

Seleção de Materiais para Quadros de Bicicletas

Por André Duarte B. L. Ferreira

Avaliação do Prof. Doutor Viriato Teixeira de Abreu e Antunes

Porto, 22 de Janeiro de 2015

Parte A:

Estudo do Mercado

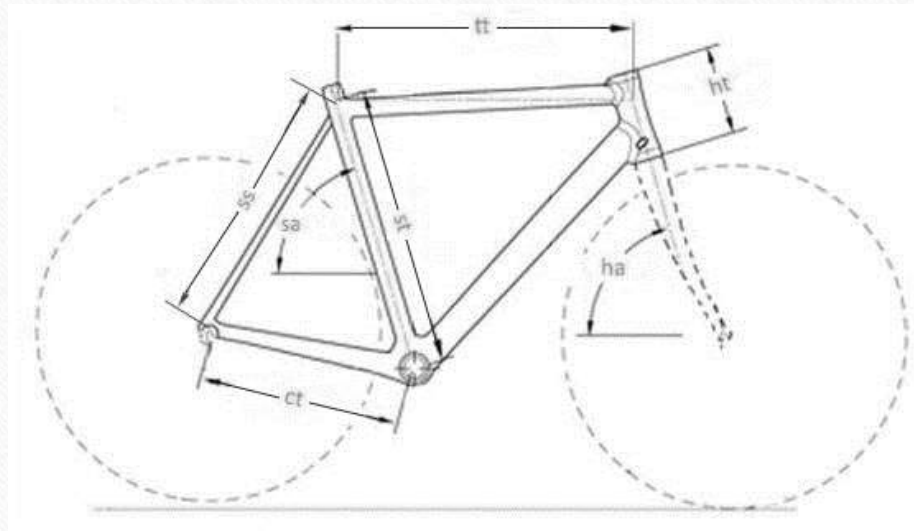


Propriedades dos Quadros em Análise no Estudo do Mercado: Geometria

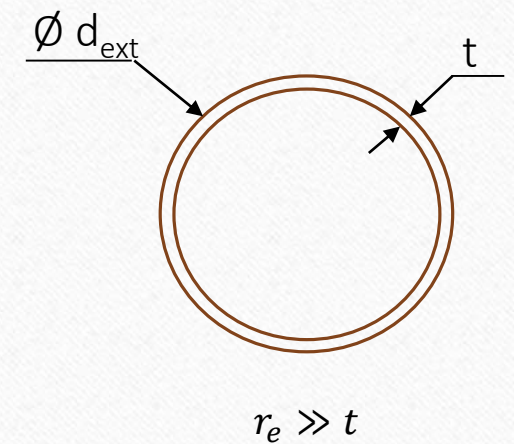
Nomenclatura

Sigla	Nome em inglês	Nome em português
tt	Top Tube	Tubo Horizontal
ht	Head Tube	Testa
ha	Head Angle	Ângulo frontal
ct	Chain Stays	-
ss	Seat Stays	-
st	Seat Tube	Tubo de Espigão
sa	Seat Angle	Ângulo do Espigão

Geometria do Quadro



Secção dos Tubos

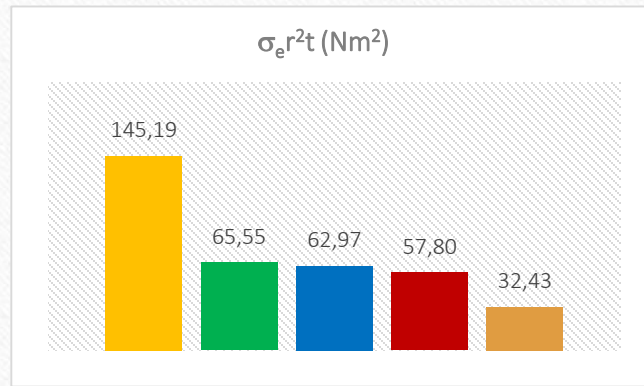


Propriedades dos Quadros em Análise no Estudo do Mercado: Materiais e Ligação dos Tubos

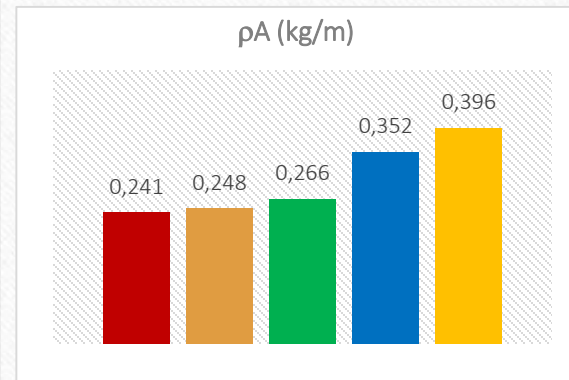
Material	Aço	Aço	Al	Al	Ti
Ligação dos tubos	brasagem	brasagem	paraf. e adesivos	soldadura	soldadura
	Duarte FD	Duarte FDGT	Faria BIK	ALTL Teixeira	TREPATI Cunha
$d_{ext} =$	25,44	25,62	24,78	36,88	24,68 mm
$t =$	0,56	0,38	1,22	1,22	0,71 mm
$\sigma_E =$	695	927	350	350	300 MPa
E	210	210	70	70	105 GPa
$\rho =$	7870	7870	2800	2800	4500 kg/m ³

Comparação dos Quadros quanto a Parâmetros de Interesse

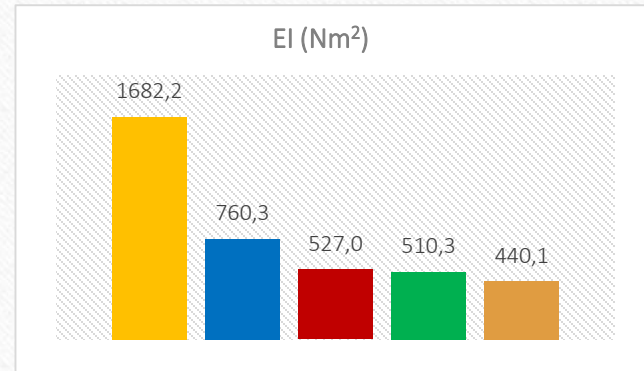
Resistência à Flexão



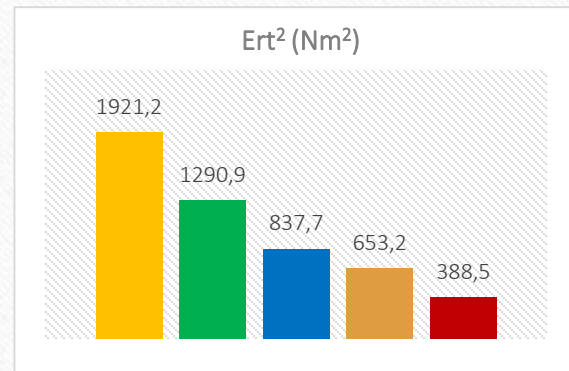
Peso



Rigidez



Resistência à Encurvadura



■ ALTL Teixeira ■ Faria BIK ■ Duarte FD ■ TREPATI Cunha ■ Duarte FDGT

Estudo da Influência da Alteração de Parâmetros nas Propriedades dos Quadros

TREPATI

i) Alterações à geometria do quadro

$$(\rho A)_{TREPATI} = (\rho A)_{TREPATI,modificada}$$
$$(Ert^2)_{FDGT} = (Ert^2)_{TREPATI,modificada}$$

ii) Alterações ao material do quadro Ligas Ti α , quase α e α - β .

Novo Quadro em Al

$$\begin{cases} \rho A = 2\rho\pi r t = 0,25 \\ Ert^2 = (Ert^2)_{FD} \end{cases}$$

Índices de Mérito Para os Quadros do Estudo do Mercado

			Material >>				
			Aço	Aço	Al	Al	Ti
			Duarte FD	Duarte FDGT	Faria BIK	ALTL Teixeira	TREPATI Cunha
Rigidez	r fixo	$10^3 E/\rho=$	26,7	26,7	25,0	25,0	23,3
	t fixo	$10^{11} E/\rho^3=$	43,1	43,1	318,9	318,9	115,2
Resistência à flexão	r fixo	$10^3 \sigma_e/\rho=$	88,3	117,8	125,0	125,0	66,7
	t fixo	$10^6 \sigma_e/\rho^2=$	11,2	15,0	44,6	44,6	14,8
Resistência à encurvadura	r fixo	$10^7 E/\rho^2=$	33,9	33,9	89,3	89,3	51,9
	t fixo	$E/\rho=$	26,7	26,7	25,0	25,0	23,3

Processo de União dos Tubos

- Brasagem dos tubos em aço;
- Soldadura dos tubos em Al.

