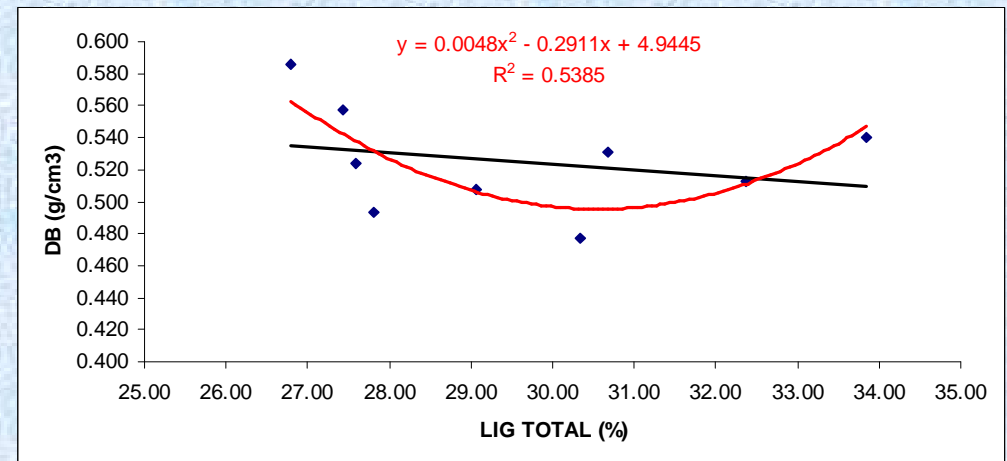
## DB X Teor de extrativos



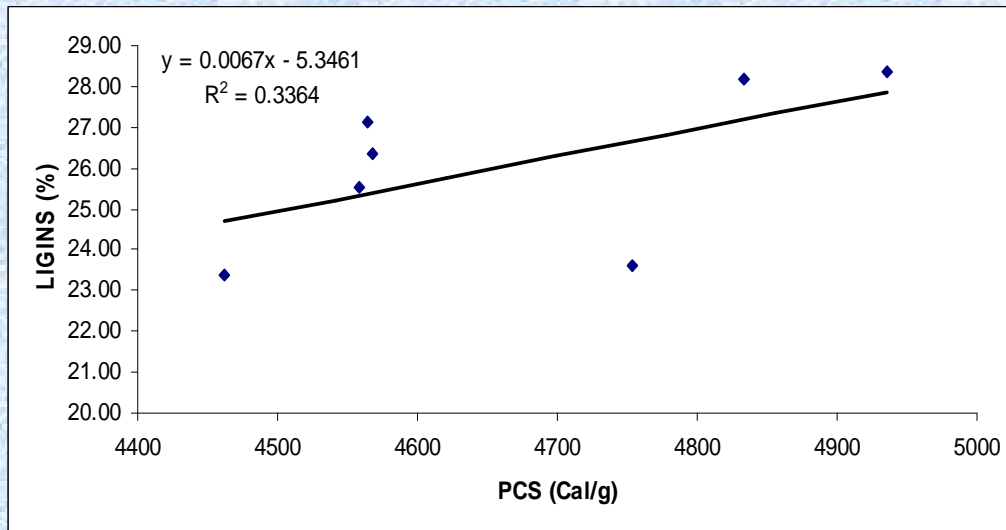
## DB X Poder Calorífico Superior



