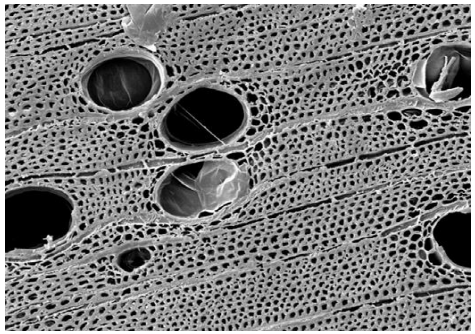
Eucalyptus Online Book & Newsletter

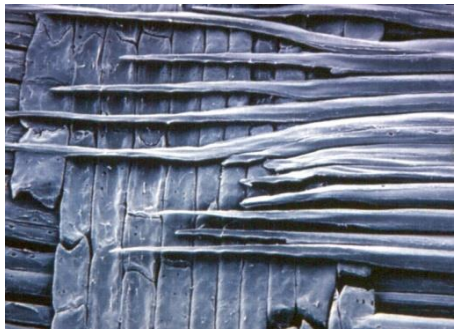
Eucalyptus Newsletter nº 73 – Agosto 2019

Cursos por Celso Foelkel

Integrando a Qualidade da Madeira ao Processo Kraft de Produção de Celulose

...dos cavacos de madeira até as fibras kraft individualizadas





Criador dessa edição da Eucalyptus Newsletter: **Celso Foelkel**

Uma realização da parceria:

ATCP - Chile
Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile

Grau Celsius – Negócios em Gestão do Conhecimento

Organizações facilitadoras

ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

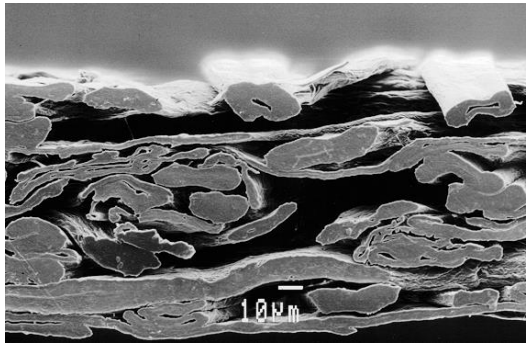
RIADICYP – Red IberoAmericana de Docencia e Investigación en Celulosa, Papel y Productos Lignocelulósicos

Empresas e organizações patrocinadoras

Categoria *Premium*

ArborGen Tecnologia Florestal

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores



Empresas e organizações patrocinadoras

Categoria *Master*

ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

Bracell

CENIBRA – Celulose Nipo Brasileira

Klabin

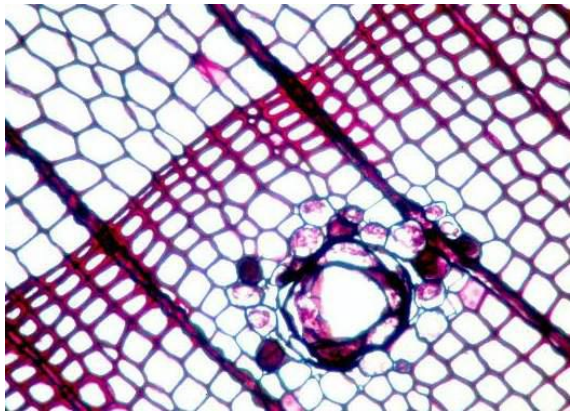
Veracel Celulose

Eucalyptus Online Book & Newsletter

Cursos por Celso Foelkel

Integrando a Qualidade da Madeira ao Processo Kraft de Produção de Celulose

..dos cavacos de madeira até as fibras kraft individualizadas



Curso especialmente preparado para ATCP Chile
Título do curso em Espanhol:

Integrando la Calidad de Madera al Proceso Kraft de Producción de Pulpa
...de las astillas de madera a las fibras kraft individualizadas

Agosto de 2019

Organização e estruturação do curso: Professor Celso Foelkel

Preâmbulo:

Há um ditado popular nas fábricas de celuloses produzidas a partir de madeiras que diz que para todos os problemas que surgem nas operações de polpação, no branqueamento e na qualidade das fibras, que a culpa disso tudo estaria na madeira.

Na realidade, é um processo de transferência de responsabilidades para quem não sabe como se defender, que é a madeira produzida pelas árvores das florestas.

Como os técnicos florestais que produzem madeira, em geral desconhecem os efeitos da qualidade da madeira no processo de produção de celulose e vice-versa, quase sempre isso termina em um processo de conflitos internos e nada mais.

Como resolver esse problema e permitir que as ações de melhoria interna nas fábricas sejam obtidas pela melhor integração entre as áreas de fabricação de celulose e as de suprimento de madeira?

Eu só vejo uma maneira: Aumentar o nível de conhecimento e habilidades entre as áreas e nas pessoas das empresas para um melhor diálogo e pela busca de otimizações de processo e não na simples caça de pessoas ou áreas culpadas por perdas de produtividade e lucros".

Competências a serem conquistadas através desse curso:

Integrando a Qualidade da Madeira ao Processo Kraft de Produção de Celulose

..dos cavacos de madeira até as fibras kraft individualizadas

- ✓ **A madeira e suas principais propriedades para a polpação kraft: Variabilidade, densidade básica e aparente, porosidade, umidade e ambiente, secagem de toras e cavacos, contração e inchamento, mudança de peso com a umidade, deterioração, composição química (lignina, extrativos, celulose, hemiceluloses), cascas e contaminações**

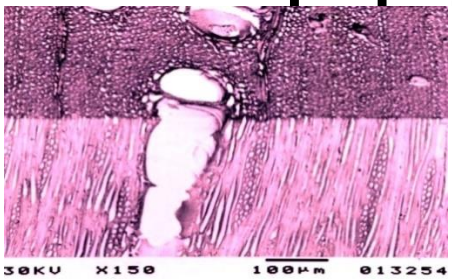
- ✓ **Cavacos e sua qualidade: dimensões, uniformidade, densidade e umidade**

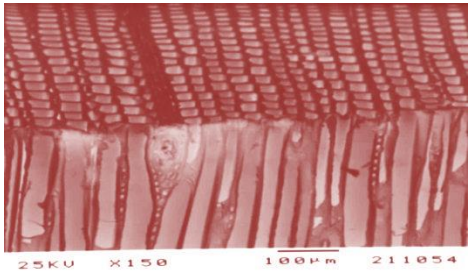
- ✓ **Fundamentos do processo kraft para a polpação da madeira**

- ✓ **Impregnação dos cavacos: Anatomia da madeira, penetração e difusão do licor nos cavacos, gradiente de álcalis e materiais orgânicos dissolvidos para o licor negro**

- ✓ **Individualização das fibras na conversão da madeira a celulose: Separação dos constituintes anatômicos e conversão da madeira dos cavacos em fibras celulósicas ou polpas**

- ✓ **Otimização do processo de polpação kraft a partir do controle da madeira e dos cavacos: Para se garantir uma situação de ótimo na polpação kraft**





Conteúdo do curso para atendimento das competências anteriormente apresentadas:

1. ***Madeira – O que é e onde se localiza nas árvores***

2. ***Madeira – Formação, Anatomia e Composição***

3. **A Variabilidade da madeira**

    a. **Casos de variabilidade em *Eucalyptus***
    b. ***Casos de variabilidade em Pinus***

4. ***Conceituando Qualidade da Madeira***

5. ***Madeira – Mudança da quantidade e da qualidade da madeira entre a floresta e o digestor***

6. Fundamentos do processo kraft de polpação

7. Topoquímica dos constituintes químicos da madeira

8. Madeiras - Principais parâmetros de qualidade para a etapa de polpação realizada pelo processo kraft

9. Madeira em formato de cavacos e suas propriedades vitais

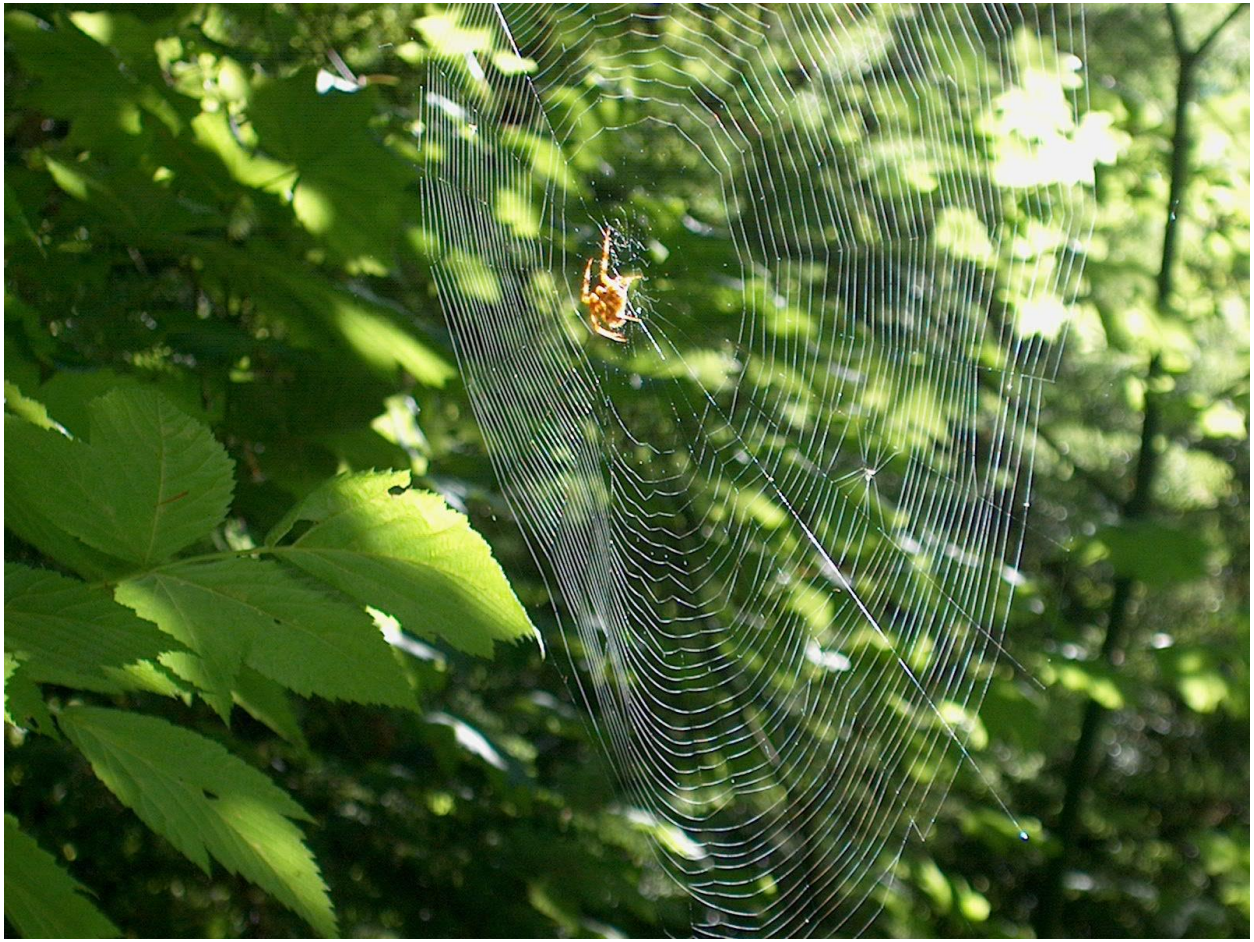
10. Pré-vaporizando os cavacos de madeira

11. Impregnando os cavacos com o licor de cozimento

11.1. Relações madeira e licor
11.2. Penetração e difusão do licor nos cavacos
11.3. Desenvolvimento do processo de impregnação

12. ***Individualização das fibras na conversão da madeira a polpa kraft***

13. ***Otimização do processo de polpação kraft integrando madeiras e cavacos com as etapas de polpação***



Florestas / Fábricas - Uma rede de interdependências

Tema nº 01:
Madeira – O que é e onde se localiza nas árvores?

Madeira é um material biológico (biomassa), variável, heterogêneo, sólido, anisotrópico, poroso e abundante

Consiste em uma das principais matérias-primas industriais e de amplo uso pelas populações

Madeira não é exclusividade do tronco da árvore

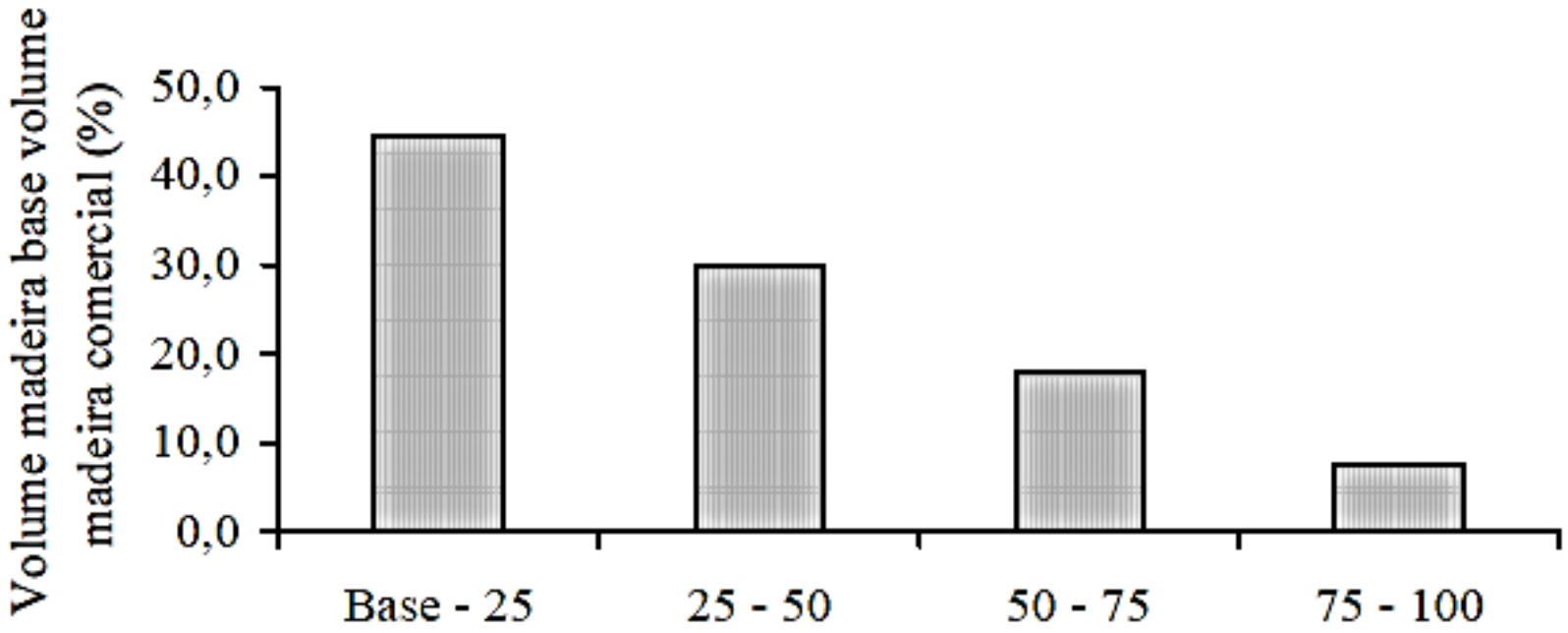
Existe também madeira em:

Galhos e nós

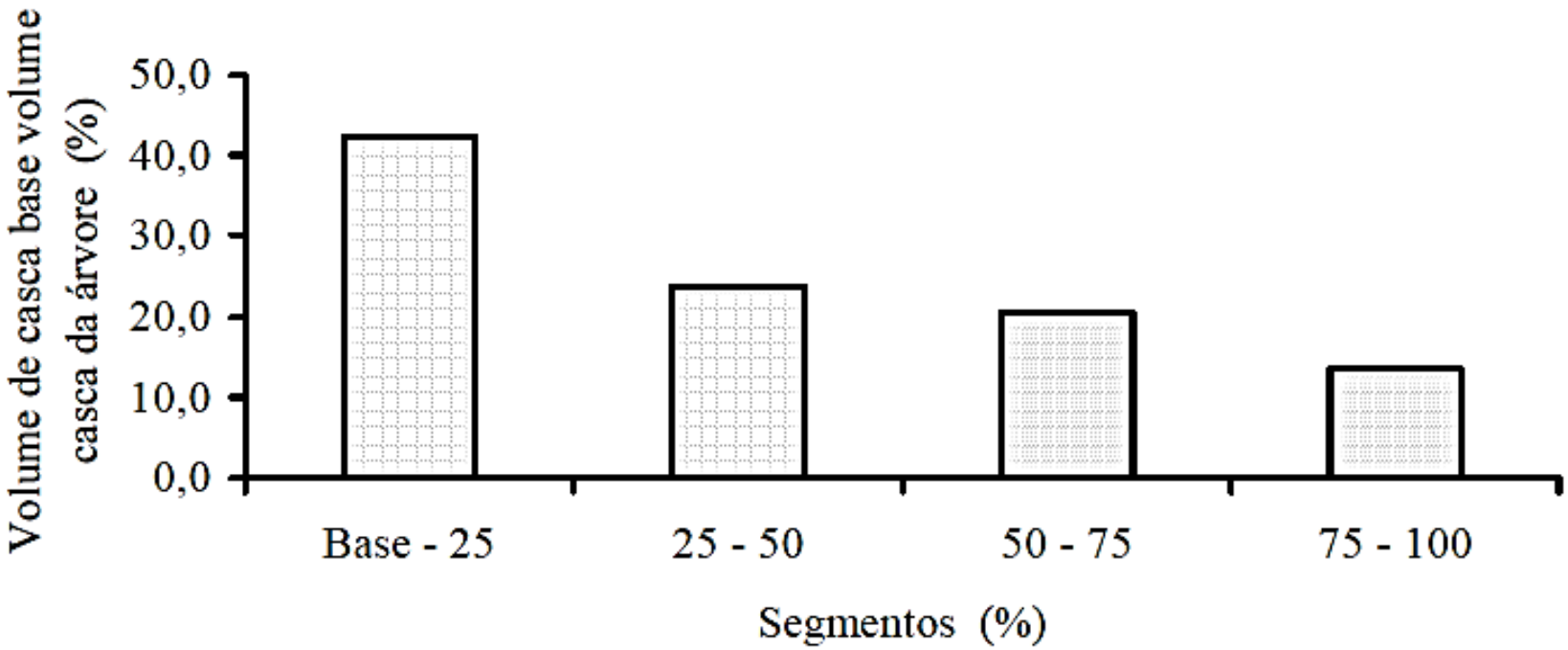
Raízes

Ponteiros

As biorrefinarias estão interessadas por elas, apesar das contaminações com terra e maior proporção de casca



Contribuição do volume total de madeira de segmentos recolhidos ao longo da altura das árvores de eucalipto



Contribuição do volume total de casca de segmentos recolhidos ao longo da altura das árvores de eucalipto

Distribuição da biomassa para eucaliptos comerciais adultos (Base peso seco)

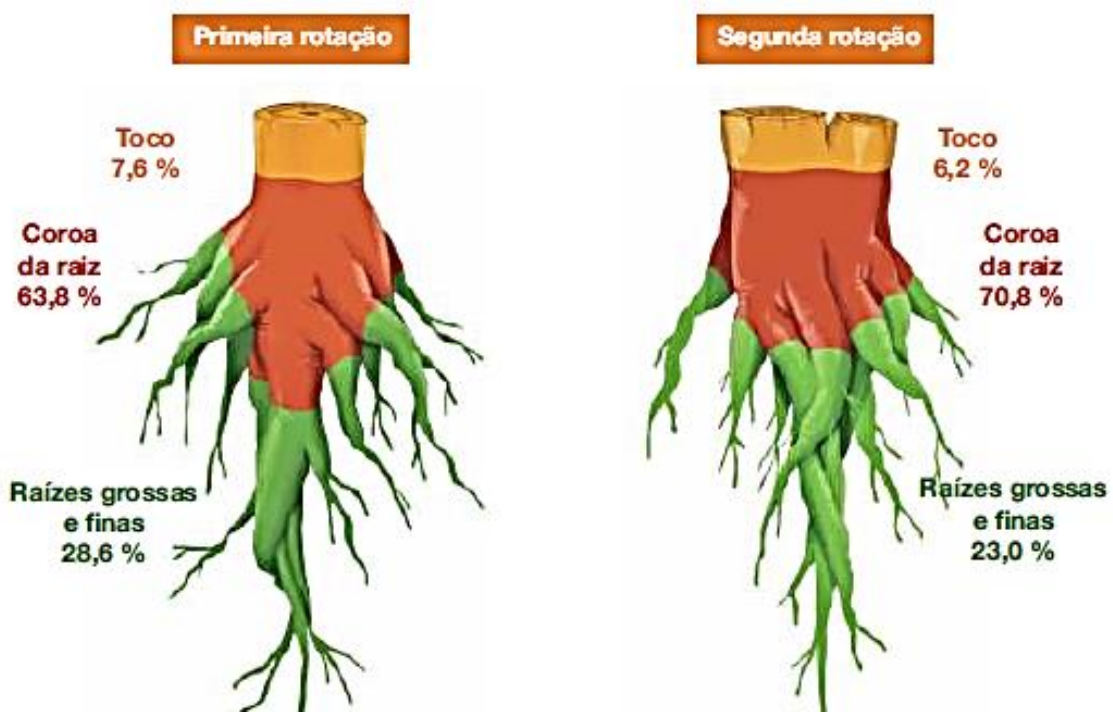
Variável com espécie, idade e dimensões das árvores

Árvore total: 100%	
Fuste total:	**72%**
Madeira fuste base total:	**64%**
Casca fuste base total:	**8%**
Casca fuste base fuste:	**12%**
Galhos+Folhas:	**7%**
Toco+raízes:	**13%**

Distribuição da biomassa para pinheiros comerciais adultos (Base peso seco)

Variável com espécie, idade e dimensões das árvores

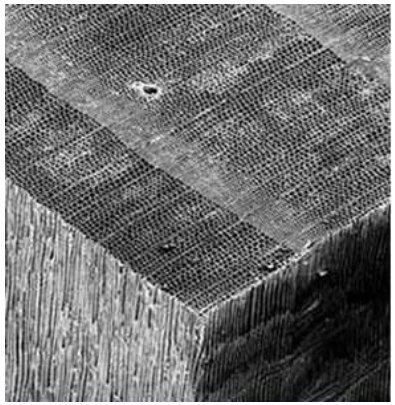
Árvore total: 100%	
Fuste total:	**67%**
Madeira fuste base total:	**54%**
Casca fuste base total:	**13%**
Casca fuste base fuste:	**19%**
Galhos+Folhas:	**8%**
Toco+raízes:	**12%**



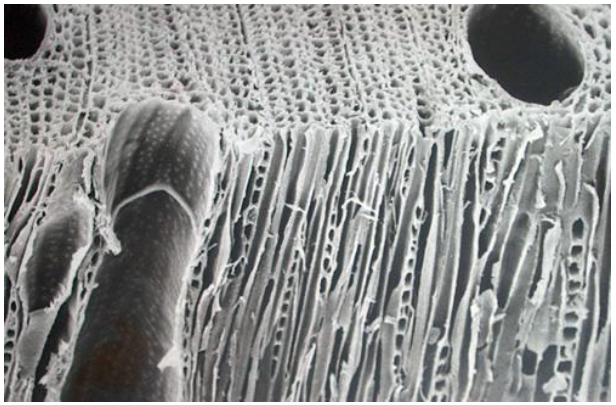
Fonte: **http://www.fepaf.org.br/download/EBOOK_AMBAR.pdf**

Considerações Celso: Há ainda muita madeira na árvore, mas seu aproveitamento pode não ser sustentável. Há ainda muito a ser estudado e melhorado...

Existem basicamente dois grandes tipos de madeiras:



Coníferas (Ginospermas)



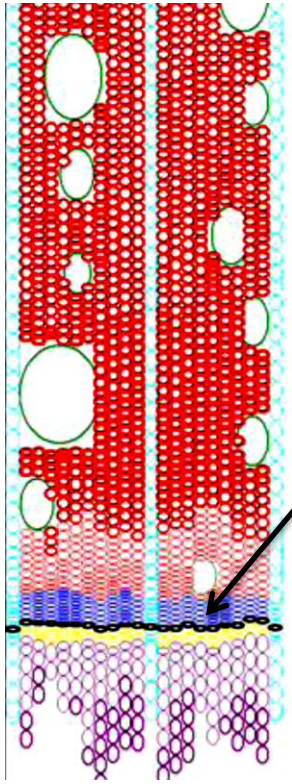
Folhosas ou Latifoliadas (Angiospermas dicotiledôneas)

As madeiras podem ser "caixas de surpresas"

(visíveis ou invisíveis)

para seus usuários.