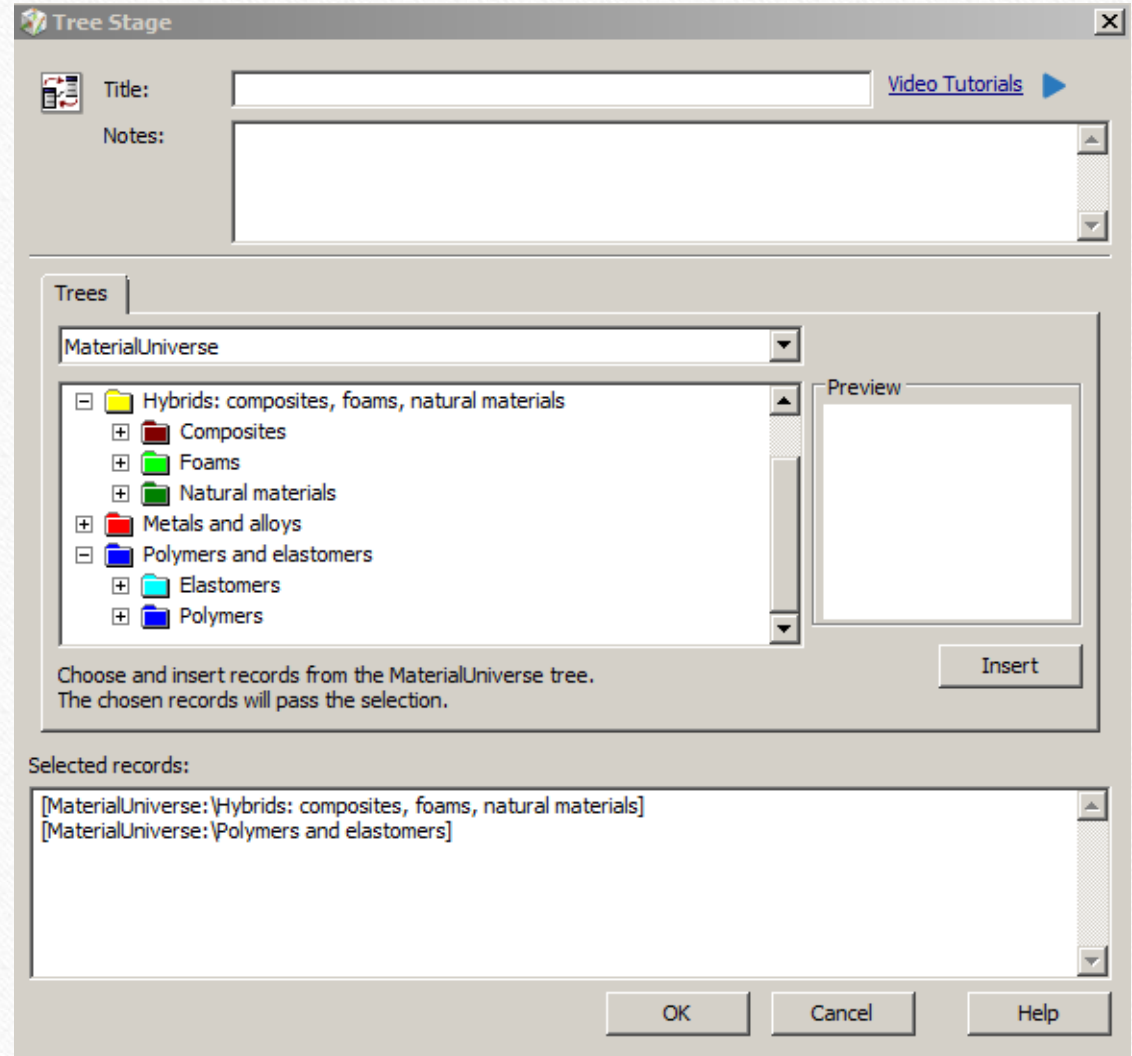
Parte B:

Seleção de Materiais para a Bicicleta MA2000

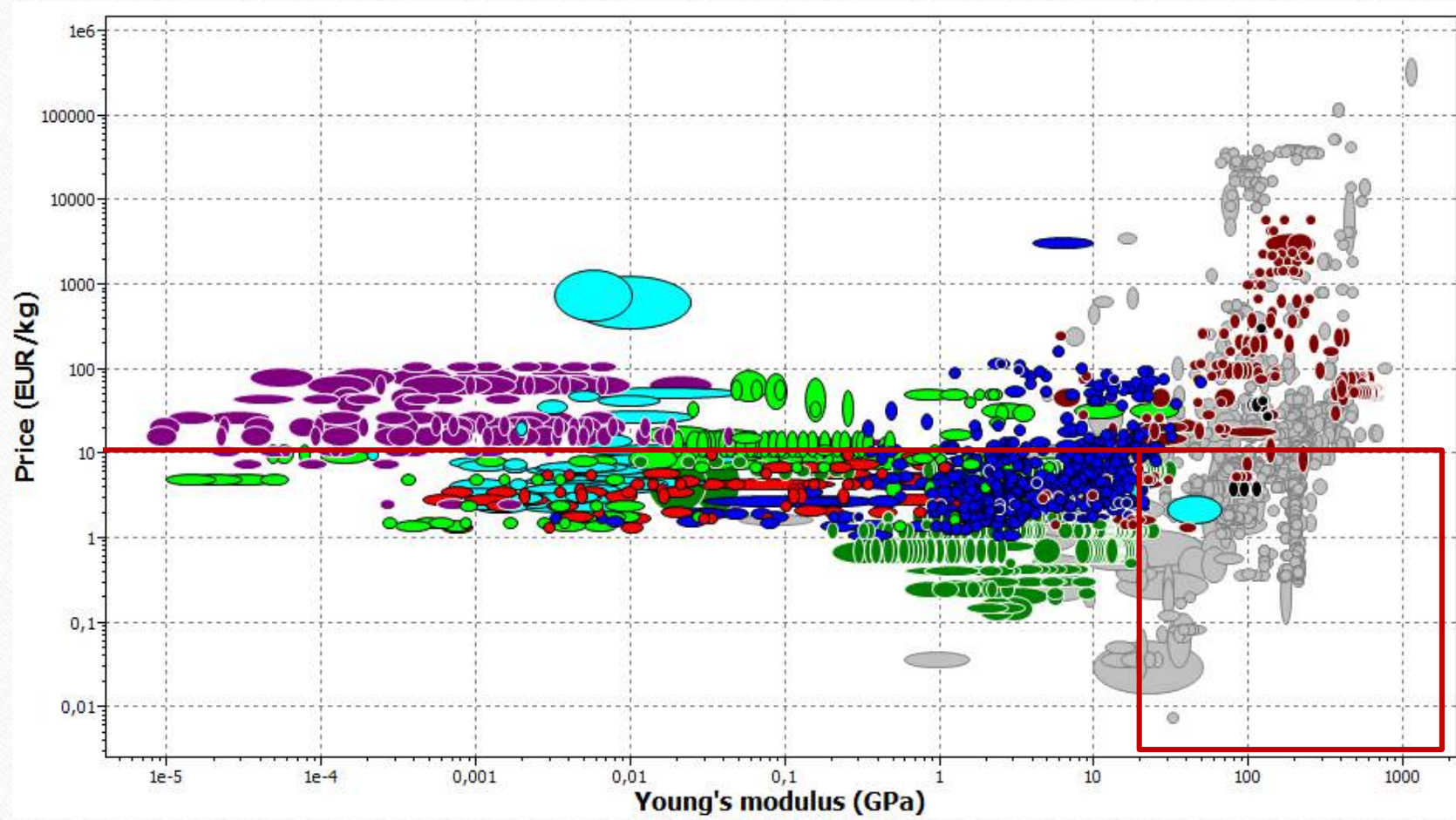


Seleção Inicial

Metais;
Cerâmicos e Vidros;
Fibras e partículas, pós.