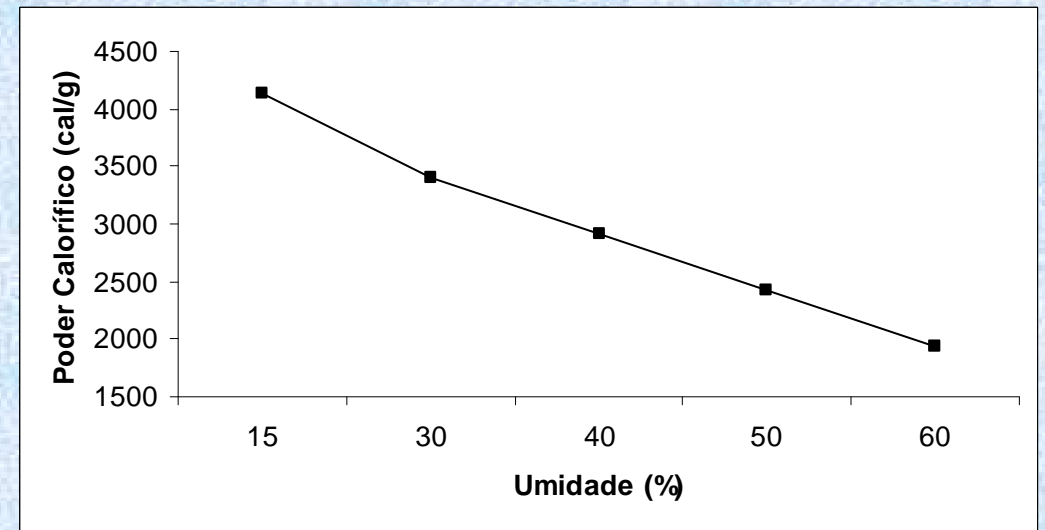
## DB X Teor de Lignina



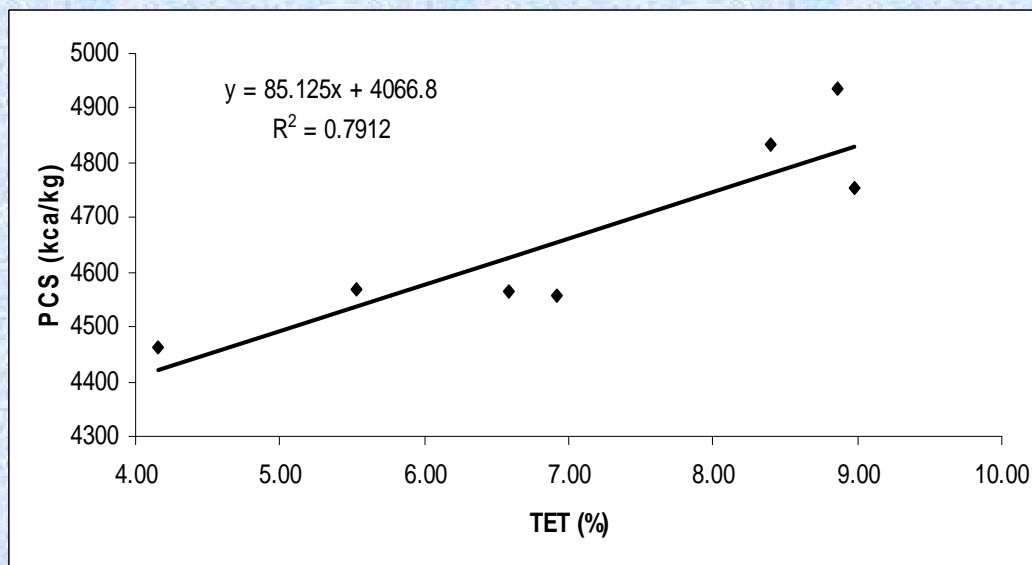
## Poder Calorífico Superior x Teor de Lignina