Tema nº 02:
Madeira – Formação, Anatomia e Composição

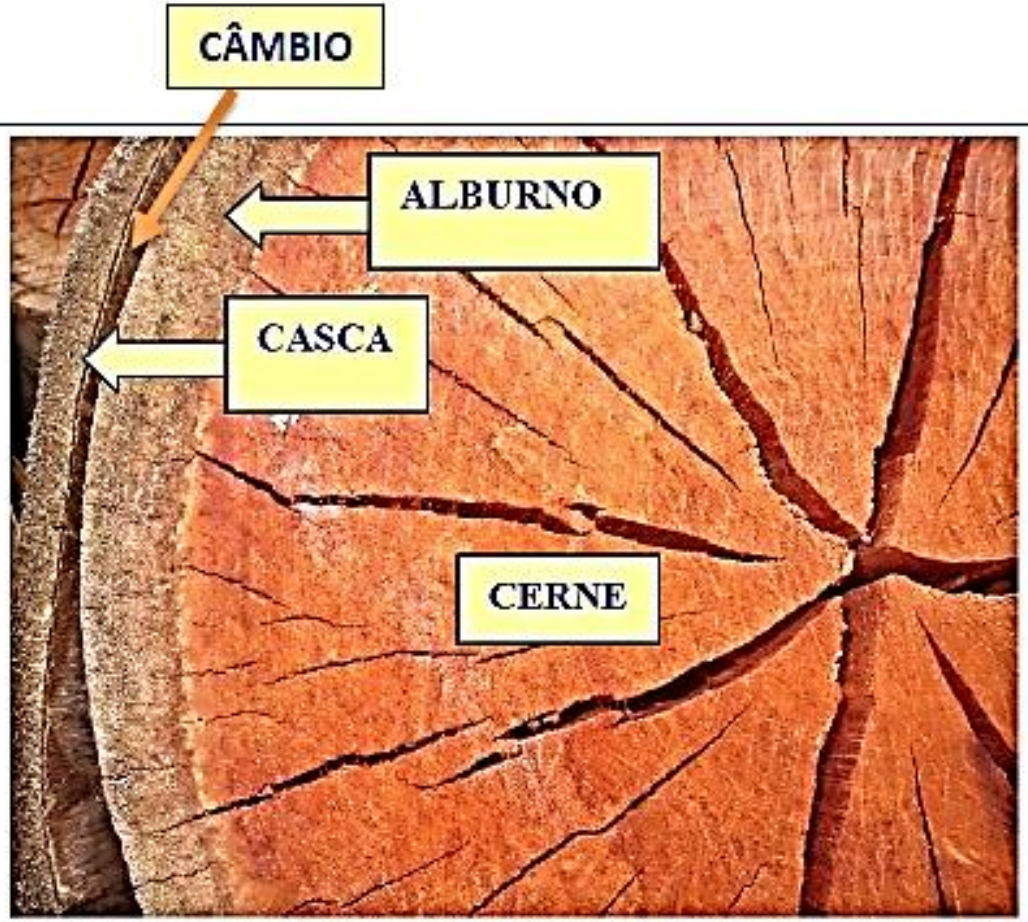


As madeiras são formadas por células meristemáticas do CÂMBIO localizadas entre a casca e o xilema (Madeira)

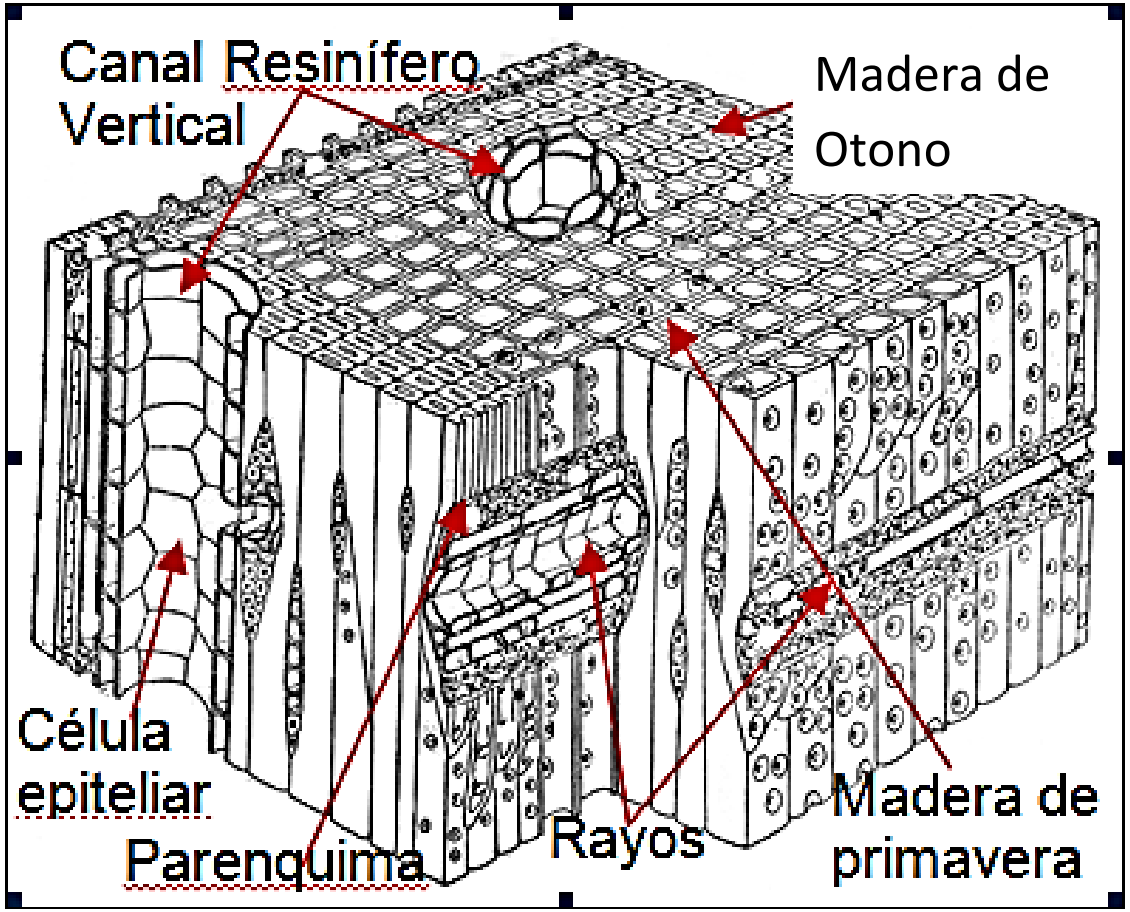
Câmbio do eucalipto produzindo novas células para aumentar o xilema e a casca nas árvores

Fonte: Drew, 2013

http://www.fwpa.com.au/images/webinars/eCambium_Webinar-David-Drew.pdf

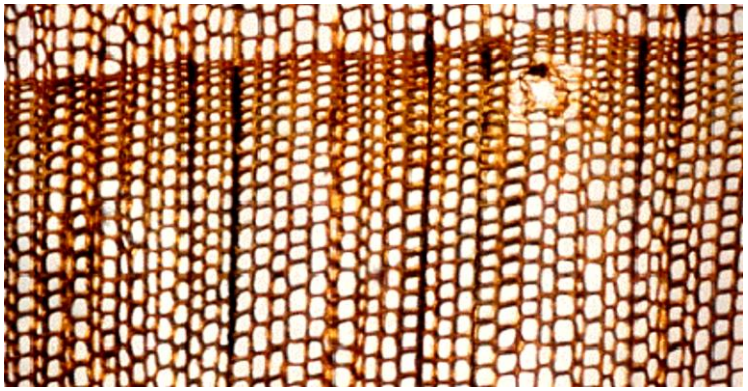


Seção transversal de uma tora de madeira de eucalipto



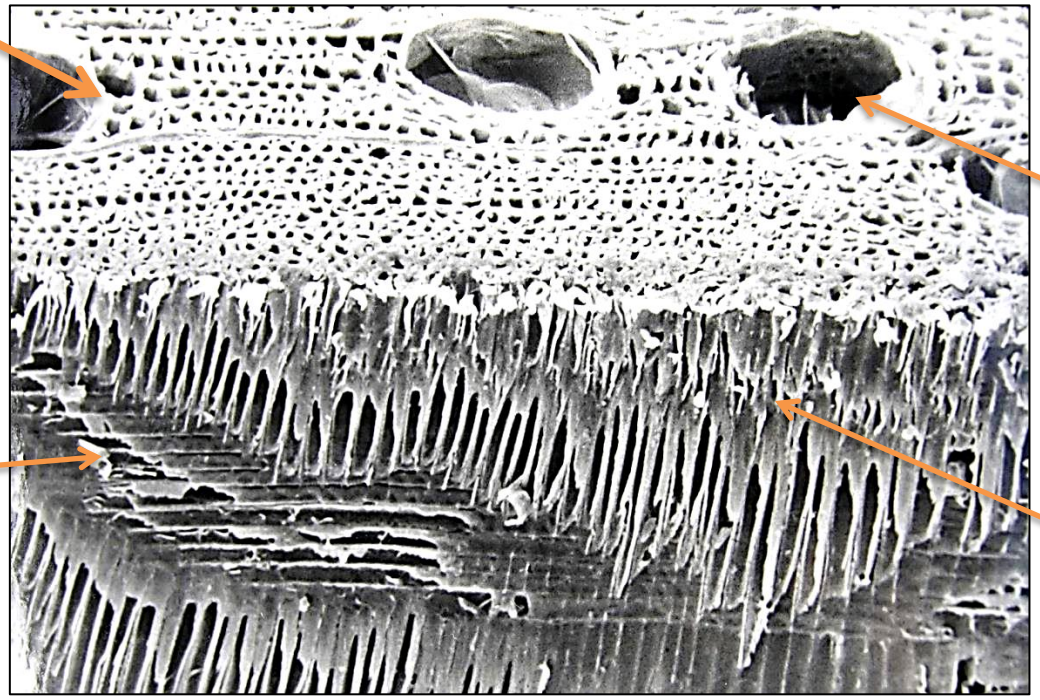
Madeira de Conífera – Exemplos: *Pinus* e *Araucaria*

Fonte: C. Soto V. - http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Resina_madera.pdf



Madeira do *Pinus*
Seções transversal e longitudinais (radial e axial)

Parênquima axial

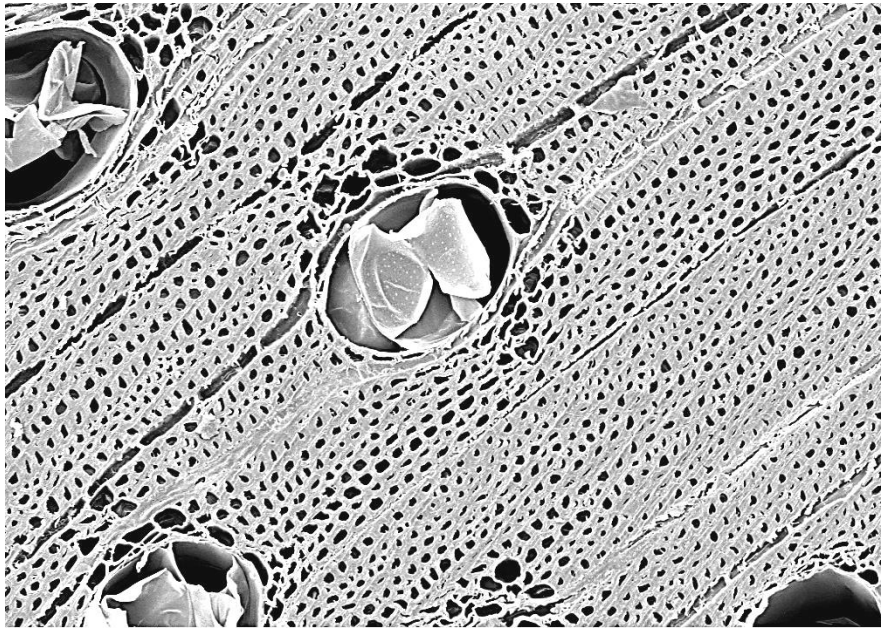


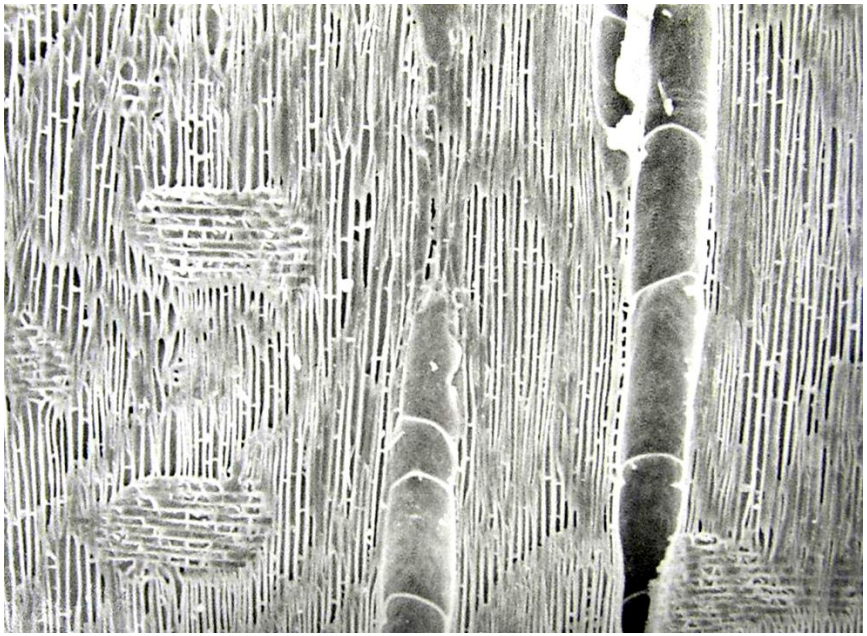
Vaso

Parênquima radial

Fibras

Madeira de Folhosa/Latifoliada
Exemplo*: Eucalyptus, Acacia*





Madeira do Eucalipto
Seções transversal e longitudinal radial

Da madeira até a celulose

Madeira eucalipto

(% em Volume)

15% Vasos

15% Parênquimas

70% Fibras

Celulose Eucalipto

(% em Peso)

6 – 8% Finos

2 - 4% Vasos

90% Fibras

Da madeira até a celulose

Madeira Pinus

(% em Volume)

3% Canais de resina

7 – 9% Parênquimas

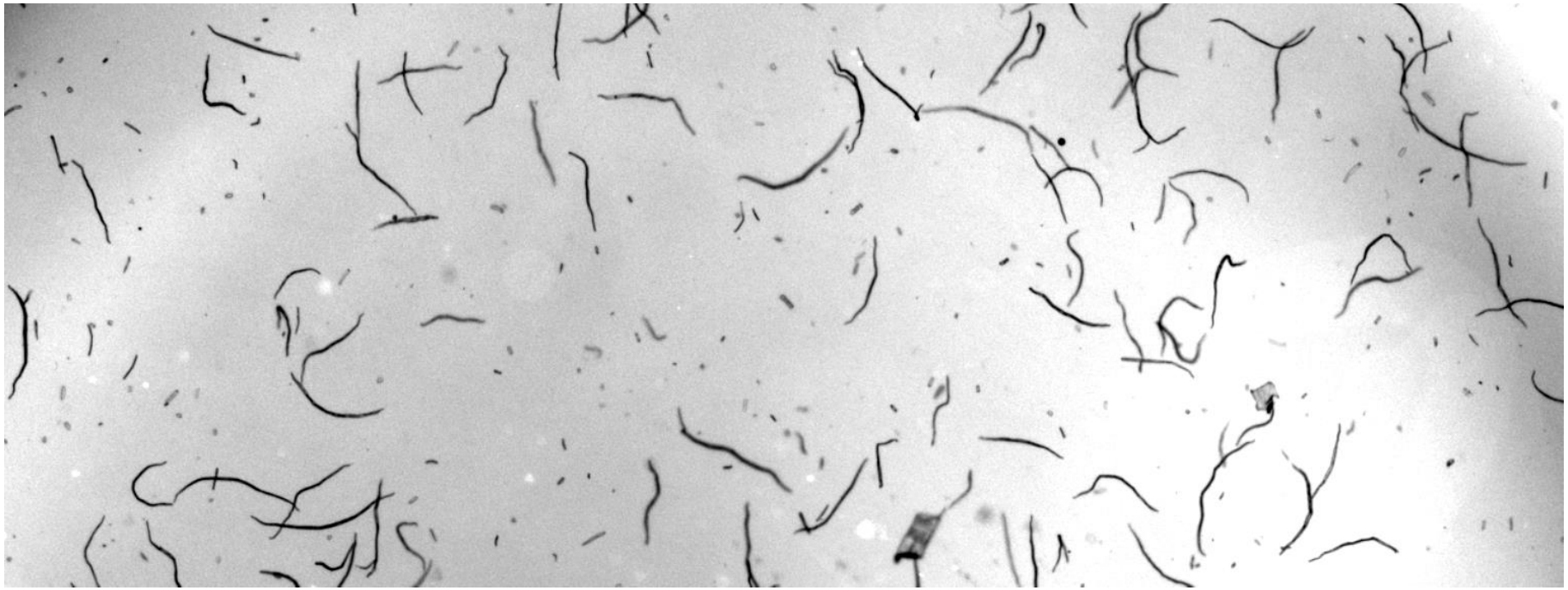
90% Fibras

Celulose *Pinus*

(% em Peso)

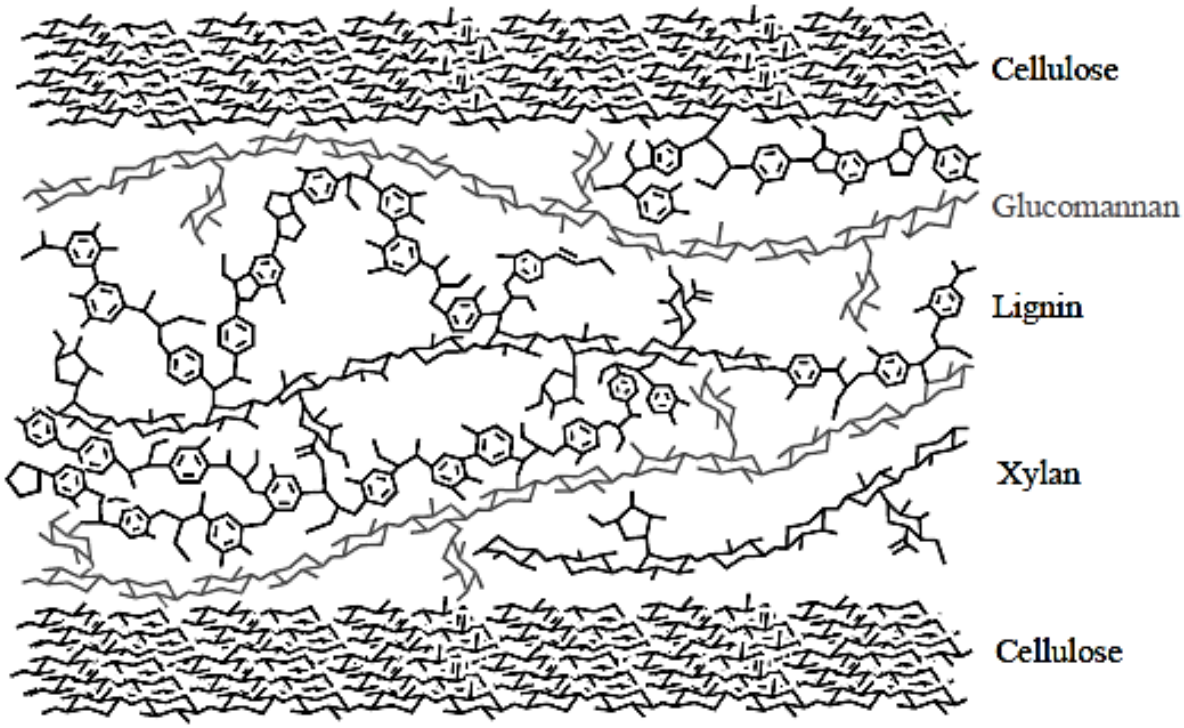
2 - 4% Finos

95 - 96% Fibras



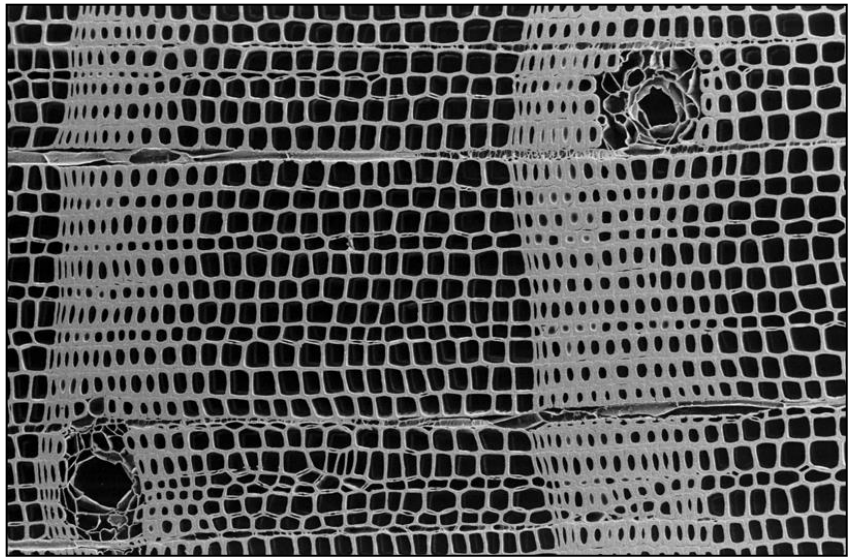
Fibras, elementos de vaso e finos parenquimatosos em polpa de eucalipto

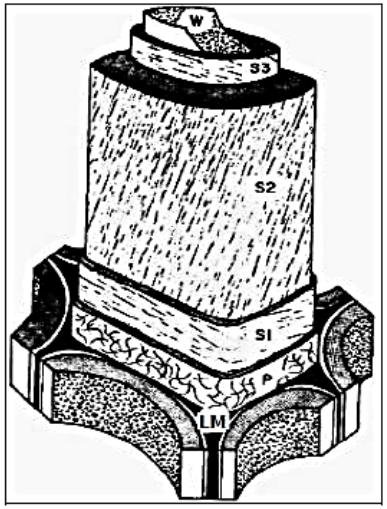
Composição química das madeiras e distribuição



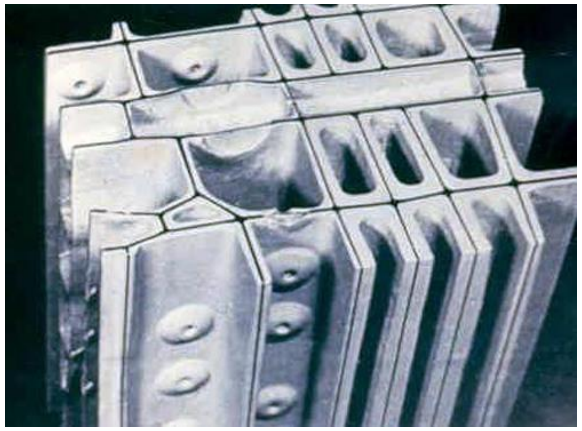
Fonte*: Henricksson et all*

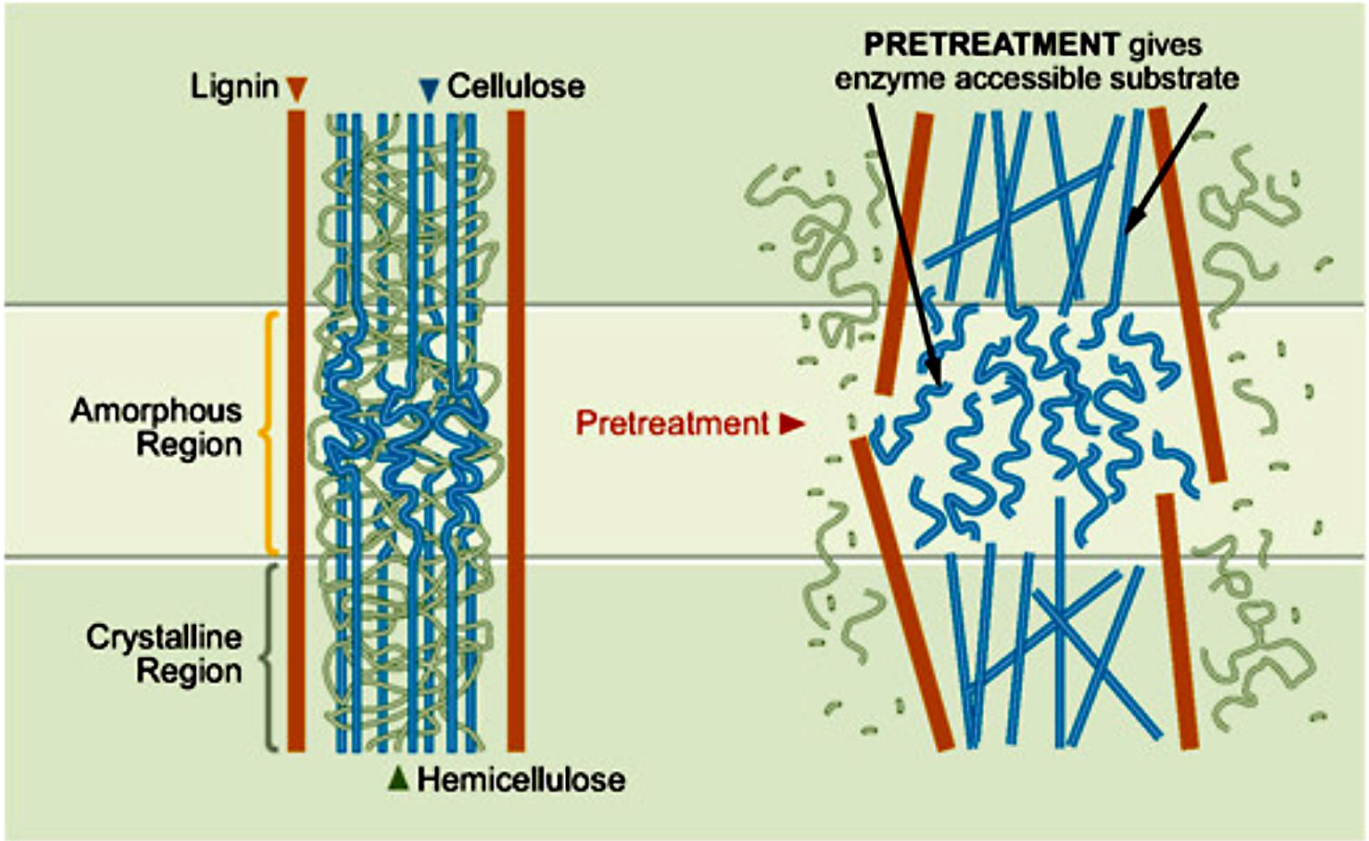
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/9.1.Gunnar+Henriksson.SLIDES.pdf





Onde estão localizados os componentes químicos da madeira?





Parede celular:

Adaptado a partir de estudo de Y.D. Singh & K.B. Satapathy, 2018
https://www.scipress.com/IJET.15.17.pdf

Eucaliptos: madeiras e madeiras

Espécie	*E.urograndis*	*E.globulus*	*E.nitens*
Característica			
Densidade básica, g/cm³	0,45 – 0,53	0,52 – 0,63	0,43 – 0,50
Teor de celulose, % base madeira	45 - 50	44 - 50	42 - 48

Espécie	*E.urograndis*	*E.globulus*	*E.nitens*
Extrativos orgânicos, % base madeira	2 – 3,5	1,8 - 3	2 – 3,5
Lignina Klason total, % base madeira	25 - 30	22 - 26	23 - 28
Relação S/G na lignina	2,2 – 3,5	3,8 - 6	3 - 4

Espécie	*E.urograndis*	*E.globulus*	*E.nitens*
Carboidratos totais (Holocelulose), % base madeira	69 - 72	70 - 75	70 - 72
Pentosanas, % base madeira	12,5 - 16	17 - 19	17 - 21
Glucanas (principalmente celulose)	45 - 55	45 - 55	45 - 55

Espécie	*E.urograndis*	*E.globulus*	*E.nitens*
Xilanas, % base madeira	10 - 14	14 – 20	16 - 22
Grupos acetila, % base madeira	2 - 3	2,8 – 3,5	4 - 5
Ácido metil glucurônico, % base madeira	2,5 – 4,2	2,5 – 4,5	3,5 - 4
Arabinanas	0,4 – 0,7	0,4 – 0,7	n.d.
Galactanas, % base madeira	1,2 – 2,1	1,5 - 2	n.d.