Seleção Inicial

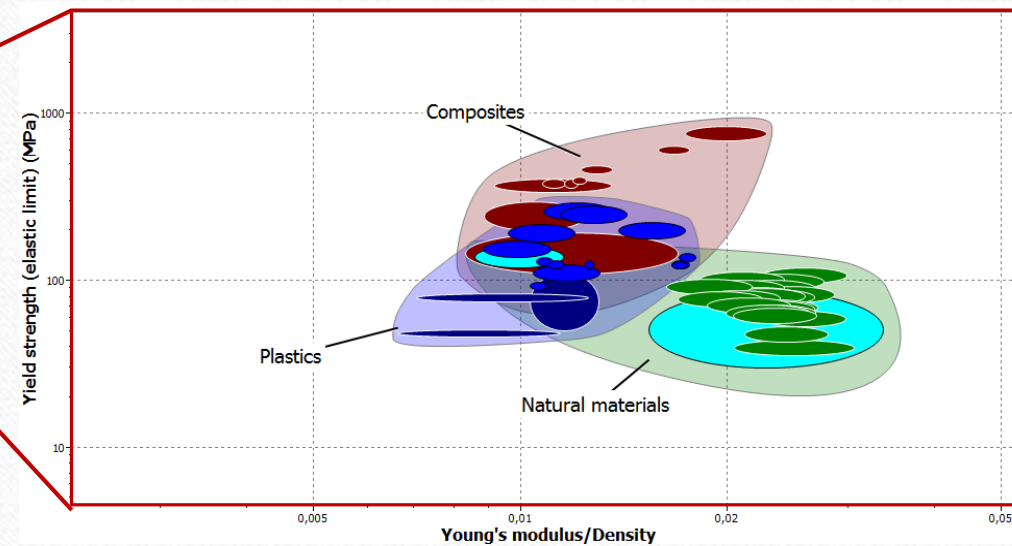
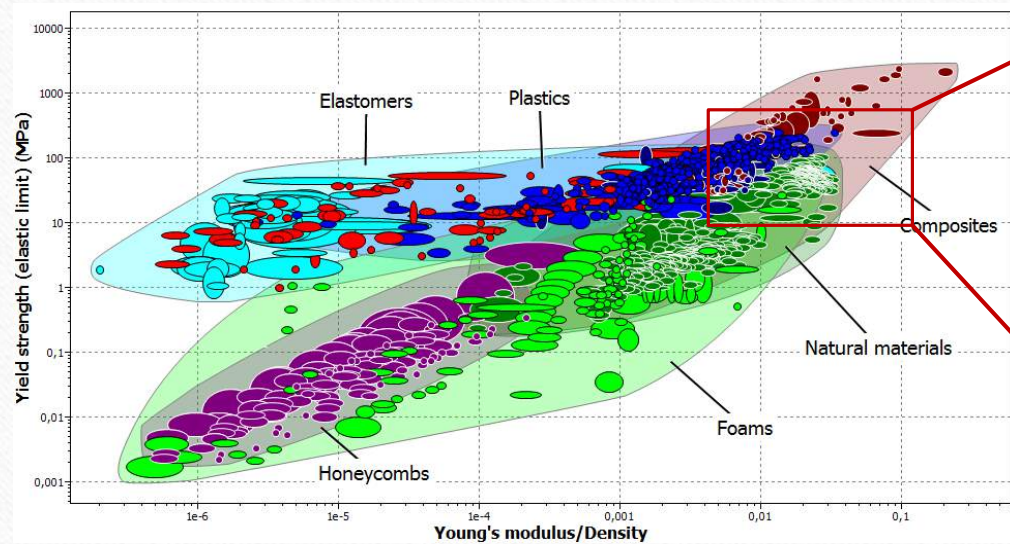


Seleção Inicial

Preço < 10€/kg

$\sigma_e > 20$ MPa

$E > 20$ GPa



Mini Estudo do Mercado: Bicicletas em Material Polimérico



[1]

Nome:

Frii

Material:

Plástico Reciclado

Processo de
Fabrico:

Injeção em Molde



[2]

Itera

Plástico + FV

?



[3]

Innervision

PP

Conformação a
quente

Mini Estudo do Mercado: Bicicletas em Material Polimérico



[4]

Nome:

Airbike

Material:

Nylon

Processo de
Fabrico:

Aditive Layer
Manufacturing



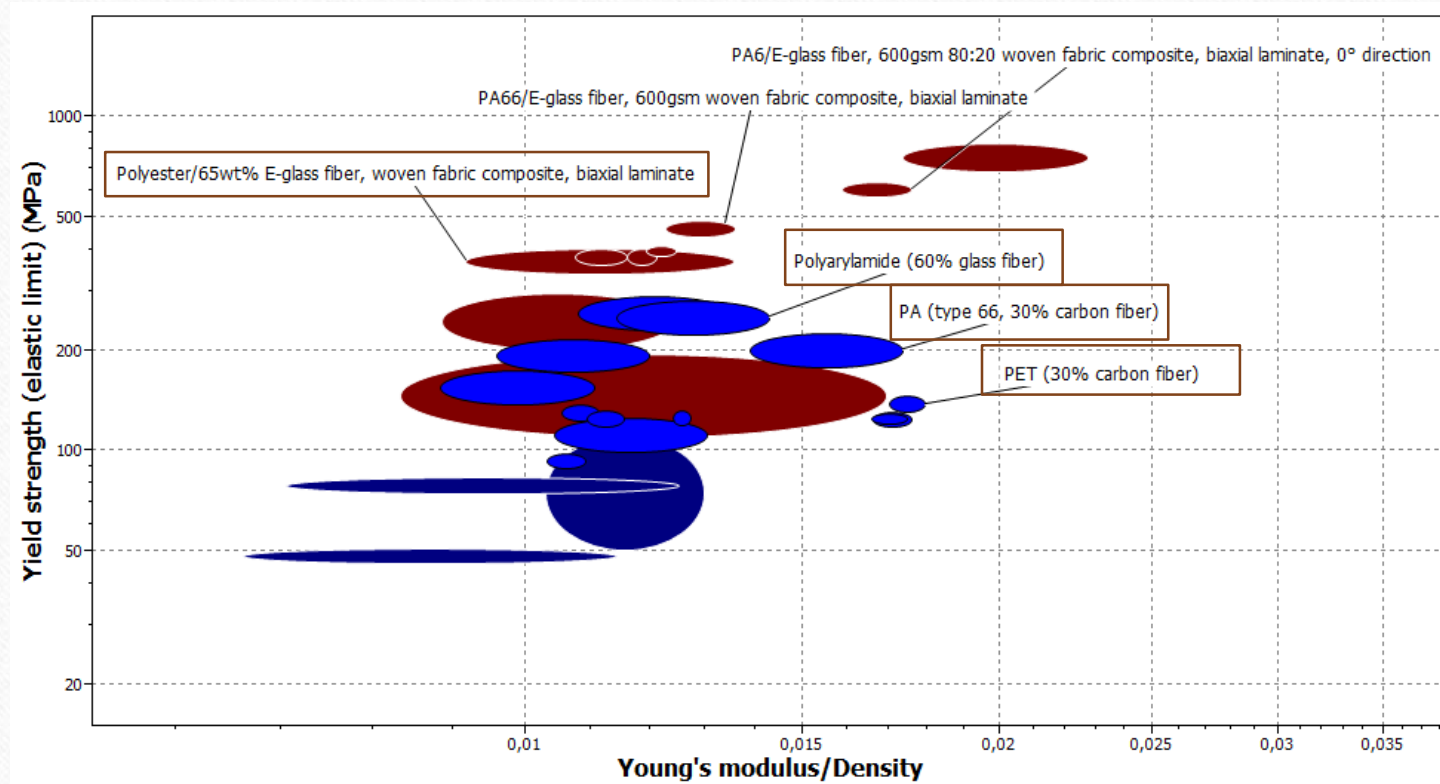
[5]

Bicicleta Invisível

Lexan

?

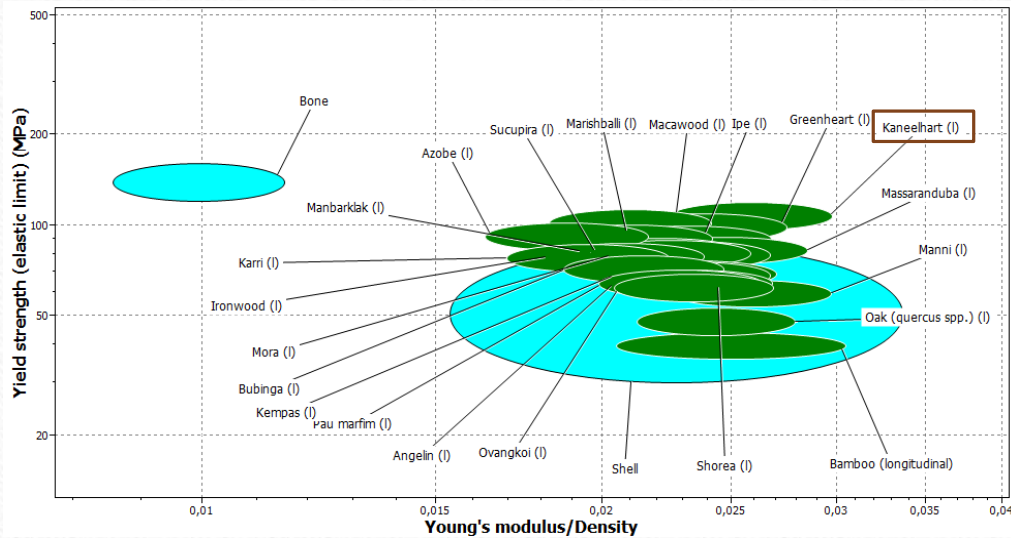
Seleção dos Materiais Poliméricos para Estudo



