



unesp

Ph.D. Program in Bioenergy
USP UNICAMP UNESP



Aproveitamento de Resíduos de Colheita Florestal

Msc. João Maurício Pacheco

Dra. Suani Teixeira Coelho

Klabin Telêmaco Borba-PR (*Eucalyptus grandis*)



Eucalyptus grandis - processo



Klabin

(2/3)
Celulose

Casca

(1/3)
Coproduto



Coproduto de *Eucalyptus grandis* (Telêmaco Borba - PR)

- Árvore inteira transportada até o pátio para picagem – **cavaco para celulose**.
- **Coproduto** com diferentes TPC's. Picagem no campo. Transporte em cavaco até o pátio de estoque.
- **Casca** fica no campo. Problemas de acumulação e no processo.



Processamento do *Eucalyptus grandis* no campo. a) tora; b) casca; c) coproduto.

Coproduto de *Eucalyptus grandis* (Telêmaco Borba - PR)



Klabin Telêmaco Borba-PR (*Eucalyptus grandis*)



Objetivos

- Analise volumétrica de madeira destinado para queima em caldeira (**cavaco residual**) e para produção de **celulose**;
- Ajuste de **modelos volumétricos** específico para coproduto;
- Comparação entre **teor de umidade, densidade, poder calorífico e Índice de valor de combustível (IVC)**;
- Comparar o teor de **nitrogênio** e **cloro** contido no cavaco residual;
- Sugerir metodologias de utilização de **resíduo de casca** acumulado em áreas de plantios.

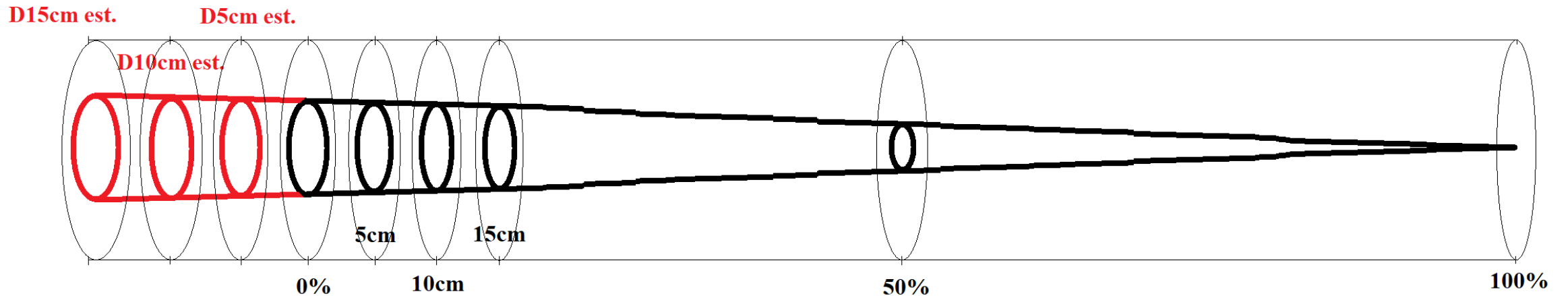
Materiais e Métodos

- Cubagem rigorosa de coproduto (ponteira)



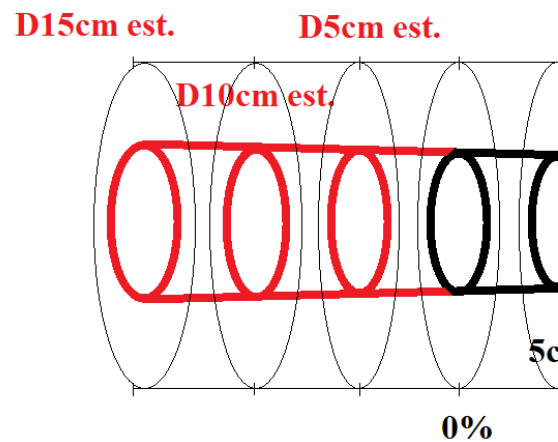
estimativa

- 66 coprodutos medidos em 4 classes de Diâmetro



Materiais

- Cubagem rígida



Materiais e Métodos (Proporção bioenergia e celulose)