Espécie	*E.urograndis*	*E.globulus*	*E.nitens*
Mananas, % base madeira	1 – 2,5	1,1 – 2,5	n.d.
Hemiceluloses totais, % base madeira	18 - 24	23 - 28	27 - 33
Cinzas minerais, % base madeira	0,2 – 0,5	0,3 – 0,7	0,2 – 0,6

Pinus: madeiras e madeiras

Extrativos totais: 2 a 6%

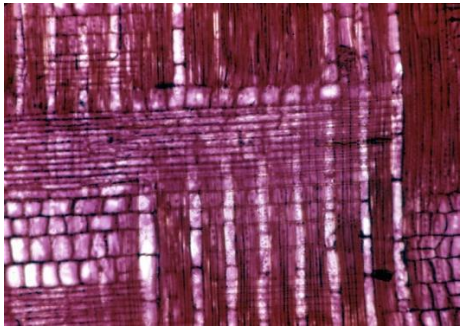
Lignina total: 28 a 32%

Holocelulose: 65 – 70%

Hemiceluloses: 22 a 25%

Celulose: 40 – 44%

Cinzas: 0,2 a 1%



Tema nº 03:

A Variabilidade da Madeira

Todas as madeiras são necessariamente variadas em suas propriedades e a primeira causa dessa variabilidade é a distribuição diferenciada dos seus componentes anatômicos em três seções: Transversal, Radial e Longitudinal Axial

Esse tipo de distribuição afeta:

- **Permeabilidade**
- **Retratibilidade/Contração**
- **Inchamento**
- **Fluxos de gases e líquidos**
- **Colapsabilidade**
- **Porosidade ... etc.**
- **Resistências**

Causas de variabilidade da qualidade da madeira:

- **Dimensões e tipos de constituintes anatômicos**
- **Processo de formação da madeira em função da maturidade do câmbio (tipos de células, distribuição e composição química causada pelo metabolismo da árvore, etc.)**
- **Espécie**
- **Idade da árvore (infantil, juvenil, madura, senescente)**
- **Formação do cerne e distinção do mesmo em relação ao alburno**

- **Posição da madeira na árvore (na dimensão altura, no raio, em componentes distintos da biomassa, etc.)**

- **Ritmo de crescimento (produtividade)**

- **Condições climáticas e edáficas favoráveis ou adversas (região, solo, clima, etc.)**

- **Nível de melhoramento genético**

- **Tipo de propagação: clonal ou vegetativa e seminal**

- **Condições silviculturais que afetem a produtividade: fertilização, irrigação, adubação, etc.**

- **Ataque de pragas e doenças**

- **Formação de madeiras anormais: nós, madeira de reação, bolsas de resina em *Corymbia*, etc.**

- **Apodrecimento e ataques biológicos, mesmo na árvore viva**

- **Condições externas às árvores: resinagem, desbastes, incêndios, geadas, ventos, colheita, transporte, clima, tempo de estocagem, etc.**

Estocagem

Incêndios

Madeiras originadas de árvores atacadas por macacos

Madeiras apodrecidas devido ao ataque do cancro basal do eucalipto e cupins

Propriedades mais afetadas pela variabilidade intrínseca da madeira:

- **Densidade básica**
- **Densidade aparente**
- **Teor de umidade**
- **Porosidade e permeabilidade**
- **Contração, inchamento, histerese**
- **Comprimento da fibra**

- **Espessura da parede celular e todas as propriedades a ela relacionadas (fração parede, índice de flexibilidade, índice de Runkel, peso da fibra, resistência da fibra individual, ângulo fibrilar, etc.)**

- **Composição química em termos de teor de lignina, tipo de lignina (relação siringila/guaiacila), teor e tipo de hemiceluloses, teor de extrativos, teor de cinzas, etc.**

- **Poder calorífico**

- **Trabalhabilidade e maquinabilidade**

- **Tensões de crescimento (rachaduras, fendilhamentos, etc.)**

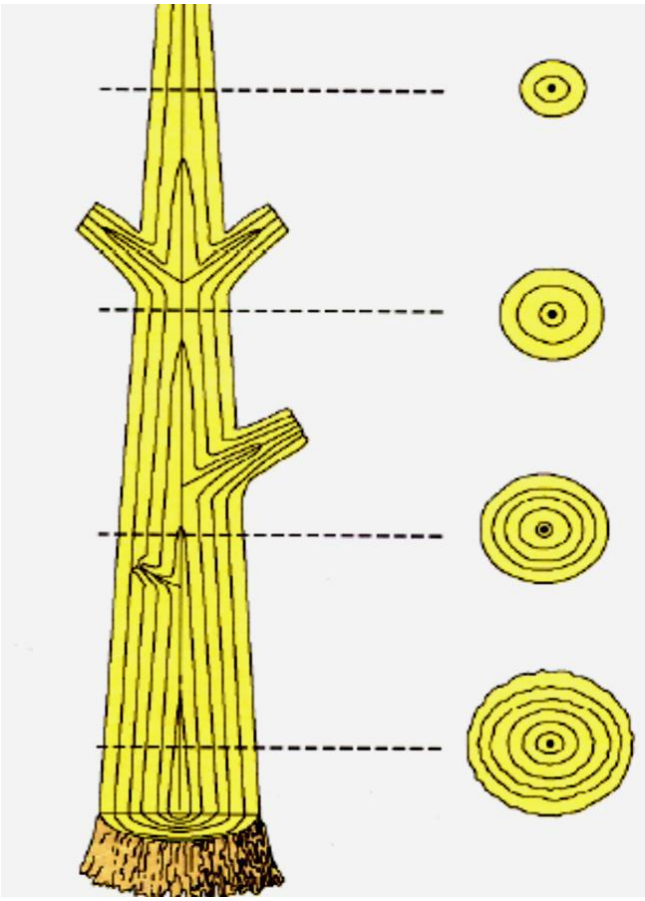
3.1 Casos de Variabilidade em *Eucalyptus*

- **Espécies com madeiras mais densas** (***Eucalyptus globulus, Eucalyptus urophylla, Corymbia torelliana*, etc.) e de madeiras mais leves (*Eucalyptus grandis, Eucalyptus nitens,* etc.)**

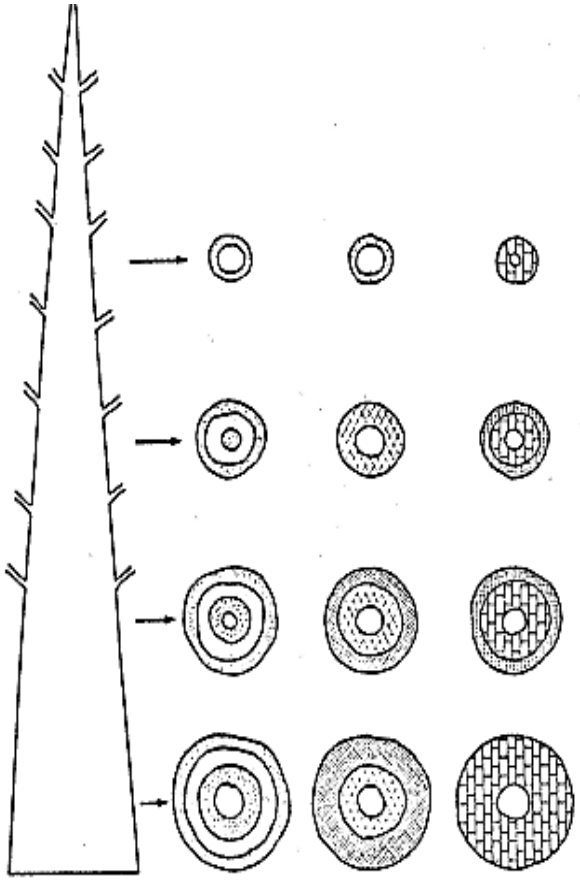
- **Idade – Conforme a árvore envelhece ela forma madeiras mais densas, com maior comprimento de fibra, maior fração parede, menor teor de lignina e maiores teores de extrativos, dentre outros efeitos**

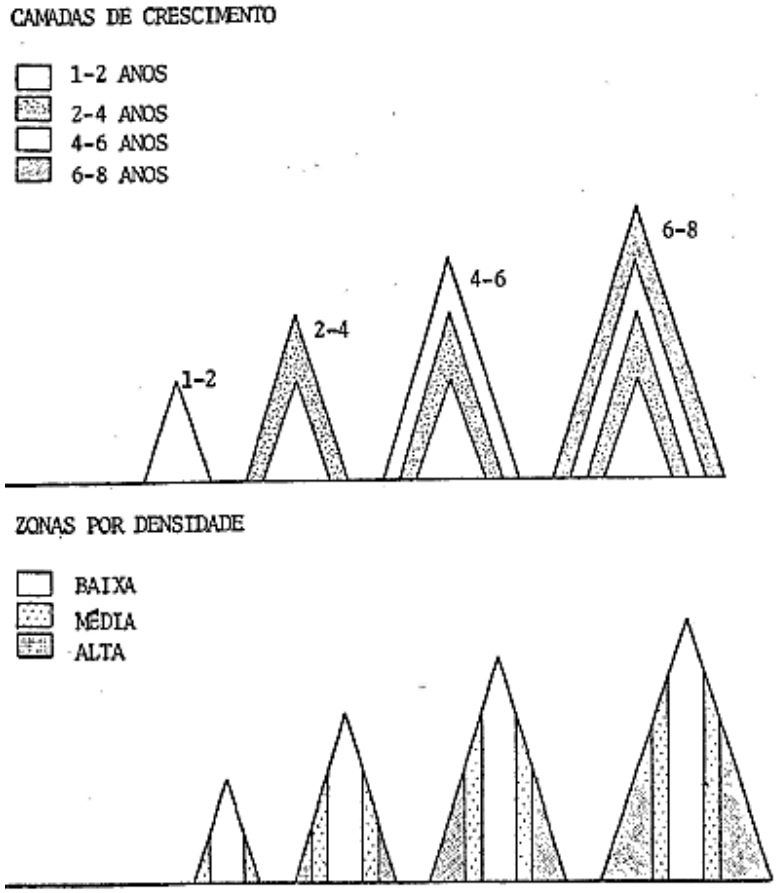
- **Clones - são mais uniformes em termos de qualidade da madeira, mas não significa que o mesmo genoma vai resultar em árvores todas iguais**
  A variabilidade continua a existir, mas é menor
  Clones diferentes podem ter madeiras bem diferentes, mesmo sendo originados da mesma espécie

- **Variabilidade ao longo do fuste (na altura da árvore)**



Ao se usarem as toras inferiores para serraria estaremos alterando a idade fisiológica da madeira que abastece a fábrica de celulose




CAMADAS DE CRESCIMENTO
1-2 ANOS
2-4 ANOS
4-6 ANOS
6-8 ANOS
1-2
2-4
4-6
6-8
ZONAS POR DENSIDADE
BAIXA
MÉDIA
ALTA

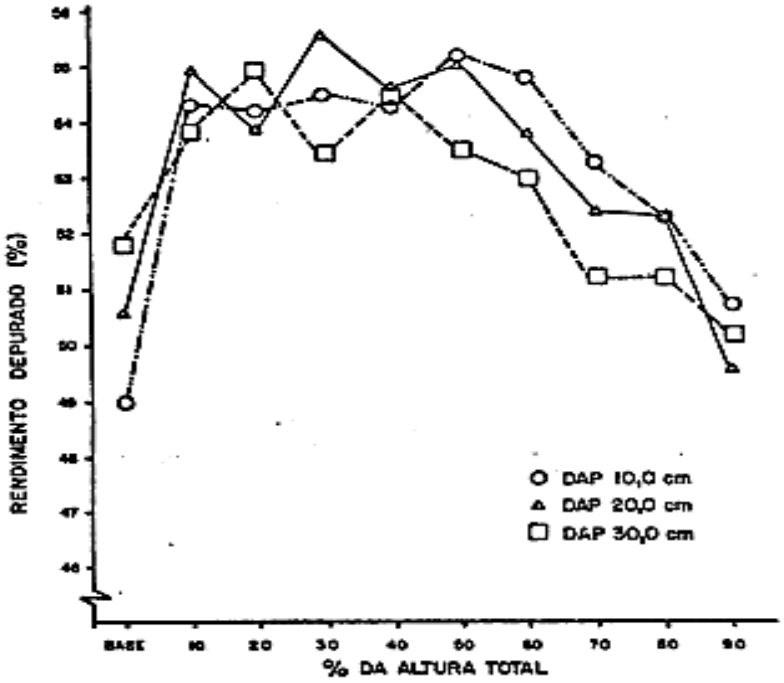


FIGURA 8. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado para *E. grandis* em Cozimentos com 14,0 % de Na_2O ativo.

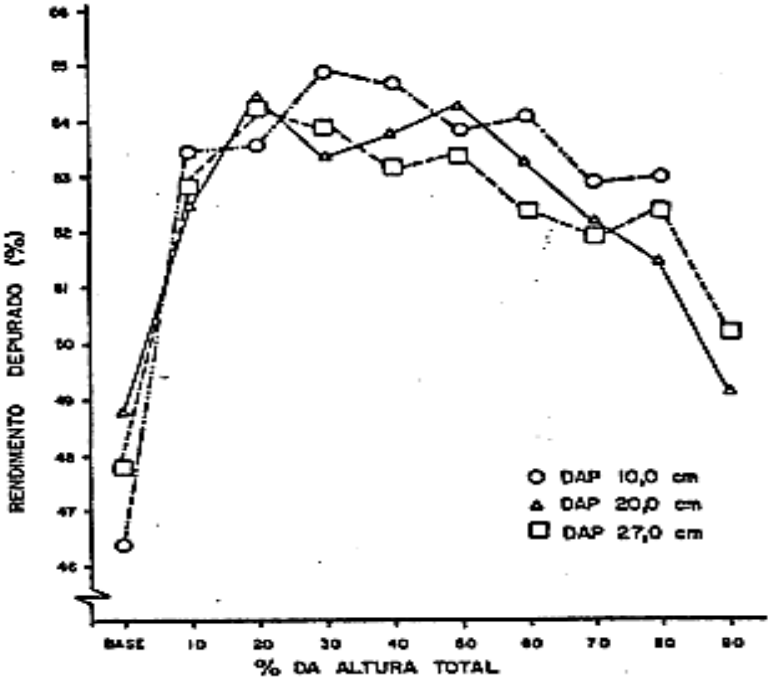


FIGURA 9. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado para *E. saligna* em Cozimentos com 14,0 % de Na_2O ativo.

36

Fonte: Vail Manfredi, 1985
http://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1985_Variacao_Rendimento_Celulose_Tronco.pdf

- **Variabilidade da densidade básica da árvore (altura/diâmetro)**

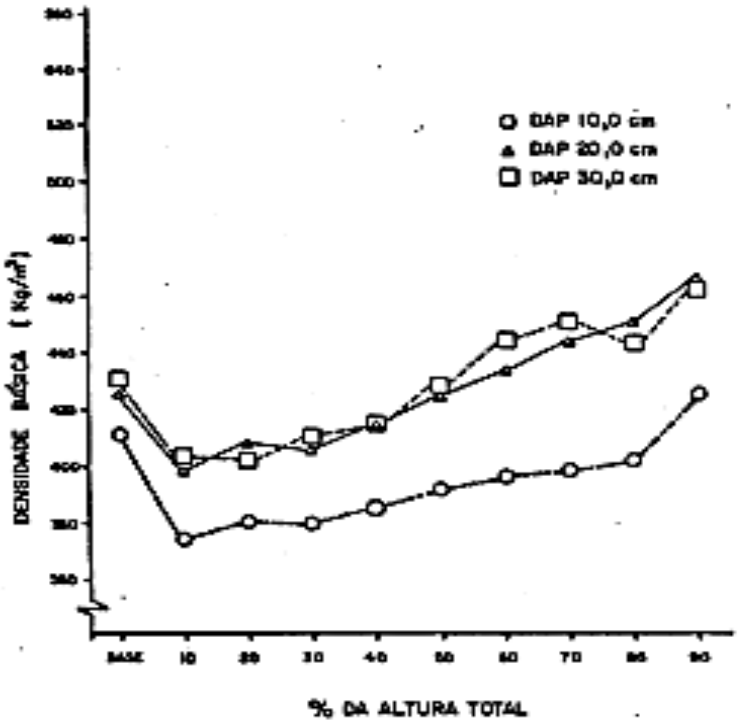


FIGURA 2. Variação Longitudinal da Densidade Básica para o *E. grandis*.

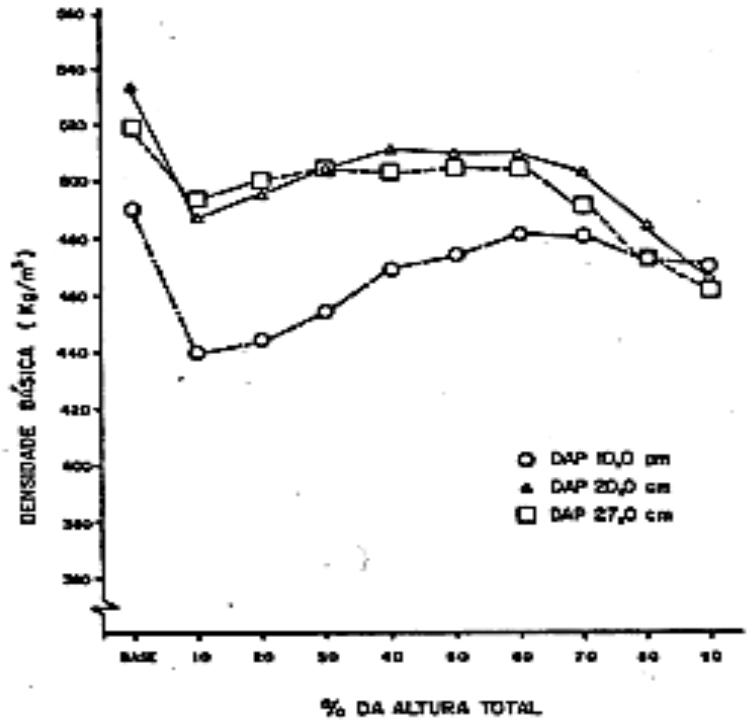
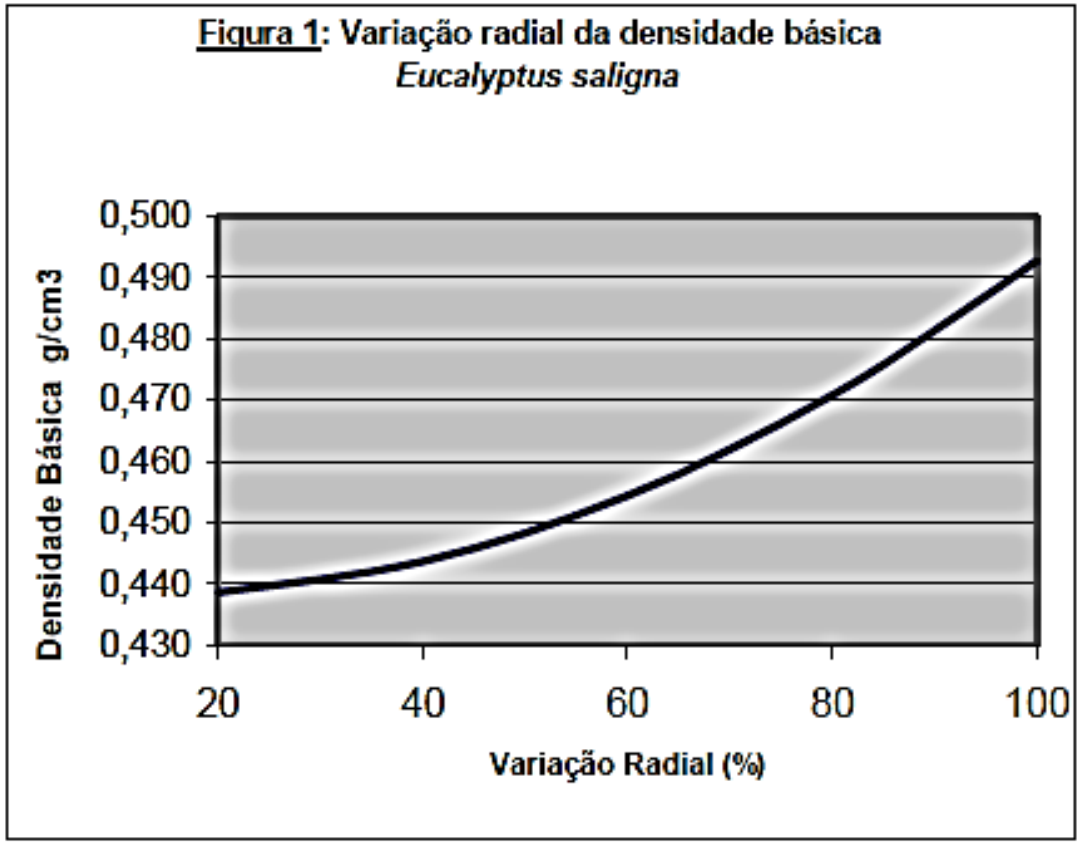


FIGURA 3. Variação Longitudinal da Densidade Básica para o *E. saligna*.

Fonte: Vail Manfredi, 1985 - http://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1985_Variacao_Rendimento_Celulose_Tronco.pdf



Fonte: Lazaretti et all, 2003
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202003b.pdf

- **Distinguindo cerne e alburno**

Cerne rico em extrativos, menor pH, porém densidade básica menor que para o alburno em árvores mais jovens, como o caso dos eucaliptos para produção de celulose

Lenhos inicial e tardio não tão característicos em *Eucalyptus*

3.2 Casos de Variabilidade em *Pinus*

- **Espécies com madeiras mais densas e outras mais leves**

- **Espécies ricas em resinas (*Pinus elliottii* e *Pinus oocarpa*) e outras com mais baixo teor de extrativos (*Pinus taeda* e *Pinus radiata*)**

- **Idade – Conforme a árvore envelhece ela forma madeiras mais densas, com maior comprimento de fibra, maior fração parede, menor teor de lignina e maiores teores de extrativos, dentre outros efeitos.**

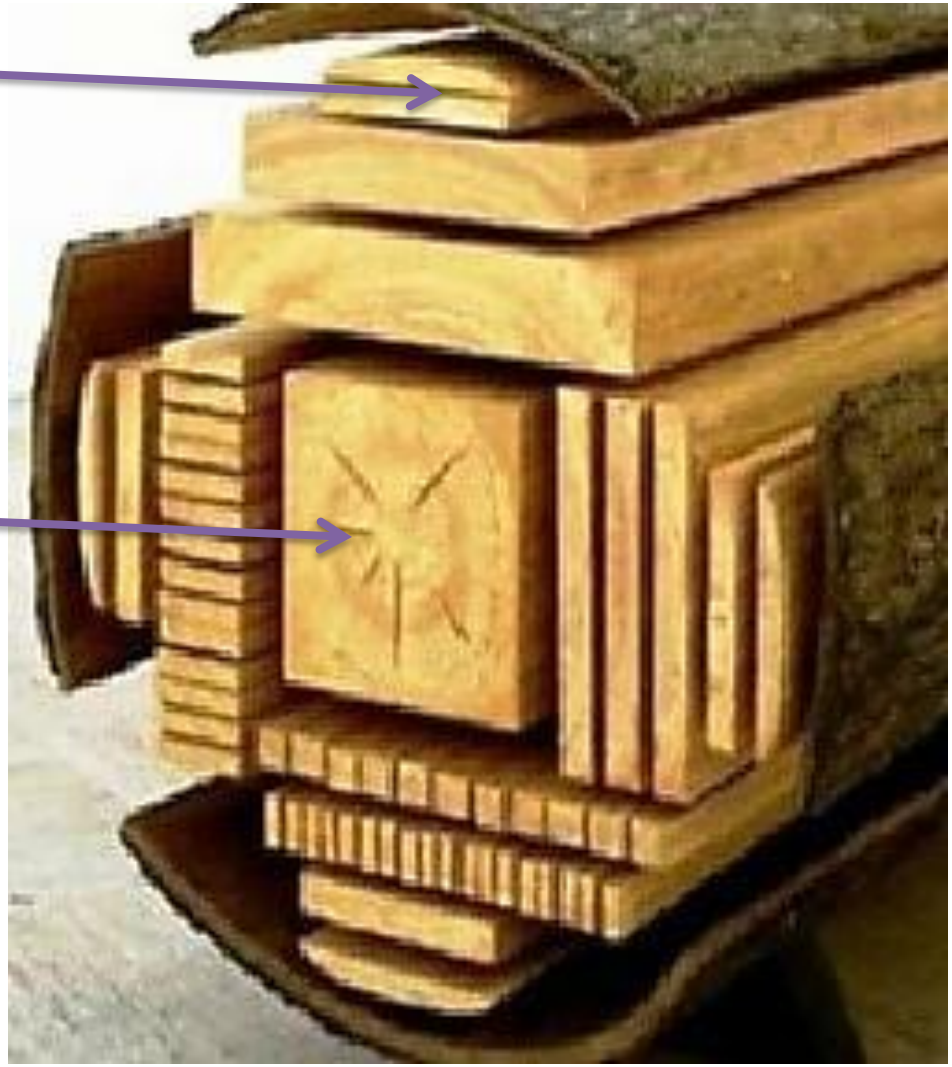
- **Clones - são mais uniformes em termos de qualidade da madeira, mas não significa que o mesmo genoma vai resultar em árvores todas iguais.**

- **Enorme influência da relação lenho inicial e lenho tardio**

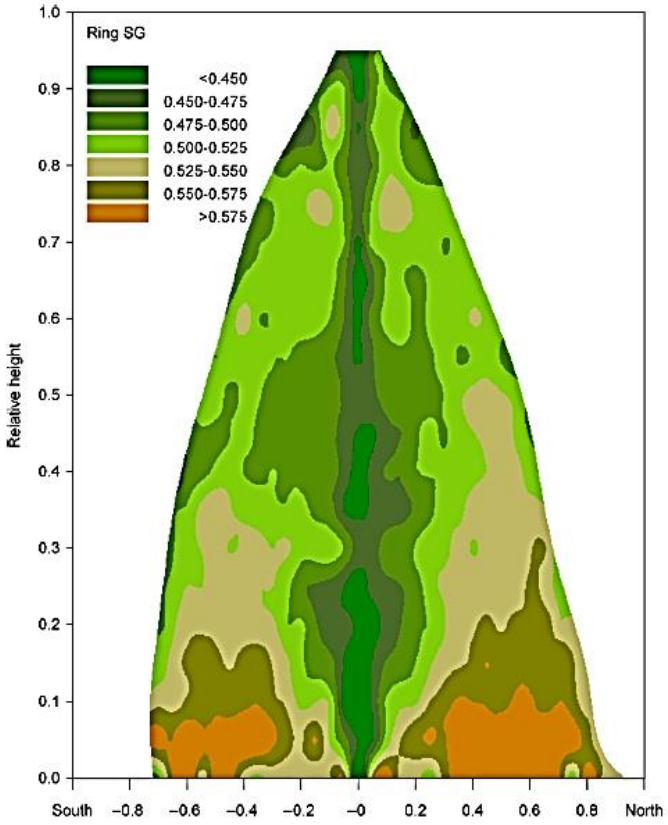
Um dos critérios para seleção de madeiras para serraria costuma ser o "número de anéis de crescimento" por polegada no sentido transversal