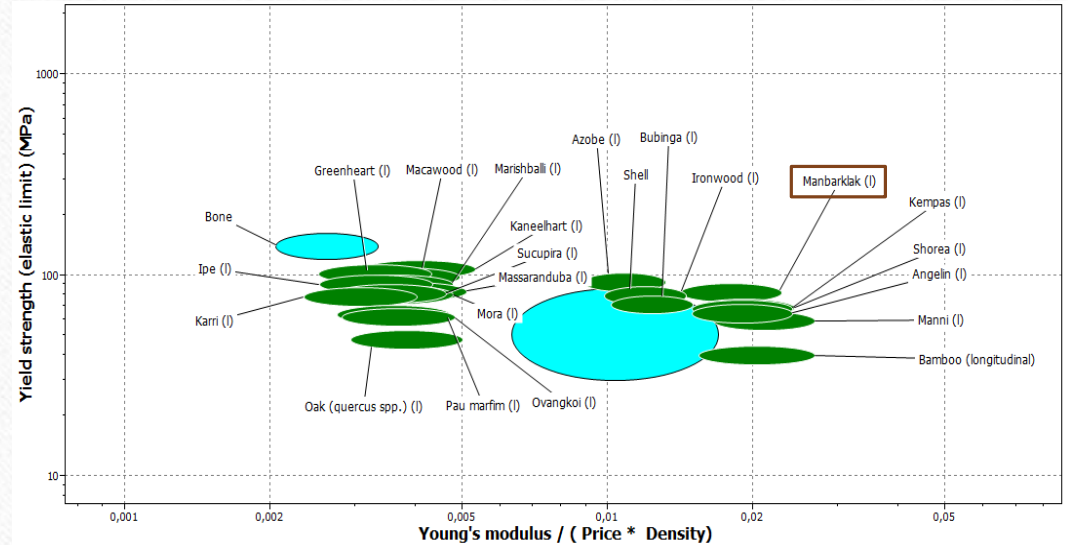
Propriedades de Interesse dos Materiais Poliméricos Seleccionados

Material	ρ (kg/m ³)	E (GPa)	σ_E (MPa)	Preço (€/kg)	ϵ (%)
FC	1565	142	1955	29,5	0,5-2
PET + 30%FC	1420	25	138	2,4	1,5
PA + 30%FC	1280	20	200	9,9	3
PA + 60% FV	1790	23	250	4,8	2
Poliéster 65%wt E-FV	1850	21	370	1,68	2

Seleção dos Materiais Naturais para Estudo



ρ (kg/m ³)	E (GPa)	σ_E (MPa)	Preço (€/kg)	ϵ (%)
1190	31	107	6,54	1,9



ρ (kg/m ³)	E (GPa)	σ_E (MPa)	Preço (€/kg)	ϵ (%)
700	24	82	1,25	2,1

Seleção dos Materiais Naturais para Estudo



[6]

Carvalho Roble

ρ (kg/m ³)	E (GPa)	σ_E (MPa)	Preço (€/kg)	ϵ (%)
515	11	44	1,75	2,2

Seleção dos Materiais Naturais para Estudo



[7]



[8]

Bambu

ρ (kg/m ³)	E (GPa)	σ_E (MPa)	Preço (€/kg)	ϵ (%)
700	17	40	1,25	3,2

Seleção dos Materiais Naturais para Estudo



[9]

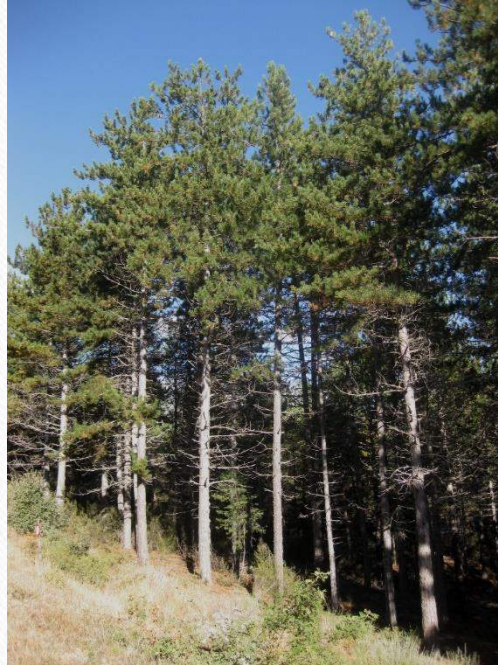


[10]

Mogno

ρ (kg/m ³)	E (GPa)	σ_E (MPa)	Preço (€/kg)	ϵ (%)
515	11	44	6,54	1,9

Seleção dos Materiais Naturais para Estudo



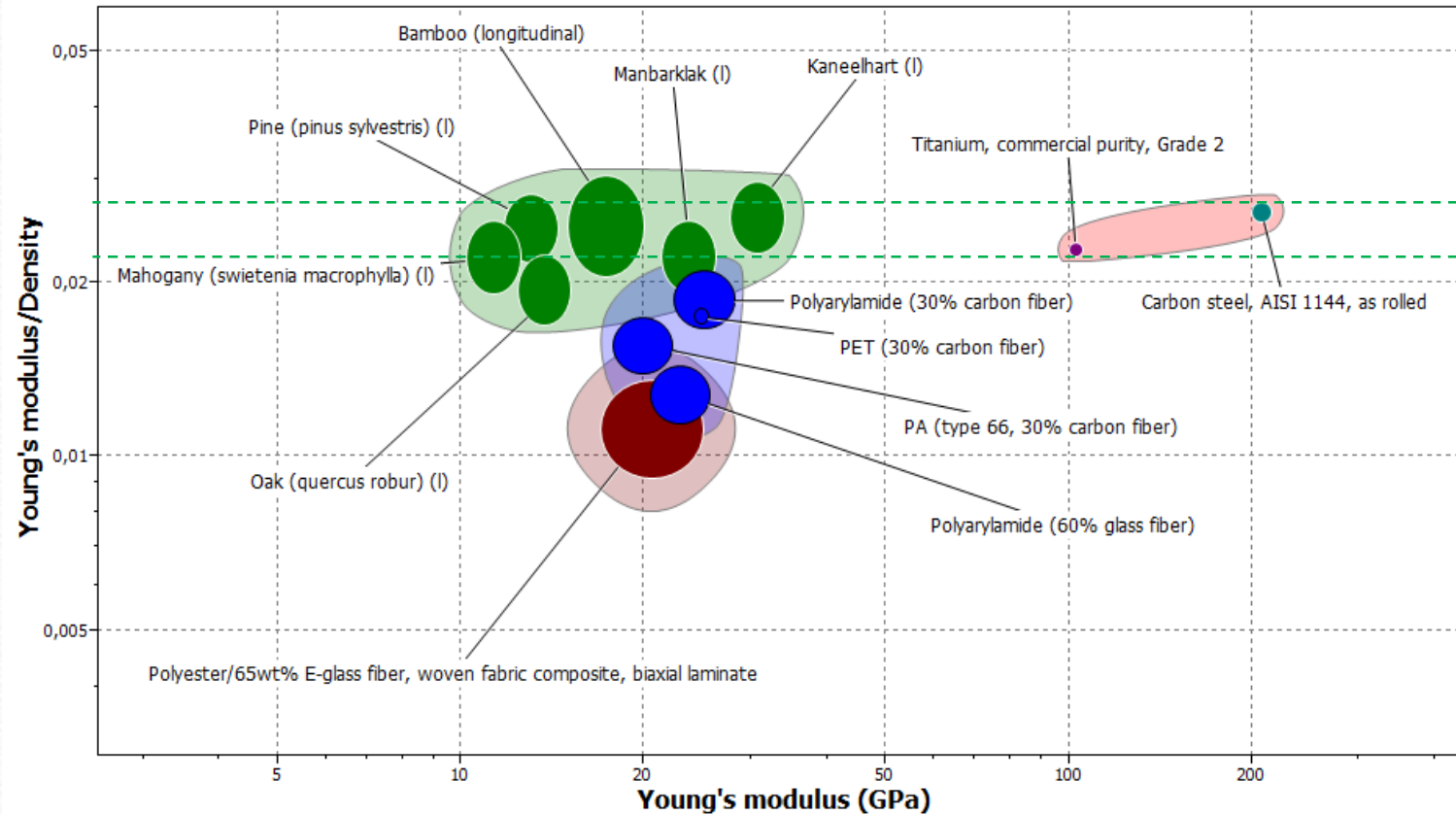
Pinheiro Silvestre

ρ (kg/m ³)	E (GPa)	σ_E (MPa)	Preço (€/kg)	ϵ (%)
530	13	48	0,75	2,3

Análise Comparativa com Materiais do Estudo do Mercado

1. Rigidez Específica E/ρ
2. Resistência Específica σ_e/ρ
3. Resistência à Fadiga σ_f
4. Resiliência $\sigma_e^2/2E$
5. Tenacidade ao Impacto K_{Ic}
6. Ductilidade ϵ_r
7. Energia Necessária para Produção

Análise Exemplificativa: Rigidez Específica



Resultados Simplificados

	FC	PET + 30%FC	PA + 30%FC	PA + 60% FV	Poliéster 65% E-FV	Kaneelhart	Mogno	Pinheiro	Carvalho	Manbarklak	Bambu
E/ρ	++	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+
σ_e/ρ	++	+	++	++	++	+	+	+	+	+	+
σ_f	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
$\sigma_e^2/2E$	++	+	++	++	++	-	-	-	-	-	-
K_{Ic}	+	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-
ϵ_r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Energ.</i>	+	+	+	+	+	++	++	++	++	++	++

Comparação de EI , $\sigma_e r^2 t$, ρA e Ert^2

No cálculo da melhoria (1) entrou a soma das melhorias relativas a ρA , EI , Ert^2 e $\sigma_e r^2 t$. No cálculo da melhoria (2) entrou a soma das melhorias relativas a todos os restantes parâmetros coloridos.