42,1 hectares

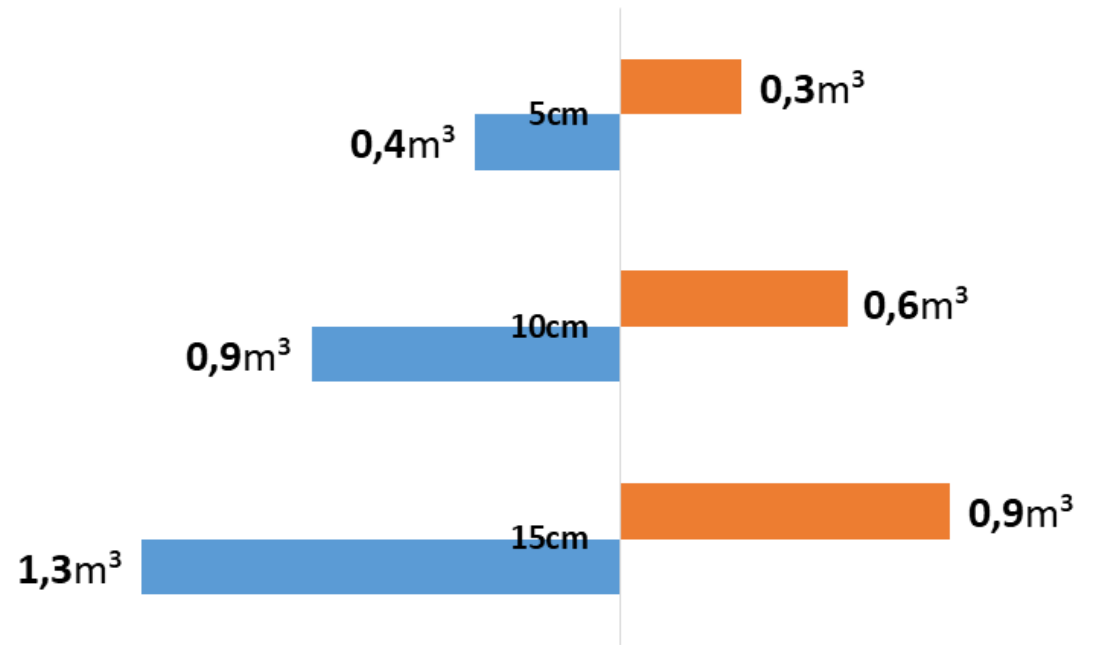
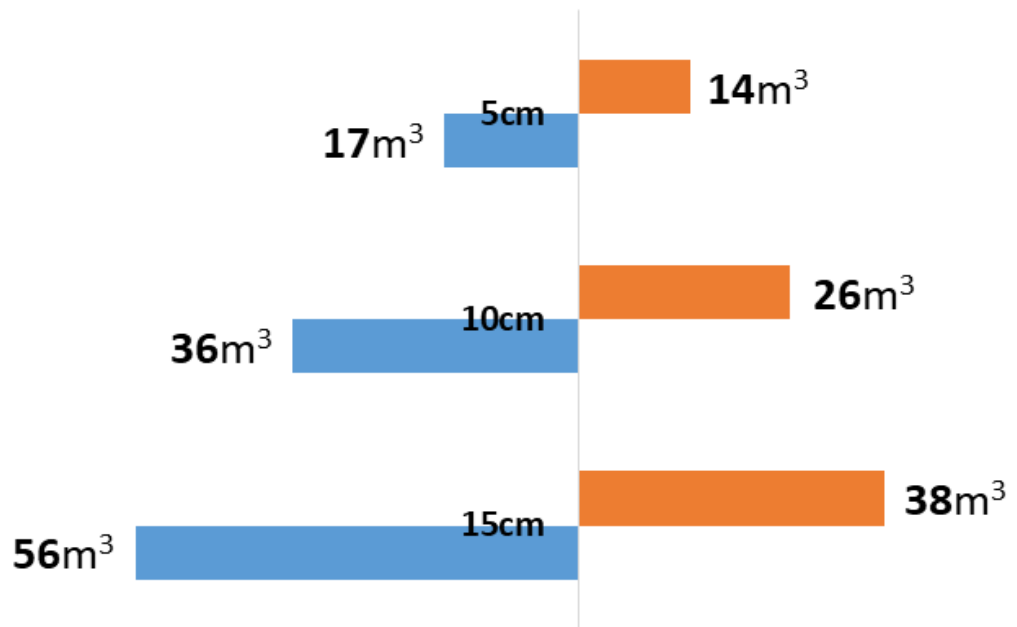
hectares

Cogeração (energia)

Fabricação de celulose

Cogeração (energia)

Fabricação de celulose



Materiais e Métodos

- Ajuste de modelos utilizando dados de Cubagem

Número	Nome	Modelo
1	Linear simples	$V_{cop} = b0 + b1 * d_{cop}$
2	Linear quadrática	$V_{cop} = b0 + b1 * d_{cop} + b2 * d_{cop}^2$
3	Não linear exponencial	$V_{cop} = b0 * e^{b1*d_{cop}}$
4	Não linear potência	$V_{cop} = b0 * d_{cop}^{b1}$