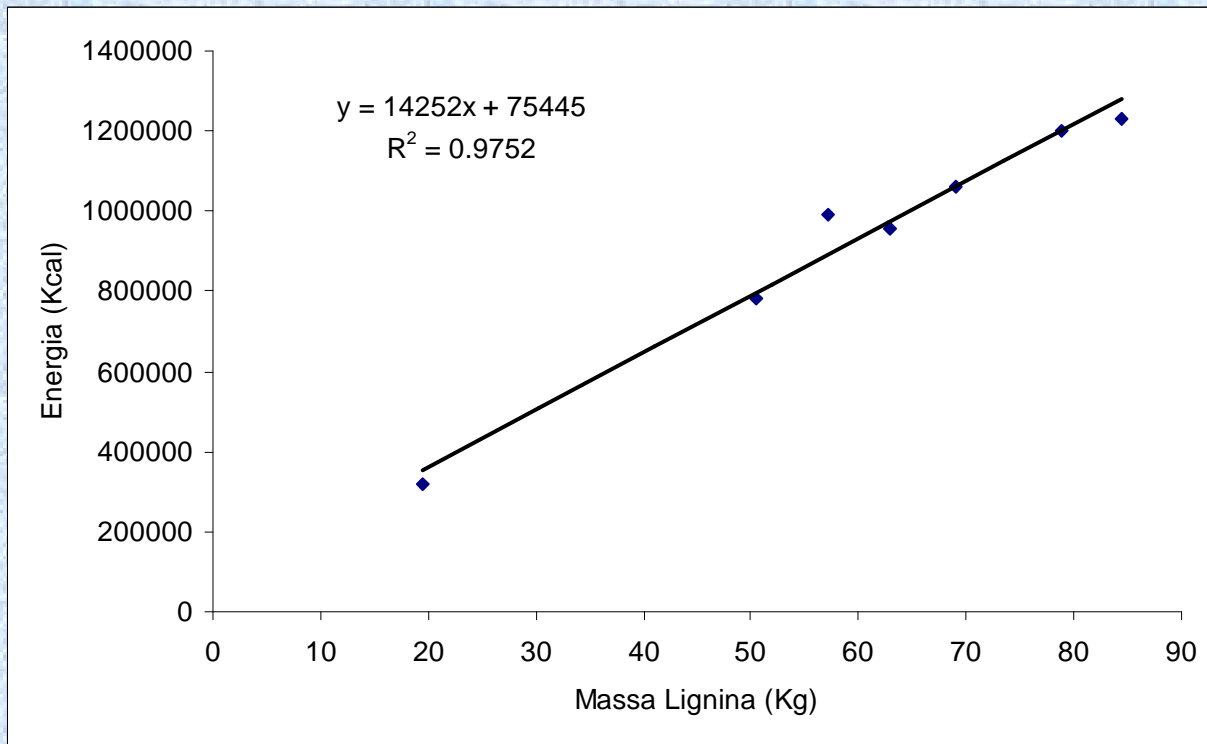
## Poder Calorífico Superior x Teor de Umidade