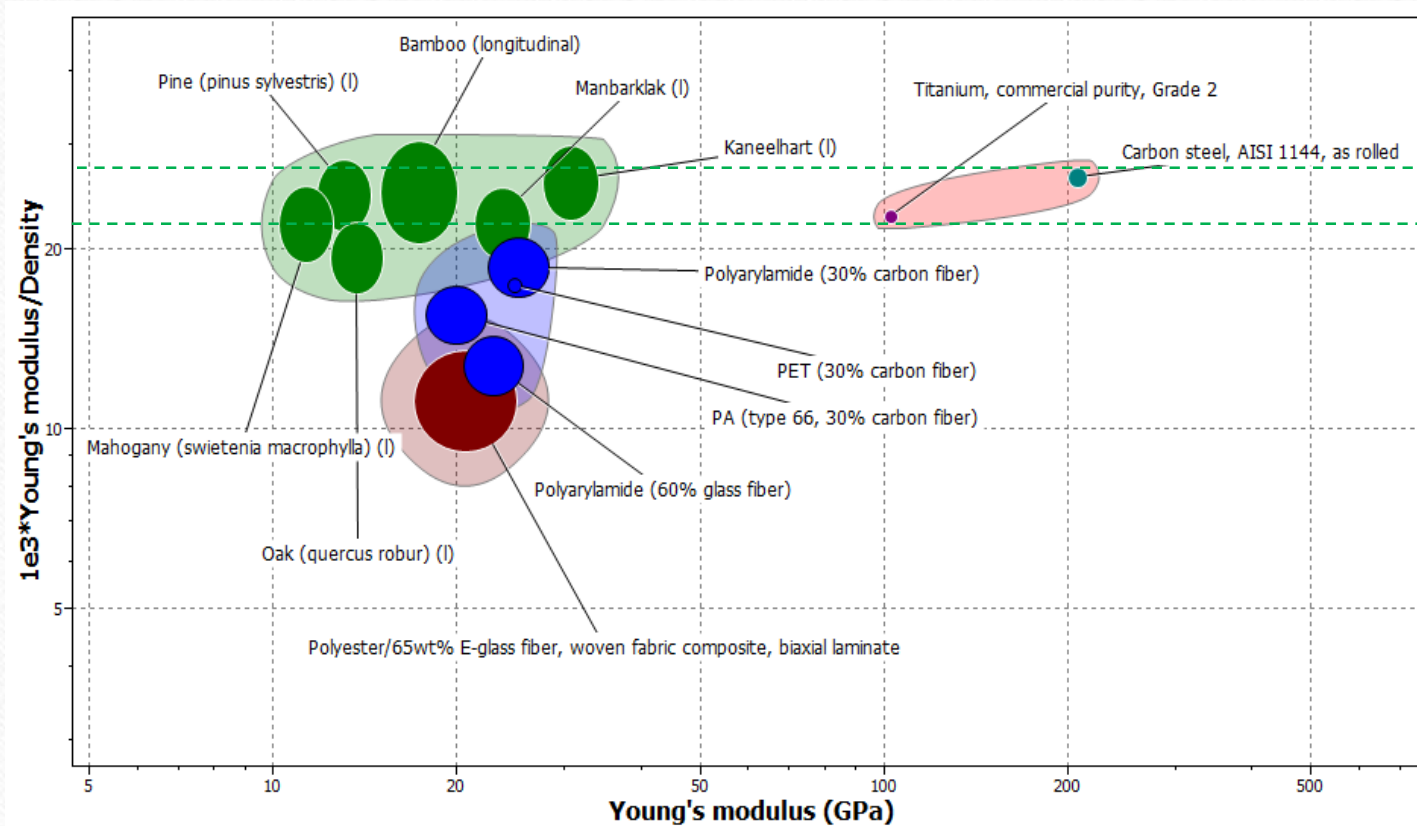
$$Melhoria(\%) = \frac{\text{valor atual} - \text{pior valor do estudo do mercado}}{\text{pior valor do estudo do mercado}} \cdot 100$$

Resultados Detalhados —>

Material	Polímeros - Compósitos							
	Melhor	Pior	FC			FV		
			FC	PET + 30%FC	PA + 30%FC	PA + 60% Fvidro	Poliéster 65%wt E-FV	
$r_{ext} =$	12,34	18,44	18,44	18,44	18,44	18,44	18,44	mm
$t =$	0,38	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	mm
$A \approx$			141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	mm ²
$l \approx$			24031	24031	24031	24031	24031	mm ⁴
$\sigma_E =$		300	1955	138	200	250	370	MPa
$E =$	210	70	142	25	20	23	21	GPa
$\rho =$			1565	1420	1280	1790	1850	kg/m ³
$\rho A =$	0,241	0,396	0,221	0,201	0,181	0,253	0,262	kg/m
$EI =$	1682,0	440,0	3400,4	596,0	480,6	552,7	504,7	Nm ²
$Ert^2 =$	1921,0	388,0	3883,6	680,7	548,9	631,3	576,4	Nm
$\sigma_E r^2 t =$	145,19	32,43	811,01	57,25	82,97	103,71	153,49	Nm
$E/\rho =$	26,7	23	90,4	17,5	15,6	12,8	11,4	Nm/mg
$\sigma_E/\rho =$	130	67	1249	97	156	140	200	Nm/g
$\sigma_E^2/2E =$	2,05	0,43	13,51	0,38	1,00	1,36	3,26	10.kJ/m ³
$K_{1c} =$	107	28,5	66,85	5,77	5,9	6,06	38,95	MPam ^{0,5}
$K_{1c}^2/2E =$	27,26	5,80	15,79	0,67	0,87	0,80	36,12	10.kJ/m ³
$\sigma_f =$	600	81	1184	69,6	80	100	222	MPa
Preço =	1	8,5	29,5	2,40	9,9	4,80	1,68	€/kg
Preço/m =	0,24	3,37	6,53	0,48	1,79	1,21	0,44	€/m
Melhoria (1) =	342%	0%	1457%	210%	232%	211%	247%	
Melhoria (2) =	1480%	0%	6538%	-7%	194%	281%	1590%	
Melhoria (tot) =	1822%	0%	7996%	204%	426%	492%	1837%	
			1º	5º	4º	3º	2º	

Material	Material		Naturais - Madeiras						
	Melhor	Pior	Kaneelhart	Mogno	Pinheiro	Carvalho	Manbarkla k	Bambu	
$r_{ext} =$	12,34	18,44	18,44	18,44	18,44	18,44	18,44	18,44	mm
$t =$	0,38	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	mm
$A \approx$			141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	141,4	mm ²
$l \approx$			24031	24031	24031	24031	24031	24031	mm ⁴
$\sigma_E =$			107	44	48	58	82	40	MPa
$E =$			31	11	13	14	24	17	GPa
$\rho =$			1190	515	530	710	1075	700	kg/m ³
$\rho A =$	0,241	0,396	0,168	0,073	0,075	0,100	0,152	0,099	kg/m
$EI =$	1682,0	440,0	740,2	272,8	310,0	330,4	571,9	408,5	Nm ²
$Ert^2 =$	1921,0	388,0	845,3	311,5	354,1	377,4	653,2	466,6	Nm
$\sigma_E r^2 t =$	145,19	32,43	44,53	18,34	20,08	23,85	34,02	16,59	Nm
$E/\rho =$	26,7	23	25,9	22,0	24,3	19,4	22,1	24,3	Nm/mg
$\sigma_E/\rho =$	130	67	90	86	91	81	76	57	Nm/g
$\sigma_E^2/2E =$	2,05	0,43	0,19	0,09	0,09	0,12	0,14	0,05	10.kJ/m ³
$K_{1c} =$	107	28,5	14	4	4	5	30	6	MPam ^{0,5}
$K_{1c}^2/2E =$	27,26	5,80	3,23	0,70	0,68	1,02	18,91	1,19	10.kJ/m ³
$\sigma_f =$	600	81	61,85	23,8	27	29,1	54,8	34,3	MPa
Preço =	1	8,5	6,54	6,54	0,75	1,75	1,25	1,25	€/kg
Preço/m =	0,24	3,37	1,10	0,48	0,06	0,18	0,19	0,12	€/m
Melhoria (1) =	459%	0%	247%	211%	218%	206%	219%	213%	
Melhoria (2) =	745%	0%	-40%	-80%	-66%	-59%	32%	-70%	
Melhoria (tot) =	1204%	0%	207%	131%	152%	147%	252%	143%	
			2º	6º	3º	4º	1º	5º	

Análise dos Índices de Mérito, Exemplo: Rigidez para Raio Fixo



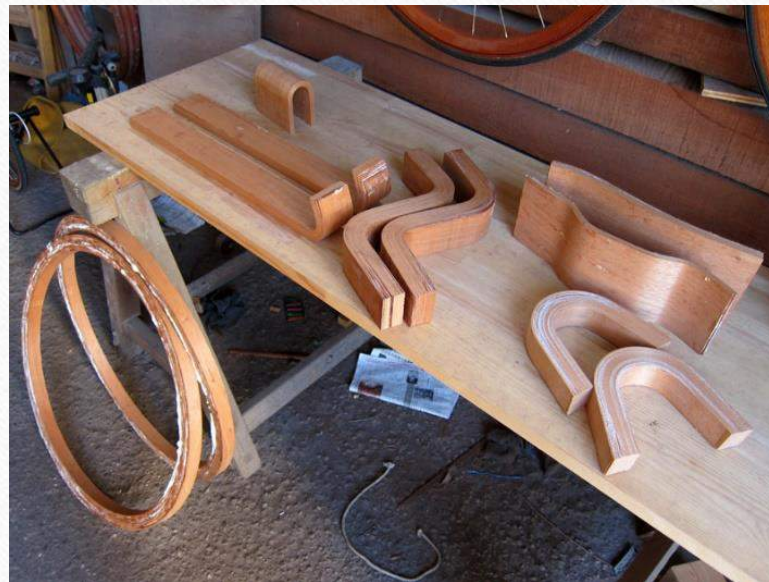
Análise dos Índices de Mérito: Materiais Poliméricos.