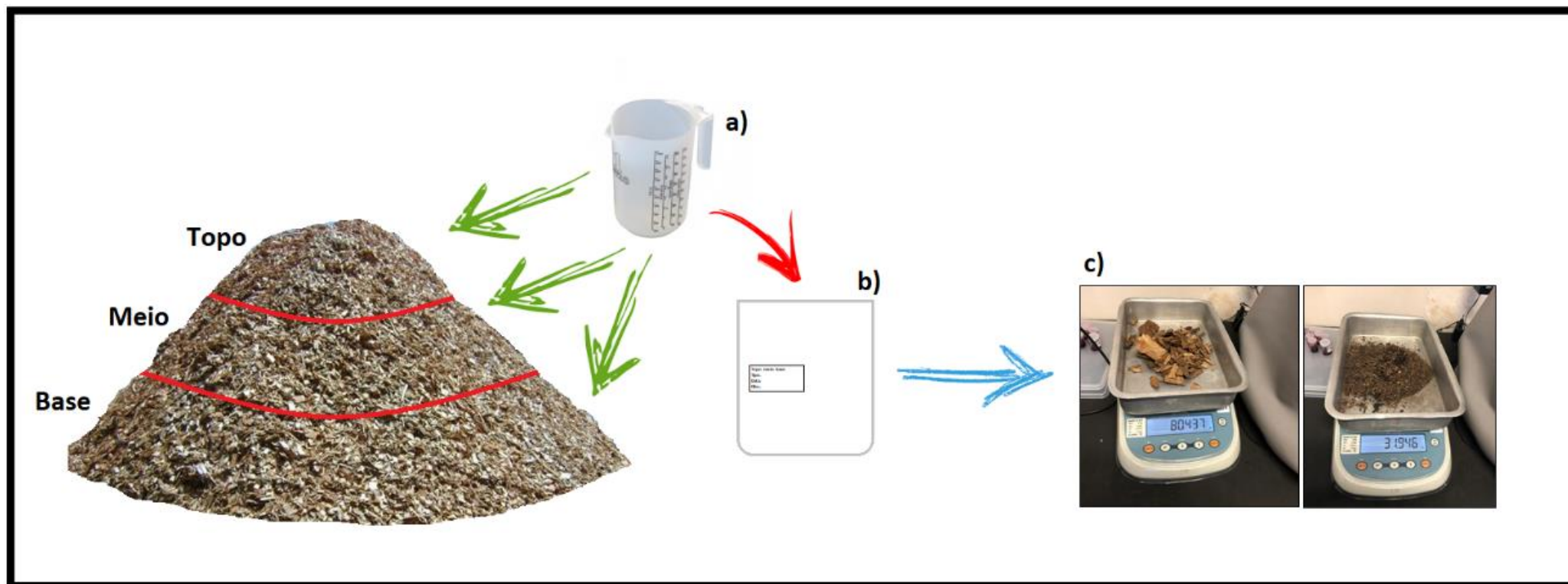
Materiais e Métodos

- Ajuste de modelos utilizando dados de Cubagem

Número	Nome	Modelo
1	Linear simples	$V_{cop} = b0 + b1 * d_{cop}$
2	Linear quadrática	$V_{cop} = b0 + b1 * d_{cop} + b2 * d_{cop}^2$
3	Não linear exponencial	$V_{cop} = b0 * e^{b1*d_{cop}}$
4	Não linear potência	$V_{cop} = b0 * d_{cop}^{b1}$

Métodos e Resultados

- Processo de amostragem do cavaco



a) recipiente coletor / b) saco plástico devidamente identificado / c) pesagem. Seguindo as normas da ABNT NBR 10007 de 2004.

Métodos e Resultados

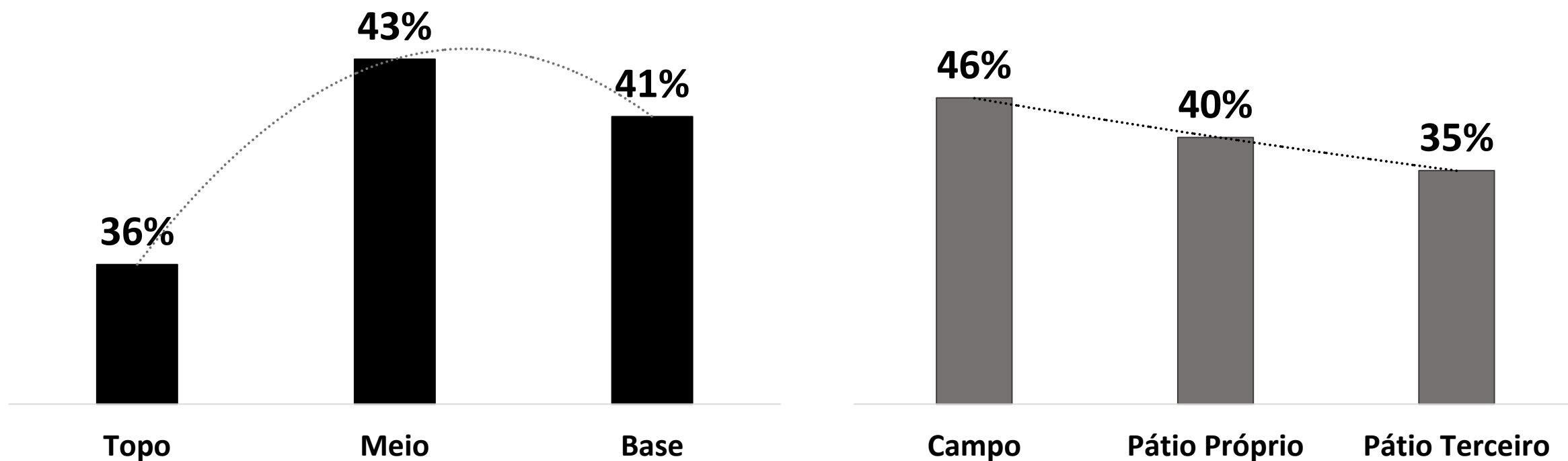
- Teor de umidade
 - Com base na NBR 14929 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2003), determinou-se o teor de umidade.



Secagem das amostras de cavaco em estufa controlada a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ e pesagem em uma balança com precisão de 0,001.