Costaneiras

Madeira Juvenil

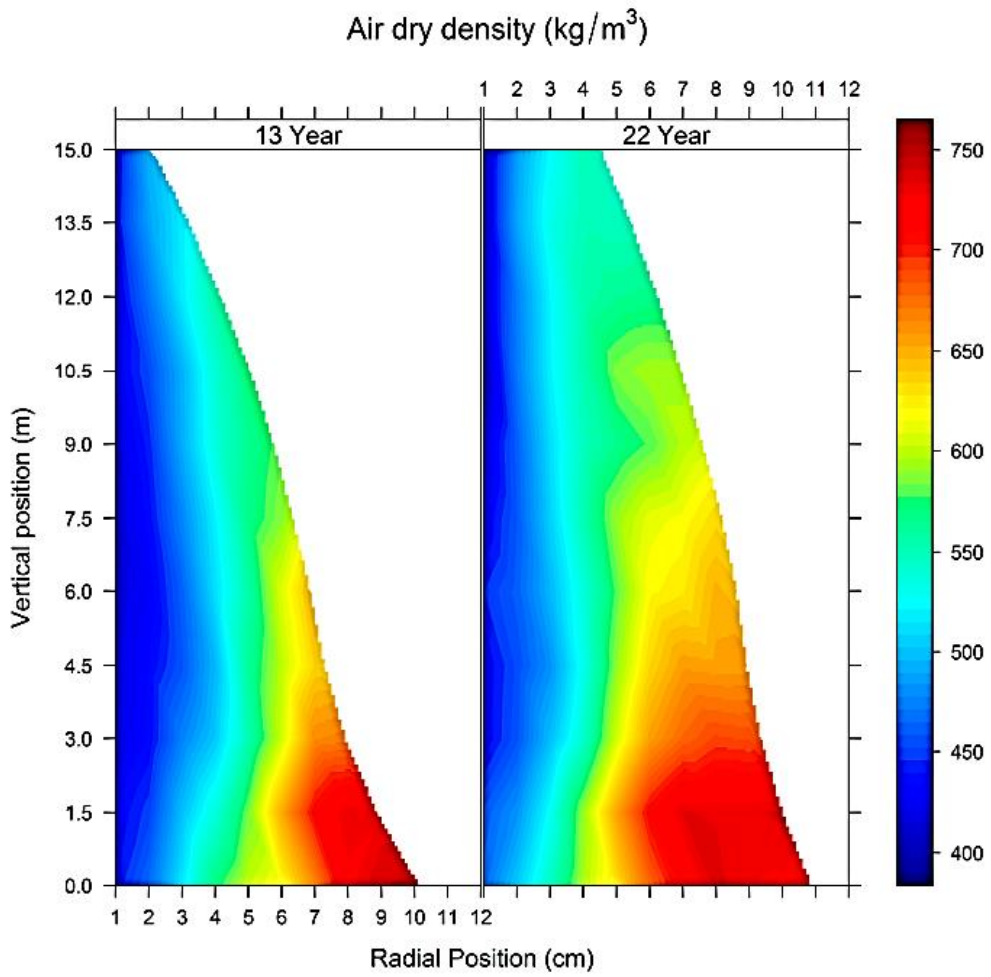


Variabilidade ao longo do fuste (na altura da árvore)



Variabilidade da densidade da madeira de *Pinus palustris* em estágio de maturidade fisiológica

Fonte: Eberhardt et all, 2019 (Mapas utilizando densitometria de raio-X)
https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/2825



Variabilidade da densidade da madeira de *Pinus taeda* em estágio de maturidade para uso industrial

Fonte: Schimleck et all, 2018
https://www.mdpi.com/1999-4907/9/6/287/pdf

- **Variabilidade radial da madeira de *Pinus elliottii* em função do tipo de lenho**

Número do anel	Lenho inicial				Lenho tardio			
	Comprimento (mm)	Largura (μ)	Diâmetro do lúmen (μ)	Espessura da parede (μ)	Comprimento (mm)	Largura (μ)	Diâmetro do lúmen (μ)	Espessura da parede (μ)
1	2,22	40,59	28,22	6,18	2,25	38,34	25,21	6,56
2	2,44	41,08	31,01	6,15	2,65	38,89	22,28	8,31
3	2,70	42,44	33,05	5,83	2,94	41,28	22,35	9,47
4	2,87	43,58	33,18	6,43	3,09	38,85	20,48	9,19
5	3,14	44,42	34,21	6,36	3,23	39,19	21,42	8,89
6	3,28	43,62	33,30	6,65	3,31	39,39	21,56	8,91
7	3,41	45,62	33,19	6,21	3,42	38,80	18,91	9,95
8	3,53	42,07	26,87	7,60	3,70	38,40	18,21	10,09
9	3,72	41,56	27,19	7,19	3,87	39,00	18,89	10,06
10	3,89	44,28	28,85	7,72	4,01	39,31	19,39	9,96
11	3,77	47,48	31,91	7,79	3,80	36,78	16,75	10,01
12	3,77	42,78	27,94	7,42	3,85	39,60	17,51	11,04
13	4,05	45,77	30,66	7,56	3,95	38,16	15,92	11,12

Dimensões das fibras em função do tipo de lenho

Fonte: Foelkel et all, 1975

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1975a%20%20variabilidade%20radial%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf

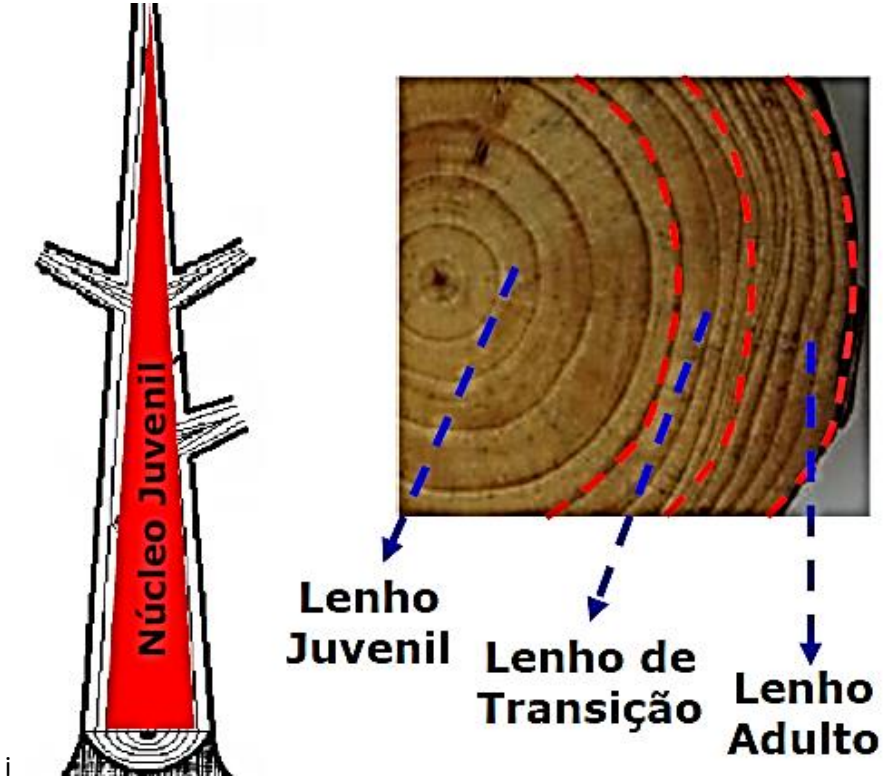
Quadro III: *Densidade básica (g/cm³) e teores de lenho inicial e lenho tardio (%).*

Número do anel	Densidade básica			Teor de lenhos			
	Geral (do anel)	Lenho inicial	Lenho tardio	em peso		em volume	
				Inicial	Tardio	Inicial	tardio
1	0,328	0,314	0,389	71,8	28,2	75,2	24,8
2	0,372	0,305	0,543	59,1	40,9	71,9	28,1
3	0,366	0,284	0,607	57,0	43,0	74,6	25,4
4	0,416	0,305	0,659	51,2	48,8	68,2	31,8
5	0,387	0,317	0,615	62,8	37,2	75,8	24,2
6	0,446	0,349	0,615	49,3	50,8	62,8	37,2
7	0,501	0,358	0,657	38,9	61,1	53,3	46,7
8	0,530	0,409	0,726	49,9	50,1	62,3	37,7
9	0,564	0,370	0,693	33,2	66,8	54,8	45,2
10	0,525	0,342	0,699	31,0	69,0	47,4	52,6
11	0,534	0,342	0,728	33,1	66,9	50,3	49,7
12	0,558	0,374	0,704	28,8	71,2	42,9	57,1
13	0,593	0,333	0,783	24,8	75,2	42,9	57,1

Densidade básica e proporção entre lenhos inicial e tardio

Fonte: Foelkel et all, 1975

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1975a%20%20variabilidade%20radial%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf



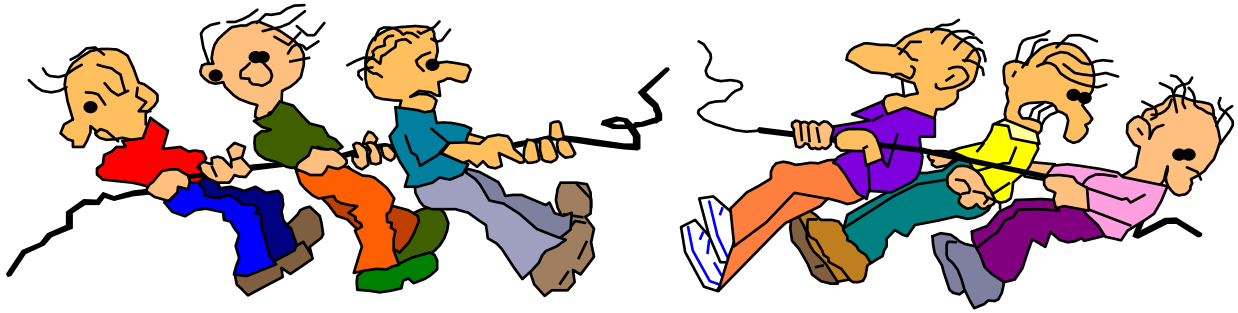
Fonte: Narciso & Simão, 2010
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Madeira_Pinus_taeda.pdf

Tema nº 04:
Conceituando Qualidade da Madeira

Qualidade = "Adequação ao uso"

"quando o produto ou matéria-prima for usado, geram-se os desejados benefícios aos sonhos do consumidor e não são trazidos pesadelos nessa utilização"

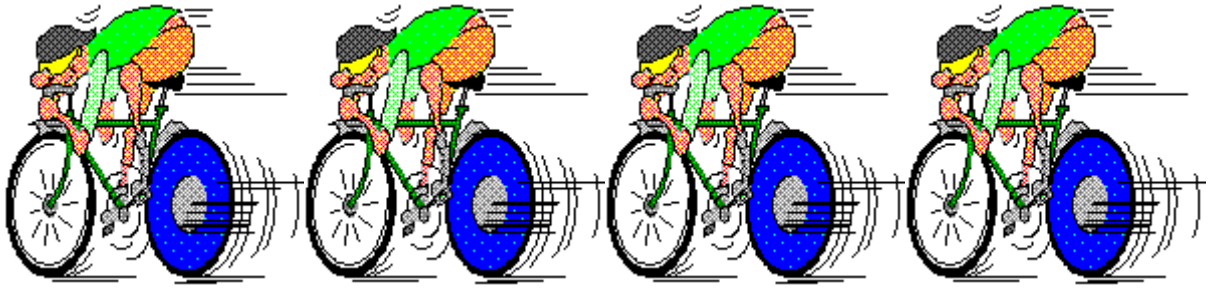
Cada fábrica tem suas próprias exigências em qualidade de madeira ou polpa, em função de seu processo e das necessidades de seus clientes



Não existe uma melhor qualidade duradoura para a madeira e tampouco existe uma madeira que sirva para tudo, ou uma "madeira universal"

Desenvolver qualidade de madeira é um processo sem fim...

A qualidade da madeira é expressa por avaliações feitas em amostras colhidas e testadas em laboratório



O usuário quer na verdade que essa madeira desempenhe bem em seu processo, dando rendimentos, consumos, custos e atendimento dos desejos dele e de seus clientes

Em geral, as amostras e os testes em madeiras são quase sempre realizados na "porção boa" da madeira, isso quer dizer: isenta de nós, de podridão, de madeiras anormais, etc.

Isso não é a "real life"

Sabe-se pouco sobre quais são os fatores que comandam a formação da "madeira ideal" e de suas propriedades

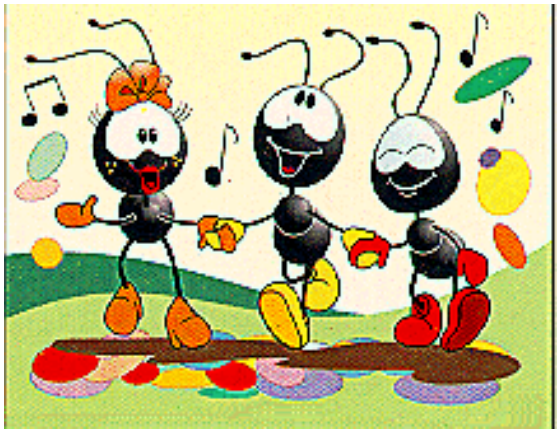
Por exemplo: As árvores não possuem genes para produzir densidade da madeira; essa propriedade é consequência de genes que governam a composição química e a anatomia que a árvore deseja produzir em suas madeiras

Finalmente, uma única propriedade não pode ser considerada como expressão da qualidade da madeira

Exemplo: Madeiras com mesmíssima densidade básica podem ser completamente diferentes em desempenho, caso tenham teores de lignina e de extrativos diferentes em sua composição química

As propriedades a avaliar devem ser tais que tragam felicidades a todos os elos da cadeia de suprimento.

Também não devem ser muitas as propriedades a serem avaliadas, pois quanto mais forem os tipos de análises, mais complicado fica tomar decisões e ter chances de atender a todas elas ao mesmo tempo



A Engenharia da Qualidade da Madeira pode ser conseguida através de:

- **Controle genético**
- **Controle silvicultural**
- **Controle nas operações florestais e industriais para não se perder o que foi duramente conquistado pelas árvores**

- **Respeito às árvores, às toras, aos cavacos, às polpas, aos papéis e a todos os usuários finais e intermediários dessas redes de valor**

- **As florestas não podem ficar com toda a responsabilidade de produzir qualidade para toda essa rede**

Tema nº 05:

Madeira – Mudança da quantidade e da qualidade da madeira entre a floresta e o digestor

A grande verdade é que a madeira das árvores nas florestas não é mais igual em qualidade àquela madeira recebida pelo digestor na forma de cavacos

Existem mudanças que podem ser significativas entre a quantidade e a qualidade das madeiras nas árvores em pé, nas toras que chegam nas fábricas e nos cavacos alimentados ao digestor

Isso tem impacto econômico e no planejamento da Rede de Suprimento

5.1 Razões para variações na quantidade e qualidade da madeira

→ **Existem perdas significativas da madeira do tronco das árvores na Colheita Florestal que podem variar entre 2 a 4% do volume comercial disponível na floresta**

DEERE

→ **Madeira na árvore está saturada em água e na madeira na fábrica sofreu secagem parcial – Contração do volume pode variar entre 3 a 6% até 45 a 60 dias de secagem na floresta – Mais dias, maiores níveis de contração**

→ **A madeira sofre deterioração biológica que reduz seu peso e altera a composição química, em especial de extrativos e hemiceluloses – Perda de peso seco de 2 a 5% em 30 a 60 dias – Mais dias, maior perda de peso**

Fungos apodrecedores e manchadores em ação

→ **A madeira sofre grande perda de umidade, que reduz seu peso úmido – Perda de umidade varia de um início no pós-corte com 50 a 65% e ao final com 30 a 40% em 60 a 90 dias**

Toras com casca	Umidade
Umidade na Colheita	50 a 65%
Umidade após 30 dias	40 a 50%
Umidade após 60 dias	35 a 40%
Umidade após 90 dias	30 a 35%
Umidade após 120 dias	20 a 30%

Redução de peso na floresta traz vantagens nos transportes da madeira (toras e cavacos) e desvantagens por deterioração, entrada de ar na madeira e maior gasto energético para produção de cavacos

→ **Madeira tanto como tora como cavacos ao ser processada e transportada acaba por se contaminar**

ISSO DEPENDE MUITO DAS PESSOAS E DAS TECNOLOGIAS SENDO UTILIZADAS

5.2. Consequências das variações na qualidade da madeira: Da floresta até a celulose produzida pelos digestores

A variabilidade da madeira afeta uma grande listagem de operações nas fábricas e nas florestas:

- **Quantidade de carga de madeira por caminhões (função da umidade)**
- **Energia nos picadores para converter as toras em cavacos (função da umidade e da densidade)**
- **Dimensões dos cavacos (espessura, comprimento, serragem)**

- **Carga alimentada nos digestores (função da densidade dos cavacos)**

- **Consumo específico de madeira por tonelada de celulose (função do rendimento da polpação e da densidade da madeira)**

- **Rendimentos bruto e depurado da polpação**

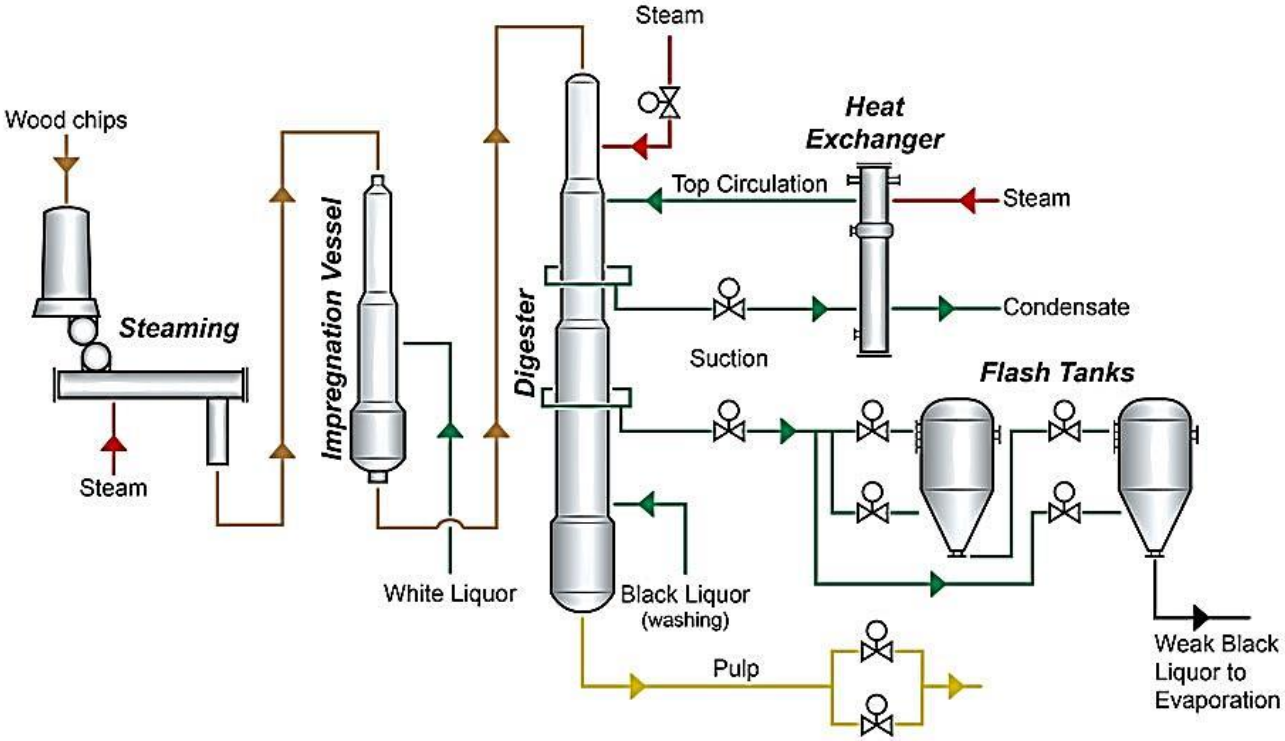
- **Teor de rejeitos do cozimento**

- **Fator H ("energia gasta para a polpação")**

- **Carga alcalina para polpação (consumo químico para individualizar as fibras)**

- **Teor de sólidos secos (orgânicos e inorgânicos) no licor preto encaminhado para recuperação**
- **Número kappa e viscosidade da celulose**
- **Extrativos e resinas nas polpas produzidas ("pitch")**
- **Contaminações com elementos não processuais, areia, etc.**
- **Branqueabilidade e reversão da alvura**
- **Resistências das polpas**
- **Volume específico, porosidade das folhas de celulose ou papel**
- **Etc., etc., etc.**

Tema nº 06:
Fundamentos do processo kraft de polpação



Fonte da Figura:
https://naf.se/applications/chemical-pulping/fiberline/cooking/continuous-digester/

Processo kraft foi descoberto e patenteado pelo alemão Carl Dahl entre 1879 e 1884, quando se diz que acidentalmente foi utilizado sulfato de sódio ao invés de soda cáustica para reposição de sódio no processo soda de polpação da madeira

Da mesma forma que todos os processos químicos de polpação, ele se baseia na dissolução e remoção dos compostos da madeira que cimentam os elementos anatômicos entre si

Para isso acontecer, todos os elementos anatômicos da madeira precisam tomar contato com esses reagentes de polpação e deslignificação

O primeiro passo para se conseguir a entrada desse licor na madeira é aumentar a superfície de contato da madeira com o licor. Isso é conseguido pela transformação das toras de madeira em cavacos.

Processo Kraft tem sido o mais versátil e eficiente mecanismo de polpação da madeira, em função de:

- **Versatilidade - Aplicável a inúmeras matérias-primas, desde madeira até palhas, bagaço de cana, etc.**

- **Processo alcalino com alta eficiência energética, pois os componentes dissolvidos da madeira se convertem em biocombustíveis**

- **Permite recuperação em mais de 95% dos reagentes químicos alcalinos da polpação**

- **Rápida e eficiente despolimerização e dissolução alcalina da lignina**

- **A relativa estabilidade da substância celulose gerando fibras de boa qualidade**

- **A fácil degradação dos extrativos da madeira**

- **A possibilidade de se adotar processos de deslignificação modificados e extendidos, tanto em digestores contínuos, como em descontínuos - tipo "batch"**

- **A excelente qualidade da polpa produzida, o que lhe favorece muitas aplicações**

- **A relativamente fácil e tecnologicamente viável branqueabilidade da polpa não branqueada, sendo possível levá-la a altíssimos graus de alvura**

Tem sofrido evolução considerável em aperfeiçoamentos para melhores desempenhos

Tais como:

- » **Divisão da carga alcalina, aplicada de maneira fracionada**
- » **Lavagem interna nos digestores**
- » **Troca de filtrados**
- » **Controle das concentrações de álcali ativo e de sólidos orgânicos nos licores para facilitar difusão e migração dos reagentes químicos e sólidos orgânicos dissolvidos**
- » **Recuperação de vapores e gases liberados nas descargas**
- » **Tempos mais longos de cozimento e a mais baixas temperaturas**

» **Pré-impregnação dos cavacos antes da fase de deslignifição "bulk" ser atingida**

DESVANTAGENS

- **Rendimento da conversão da madeira a polpa não é alto devido ao ataque aos carboidratos pelo licor de cozimento, fortemente alcalino**

- **As hidroxilas (OH^-) atacam os carboidratos da parede celular do vegetal, fragmentando-os, despolimerizando-os e solubilizando-os**

- **A tecnologia é capital intensiva e depende claramente da economia de escala**

- **O odor gerado no processamento ainda não está completamente solucionado**

- **As limitações na etapa de recuperação do licor são sempre obstáculos para o crescimento de produção em fábricas já instaladas.**

Os pesquisadores estão em constante busca de prevenir a remoção e degradação de carboidratos: surfactantes, antraquinonas, boridreto, polisulfetos, etc.

Com isso, aumentariam a efetividade e a seletividade da polpação kraft

Fases da polpação

→ **Impregnação dos cavacos** a mais baixas temperaturas (105 a 125ºC), mas que já consome cerca de 20 a 25% do álcali efetivo em reações de neutralização dos grupos ácidos da madeira (grupos acetila e grupos urônicos). O consumo é basicamente de soda cáustica.

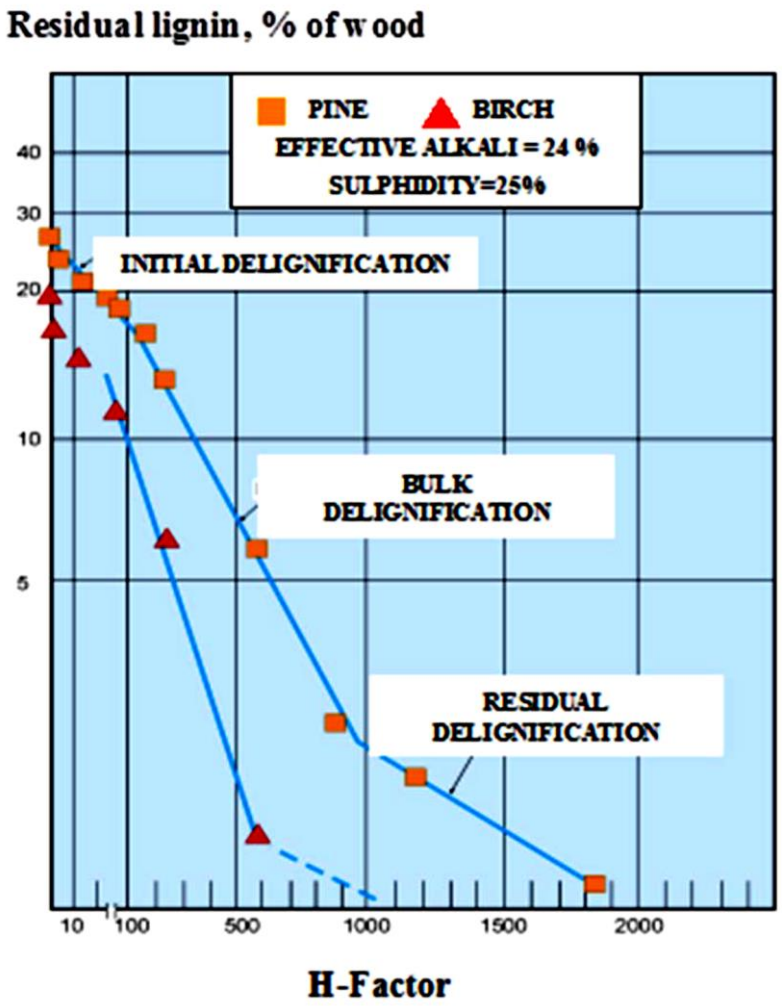
→ **Aumento da temperatura** até se atingir a temperatura de máxima velocidade de remoção de lignina (”bulk delignification” ou deslignificação principal). Nessa fase de aumento de temperatura até se consomem adicionais 20 a 30% do álcali efetivo para degradar carboidratos, extrativos e alguma lignina.