		Material >>	Melhor	Pior	FC	PET + 30% FC	PA + 30% FC	PA + 60% FV	Poliéster 65%wt E-FV		
Rigidez	r fixo	$10^3 E/\rho=$	26,7	23,3	90,4	17,5	15,6	12,8	11,4		
	t fixo	$10^{11} E/\rho^3=$	318,9	43,1	3691,6	866,1	953,7	401,0	331,7		
Resistência à flexão	r fixo	$10^3 \sigma_e/\rho=$	125,0	66,7	1249,2	97,2	156,3	139,7	200,0		
	t fixo	$10^6 \sigma_e/\rho^2=$	44,6	11,2	798,2	68,4	122,1	78,0	108,1		
Resistência à encurvadura	r fixo	$10^7 E/\rho^2=$	89,3	33,9	577,7	123,0	122,1	71,8	61,4		
	t fixo	$10^3 E/\rho=$	26,7	23,3	90,4	17,5	15,6	12,8	11,4	Total	
Rigidez	r fixo	$10^3 E/\rho=$	15%	0%	288%	-25%	-33%	-45%	-51%	134%	5º
	t fixo	$10^{11} E/\rho^3=$	640%	0%	8465%	1910%	2113%	830%	670%	13987%	1º
Resistência à flexão	r fixo	$10^3 \sigma_e/\rho=$	87%	0%	1773%	46%	134%	109%	200%	2262%	4º
	t fixo	$10^6 \sigma_e/\rho^2=$	298%	0%	7027%	511%	990%	597%	865%	9990%	2º
Resistência à encurvadura	r fixo	$10^7 E/\rho^2=$	163%	0%	1604%	263%	260%	112%	81%	2320%	3º
	t fixo	$10^3 E/\rho=$	15%	0%	288%	-25%	-33%	-45%	-51%	134%	5º
		Total=	1218%	0%	19445%	2679%	3431%	1559%	1713%		
					1º	3º	2º	5º	4º		

Análise dos Índices de Mérito: Madeiras

		Material >>	Melhor	Pior	Kaneelhart	Mogno	Pinheiro	Carvalho	Manbarklak	Bambu	
Rigidez	r fixo	$10^3 E/\rho=$	26,7	23,3	25,9	22,0	24,3	19,4	22,1	24,3	
	t fixo	$10^{11} E/\rho^3=$	318,9	43,1	1827,7	8309,5	8664,9	3841,7	1915,8	4956,3	
Resistência à flexão	r fixo	$10^3 \sigma_e/\rho=$	125,0	66,7	90,2	85,8	91,3	81,0	76,3	57,1	
	t fixo	$10^6 \sigma_e/\rho^2=$	44,6	11,2	75,8	166,7	172,3	114,1	71,0	81,6	
Resistência à encurvadura	r fixo	$10^7 E/\rho^2=$	89,3	33,9	217,5	427,9	459,2	272,8	205,9	346,9	
	t fixo	$10^3 E/\rho=$	26,7	23,3	25,9	22,0	24,3	19,4	22,1	24,3	Total
Rigidez	r fixo	$10^3 E/\rho=$	15%	0%	11%	-5%	4%	-17%	-5%	4%	-8% 5º
	t fixo	$10^{11} E/\rho^3=$	640%	0%	4141%	19180%	20004%	8814%	4345%	11399%	67882% 1º
Resistência à flexão	r fixo	$10^3 \sigma_e/\rho=$	87%	0%	35%	29%	37%	21%	14%	-14%	122% 4º
	t fixo	$10^6 \sigma_e/\rho^2=$	298%	0%	577%	1388%	1438%	918%	534%	629%	5484% 2º
Resistência à encurvadura	r fixo	$10^7 E/\rho^2=$	163%	0%	542%	1162%	1255%	705%	508%	923%	5094% 3º
	t fixo	$10^3 E/\rho=$	15%	0%	11%	-5%	4%	-17%	-5%	4%	-8% 5º
		Total=	1218%	0%	5317%	21748%	22743%	10424%	5390%	12946%	
					6º	2º	1º	4º	5º	3º	

Dimensionamento, Produção e Montagem



Dimensionamento: Método

Utilização da Programação Linear para Obtenção de Soluções Ótimas

Variáveis de decisão

r – raio exterior do tubo
 t – espessura do tubo

Restrições

$$EI_{MA2000} \geq EI_{piorEM}$$

$$Ert_{MA2000}^2 \geq Ert_{piorEM}^2$$

$$\sigma_e r^2 t_{MA2000} \geq \sigma_e r^2 t_{piorEM}$$

$$r \leq 25mm$$

$$t \geq 2mm \quad (\text{madeiras})$$

$$r \geq t$$

Função objetivo

$$\min(\text{peso} = \rho A)$$

Com

$$A = \pi(r^2 - (r - t)^2)$$

(EM = Estudo do Mercado)

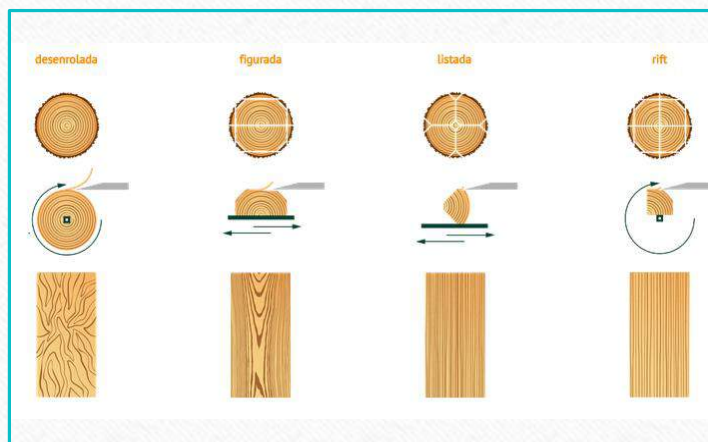
Dimensionamento: Resultados

		r=	t=	$\rho A=$	El=	Ert ² =	$\sigma_e r^2 t=$	Preço/m
		mm	mm	kg/m	Nm ²	Nm	Nm	€/m
	Melhor	12,34	0,38	0,241	1682,0	1921,0	145,19	0,24
	Pior	18,44	1,22	0,396	440,0	388,0	32,43	2,11
<i>t qualquer</i>	FC	12,90	0,46	0,058	440,0	388,0	150	1,73
	PET + 30%FC	18,28	0,93	0,151	440,0	388,0	42,65	0,36
	PA + 30%FC	19,08	1,01	0,155	440,0	388,0	73,41	1,53
	PA + 60% FV	18,55	0,95	0,199	440,0	388,0	82,06	0,96
	Poliéster 65%wt E-FV	18,89	0,89	0,217	440,0	388,0	130,61	0,36
<i>t qualquer</i>	Kaneelhart	19,35	0,81	0,114	531,2	388,0	32,43	0,75
	Mogno	25,00	1,17	0,093	609,4	391,0	32,43	0,61
	Pinheiro	24,62	1,11	0,089	624,9	388,0	32,43	0,07
	Carvalho	22,42	1,12	0,109	506,6	388,0	32,43	0,19
	Manbarklak	21,25	0,88	0,123	590,5	388,0	32,43	0,15
	Bambu	25,00	1,30	0,139	1001,1	715,2	32,43	0,17
<i>t ≥ 2</i>	Kaneelhart	14,12	2,00	0,196	440,0	1740,1	42,83	1,28
	Mogno	19,32	2,00	0,119	440,0	877,3	33,01	0,78
	Pinheiro	18,56	2,00	0,117	440,0	957,5	33,33	0,09
	Carvalho	18,19	2,00	0,153	440,0	1000,2	38,03	0,27
	Manbarklak	15,31	2,00	0,193	440,0	1457,2	38,42	0,24
	Bambu	20,13	2,00	0,168	750,3	1369,1	32,43	0,21
<i>maciço</i>	Kaneelhart	11,61	11,61	0,504	440,0	48240,3	168,14	3,30
	Mogno	14,91	14,91	0,359	440,0	37585,6	146,37	2,35
	Pinheiro	14,44	14,44	0,347	440,0	38804,8	145,59	0,26
	Carvalho	14,21	14,21	0,450	440,0	39431,9	164,90	0,79
	Manbarklak	12,39	12,39	0,518	440,0	45228,9	155,83	0,65
	Bambu	13,47	13,47	0,399	440,0	41580,0	97,84	0,50