Métodos e Resultados

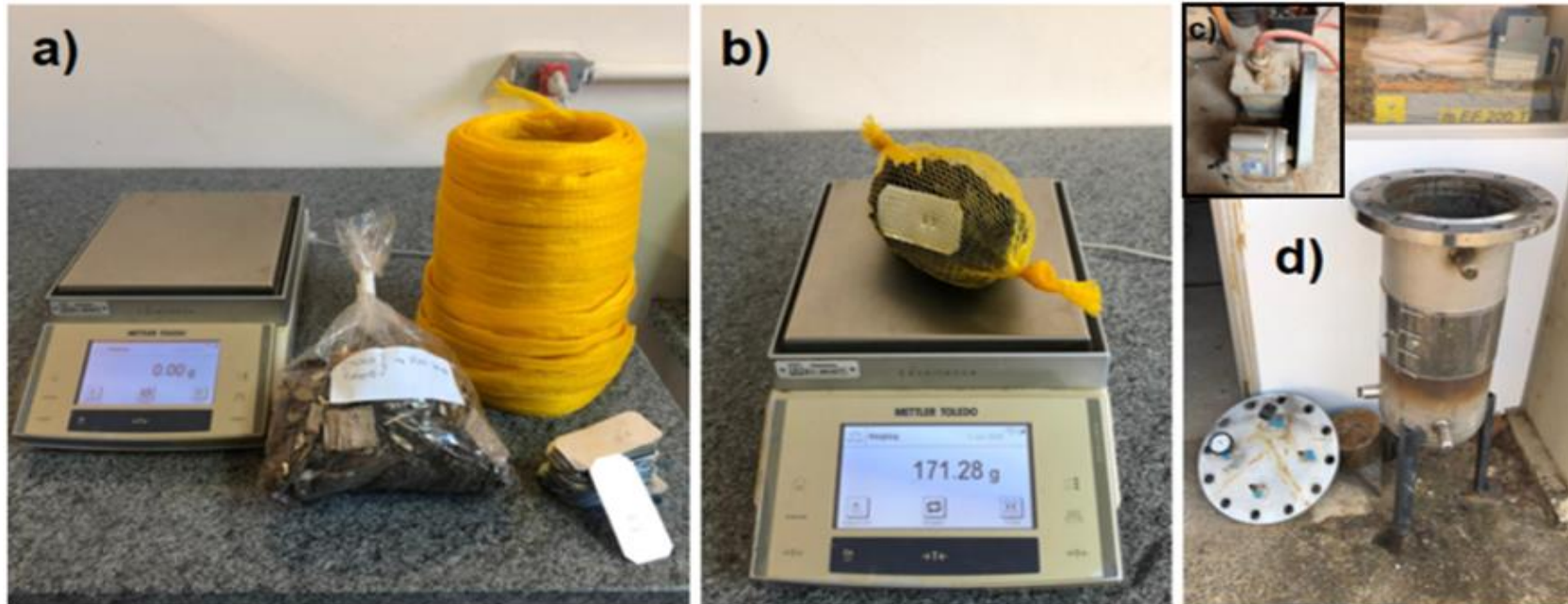
- Teor de umidade



Materiais e Métodos

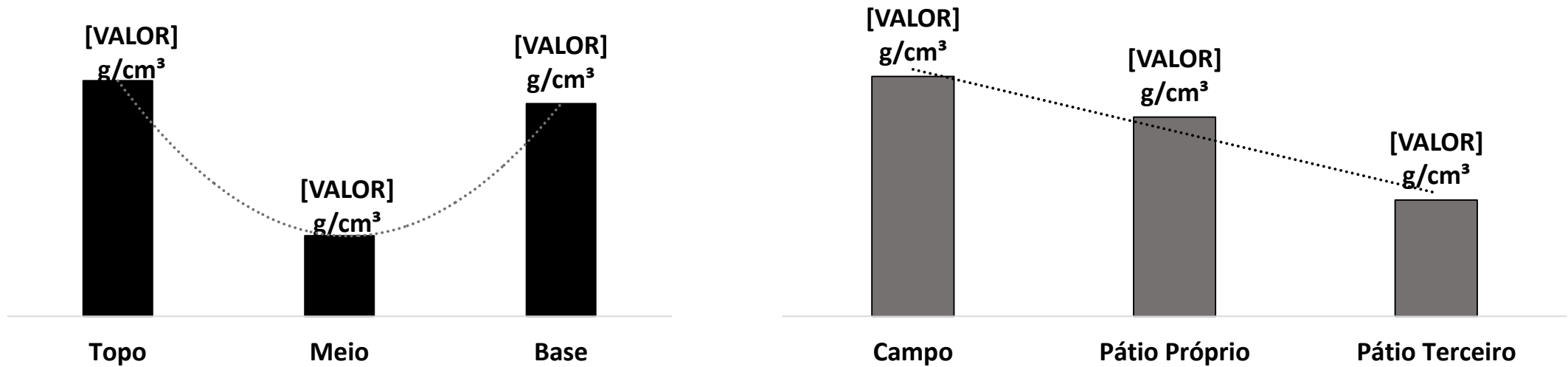
- Densidade

- A densidade foi determinada de acordo com a NBR 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2002)