Portanto, só para impregnar os cavacos e para elevar a temperatura dos mesmos até a temperatura inicial de deslignificação massiva ou principal da lignina (145ºC), já se consomem cerca de 45 - 50% do álcali efetivo e se removem cerca de 25% do peso seco da madeira

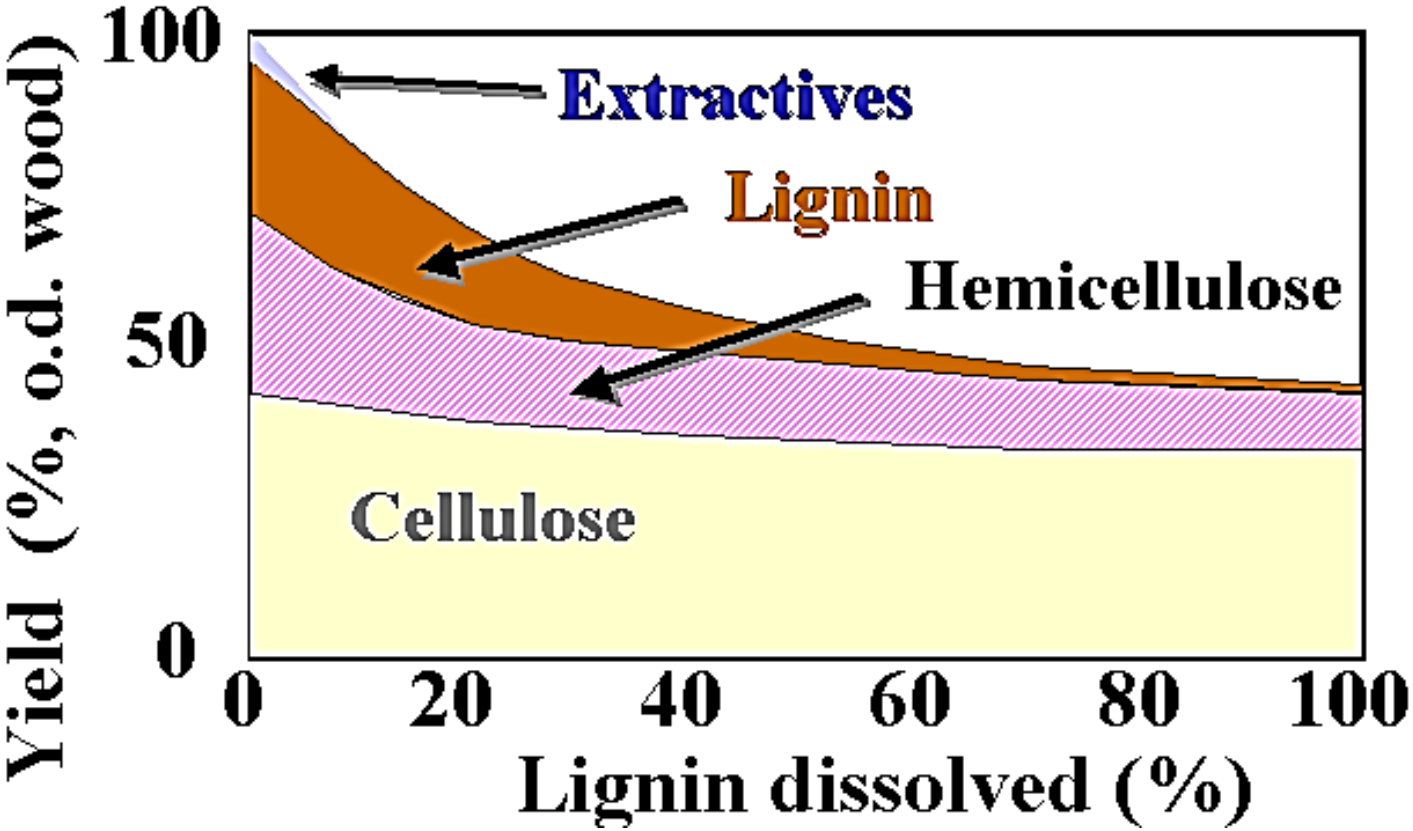
→ **Fase de deslignificação principal ou massiva ("bulk delignification"), que corresponde ao início do que se chama de tempo de cozimento na máxima temperatura. Aqui se dá a maior remoção de lignina da madeira.**

→ **Fase de deslignificação residual (final), que se caracteriza por baixa remoção de lignina dos cavacos, mas que é necessária para permitir a mais fácil individualização das fibras**

Ajuda também a tornar mais fácil o branqueamento das polpas

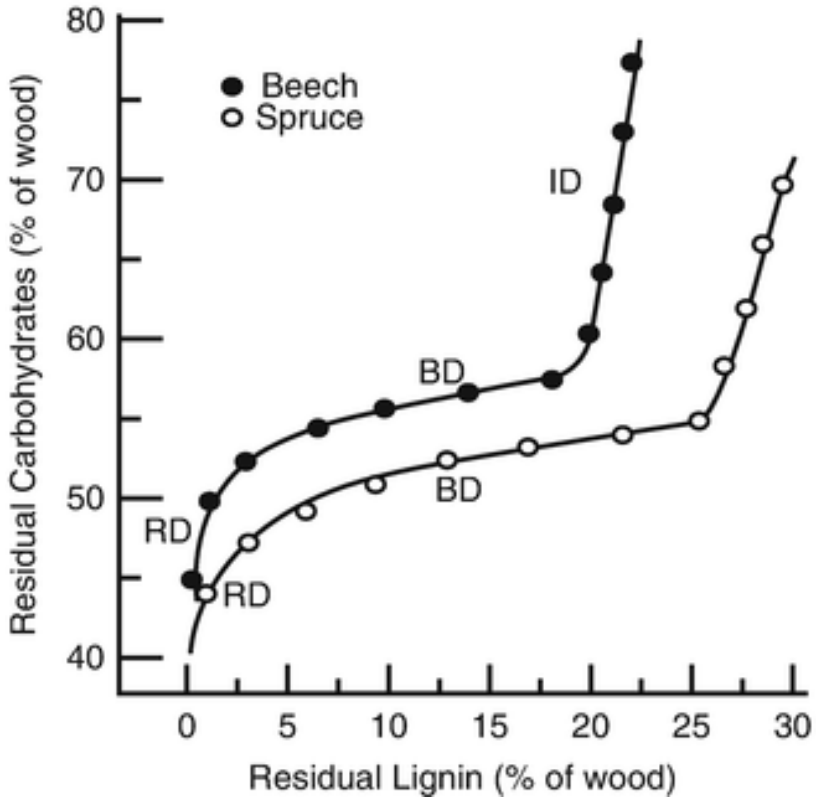


Fonte da Figura:
https://www.tecnicelpa.com/files/20170607_VitorLucas.pdf



Fonte da Figura:
https://projects.ncsu.edu/project/hubbepaperchem/KRFT.htm

O ritmo da deslignificação só deve ser intensificado quando os cavacos estiverem saturados com água+licores, pois as reações se tornam mais rápidas e os reagentes e sólidos orgânicos dissolvidos podem-se difundir melhor



Fonte da Figura:
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-52287-6_5

Inevitáveis perdas de hemiceluloses e de alguma percentagem da celulose por degradação alcalina das moléculas

As perdas de hemiceluloses são altas mesmo nas fases iniciais da polpação

As glucomananas das madeiras de coníferas são mais degradadas que as xilanas de madeiras de folhosas, sendo que as xilanas se reprecipitam em parte no final da polpação, quando baixa o pH

A quantidade de álcali ativo ou efetivo consumido ao longo do processo vai depender de:

- **Madeira:** **em termos de sua constituição química, densidade básica, extrativos, etc.**

- **Dimensões e qualidade dos cavacos**

- **Qualidade da impregnação dos cavacos**

- **Temperatura máxima de cozimento (para baixas temperaturas em geral se demandam mais altas cargas alcalinas para evitar que o tempo de cozimento se torne demasiadamente longo. Uma desvantagem importante, pois representa mais investimentos no setor de preparação de licor branco)**

- **Grau de deslignificação almejado (número kappa objetivado)**

- **Interação entre as variáveis chave do processo (tempo, temperatura, Fator H, carga alcalina, sulfidez, etc.).**

O álcali é consumido por reações com:

- **Extrativos da madeira**
- **"Acidez" natural da madeira, causada pelos grupos ácidos das ramificações das hemiceluloses (acetilas e uronilas)**
- **Degradação das hemiceluloses por despolimerização da cadeia principal**
- **Despolimerização terminal das moléculas de celulose**
- **Degradação da lignina**

- **Reação de carbonatação das hidroxilas pela presença de moléculas de dióxido de carbono**

- **Adsorção às fibras da polpa**

Principais variáveis da polpação kraft e que podem ser afetadas pela qualidade da madeira:

» **Carga alcalina ($NaOH$; Na_2S; Na_2CO_3)**

» **Tempo de cozimento**

» **Temperatura de cozimento**

» **Fator H (relacionado à energia utilizada na polpação)**

» **Número kappa**

» **Viscosidade da celulose**

» **Rendimento de polpação**

» **Teor de rejeitos**

» **Sólidos secos dissolvidos (Orgânicos e Inorgânicos)**

» **Densidade dos cavacos (base seca na carga do digestor)**

» **Densidade dos cavacos (base úmida no interior do vaso de cozimento). Para permitir que os cavacos afundem na**

coluna do digestor os cavacos devem ter mais de 1,05 g/cm³ de densidade tal qual)

Hoje, acredita-se que:

- **Os cavacos devem estar o máximo possível impregnados antes de se elevar a temperatura para atingir a fase de deslignificação principal ou massiva**

- **As baixas temperaturas e a boa impregnação favorecem a etapa de "bulk delignification" e a seletividade da polpação. Boa seletividade significa alta deslignificação com baixa degradação de carboidratos. Pode ser medida tanto pela relação rendimento depurado/número kappa ou viscosidade da polpa/número kappa.**

- **A concentração alcalina deve ser mantida relativamente nivelada ao longo das diversas fases do cozimento. Isso se consegue fracionando as entradas de álcali no sistema.**

- **A concentração elevada de íons hidrosulfeto deve ser perseguida para prevenir a degradação mais intensa dos carboidratos, especialmente nas fases iniciais do cozimento. Em parte isso se consegue trabalhando com mais alta sulfidez e também pela impregnação dos cavacos com uso de licor preto contendo constituintes dissolvidos de madeira e alta concentração de íons HS^-**

- **As concentrações do íon hidroxila devem ser mantidas mais ou menos uniformes ao longo do cozimento, mas com uma concentração tal no licor que mantenha rápida a difusão desse íon para o interior dos cavacos pelo fenômeno de difusão**

- **As concentrações de íons sódio e de fragmentos de lignina dissolvidos no licor devem ser continuamente reduzidas por trocas de licor, para favorecer a migração de lignina fragmentada para fora dos cavacos ao longo do processo de cozimento**

- **A temperatura do cozimento, em todas as suas fases deve ser a mais baixa possível, sem prejudicar o tempo de cozimento e a produtividade, em função das dimensões dos equipamentos desenhados e em uso na fábrica**

Sistemas tecnológicos de polpação que buscam esses objetivos

- **"Compact Cooking"**
- **"Kobudo Mari"**
- **"Lo Solids"**
- **"Super Batch "**
- **"Rapid Displacement Heating (RDH)"**

POLPAÇÃO EUCALIPTO	Madeira eucalipto	Remoção início	Remoção cozimento	Residual na polpa
Grupos acetila	4	- 4	- 4	-
Grupos uronila	3	- 2	- 2,5	0,5
Xilanas	16	- 5,5	- 8	8
Outras hemiceluloses	4,5	- 3	- 3	1,5
Lignina	25	- 2	- 24,5	0,5
Celulose	44	- 2	- 4	40
Extrativos	3	- 1,5	- 2,9	0,1
Cinzas	0,5	-0,4	- 0,4	0,1
Total	100	- 20,4	- 49,3	50,7

Madeira	*E.globulus*	*E.urograndis*	*Pinus taeda*	Softwood Norte
Densidade básica	0,6	0,5	0,38	0,45
Teor Lignina	23	28	32	30
Número kappa	14 - 15	16 - 17	23 - 25	23 - 25
Rendimento polpação	56 - 57	51 - 54	43 - 45	44 - 46
Fator H	300 - 500	400 - 800	1000 - 1500	1000 - 1500
Carga Álcali Efetivo NaOH	15 - 16	17 - 20	23 - 24	22 - 25
Consumo específico m^3/odt UKP	~3	~3,7 – 3.8	~6	~5,0 – 5,5

Tema nº 07:
Topoquímica dos constituintes químicos da madeira

Uma madeira, para ser de boa qualidade para o processamento kraft, deve mostrar boa acessibilidade ao licor de cozimento. Acessibilidade é a facilidade que os cavacos vão oferecer para a penetração, difusão e reações do licor de cozimento no interior da mesma.

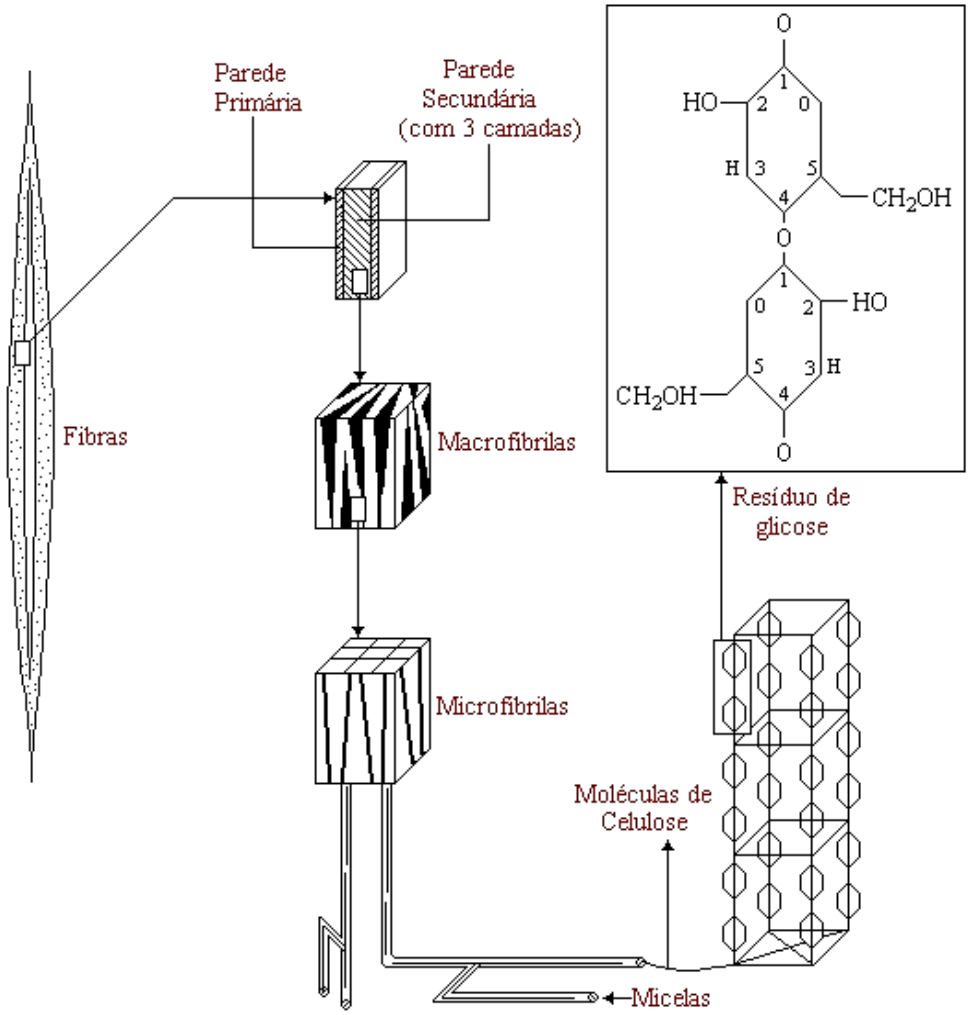
Sem a entrada do licor para dentro dos cavacos de madeira, não ocorrerão as reações químicas necessárias para a dissolução dos constituintes da madeira que unem as fibras umas às outras

Sem que ocorram essas reações em sua plenitude e nas doses corretas, sobrarão muitas regiões da madeira que não terão suas fibras individualizadas

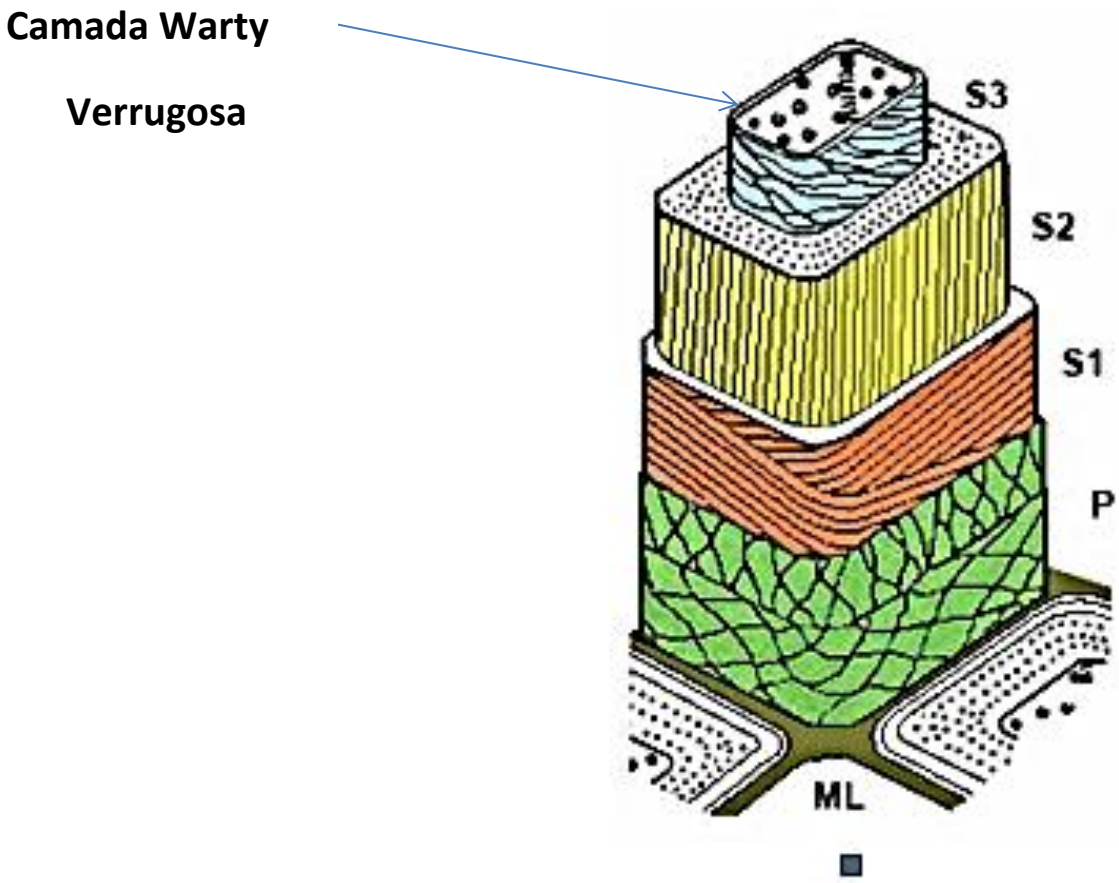
Por isso, além de se ter que conhecer as etapas da impregnação e entrada do licor de cozimento nos cavacos, há que se conhecer a TOPOQUÍMICA DOS CONSTITUINTES DA MADEIRA, ou seja, onde estão localizados os componentes químicos, sua concentração e distribuição

Conhecendo como a madeira está estruturada e como seus diversos constituintes se distribuem nas células, poderemos ter uma visão privilegiada do processo kraft para otimizar o mesmo

Bem diferente do que enxergar apenas cavacos, licores e indicadores como o número kappa e a viscosidade das polpas



Fonte da Imagem: Professor Umberto Klock, UFPR



Ultraestrutura da parede celular da fibra do xilema das árvores mostrando as camadas típicas que compõem a mesma

Fonte da Figura: Tiikkaja, 2007

As camadas diferem em espessura, composição e distribuição das microfibriilas de celulose

As dimensões mais usuais para as diferentes camadas das fibras de eucaliptos são as seguintes:

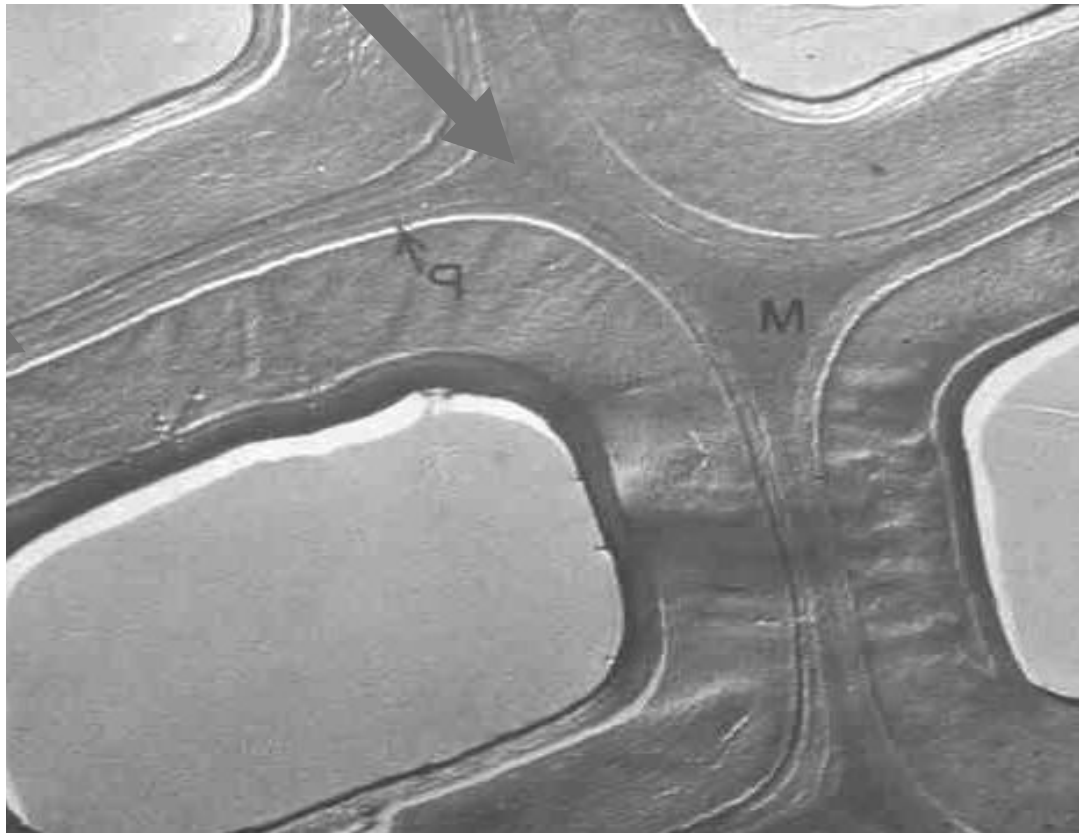
M+P - menor que 0,5 μm

S1 – aproximadamente 0,5 μm

S2 – entre 3 a 6 μm

S3 – cerca de 0,3 μm

W – irregular e fragmentada (extrativos depositados)



Paredes contíguas mostrando (M+P) com muito detalhe

Os resultados para análises de diferentes madeiras apontam o seguinte para a lamela média composta (M+P):

50 a 70% de concentração de lignina

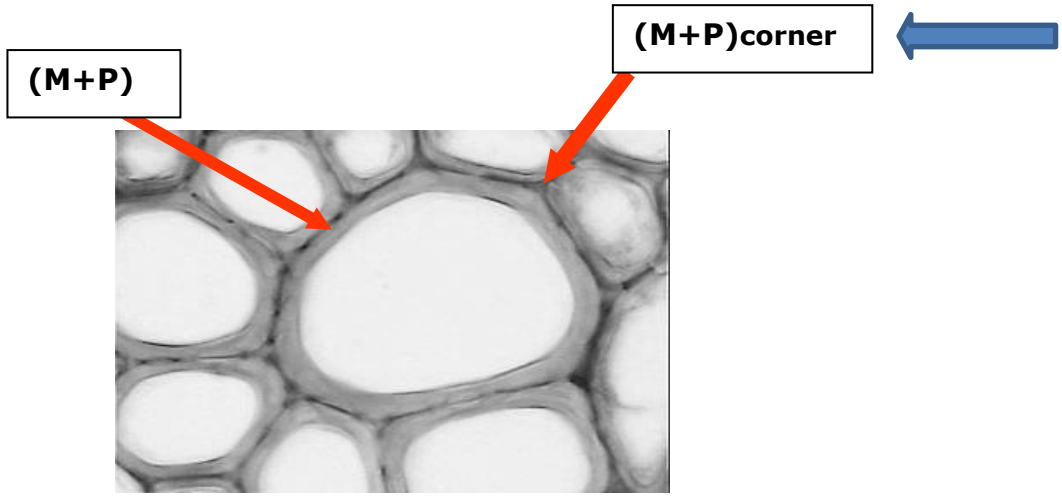
25 a 40% de concentração de carboidratos sendo a maior parte pentoses

2 - 5% de concentração de cinzas minerais

A Lamela Média não consegue conter mais do que uma limitada proporção da lignina da madeira, o restante está distribuída nas camadas das paredes secundária

A lamela média pura (M) não possui celulose em sua constituição, a lamela média composta (M+P) já a possui, embora em pequena percentagem

Em (M+P) se encontram ainda: proteínas, pectinas, xilanas, glucanas, mananas, galactanas, etc. A presença de cinzas minerais é também expressiva na lamela média composta.



Quase 100% de concentração de lignina

(M+P) representa entre 7 a 15% do volume sólido da fibra, variando para mais ou para menos dependendo da espessura total da parede celular

Distribuição aproximada da lignina total nas diversas camadas da fibra:

Lamela média (M) = 23 – 28%

Lamela Média Composta (Lamela Média+Primária) = 38 – 42%

S1 + S2 = 55 - 60%

S3 = 4 – 6%

Remoções de constituintes da madeira para 50% de rendimento na polpação kraft de uma madeira hipotética de eucalipto

- **2,38% correspondem a extrativos removidos;**
- **6,72% correspondem a lignina de (M+P);**
- **1,37% correspondem a lignina de S_3;**
- **16,41% correspondem a lignina de S_1 + S_2;**
- **3,62% correspondem a constituintes holocelulósicos e minerais de (M+P);**

- **5,47% correspondem a constituintes holocelulósicos e minerais de S_3;**

- **14,03% corresponde a constituintes holocelulósicos e minerais de S_1 + S_2.**

- **0,3% está sendo estimado como sendo a remoção somada dos minerais extraídos das diferentes paredes e células (incluídos nos valores anteriores).**

A relação de remoção entre lignina e carboidratos, calculada com base nesse nosso exemplo de polpação kraft seria:

1 grama de lignina para 0,90 – 0.95 gramas de holocelulose

Em geral para eucaliptos:

Para uma mesma espécie de madeira de eucalipto, a cada 1,2 a 1,5% de redução no teor de lignina, ganha-se cerca de 1% no rendimento da polpação

Além disso, consegue-se reduzir a carga de álcali ativo expresso como NaOH em 0,2 a 0,3% base madeira para essas reduções entre 1,2 a 1,5% de lignina

M+P é a última camada das células a ser acessada pelo licor de cozimento, pois o licor entra nas células pelos lúmens, atravessa as paredes verrugosa e secundária para só depois começar a deslignificar (M+P)

Enquanto o licor de cozimento trafega no sentido de buscar acessar (M+P) para dissolver a mesma e liberar as fibras, ele vai encontrando em contracorrente um fluxo de sólidos orgânicos dissolvidos das paredes já acessadas da fibra, enriquecendo-se assim de materiais orgânicos dissolvidos

Tema nº 08:
Madeiras - Principais parâmetros de qualidade para a etapa de polpação realizada pelo processo kraft

- **Densidade da madeira:**
  Madeiras de baixa densidade são volumosas e muitas vezes limitam a produção das fábricas, quando falta capacidade de alimentação de cavacos aos digestores

  A densidade também tem reflexos na impregnação dos cavacos pelos licores, no tempo de cozimento, nos consumos de álcali ativo, na geração de sólidos secos como licor preto, etc.