Produção: Folhas como Pilares da Construção dos Tubos



[9]



[11]



Produção: Obtenção dos Componentes



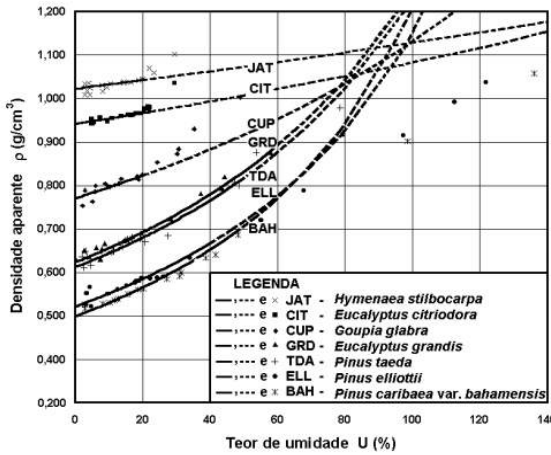
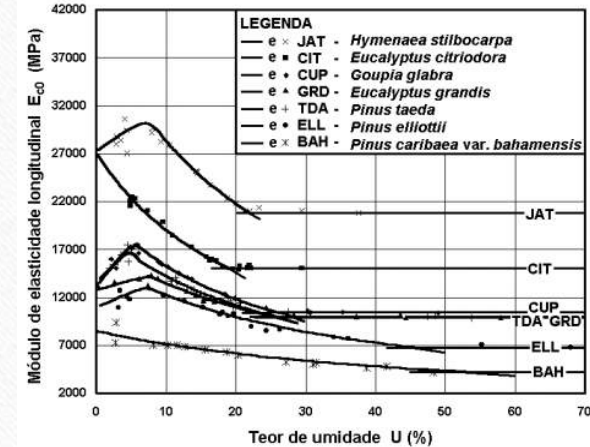
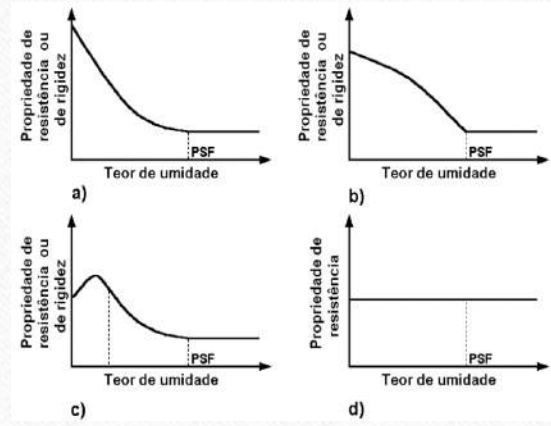
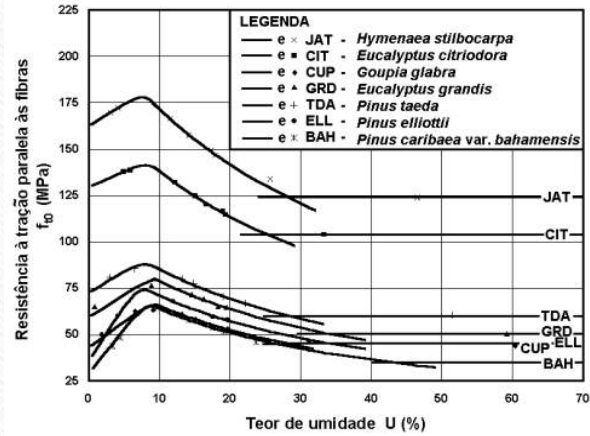
[12]



[13]



Produção: Tratamento da Madeira, Humidade como Exemplo



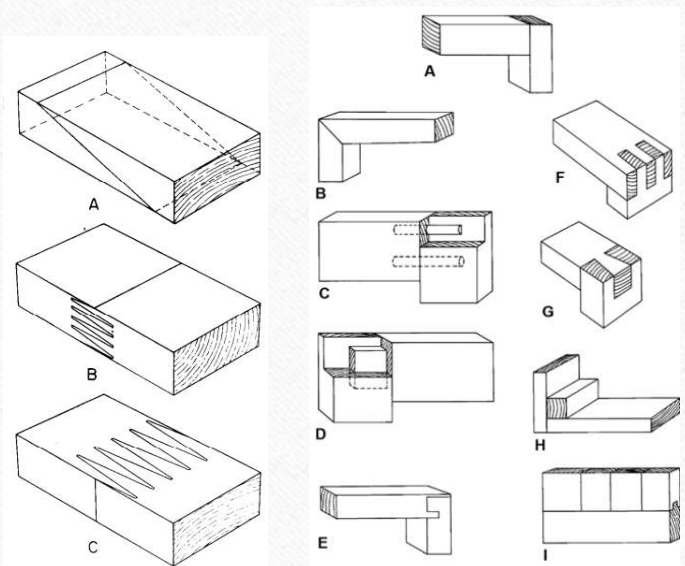
Produção: Seleção dos Adesivos

Adesivo	Aplicações	Processo de aplicação	Vantagens / Desvantagens
Acetato de Polivinila (PVA)	Produtos de madeira de interiores	Líquido aplicado diretamente sob superfície, 40 min. sob pressão a temperatura ambiente	+ fácil de trabalhar; - fraca resistência à humidade; - fraca resistência a altas T ^{as} ; - baixa resistência à fadiga.
Epóxico	Contraplacado e madeira laminada para diversos usos incluindo construção naval, equipamento desportivo, mobílias.	Misturar resina e endurecedor nas proporções adequadas. Curar a T ^a ambiente ou alta T ^a , aplicação de pressões baixas para melhorar a molhagem.	+ boa molhagem, sem necessidade de grande preparação da superfície; + boas propriedades mecânicas; + resistência à água; + grande adesão a vários tipos de substratos (versáteis); + baixa variação dimensional aquando do endurecimento;
Poliuretano	Usos diverso em mobílias e colagem de contraplacado.	Aplicar o adesivo diretamente na superfície. Cura à T ^a ambiente. Necessita da aplicação de altas pressões.	+ boa molhagem; + boas propriedades mecânicas; - Fraca resistência à água (molhagens e secagens repetidas);
Fenol formaldeído	É o principal adesivo usado em contraplacado de madeira macia	Sob a forma líquida ou pó. Cura a 120-150°C sob a aplicação de altas pressões.	+ excelente resistência à água; + barato; + boa resistência a altas T ^{as} .
Emulsão de polímero isocianato	Placas laminadas para uso interior e exterior. Grande uso em portas e outros elementos arquitetónicos.	Mistura de polímero e endurecedor. Endurecido a T ^a ambiente, necessita da aplicação de altas pressões.	+ boa resistência à água, atmosfera húmida e ciclos repetidos de secagem e molhagem;

Montagem: Opções



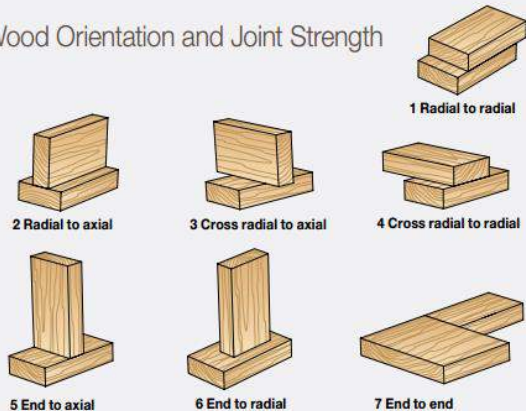
Montagem: Juntas de Madeira



Vários tipos de juntas utilizadas na ligação de peças de madeira.
 Esq. juntas entre fins de grão, *end-grain joints*. D^a: Juntas entre fim de grão e canto, *end-to-edge-grain joints*. [19],[20]

[15],[16]

Wood Orientation and Joint Strength

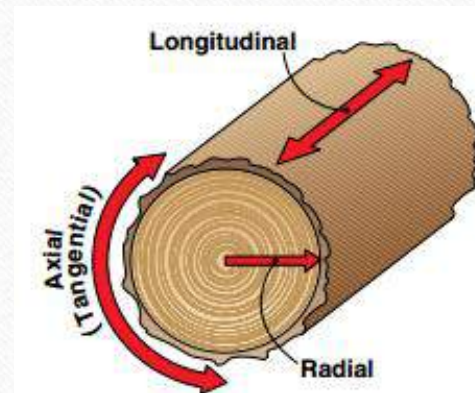


Wood Orientation	Glue Joint Strength
1 Radial grain to radial grain (flat sawn to flat sawn)	100%
2 Radial grain to axial grain (flat sawn to flat sawn)	65-70%
3 Cross radial grain to axial grain	50%
4 Cross radial grain to radial grain	50%
5 End grain to axial grain	15-20%
6 End grain to radial grain	15%
7 End grain to end grain (sized joint, see text for details)	30%

Dr. Roman Rabiej, professor of Engineering and Applied Sciences at Western Michigan University, provided technical information for this chart on the relative strength of various orientations of glued wood joints. Dr. Rabiej is a recognized expert on wood technology.