Materiais e Métodos

- Densidade



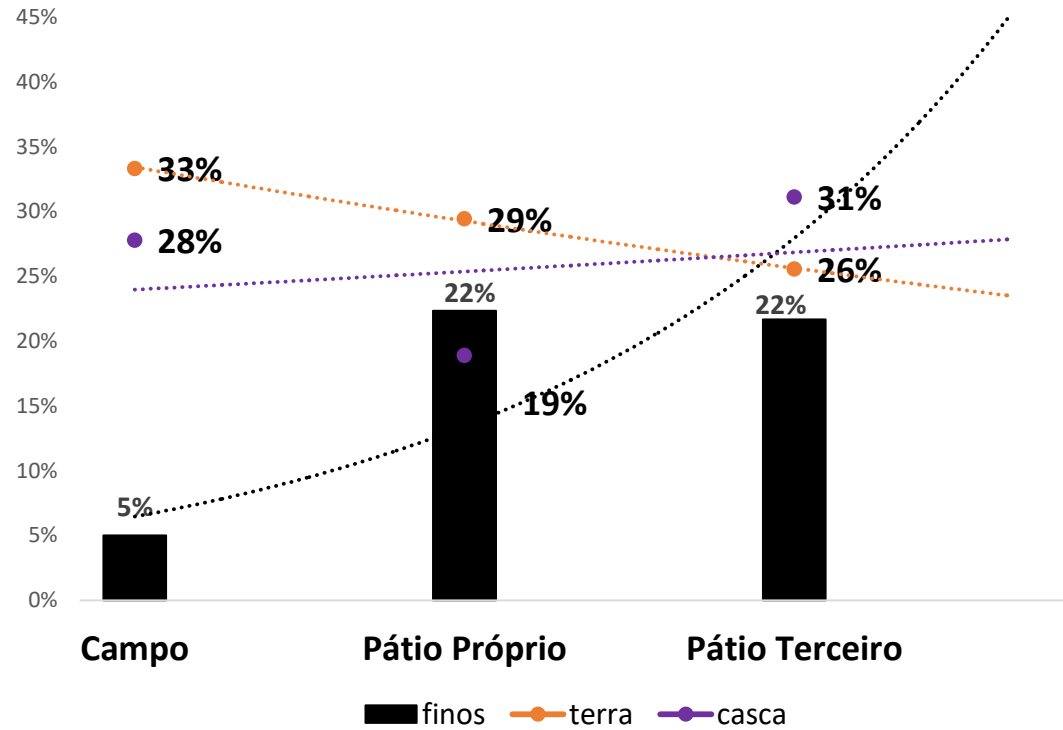
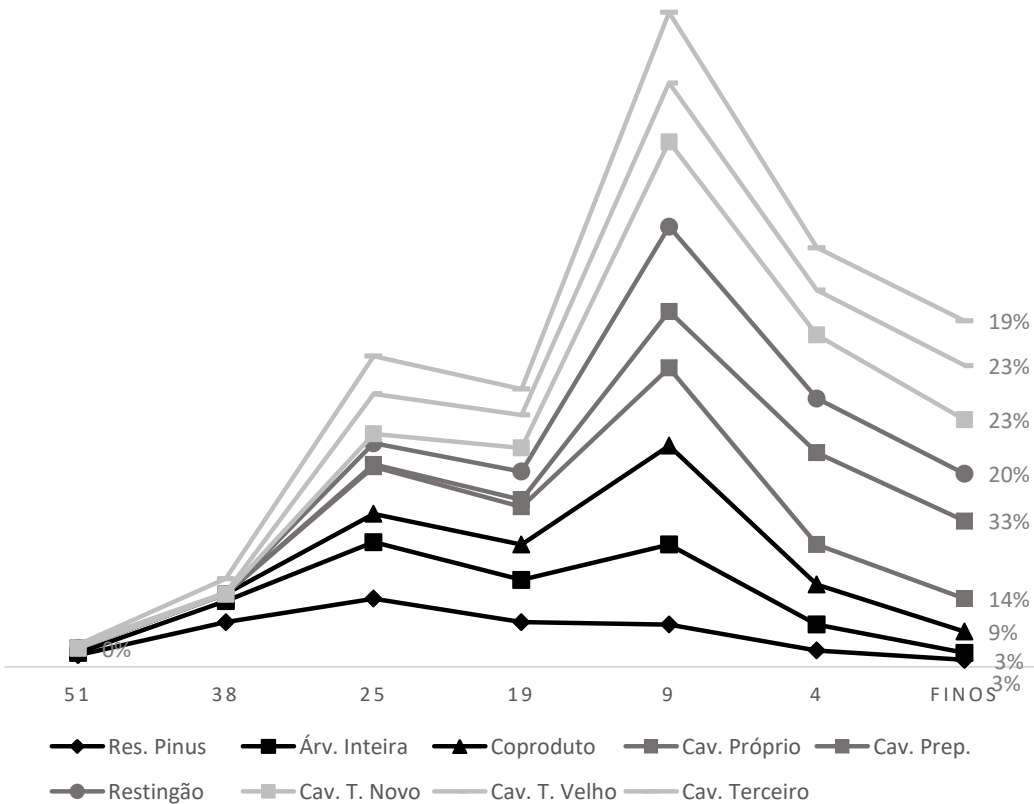
Materiais e Métodos