  Densidade da madeira afeta de forma significativa o consumo específico de madeira (m^3 madeira/t polpa)

A densidade da madeira também tem importantes relações com as características da celulose e dos tipos de papéis a que se destinam as fibras

Entre essas propriedades se destacam: população fibrosa e "coarseness", ambas vitais para os desempenhos das fibras

- **Teor de extrativos e resinas:**
  Extrativos e resinas são constituintes que não se convertem em fibras de celulose, sendo quase que totalmente dissolvidos nos processos de polpação

- **Teor de lignina:**

  As madeiras para produção de celulose podem conter entre 20 a 30% de lignina total em sua composição química

  A lignina dissolvida na polpação também irá necessariamente ser direcionada ao licor preto, aumentando a quantidade de sólidos secos a ser gerenciada nas fábricas, principalmente nas fábricas de celulose branqueada

  Para cada unidade em peso seco de lignina que se remove pelo processo kraft da madeira do eucalipto, estaremos removendo entre 0,8 a 1,2 unidades em peso de outros importantes constituintes da parede celular dessa madeira

A cada 1,2 a 1,5% de redução no teor de lignina na madeira, se pode ganhar cerca de 1% no rendimento da polpação

E se reduz a carga de álcali ativo expresso como NaOH em 0,2 a 0,3% base madeira para essas reduções entre 1,2 a 1,5% de lignina

- **Relação Siringila/Guaiacila na lignina:**
  Válido para madeiras de folhosas (Variável de 2,5 a 6).

  Relações mais altas (4 a 6) favorecem a deslignificação e oferecem maiores rendimentos de polpação base madeira inicial

- **Teor de hemiceluloses:**

O processo kraft convencional costuma dissolver aproximadamente 50% ou mais das hemiceluloses presentes na madeira

Madeiras de coníferas perdem mais hemiceluloses em função do tipo mais sensível ao álcali das mesmas (glucomananas)

Madeiras com baixos teores de lignina, como é o caso do *Eucalyptus globulus*, costumam apresentar maiores teores de hemiceluloses

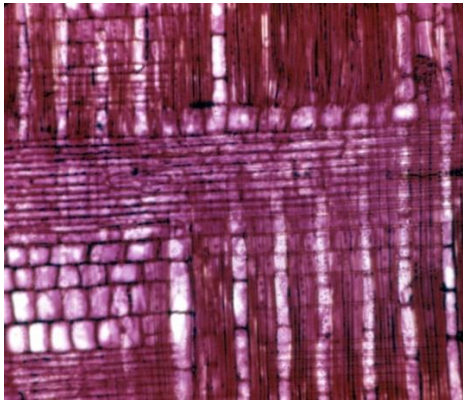
- **Porosidade e permeabilidade da madeira:**
  Basicamente afetadas pela densidade da madeira e pela presença de obstruções (tiloses ou resinas) nos elementos de vasos de folhosas e nos traqueídos de coníferas

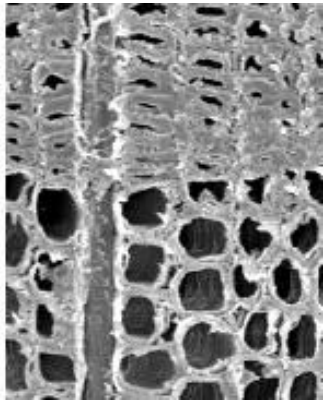
- **Dimensões e proporção dos elementos anatômicos da madeira:**
  Propriedades como diâmetro do lúmen e abundância de parênquimas e elementos de vasos podem favorecer a impregnação e difusão dos líquidos no interior dos cavacos

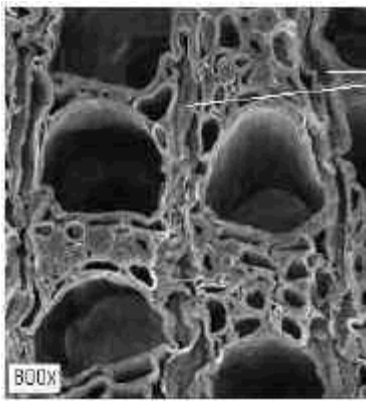
  Fração parede das fibras também interfere na impregnação dos cavacos

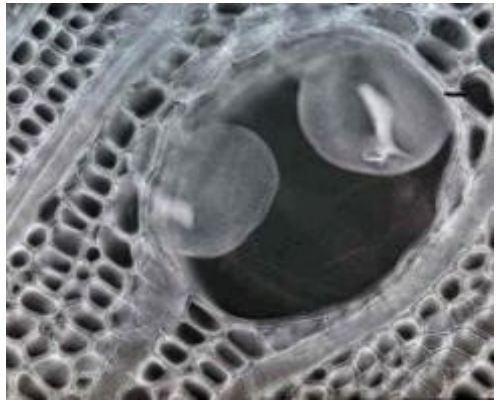
- **Relação entre lenho inicial/lenho tardio afeta impregnação e movimento de líquidos no interior dos cavacos**

Lenho tardio afeta penetração do licor pelo lúmen mais estreito, mas a sua madeira contém menor teor de lignina









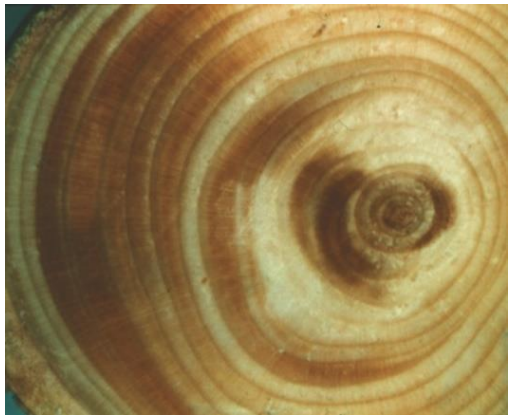
Fontes desejáveis de lenho tardio à alimentação dos digestores kraft para produtos papeleiros de embalagem

- **Teor de cinzas e de elementos não processuais (Mg, Mn, Fe, Zn, etc.):**
  Cinzas são materiais inertes inerentes ou não (contaminações) às madeiras e que precisam ser removidos nos processos

  Diversos de seus componentes afetam o processo de recuperação do licor, o branqueamento, a reversão de alvura, etc.

- **Presença de casca:**
  A casca da árvore é pouco fibrosa, consome muito álcali ativo, apresenta baixos rendimentos de polpação e gera mais sólidos no licor preto. Além disso, ocupa lugar que poderia ser ocupado pelos cavacos de madeira no interior do digestor.

- **Tipos inadequados de madeiras na alimentação do digestor:**

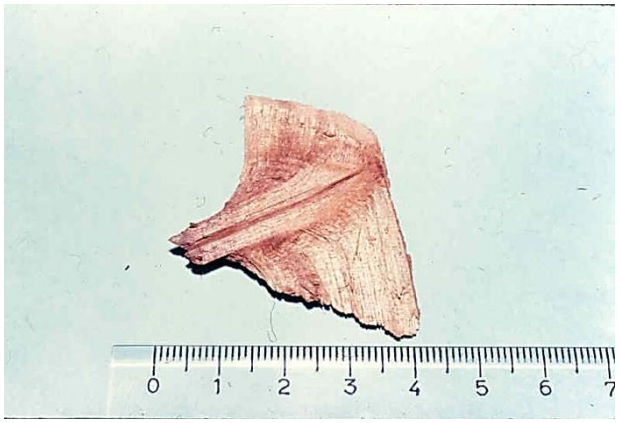


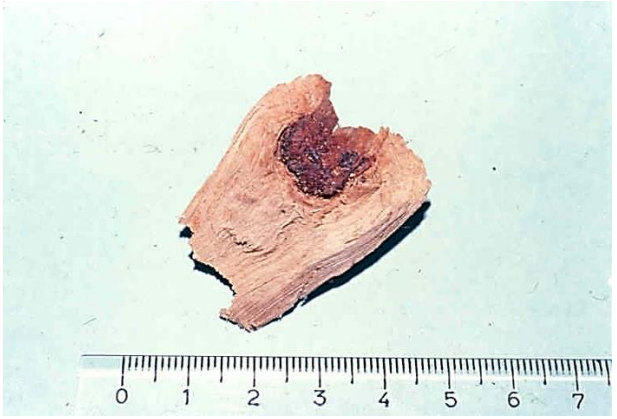
Madeiras degradadas por fungos (apodrecidas) – reduzem o rendimento da polpação em até 5% base madeira e consomem mais álcali ativo (entre 2 a 4%, conforme o estágio de degradação). Também afetam a geração de mais sólidos secos (mais 0,1 a 0,25 tSS/t polpa)

Madeiras de reação (compressão e tração) **também trazem problemas de resistências nas polpas produzidas e podem conduzir a transtornos na etapa de polpação**

Madeiras queimadas pelo fogo: avaliação caso a caso

Os nós formados na inserção de galhos **consomem mais álcali ativo e acabam se convertendo em rejeitos na polpa, mas que são facilmente recozidos**





- **Teor de umidade da madeira:**
  Muito importante para a área florestal
  Nos cavacos alimentados ao digestor, o teor de umidade pode atuar sobre a quantidade de madeira alimentada ao digestor em base 100% seca (em função de sua contração ou inchamento) e na pré-impregnação desses cavacos

  Propriedade afetada pela sazonalidade (épocas climáticas)

Parâmetros técnicos da etapa de polpação kraft que são afetados pela qualidade da madeira:

Rendimento da polpação:

Influenciado pelo teor de lignina, tipos de lignina mostrados pela relação S/G, teor de extrativos, teor de hemiceluloses, presença de casca e de madeiras anormais

Consumo de álcali ativo:

Influenciado pelos motivos referenciados para o rendimento da polpação

Fator H:

Quase sempre afetado pela qualidade da madeira em termos de sua fácil ou difícil deslignificação

Geração de sólidos secos para o licor preto (tSS/t polpa):

Influenciado pelos motivos referenciados para o rendimento da polpação

Consumo específico de madeira na polpação:

Fundamentalmente afetado pelo rendimento da polpação e pela densidade da madeira

Teor de rejeitos na polpa não branqueada:

Causado por cavacos sobre espessos, nós, madeiras anormais, tiloses dificultando a impregnação pelo licor, etc.

Branqueabilidade da polpa:

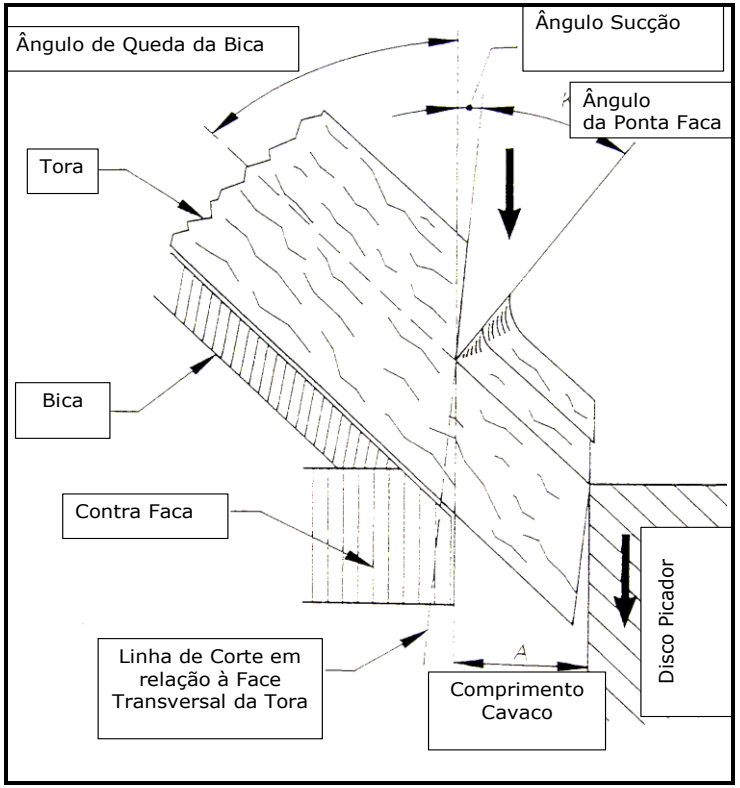
Afetada por teor e qualidade das cinzas minerais, pela reprecipitação de lignina, pelo teor de ácidos hexenurônicos formados na polpação a partir das xilanas (4-O-metil-glucuronoxilana), etc.

Viscosidade da polpa:

Quase sempre afetada pelo nível de drasticidade que se dá ao cozimento para corrigir problemas na qualidade da madeira

Também afetada pela degradação microbiológica da madeira estocada

Tema nº 09:
Madeira em formato de cavacos e suas propriedades vitais

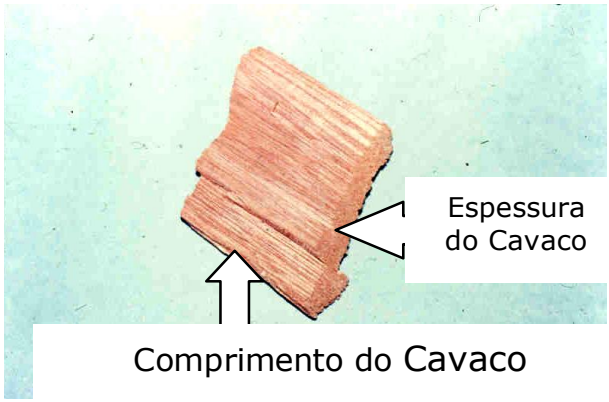


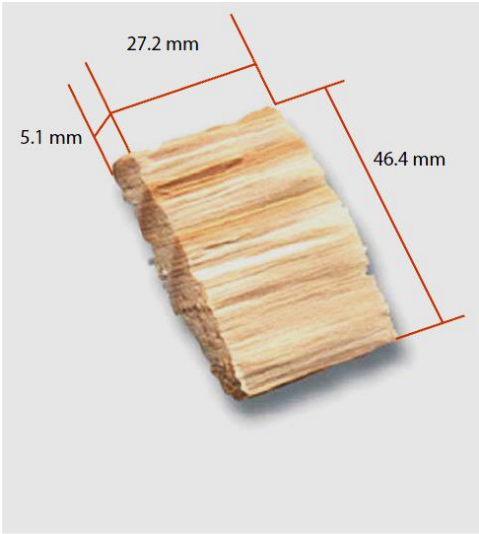
Fonte da Foto: http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf

Fonte das Fotos:
http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf

Os cavacos de madeira se constituem no formato de madeira que entra nos digestores para serem deslignificados

Sua forma tem como finalidade aumentar a área de contato da madeira com o licor de cozimento, facilitando a penetração desse licor para o interior da mesma





Fonte da Foto:
http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf

A densidade aparente ou densidade a granel dos cavacos de madeira é uma das formas mais utilizadas para se converter volume de madeira em peso seco

- **Densidade aparente anidra ou base seca:** **expressa em peso absolutamente seco de cavacos por unidade de volume de cavacos (t a.s./m³; kg a.s./m³)**

- **Densidade aparente atual ou tal qual:** **apresenta os resultados em peso na umidade em que se encontram os cavacos pela unidade de volume dos mesmos (t/m³ e kg/m³)**

Nas fábricas de celulose, os digestores são alimentados por cavacos de madeira, que muitas vezes são medidos em volume pelos alimentadores e medidores de cavacos

As densidades aparentes dos cavacos dependem de um conjunto de fatores, que podem influenciar bastante os resultados, tais como:

- **Densidade básica da madeira**

- **Densidade aparente da madeira base seca ou anidra (t a.s./m³ tal qual)**

- **Dimensões dos cavacos (ou granulometria)**

- **Umidade dos cavacos**

- **Pressão aplicada sobre os cavacos, que colabora para a compactação dos mesmos (na pilha de cavacos devido ao peso da coluna de cavacos; em digestores de polpação de celulose, etc.)**

As práticas mais usuais nesses tipos de processos fabris são:

→ **Controle da umidade dos cavacos**

→ **Controle do Tempo Pós-Corte das toras ou cavacos (em dias)**

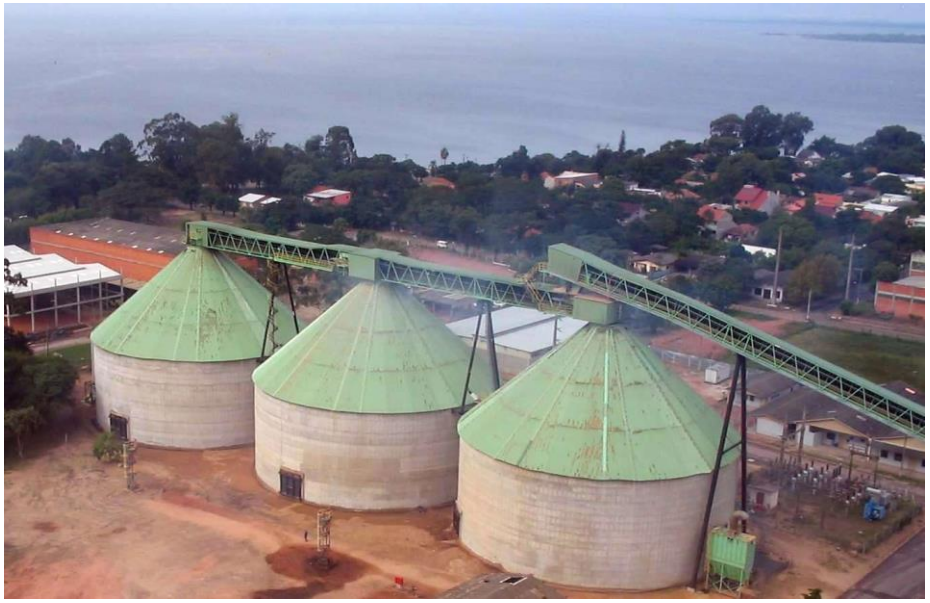
→ **Controle da densidade básica da madeira**

→ **Controle da densidade aparente base anidra dos cavacos**

→ **Controle das dimensões dos cavacos e de sua granulometria**

→ **Controle das quantidades de casca e de "terra" presentes nos cavacos**

→ **Controle do "mix" de madeira, para garantir uniformidade de densidade aparente anidra dos cavacos sendo alimentados nos processos (digestores, desfibradores, silos)**



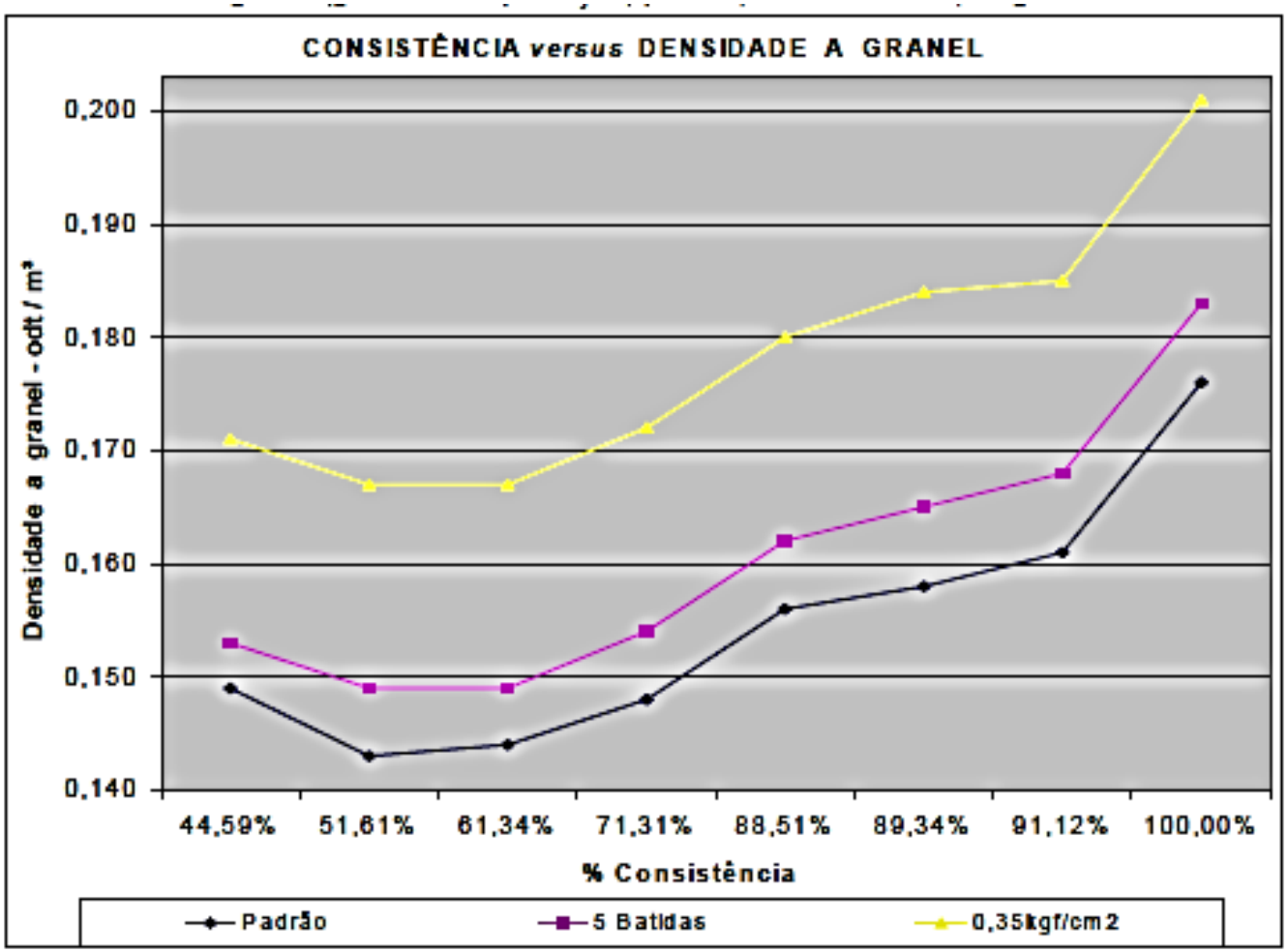
Silos de cavacos para controle adequado do "*mix*" de madeira
(Celulose Riograndense – CMPC - Unidade Guaíba, Brasil)

O teor de umidade da madeira também tem efeito importante sobre os resultados e desempenhos do processo e operações

Toras "verdes" (árvores recém-abatidas) são picadas mais facilmente e com menor necessidade de eletricidade

Cavacos verdes, obtidos de toras de árvores recém-abatidas, ainda não tiveram a influência da contração volumétrica da madeira com a secagem da mesma

Essa contração varia conforme o teor de umidade dos cavacos, mas pode atingir entre 5 a 10% - ou mais em relação à madeira "verde"



Fonte da Figura:
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002c.pdf

O efeito do teor de umidade é mais notado em teores extremos de umidade (próximos ao da madeira saturada e próximos ao da madeira quase completamente seca)

A contração que acontece entre valores de umidade desde a saturação até valores de 40% (consistência de 60%) pode atingir 5 a 6%

Quando a madeira passa a ter umidades abaixo de 25% (consistências acima de 75%), a contração é bastante alta, podendo atingir valores acima de 10% até 20%, conforme a intensidade da secagem chegar mais próxima do seco absoluto

Conforme a madeira seca, mais cavacos poderão estar contidos em um metro cúbico, e com isso, aumentará a densidade aparente anidra

As dimensões dos cavacos, principalmente comprimento e espessura, também afetam os resultados de densidade aparente

Extremos em dimensões (sobre espessura e serragem) prejudicam a densidade aparente e a qualidade da polpa sendo produzida

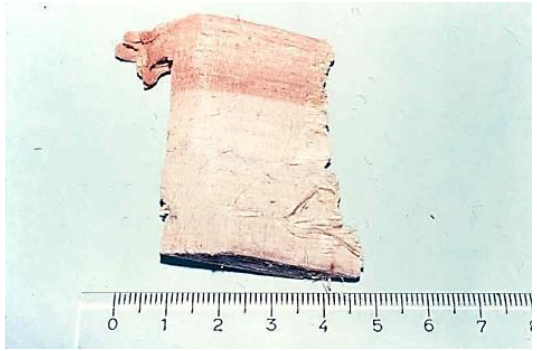
O excesso de vazios com ar acontece tanto para cavacos muito pequenos ou até com serragem de madeira (densidade aparente anidra de 0,11 a 0,14 t a.s./m³ para madeiras de eucalipto)

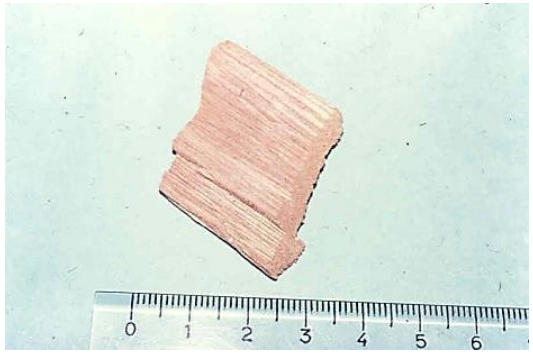
Cavacos sobre-espessos são causadores de engaiolamentos e perda de densidade aparente ou a granel

Os operadores de picadores de toras precisam conhecer bem as características das madeiras para ajustar as facas e os demais itens de controle do picador

Destinar linhas de preparação de cavacos individuais para madeiras muito diferentes (em densidade, espécie, idade ou diâmetro) é uma sábia decisão operacional

Lembrar que um picador não é um mero quebrador de toras em fragmentos de madeira, mas um equipamento para fabricar cavacos dentro de especificações técnicas adequadas





As dimensões dos cavacos que afetam a densidade aparente dos mesmos são controladas pelos operadores do picador através:

→ **Ângulo de corte das facas**

→ **Qualidade dos blocos e contrafacas**

→ **Afiação das facas**

→ **Controle do comprimento dos cavacos, que se relaciona também com a espessura dos mesmos**

→ **Teor de umidade das madeiras sendo picadas**

→ **Diâmetro das toras que são alimentadas**

→ **Homogeneidade em diâmetros, pesos e umidade das toras**

→ **Densidade da madeira**

→ **Presença excessiva de cascas e outros contaminantes (areia, pedras, etc.)**

Objetivo dos produtores de cavacos para celulose:

- **Maior homogeneidade possível em dimensões (95% ou mais de cavacos com espessura entre 2 a 8 mm)**
- **Baixos teores de serragem e palitos (minicavacos)**
- **Mínima presença de cavacos sobre-espessos, lascas, pedaços grandes de cascas, serragens, etc.**
- **Teores mínimos de casca, base peso seco**
- **Teor de umidade em consonância com o desejado no processo (em geral, entre 30 a 45% de umidade)**

- **Densidade aparente dos cavacos a mais homogênea possível, o que também pode ser conseguido por ajustes no "mix" de madeira que se envia aos picadores ou digestores**

Material	Densidade aparente anidra cavacos (t a.s./m³)	Densidade básica madeira t a.s./m³
Serragem	0 ,11 – 0,14	0,42 – 0,45
Cavacos (2 a 6 mm)	0,16 – 0,19	0,46 – 0,50
Sobre-espessos (Maior 8 mm)	0,2 – 0,23	0,50 – 0,54

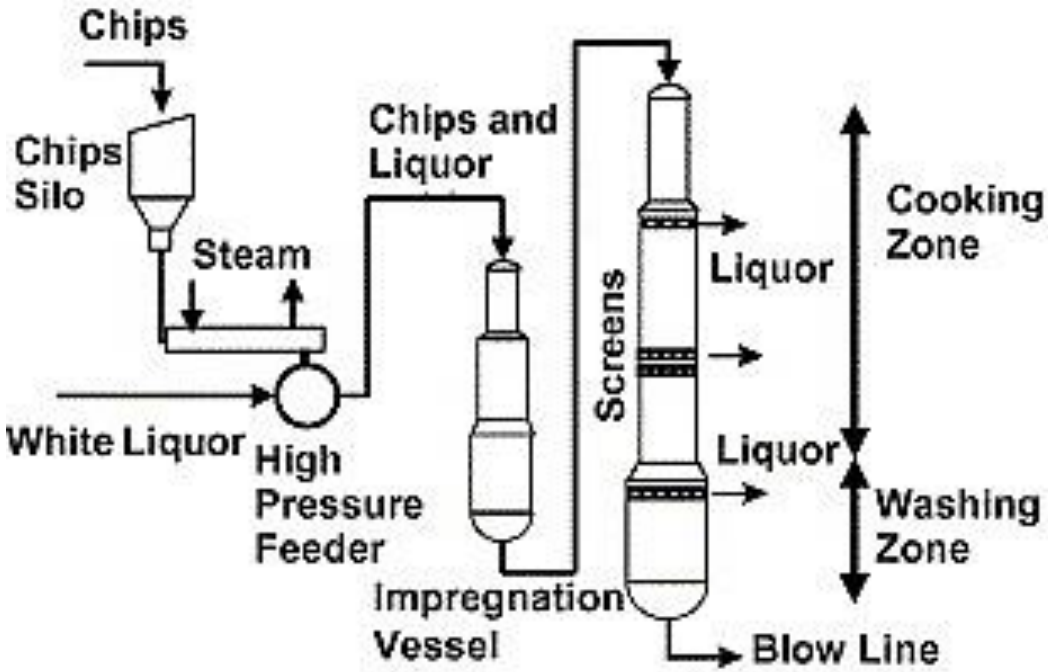
Fonte: Celso Foelkel
http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT41_Densidade_Basica_Madeira.pdf

Madeiras mais densas apresentam maiores quantidades de substância madeira por unidade de volume, menor porosidade e produzem cavacos mais espessos

A densidade aparente base anidra dos cavacos depende de um conjunto de fatores técnicos que associam qualidade da própria madeira com fatores operacionais e de idades tecnológicas das fábricas

Dentre todos esses fatores, os associados à qualidade da madeira (densidade básica), dimensões dos cavacos e o controle operacional do "mix" de madeira são os que são mais visíveis e mais otimizados nas fábricas

Tema nº 10:
Pré-vaporizando os cavacos de madeira



Fonte da Imagem:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X05000661

Durante a carga dos antigos digestores "batch", os cavacos eram intimamente vaporizados com vapor saturado para melhorar a acomodação dos mesmos no interior do digestor. Isso os aquecia e ajudava na expulsão do ar e no umedecimento com água.