Orientação das fibras da madeira e a sua resistência.[21]

[17]

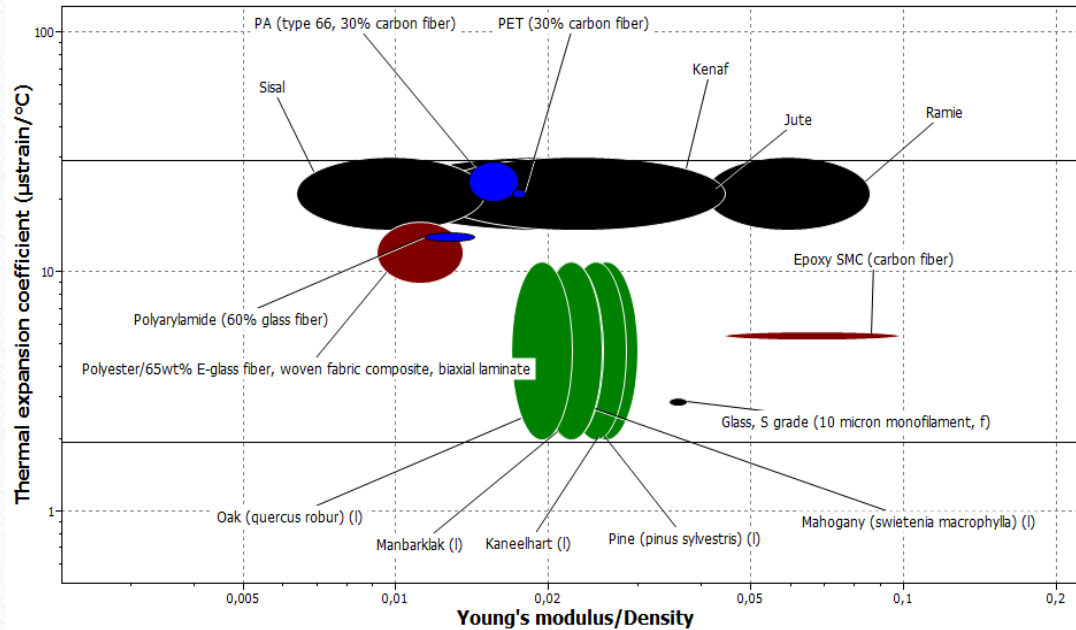


Montagem: Exemplos

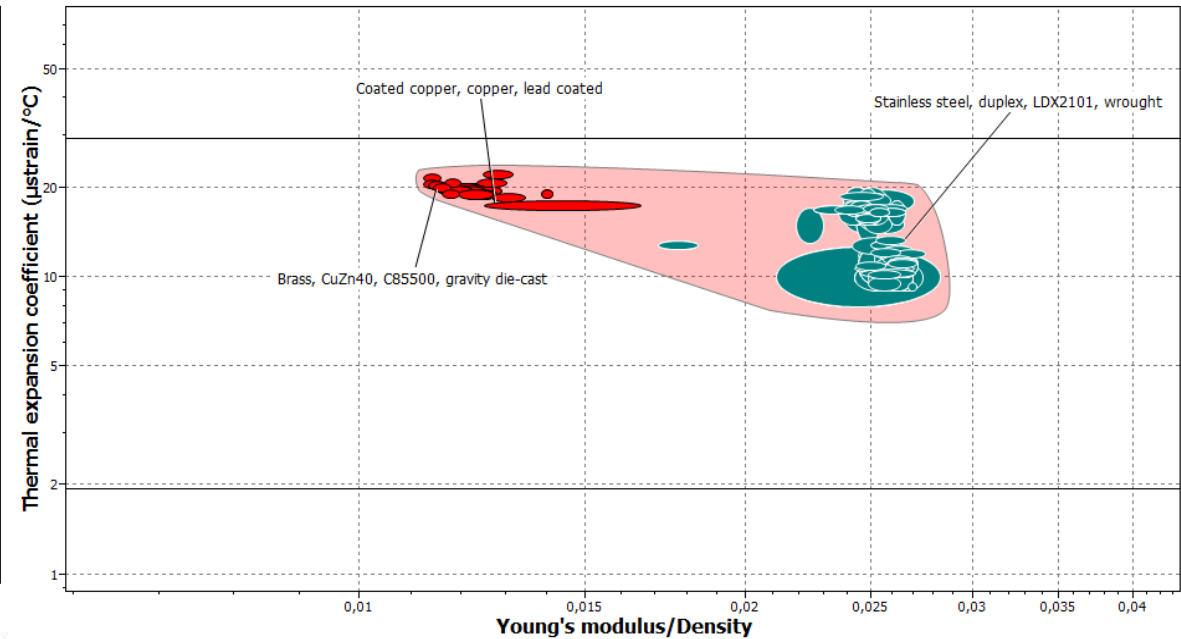


[13]

Montagem: Expansão Térmica nas Juntas



Coefficientes de expansão térmica dos materiais em estudo comparativamente a possíveis fibras para a união dos tubos.



Coefficientes de expansão térmica de metais e ligas metálicas.

Montagem: Exemplo



[13]

Conclusões

[1] Design Boom. "Dror Peleg – Plastic Bike." Disponível em <http://www.designboom.com/design/dror-peleg-frii-plastic-bike/> . Acedido a 19 de Dezembro de 2014.

[2] TWWHLSPLS. "Itera plastic bike." Disponível em <http://twwhlspls.com/itera/> . Acedido a 19 de Dezembro de 2014.

[3] Bike Commuters. "Matt Clark Design IV." Disponível em <http://www.bikecommuters.com/2008/07/17/exclusive-matt-clark-design-iv-1-prototype> . Acedido a 19 de Dezembro de 2014.

[4] BBC News. "Bristol engineers invent super strong nylon bicycle". Disponível em <http://www.bbc.co.uk/news/uk-12664422> . Acedido a 19 de Dezembro de 2014.

[5] Jimmy Kuehnle. "Invisible Bicycle Performance Ride." Disponível em http://www.jimmykuehnle.com/performance/invisible_bike/invisible_bike.php . Acedido a 19 de Dezembro de 2014.

[6] Jan Gunneweg. Disponível em <http://www.jangunneweg.nl> . Acedido a 20 de Dezembro de 2014.

[7] Bamboo Bike Maker. "Bikes". Disponível em <http://www.bamboobikemaker.com/bikes.html> . Acedido a 20 de Dezembro de 2014.

[8] Calfee Design. Calfee Bamboo Bicycle Frames. Disponível em <http://calfeedesign.com/products/bamboo/> . Acedido a 20 de Dezembro de 2014.

[9] Globo. "Japonês cria bicicleta de madeira pela bagatela de R\$ 50 mil". Disponível em <http://g1.globo.com/planeta-bizarro/noticia/2014/10/japones-cria-bicicleta-de-madeira-pela-bagatela-r-50-mil.html> . Acedido a 21 de Dezembro de 2014.

[10] Craftsman Chin. Disponível em <http://craftsmanchin.com/> . Acedido a 13 de Janeiro de 2015.

[11] Montana Química. "Guia da Madeira". Disponível em <http://www.montana.com.br/Guia-da-Madeira/Guia-da-Madeira> . Acedido a 27 de Dezembro de 2014.

[12] Disponível em <https://insidetheseboxes.wordpress.com/2014/07/24/need-an-idea-grab-this-one-4-wooden-bike-saddle/> . Acedido a 10 de Janeiro de 2014.

[13] Disponível em http://sanomagic.world.coocan.jp/Lineup/english_sanomagicbikelineup.htm . Acedido a 28 de Dezembro de 2014.

[14] Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. (2002) "Cadernos de Engenharia de Estruturas: Estruturas de Madeira". pp. 83, 94, 100. Disponível em <http://www.set.eesc.usp.br/cadernos/pdf/cee18.pdf> . Acedido a 13 de Janeiro de 2015

[15] U.S. Department of Agriculture. (1975) "Adhesive Bonding of Wood." Technical Bulletin No. 1512 Disponível online em <http://www.woodcenter.org/docs/tb1512.pdf> . Acedido a 10 de Janeiro de 2014.

[16] U.S. Department of Agriculture. (2010) "Wood Handbook: Wood as an Engineering Material." cap. 10 pp. 1-24. Cap. 10 disponível em http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr190/chapter_10.pdf . Acedido a 10 de Janeiro de 2015.

[17] Jim Rodgers. (2008) "Keeping it Together" American Woodturner Magazine. Disponível em <http://ilrogers.com/pdf/revise-glue-grain.pdf> . Acedido a 10 de Janeiro de 2015.