- Granulometria



Materiais e Métodos

- Granulometria

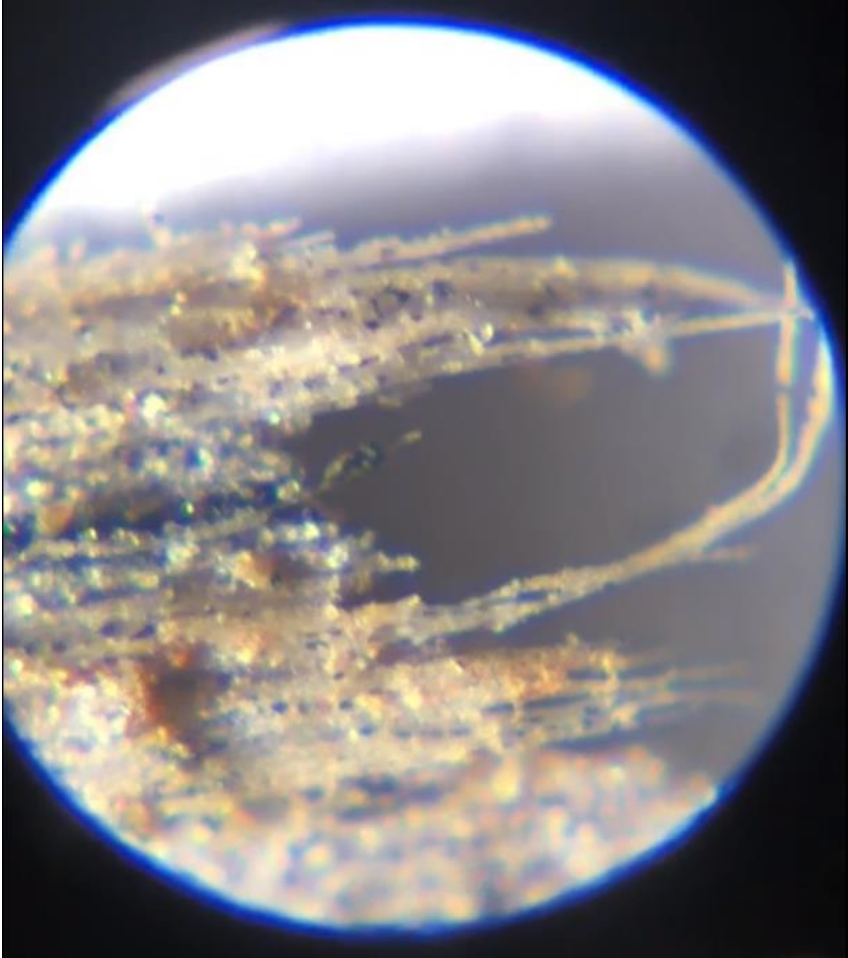


Cavaco residual de terceiros

Cavaco residual próprio

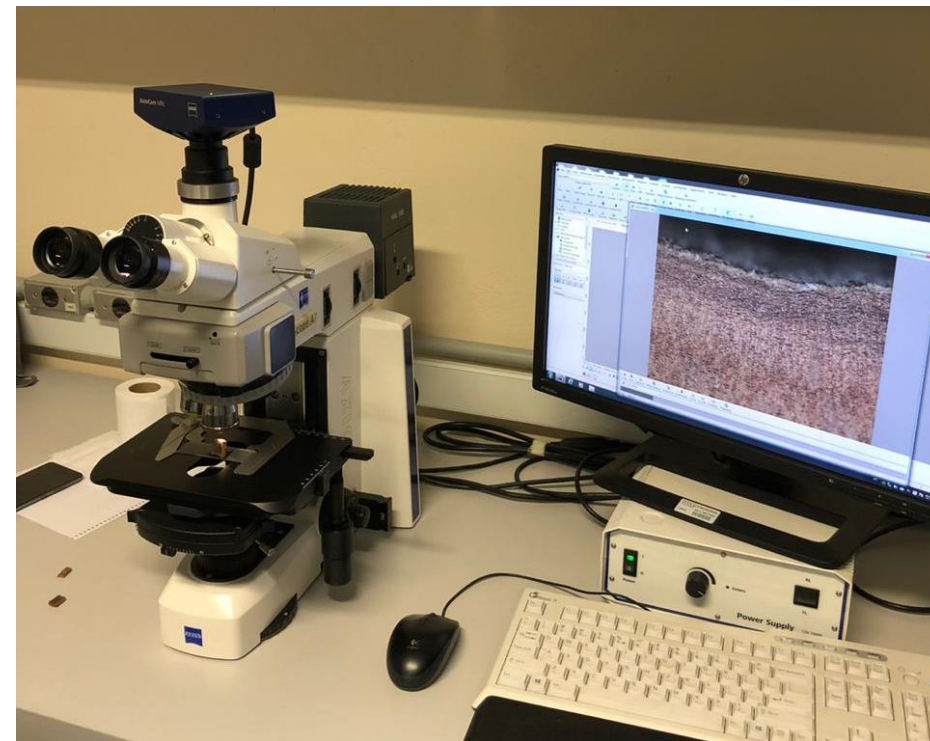
Cavaco residual no campo

Casca do *Eucalyptus grandis*

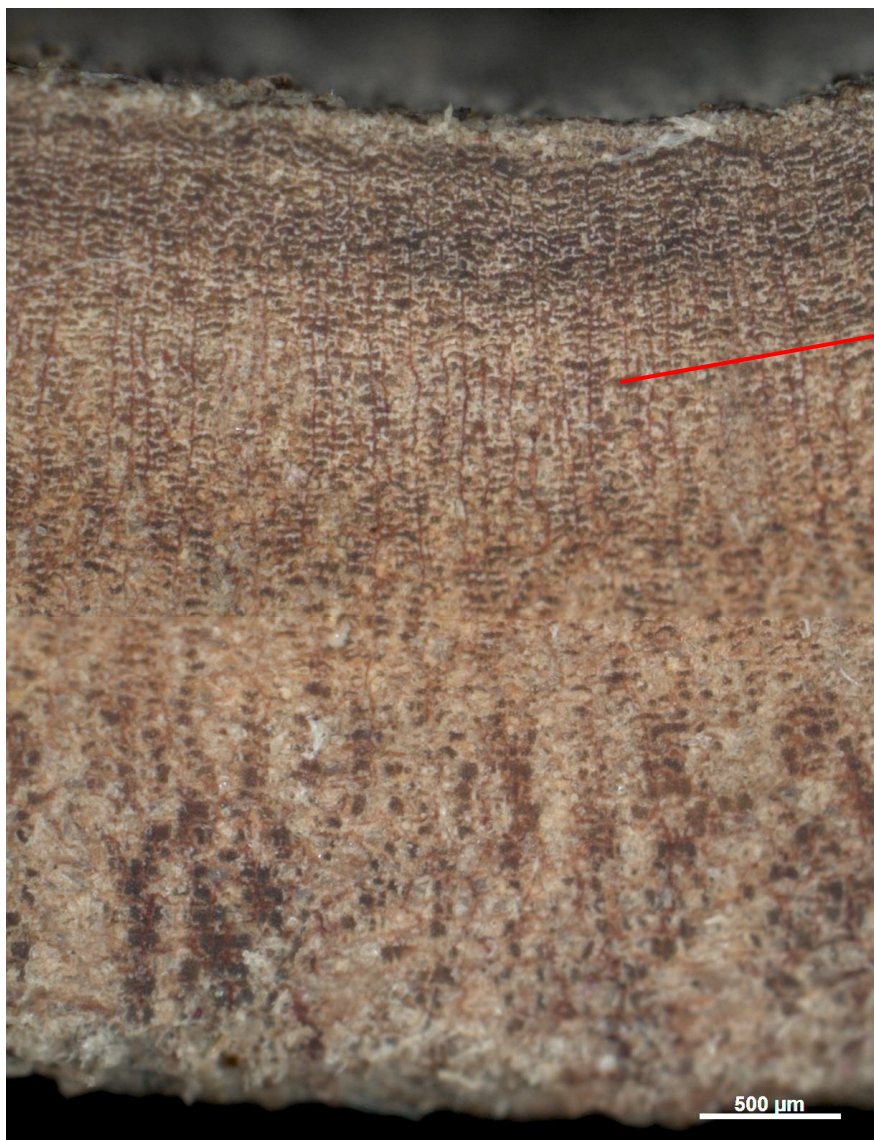


Microscopia da casca de *Eucalyptus grandis*

Laboratório de anatomia e dendrocronologia USP – ESALQ



Casca do *Eucalyptus grandis*



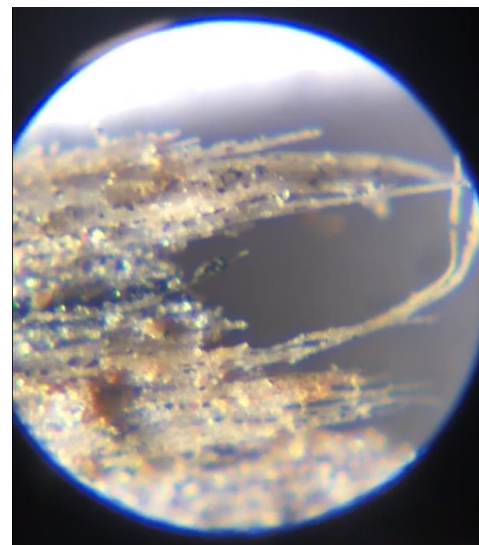
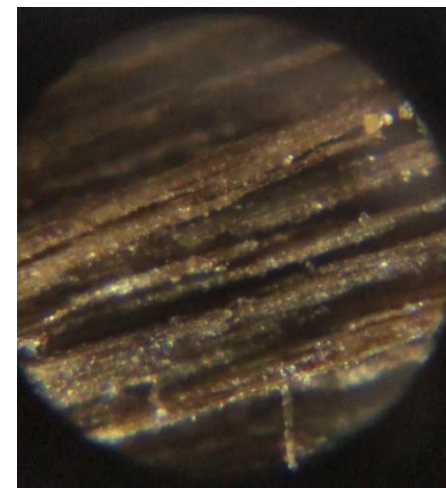
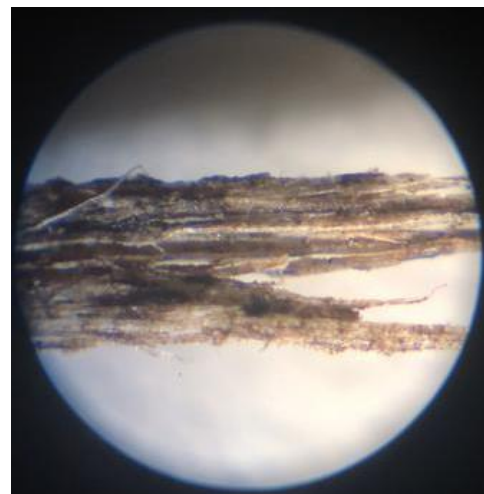
Câmbio Vascular

Fibras

Floema

Córtex

Periderme



Alta resistência a tração

Casca do *Eucalyptus grandis*

Tabela – Resultados da análise de nutrientes da madeira e da casca do *E. saligna* (SAL), *E. grandis* (GRA), clone 23* (C23), clone 25 (C25), clone 24 (C24), *E. urophylla* (URO), *E. pellita* (PEL), *E. paniculata* (PAN), *E. citriodora* (CIT) e de *E. camaldulensis* (CAM), logo após o corte.

Table – Results of the analysis of nutrients of wood and bark of the *E. saligna* (SAL), *E. grandis* (GRA), clone 23* (C23), clone 25 (C25), clone 24 (C24), *E. urophylla* (URO), *E. pellita* (PEL), *E. paniculata* (PAN), *E. citriodora* (CIT) and of *E. camaldulensis* (CAM), soon after the cut.