## Poder Calorífico Superior x Teor de Extrativos

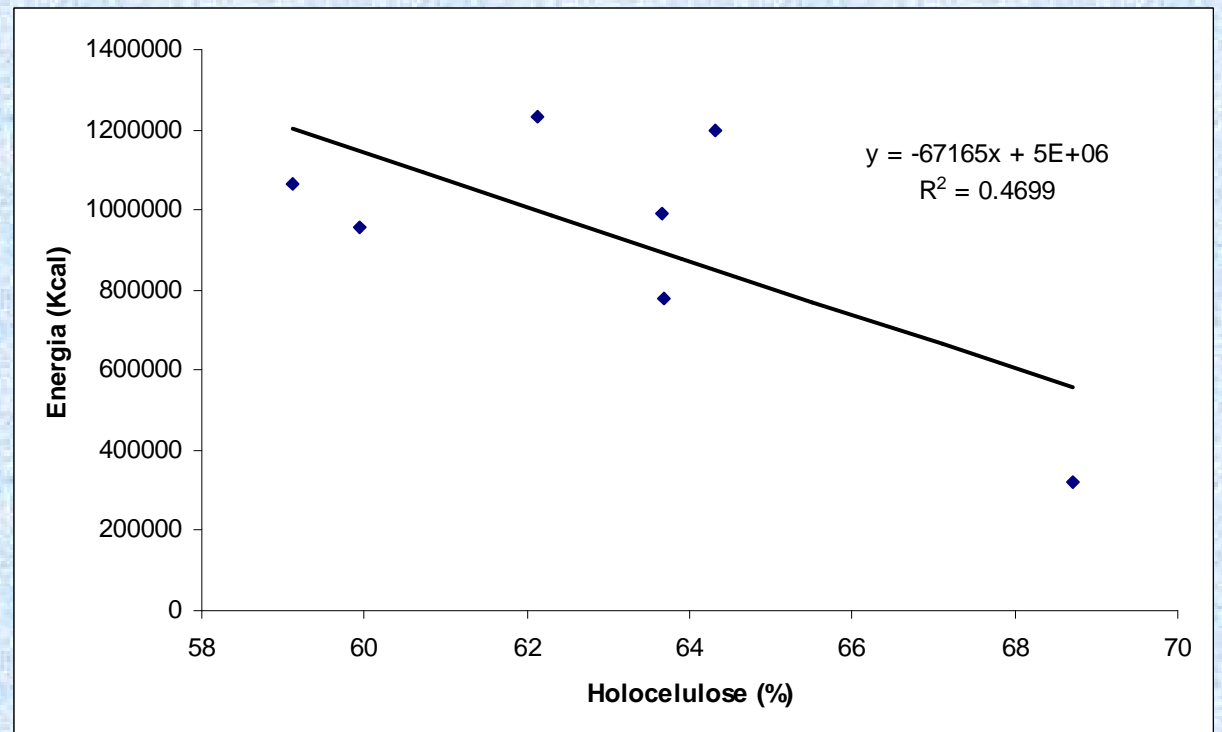


**Ideal é usar a  
madeira o mais seca  
Possível**



**Massa de Lignina x Energia**

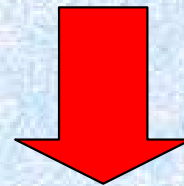
**Holocelulose x Energia**



# SIMULAÇÃO DE PRODUÇÃO DE MASSA SECA

Clone	DB (t/m <sup>3</sup> )	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano)								Idade
		15	20	25	30	35	40	45	50	
254	0.405	6.1	8.1	10.1	12.2	14.2	16.2	18.2	20.3	3 anos
178	0.452	6.8	9.0	11.3	13.6	15.8	18.1	20.3	22.6	3 anos
204	0.501	7.5	10.0	12.5	15.0	17.6	20.1	22.6	25.1	3 anos
E. pellita	0.545	8.2	10.9	13.6	16.4	19.1	21.8	24.5	27.3	7 anos
E. tereticornis	0.614	9.2	12.3	15.4	18.4	21.5	24.6	27.6	30.7	7 anos
E. maculata	0.631	9.5	12.6	15.8	18.9	22.1	25.2	28.4	31.6	7 anos

**QUANTO MAIOR A PRODUÇÃO DE MASSA SECA É ESPERADO UMA MAIOR QUANTIDADE DE ENERGIA ESTOCADA NA MADEIRA**



**BIOENERGIA**

# EXEMPLO DE CASO

Clone	Talhão	Altura (m)		Volume (m <sup>3</sup> )			% Casca	DB (g/cm <sup>3</sup> )	MS (kg)	Poder Calorífico Superior		Energia Kcal
		Total	Útil	Vtcc	Vtsc	Vcasca				Kcal/kg	Kcal/m <sup>3</sup>	
1		33,20	32,00	1,266926	1,137458	0,129468	11,38	0,604	686,55	4568,69	2757592,0	3136634,5
2		32,70	30,00	1,314736	1,204285	0,110451	9,17	0,623	750,22	4606,34	2869572,7	<b>3458071,6</b>
3		31,80	30,00	1,298502	1,182137	0,116365	9,84	0,544	643,37	4580,06	2492663,7	2946673,2
4		34,00	32,00	1,019438	0,954345	0,065093	6,82	<b>0,644</b>	614,32	4759,19	<b>3063543,9</b>	2923618,0
5	6	31,80	30,00	1,064627	0,962516	0,102112	10,61	0,564	543,07	4422,45	2495244,9	2401699,9
6		32,30	30,00	1,066923	0,993027	0,073896	7,44	0,598	594,17	4600,15	2752443,0	2733271,1
7		30,60	28,00	1,009864	0,934764	0,075099	8,03	0,505	471,73	4394,90	2217912,3	2073206,2
8		39,90	38,00	1,725867	<b>1,593721</b>	0,132146	8,29	0,569	<b>906,82</b>	4405,12	2506494,7	<b>3994650,9</b>
9		29,00	28,00	1,401669	1,242388	0,159280	12,82	0,575	714,77	4509,46	2594379,3	3223226,7
1	5	31,50	30,00	1,481646	1,343362	0,138284	10,29	0,561	753,16	4597,64	2577676,1	<b>3462758,5</b>

# CONSIDERAÇÕES

- CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E DA MADEIRA DEVEM SER AVALIADAS CONJUNTAMENTE.
- CARACTERÍSTICA ENERGÉTICA DA MADEIRA ESTÁ ASSOCIADA A TEOR DE LIGNINA E EXTRATIVOS.
- IMPORTANTE AS ESTIMATIVAS DE MASSA SECA E DE LIGNINA NA MADEIRA.
- DESEJÁVEL É ENCONTRAR INDIVÍDUOS COM ALTA DB, TEOR DE LIGNINA E EXTRATIVOS.

# QUALIDADE DESEJADA

- ✓ Madeira de elevada densidade básica, baixo teor de cinzas, alto teor de lignina e extrativos, baixa umidade e que possua fibras de menor largura e parede mais espessa.
- ✓ Que estas características devam estar associadas a madeira de elevado incremento volumétrico.

**OBRIKADO!**