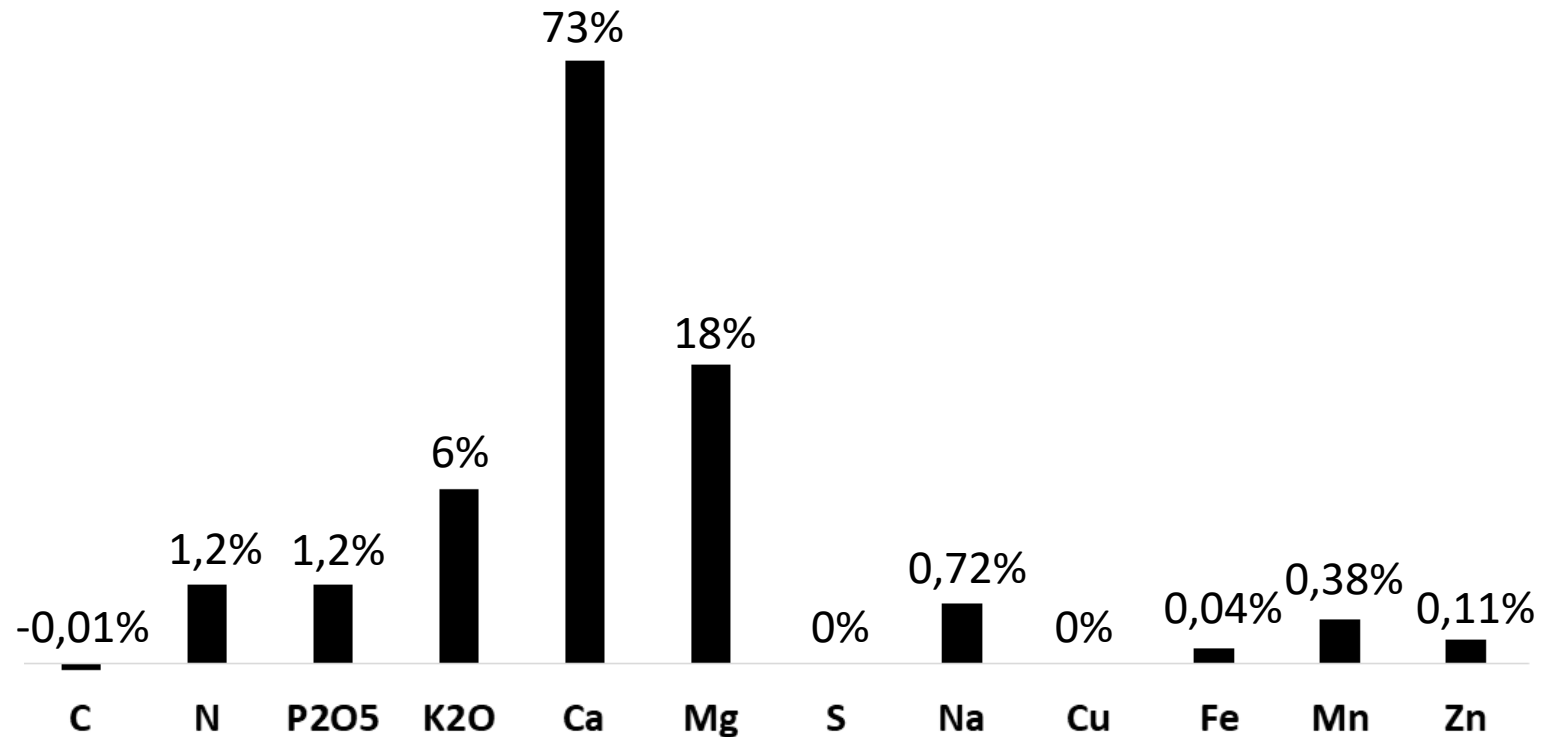
Eucaliptos	Casca											
	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	mg / kg										
SAL	49,5	2583	750	2733	29033	7633	0	497	6	73	227	64
GRA	50,7	2250	667	2800	27267	6767	0	420	0	65	147	44
C23	49,2	2450	167	2700	28633	6567	0	653	4	65	861	44
C25	50,1	2683	317	2200	29017	7167	0	587	0	75	247	46
C24	50,4	2367	183	2000	34433	9267	0	683	1	103	208	36
URO	50,8	2600	283	2317	19900	5100	0	643	16	104	250	47
PEL	50,7	3017	233	1800	13917	3900	0	610	11	105	182	27
PAN	49,4	2650	100	2000	19667	4233	0	437	25	83	266	43
CIT	49,1	2150	117	1900	18667	3467	0	237	13	26	351	77
CAM	48,6	2317	383	2400	30217	6750	0	460	19	61	551	51
Média	48,0	2507	320	2285	25075	6085	0	523	10	76	329	48

Teste de tração de casca de *Eucalyptus grandis*

Eucaliptos	Madeira											
	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	mg / kg										
SAL	53,9	1850	250	600	300	150	0	153	0	56	7	12
GRA	53,7	1800	217	567	217	133	0	150	0	49	4	3
C23	53,6	1533	183	550	183	150	0	197	19	39	7	94
C25	53,1	1733	233	567	250	200	0	137	0	36	4	2
C24	53,7	1700	350	750	233	150	0	190	10	53	13	63
URO	53,7	1550	267	367	133	83	0	240	19	34	4	88
PEL	53,4	1767	283	617	650	167	0	223	13	20	9	57
PAN	53,9	1700	350	667	433	167	0	200	20	25	30	83
CIT	53,2	2050	350	650	567	233	0	393	12	31	21	57
CAM	53,3	1833	350	783	283	133	0	216	4	57	25	5
Média	53,5	1752	283	612	325	157	0	210	10	40	12	46
	Casca											
SAL	49,5	2583	750	2733	29033	7633	0	497	6	73	227	64
GRA	50,7	2250	667	2800	27267	6767	0	420	0	65	147	44
C23	49,2	2450	167	2700	28633	6567	0	653	4	65	861	44
C25	50,1	2683	317	2200	29017	7167	0	587	0	75	247	46
C24	50,4	2367	183	2000	34433	9267	0	683	1	103	208	36
URO	50,8	2600	283	2317	19900	5100	0	643	16	104	250	47
PEL	50,7	3017	233	1800	13917	3900	0	610	11	105	182	27
PAN	49,4	2650	100	2000	19667	4233	0	437	25	83	266	43
CIT	49,1	2150	117	1900	18667	3467	0	237	13	26	351	77
CAM	48,6	2317	383	2400	30217	6750	0	460	19	61	551	51
Média	48,0	2507	320	2285	25075	6085	0	523	10	76	329	48

Nutriente comparação *Eucalyptus grandis*

Casca x Madeira



Futuras análises

- Poder calorífico e Índice de valor de combustível (IVC);
- Teor de nitrogênio e cloro contido no cavaco residual;

USP



unesp

Ph.D. Program in Bioenergy
USP UNICAMP UNESP

Obrigado.



Perguntas?