A seguir, o licor que havia sido adicionado era paulatinamente aquecido (ou por injeção direta de vapor, ou por aquecimento externo via circulação forçada)

Com isso, os cavacos iam sendo impregnados gradualmente antes que a temperatura de "bulk delignification" fosse atingida

Quando a temperatura de cozimento era alcançada os cavacos estavam em sua maioria impregnados

Quando surgiram os primeiros digestores contínuos em escala industrial (Kamyr, Esco) essa fase de impregnação foi praticamente suprimida. Os cavacos recebiam uma rápida vaporização em um vaso que se chamava simplisticamente de vaso de impregnação.

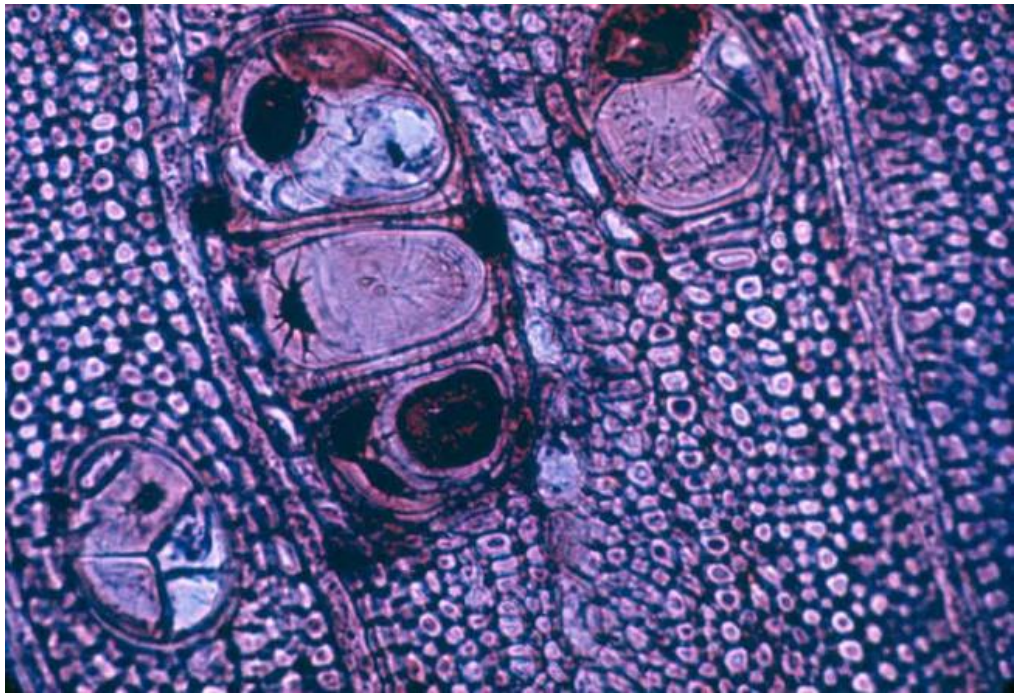
A temperatura de vaporização era de cerca de 115ºC e a pressão de vapor de aproximadamente 1,5 ATA

O tempo de vaporização era mínimo, poucos minutos

O objetivo era muito mais aquecer os cavacos para remover o ar do que impregnar com licor, até mesmo porque os cavacos não tinham algum contato com o licor de cozimento nesse vaso

Logo adiante, os cavacos encontravam o licor de cozimento que os levava ao topo do digestor a uma elevada temperatura (cerca de 160 a 170ºC)

Como os cavacos haviam perdido parte do seu ar interno, o licor de cozimento achava espaços para entrar na madeira



Nem sempre as coisas são fáceis em função de qualidades inesperadas das madeiras

Para reduzir o teor de ar na madeira, as empresas costumam fazer o seguinte:

- **Adequação das operações da colheita florestal, transporte e estocagem da madeira para se ter madeira mais "verde" alimentando os digestores. As empresas devem estar localizadas próximo de suas florestas, pois elas não querem transportar água dentro de suas madeiras por longas distâncias.**

- **Umedecer os cavacos na pilha com um líquido alcalino (em geral, condensado da evaporação), o qual é constantemente irrigado sobre a pilha. Os objetivos da operação são: encontrar um uso nobre para esse condensado que seria uma poluição industrial; aproveitar sua alcalinidade para ajudar a neutralizar a "acidez" natural da madeira; economizar álcali efetivo na polpação kraft e umedecer os cavacos para remover parte do ar e facilitar a difusão no processo de impregnação.**

- **Pré-vaporização dos cavacos em vasos ou silos desenhados para essa finalidade. Em geral, utiliza-se vapor recuperado da expansão ("flash") do licor preto que sai muito quente e sob pressão do digestor. Essa vaporização pode inclusive ser em ambiente não pressurizado, usando vapor saturado a cerca de 105ºC.**

Quanto mais tempo os cavacos receberem esse banho de vapor, melhor ficam: são aquecidos, umedecidos e perdem mais ar.

Isso não é tão simples:

O aquecimento exagerado com vapor pode causar auto-hidrólise da madeira, com perda de hemiceluloses e rendimentos, acidificação da madeira e efeitos na qualidade das fibras

A madeira pode perder hemiceluloses com muita facilidade em condições mais drásticas de vaporização. Hidrólises curtas de cavacos, por 15 minutos a cerca de 130ºC já removem cerca de 2,5 a 3,5% do peso da madeira.

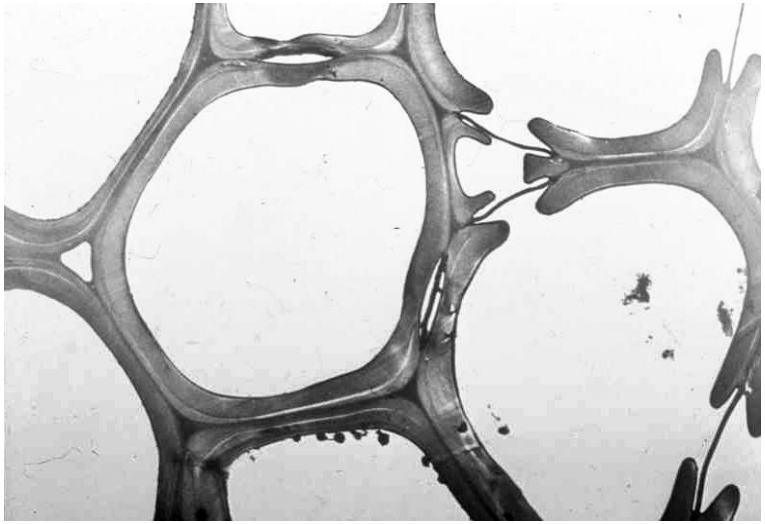
São extraídos especialmente os grupos acetila, o que baixa o pH do líquido pre-hidrolisado a valores entre 4 a 4,5.

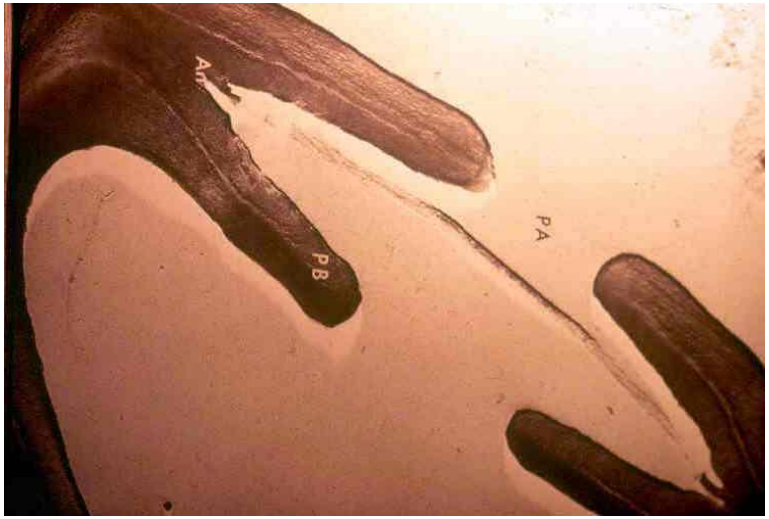
A pré-vaporização dos cavacos tem os seguintes objetivos:

- ***Retirada de ar do interior dos cavacos por expansão térmica do ar e dos cavacos***
- ***Aumentar a temperatura dos cavacos***
- **Umedecer a madeira pela condensação do vapor**
- **Colaborar para o aumento de peso dos cavacos para que eles não flutuem no interior do digestor**

- **Expandir e amolecer os cavacos de forma a torná-los mais frágeis e sofrerem algumas micro-fissuras e micro-fraturas no seu manuseio, o que favorece a impregnação**

- **Romper e tornar mais plásticas as membranas das pontuações entre elementos anatômicos da madeira, facilitando fluxo do licor dentro dos cavacos**





- **Retirar alguma quantidade de extrativos da madeira e componentes voláteis da mesma**

- **Retirar alguma quantidade de grupamentos acetila e grupos urônicos dos cavacos, já que o condensado dessa operação sai ligeiramente ácido (pH por volta de 4 a 4,5)**

- **Reduzir o teor de álcali efetivo na polpação, já que pela retirada desse condensado se remove alguma da "acidez natural" da madeira**

- **Facilitar a impregnação dos cavacos pelo licor na operação imediatamente subsequente**

- **Equalizar as diferenças de penetração de licor entre os diferentes cavacos**

Hoje, existem silos ou vasos especialmente desenhados para essa operação de pré-vaporização e com muito maior eficiência

A engenharia desses sistemas tem procurado evitar canais preferenciais de caminho do vapor, garantir maior uniformidade para vaporização de todos os cavacos, além de permitir variações no tempo de retenção para oferecer alternativas conforme a qualidade da madeira ou dos cavacos

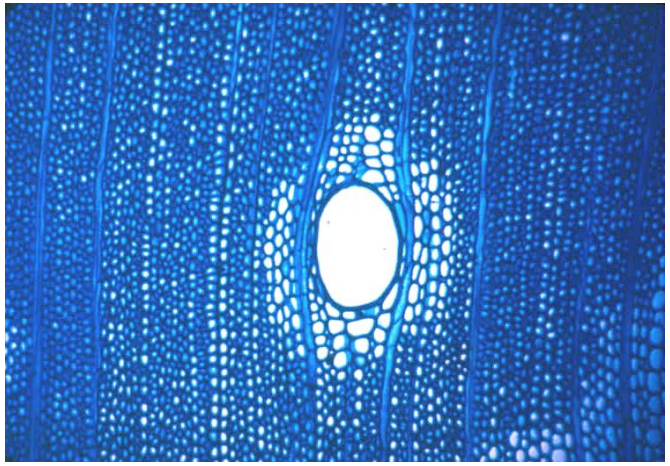
A quantidade de água absorvida pelos cavacos na operação de pré-vaporização não é muito alta. Talvez isso seja função da pouca aplicação de vapor e do curto tempo de vaporização.

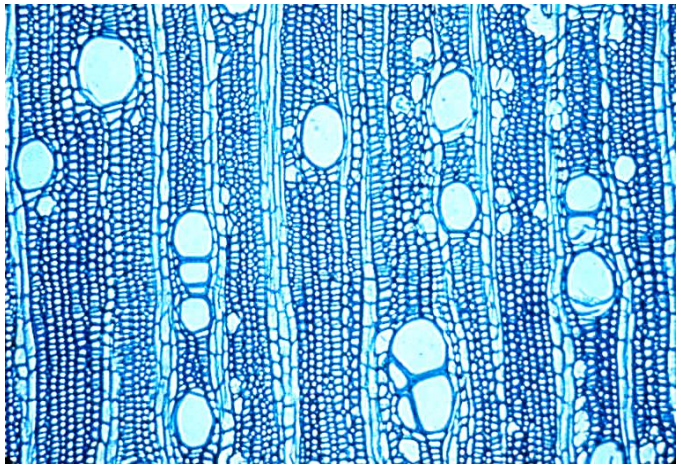
A maior parte do condensado da vaporização mais molha a superfície externa dos cavacos do que entra para seus interiores.

O condensado extraído da pré-vaporização tem pH baixo e possui um teor de sólidos interessante (0,2 a 1 g/litro). Entretanto, parte dos sólidos e da demanda química de oxigênio desse líquido constitui-se de pó de madeira que foi removido dos cavacos.

A eficiência da pré-vaporização é função da pressão de vapor e do tempo do tratamento. Caso interesse controlar essas variáveis com a finalidade de se melhorar a vaporização, devem ser levadas em conta: umidade dos cavacos, densidade básica da madeira, dimensões e espessura dos cavacos.

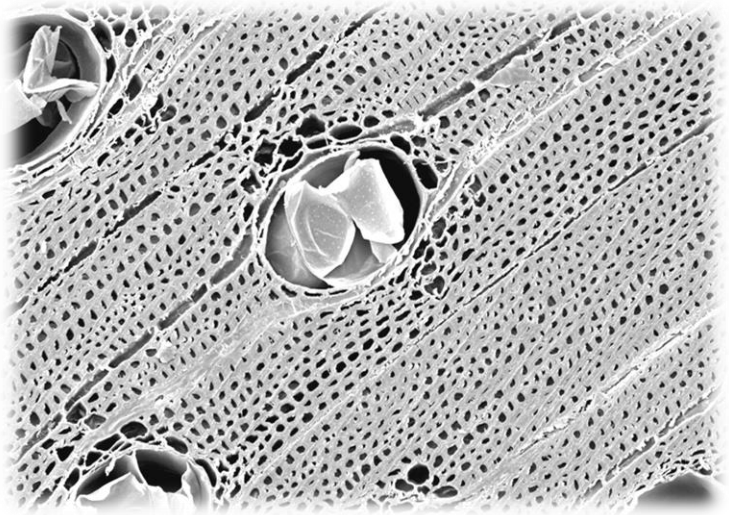
A porosidade dos cavacos varia muito com o valor da densidade da madeira

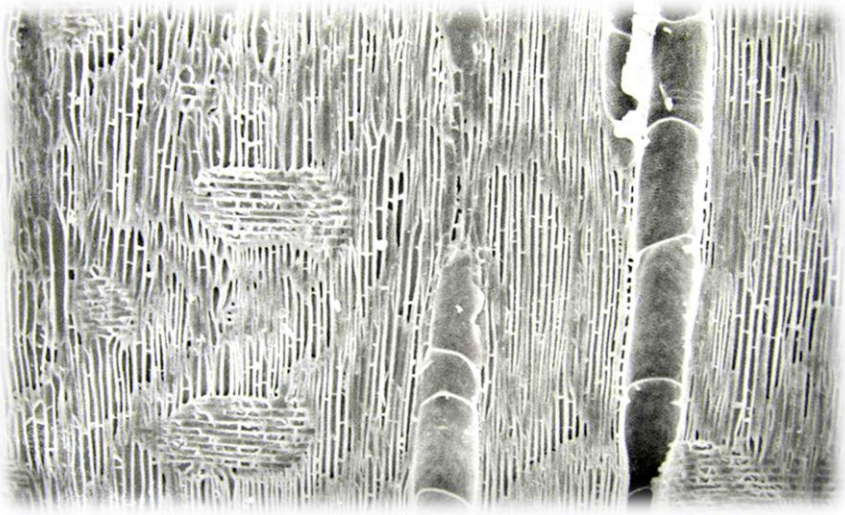




Madeiras mais densas possuem mais "substância madeira" por unidade de volume e menos espaços vazios de porosidade

Os poros são receptivos para recebimento de água e licores, porém porosidade alta não é sinônimo de alta penetrabilidade dos licores (podem existir problemas de lúmens entupidos com extrativos)

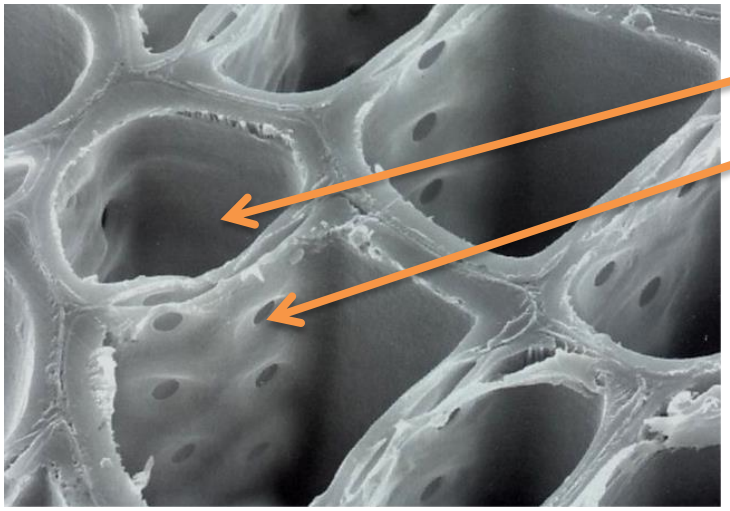




Qualidade da madeira e cavacos são fatores críticos para que a vaporização seja eficiente:

- **Espessura dos cavacos e presença de nós**

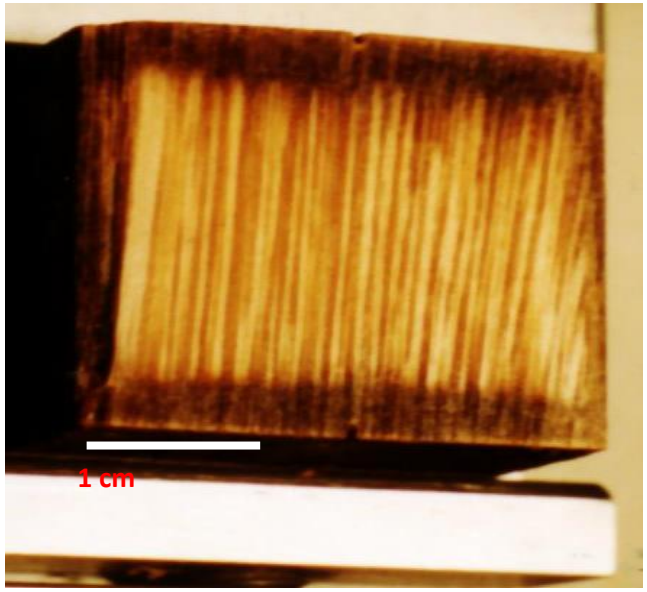
- **Cerne muito mais difícil de perder o ar interno do que alburno**



Pontuações e Lúmens

Caminhos para o tráfego do ar, água e licor

Tema nº 11:
Impregnando os cavacos com o licor de cozimento



Cavaco de eucalipto sendo impregnado pelo licor kraft
Fonte da Figura: Inalbon et all, 2004

A impregnação se inicia tão logo se introduz o licor de cozimento (branco+preto) aos cavacos previamente vaporizados

Com a remoção anterior de grande parte do ar dos cavacos, o licor encontra caminhos para penetrar para o interior dos mesmos, em especial pela face transversal dos cavacos, onde estão facilmente acessíveis os lumens das fibras e dos elementos de vaso

A impregnação dos cavacos também se dá pelas células dos raios medulares e canais de resina, havendo assim também uma entrada lateral e não apenas pelos topos dos cavacos

O ar e não a água é a maior e pior barreira à impregnação dos cavacos. Por essa razão que é preferível se terem cavacos mais úmidos (após vaporização) e com menos ar dentro deles

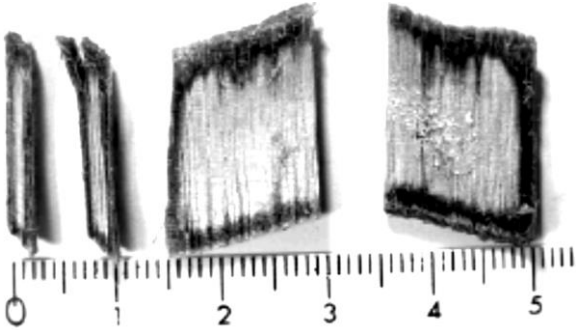
Com cavacos bem impregnados, a densidade dos mesmos atinge valores de 1,05 a 1,1 kg úmidas por metro cúbico de madeira sólida

Essas densidades favorecem a que os cavacos afundem e não flutuem na coluna de cavavos dentro do digestor

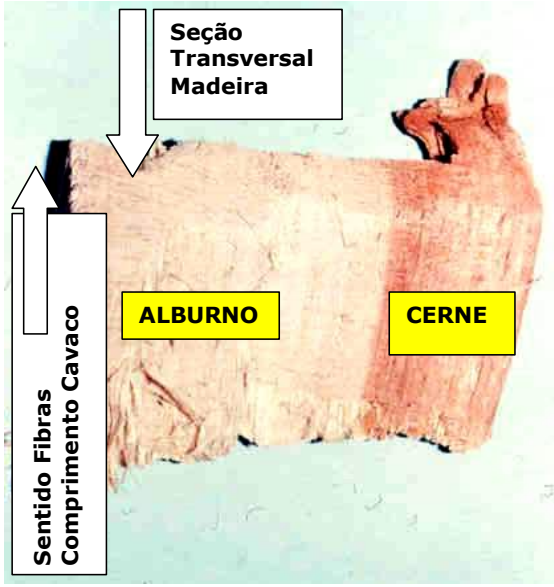
Densidades nessa magnitude significam teores de umidade entre 50 a 65%, muito próximos do teor de máxima saturação dos cavacos

O teor de umidade atingido vai depender da densidade básica da madeira e da maior ou menor penetração do licor para dentro dos cavacos

(Maiores densidades → Menores umidades)



Fonte da Figura acima: Inalbon et al., 2009



Cavaco (esquerda) e feixe incozido com fibras e raios medulares

11.1. Relações madeira e licor

Licor preto fraco é utilizado para auxiliar a impregnação

- **Aproveitamento da alcalinidade residual, calor e alta relação iônica HS^- / OH^- do licor preto**
- **Valer-se do efeito benéfico e protetor dos íons hidrosulfeto**
- **Fechar o máximo possível o ciclo de licores usados no processo, reduzindo perdas e diminuindo poluição**
- **Utilizar licor preto fraco pois facilita a impregnação**
- **Enriquecer ainda mais o licor preto residual em sólidos antes de se enviar o mesmo à evaporação**

As principais características a serem controladas no licor de cozimento usado na impregnação dos cavacos são:

- **Composição em termos de seus componentes ativos (álcali ativo) para não faltar reagentes nessa etapa**
- **pH**
- **Tensão superficial (Função da temperatura e aditivos)**
- **Viscosidade do licor**
- **Capacidade de provocar inchamento na madeira (que é função de seu pH e do teor de soda cáustica)**
- **Solubilidade e saturação em ar do líquido (capacidade de absorver ou de reter o ar em solução)**

- **Capacidade de reagir com o oxigênio presente nos cavacos, reduzindo assim o volume de ar ocluso e que é barreira à penetração do licor**

A penetração do licor preto para o interior dos cavacos é bem mais vagarosa do que uma solução alcalina preparada só com água. Isso se deve à maior viscosidade do licor preto, maior densidade e maior concentração em componentes dissolvidos da madeira

Existem alguns procedimentos que são adotados na prática industrial para acelerar a penetração do licor para o interior dos cavacos

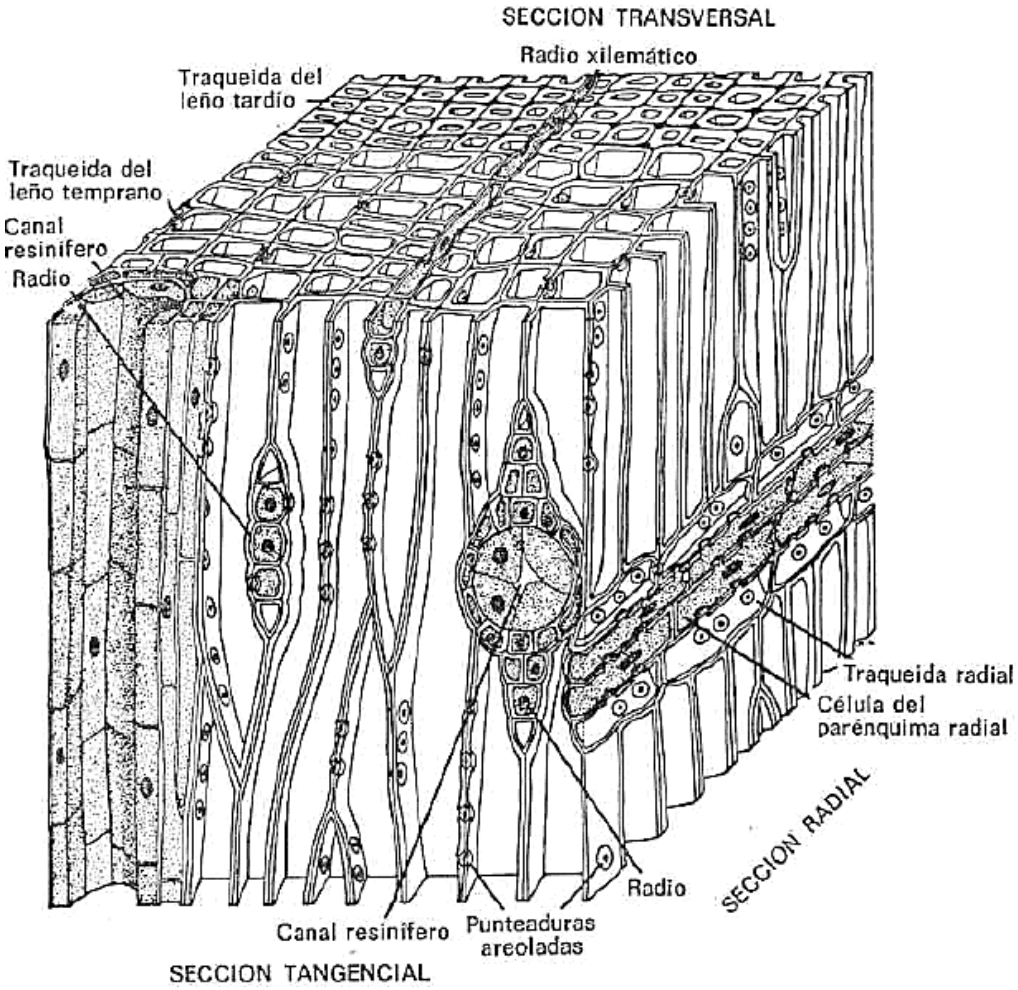
São eles:

- **Armazenamento do licor preto a temperaturas altas, próximas a 100ºC. Isso provoca perda de sua viscosidade pela despolimerização adicional da lignina. Entretanto, a estocagem provoca a redução da alcalinidade do licor preto e isso precisa ser controlado pela adequada adição de licor branco. Sem isso, o perigo de reprecipitação de lignina nos cavacos torna-se eminente.**

- **Adição de alcalinidade ativa ao licor preto. Quanto maior for a concentração de álcali efetivo no licor, mais rápida a penetração e a difusão na impregnação dos cavacos. A alcalinidade efetiva melhora a viscosidade do licor e provoca maior inchamento da madeira.**

- **Utilização de aditivos (álcois etoxilados ou surfactantes) para alterar a viscosidade, a fluidez e a tensão superficial do licor de impregnação.**

- **Utilização de tensoativos (surfactantes) para remoção de extrativos que estão prejudicando a impregnação. Pela ação dos surfactantes ocorre a desobstrução de espaços ocupados pelos extrativos (por exemplo, liberando os lúmens dos elementos de vasos). Os surfactantes são usados também para melhorar a molhabilidade das paredes celulares, tornando-as mais hidrofílicas. Eles também ajudam a dissolver ou emulsificar extrativos hidrófobos que prejudicam a molhabilidade das paredes celulares pelo licor.**



Madeira de conífera

Fonte da Figura: ATCP Chile

11.2. Penetração e difusão do licor nos cavacos

Penetração:

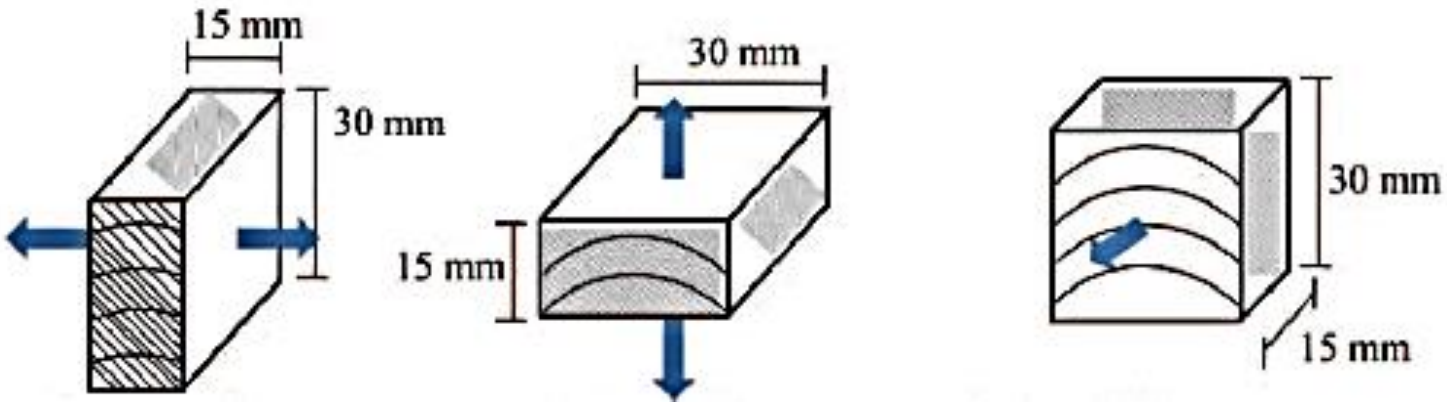
Entrada de licor nos vazios, na porosidade, na capilaridade da madeira. Essa penetração e fluxos ocorrem por gradientes de pressão. Quando a pressão externa é maior que a interna, o licor penetra para o interior dos cavacos. Essa pressão externa pode ser aumentada pela própria tecnologia em uso.

Penetração é maior em cavacos mais secos

Difusão:

Entrada de íons hidroxila e hidrosulfeto para o interior de uma madeira já úmida (com licor ou umidade natural) e que ocorre graças às diferenças de concentrações desses íons

A difusão é muito sensível à concentração de íons no licor de cozimento, enquanto a penetração não o é.



Penetração muito lenta ***Penetração lenta*** ***Penetração mais rápida***

Fonte da Imagem:
http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3442/1/DOUTORADO%20Efeito%20da%20anatomia%20no%20fluxo%20da%20%C3%A1gua%20em%20madeira%20de%20Eucalyptus%20e%20Corymbia.pdf

PENETRAÇÃO	DIFUSÃO
• Ocorre preferencialmente na direção longitudinal da madeira (via seção transversal)	• Ocorre nas direções longitudinais axial e radial
• Ocorre em madeira seca	• Ocorre em madeira saturada com água (umidade) ou licor
• Ocorre por penetração física através capilares da madeira (lúmens de fibras, vasos, canais resina, parênquimas)	• Ocorre via fase líquida
• Bem mais rápida (5 a 15 vezes mais rápida)	• Bem mais lenta
• Consegue ser efetiva em distâncias longas, desde que haja diferencial de pressão	• É efetiva apenas em distâncias curtas e preferencialmente na espessura dos cavacos

PENETRAÇÃO	DIFUSÃO
• Tem dificuldades de ocorrer em madeiras com poros obstruídos por tiloses	• Não toma conhecimento das tiloses e ocorre em todas as direções
• Pouco sensível às concentrações do licor (até mesmo a água pura penetra na madeira pelas mesmas leis físicas)	• Muito sensível às concentrações do licor
• Favorecida pelos diferenciais de pressão	• Favorecida pelos diferenciais de concentrações
• Não muito afetada pelo inchamento da madeira devido ao álcali	• Altamente afetada pelo inchamento das paredes celulares

A difusão é o fenômeno dominante quando os cavacos atingem a fase de deslignificação principal ("bulk delignification")

Isso considerando que já estarão bem impregnados ao alcançarem as condições para que essa deslignificação ocorra

Os cavacos que não forem impregnados se converterão em rejeitos

11.3. Desenvolvimento do processo de impregnação

O cavaco sendo impregnado apresenta então 4 zonas bem características:

- **Região já bem impregnada: isenta de grupos acetila e com concentração de hidroxilas sendo reabastecida**
- **Zona de reação: onde está ocorrendo forte e dinamicamente as reações entre as hidroxilas e os grupos acetila. Nessa zona, o teor de hidroxilas praticamente chega à exaustão.**

- **Zona limítrofe:** é exatamente onde se poderia chamar de "frente de batalha", quando o licor em baixas concentrações de íons hidroxila encontra pela primeira vez a parte não impregnada do cavaco. Nessa zona o teor de íons hidroxila é muito baixo porque foram quase que exauridos na zona de reação. Apesar disso, a zona limítrofe é muito ávida por álcali,, que vai reagindo o quanto conseguir com os grupos acetila encontrados.

- **Zona externa superficial:** é a zona superficial dos cavacos, onde o licor de cozimento livre e na fase líquida externa está passando a enviar íons hidroxila por difusão para o interior dos cavacos. É uma espécie de banco reabastecedor de hidroxilas para dentro do cavaco.

Desses conhecimentos todos apresentados é possível se detectar alguns fundamentos básicos para a mais eficiente impregnação dos cavacos:

- **A madeira é um material natural poroso e muito reativo em condições alcalinas**
- **A madeira sofre enorme inchamento de suas paredes celulares em condições de alta alcalinidade, especialmente devido à soda cáustica**
- **O movimento de líquidos alcalinos para o interior de madeiras com relativo grau de secagem se deve a diferenças de pressão e ocupação de espaços favoráveis**

- **O licor alcalino a quente ao penetrar na madeira causa complexos fenômenos físico-químicos tais como: inchamento das paredes celulares, despolimerização terminal de carboidratos, desacetilação, dissolução de fragmentos e constituintes da madeira (da parede celular, tiloses, bolsas de resina, amido, membranas de pontuações, etc.), dissolução e difusão do ar que estava nos capilares da madeira, etc.**

- **A penetração do licor ocorre preferencialmente no sentido do comprimento dos cavacos**

- **A penetração no sentido lateral dos cavacos é mínima**

- **A impregnação é dinâmica e afetada pela composição e temperatura do licor. Conforme a impregnação vai**

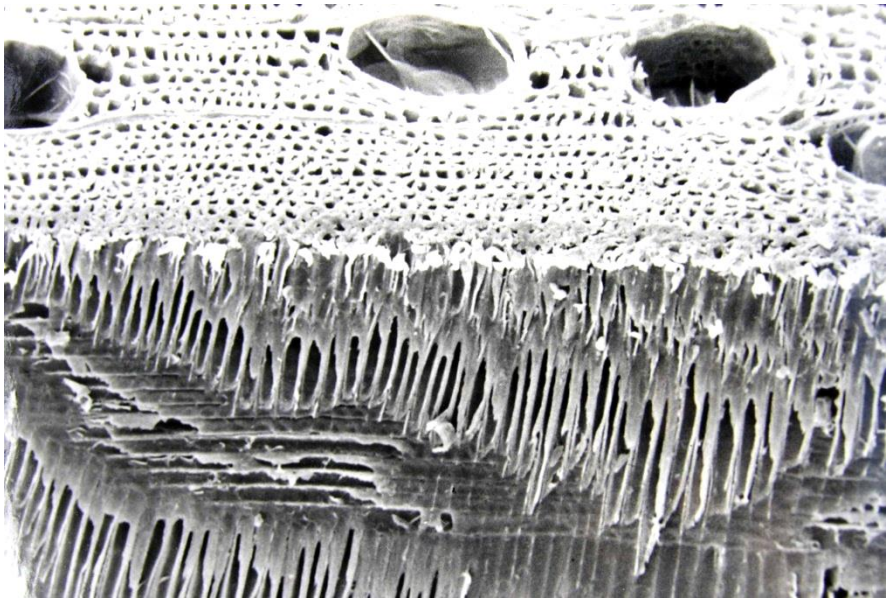
ocorrendo, os íons hidroxila vão sendo consumidos pela madeira, mas a difusão através do cavaco tende a procurar reabastecer sua concentração em novos níveis de equilíbrio.

- **Existe sempre uma frente móvel e reativa de baixa concentração em hidroxilas que vai entrando para o interior da madeira, até que ela esteja totalmente impregnada e as concentrações equalizadas em hidroxilas.**

- **A frente móvel reativa vai encontrando regiões ainda virgens e intactas dos cavacos, que são ricas em grupos acetila. De imediato, a reação de desacetilação passa a acontecer e ela dura enquanto existir íons hidroxilas ou até a exaustão dos grupos acetila.**

- **Existe uma quantidade de compostos orgânicos no meio que são componentes dissolvidos de madeira. Eles precisam sair do interior dos cavacos e migram no sentido oposto ao que migram os íons hidroxila. Enquanto íons hidroxila migram para o interior dos cavacos, os componentes dissolvidos de madeira querem sair de dentro dos mesmos.**

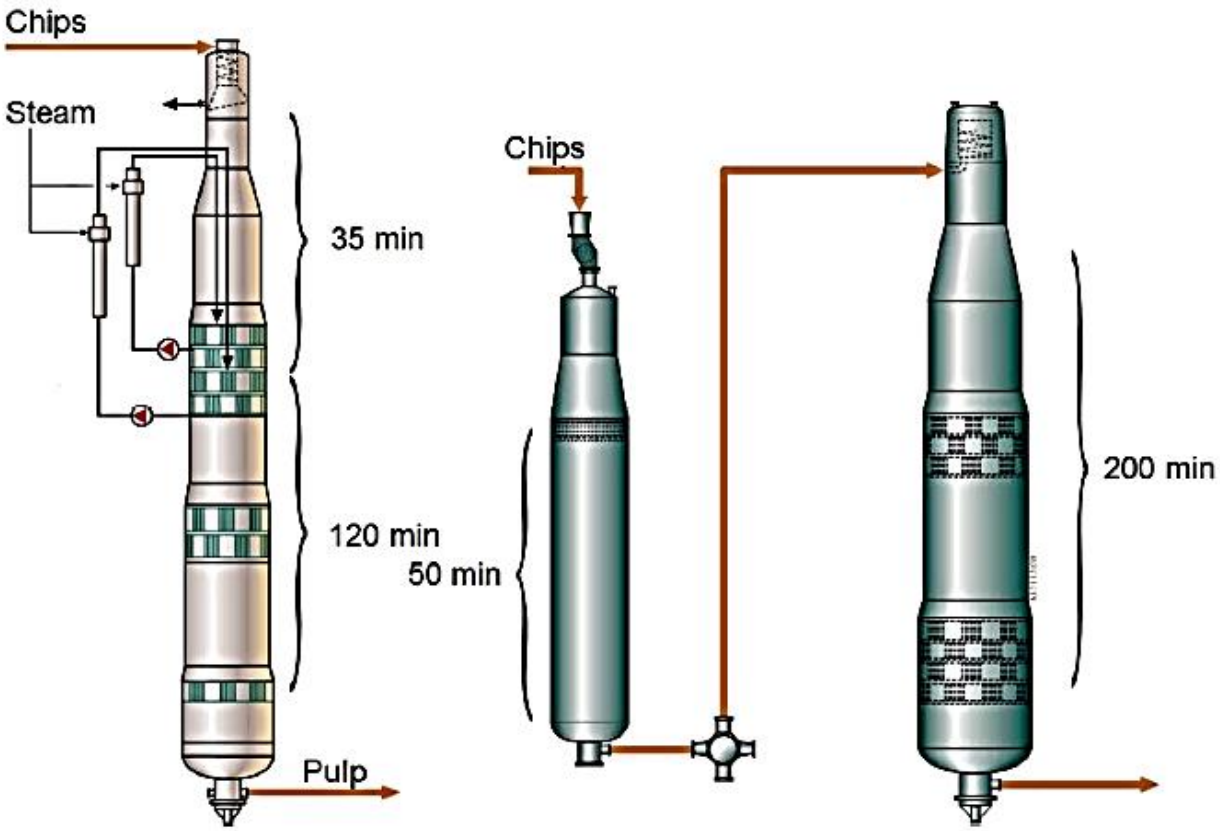
- **A impregnação dos cavacos pelo licor de cozimento se completa quando os grupos acetila desaparecem e quando a concentração em íons hidroxila se restabelece e se estabiliza no patamar que for possível em função das concentrações presentes de álcali no licor mãe na fase líquida externa aos cavacos.**



NESSE MOMENTO A TEMPERATURA E AS CONCENTRAÇÕES DE IÔNS ATIVOS DEVEM ESTAR NAQUELAS QUE SE DESEJA PARA A "BULK DELIGNIFICATION"

Vasos de impregnação independentes nos modernos digestores contínuos operam com temperaturas entre 105 a 125ºC e tempos de residência de 40 a 60 minutos

Com excelentes desempenhos para impregnar os cavacos, resultando polpas com mínimos teores de rejeitos



Fonte da Imagem: https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/board-and-paper-making/wppb_digesterdevelopments.pdf

Esquerda - Impregnação ocorrendo no corpo do digestor

Direita: Digestor com vaso auxiliar de impregnação

Tema nº 12:

Individualização das fibras na conversão da madeira a polpa kraft

Uma polpa celulósica nada mais é do que uma madeira ou outro material fibroso cujos constituintes celulares foram individualizados e colocados em uma forma de suspensão aquosa para posterior processamento e conversão a papel

O papel nada mais é do que uma lâmina produzida principalmente a partir de elementos anatômicos da madeira, que foram individualizados e reconstruídos depois no formato de uma folha

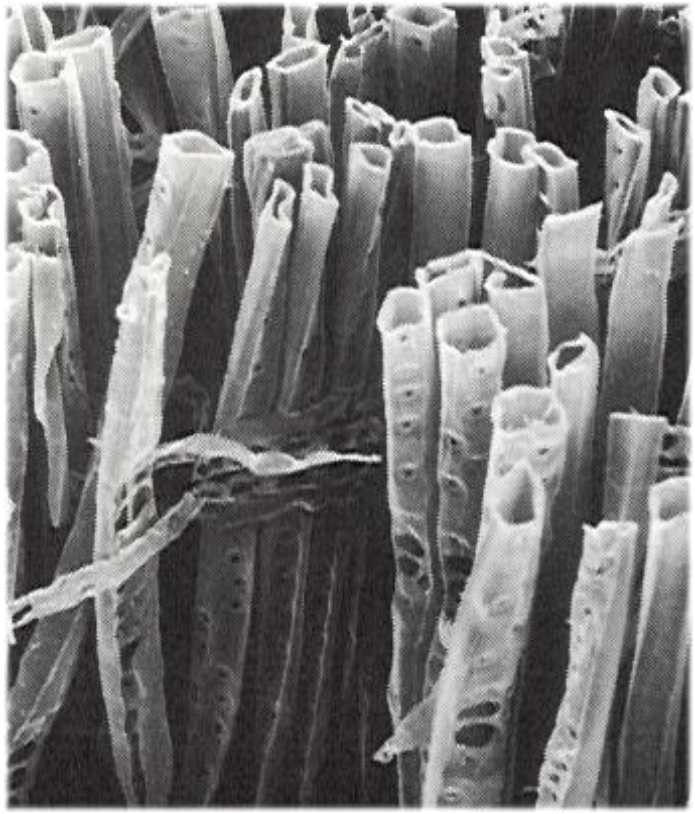
Para uma perfeita separação e individualização dos elementos anatômicos da madeira pelos processos químicos, é necessário que a lamela média seja quase que praticamente toda dissolvida ou enfraquecida para que uma ação mecânica posterior libere as fibras e as individualize

O processo kraft tem maravilhosas vantagens energéticas e econômicas, mas carece de seletividade.

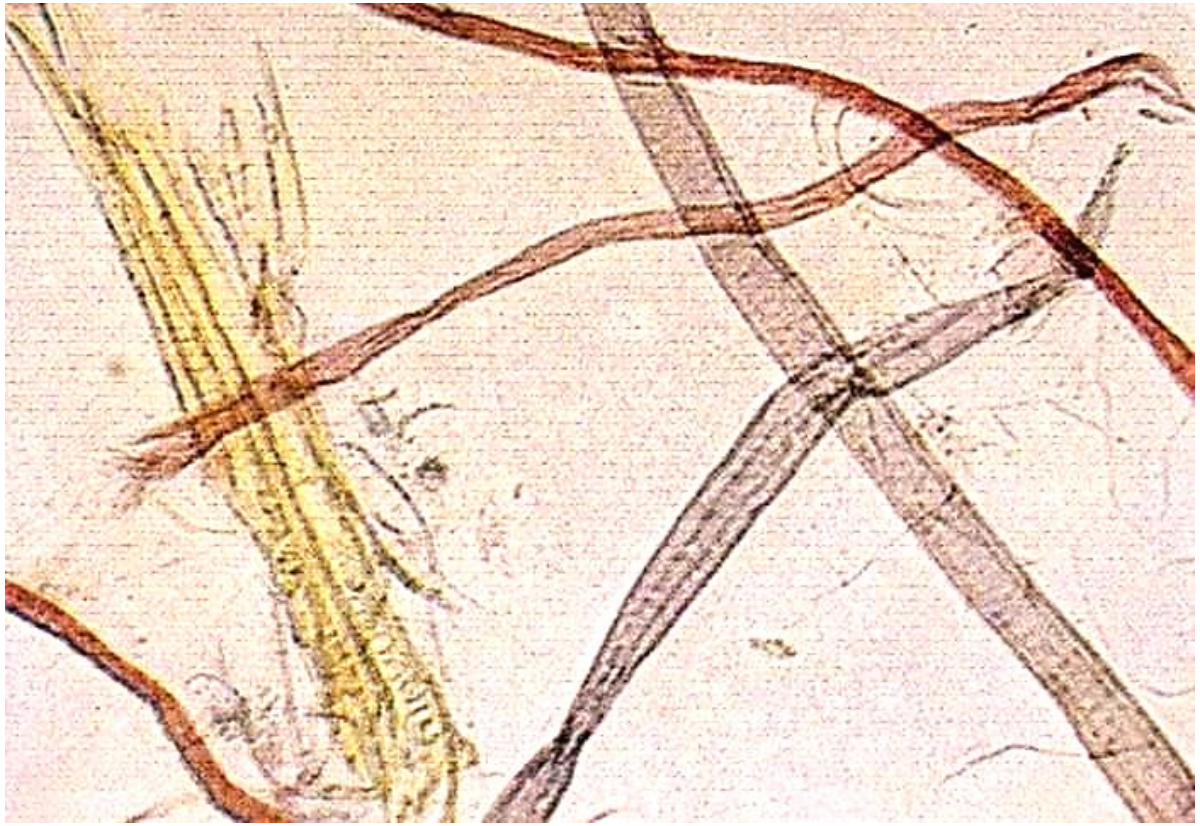
Tampouco temos uma deslignificação uniforme.

Muitas fibras ao final do cozimento ainda mostram resíduos de lamela média não dissolvida. Outras, não conseguem ser completamente individualizadas, formando grupos de fibras denominados feixes ou "shives".

Podem também sofrer deslignificação parcial e se convertem em rejeitos incozidos na saída do digestor



Fibras parcialmente individualizadas em cavaco semi-cozido



Fibras e feixes derivados dos componentes anatômicos

A polpação kraft consiste em sete etapas físico-químicas, envolvendo os seguintes fenômenos:

- **Penetração do licor para o interior dos cavacos**
- **Difusão dos íons ativos de cozimento para as frentes de reações com os constituintes da madeira que precisam ser dissolvidos**
- **Reações químicas entre os íons ativos do licor e os componentes químicos da madeira**
- **Difusão dos produtos resultantes das reações para o exterior dos cavacos**
- **Continuidade das reações na fase líquida**

- **Desfibramento mecânico final para a individualização dos constituintes anatômicos**

- **Separação das fibras e demais constituintes anatômicos individualizados do licor residual e das impurezas (depuração e lavagem)**

Essas etapas não são separadas uma das outras, elas ocorrem de forma simultânea entre algumas delas

A penetração inicial do licor vai ocorrer através dos vazios da madeira, de sua porosidade capilar (lúmens das células) e micro-capilar (fraturas e fissuras, ocos e micro-poros da parede celular)

O licor de cozimento entra primeiramente para o interior da madeira através dos lúmens dos elementos de vaso e das fibras, isso quer dizer, no sentido do comprimento do cavaco

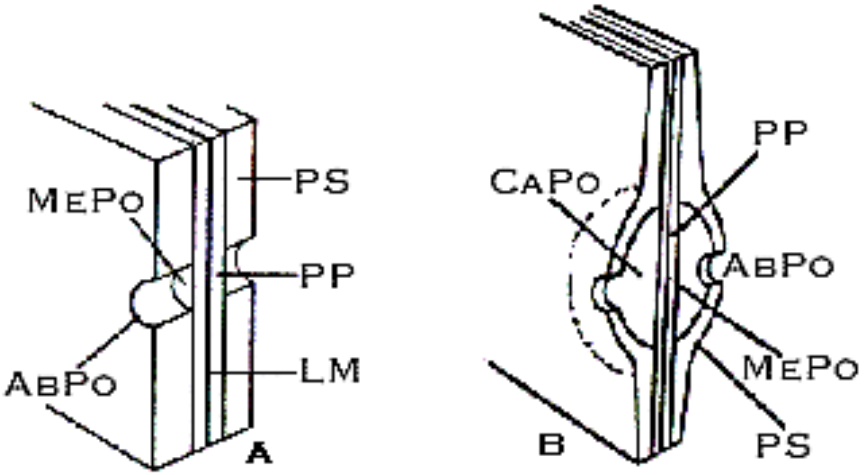
Alguma penetração também ocorre pelos lúmens dos parênquimas, mas de forma mais lenta

O movimento lateral do licor se dá através dos lúmens dos parênquimas radiais ou raios medulares

Nesse momento começa a destruição de tiloses, vacúolos ricos em extrativos e da camada W – (Verrugosa ou Warty)

A seguir, o licor de cozimento vai chegando às fibras através das pontuações

(pequenas aberturas que conectam uma célula à outra)



ABPo = abertura da pontuação; MEPo = membrana da pontuação; CAPo = câmara da pontuação; PP = parede primária; PS = parede secundária e LM = lamela média

O fluxo através das pontuações pode sofrer algumas restrições tais como: presença de membrana na pontuação, pontuação obstruída por extrativos, poucas e diminutas pontuações, tórus aspirado ou fechado na pontuação, etc.

A membrana da pontuação é constituída da lamela média e parede primária (M+P) com estrutura frouxa e semi-aberta.

Pode ter uma espécie de tampo (tórus)

Ela é altamente permeável. Entretanto, o licor kraft perde algum tempo para eliminar os obstáculos e com isso, consomem-se íons ativos para degradar extrativos e alguns carboidratos da madeira.

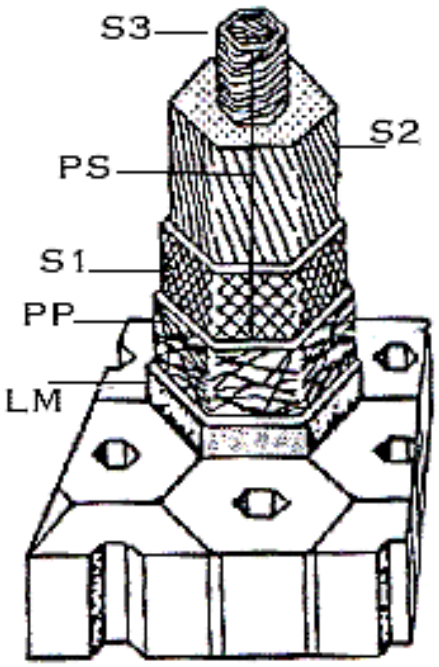
Quando o licor atinge o lúmen das células, as paredes já estão se tornando mais inchadas. Agora o licor precisa caminhar através da parede celular, começando por S_3 e depois na ordem: S_2, S_1 e finalmente (M+P). Ele vai embebendo e ensopando a parede celular em todas as direções, mas no sentido de dentro para fora das fibras.

(M+P) é a última camada a tomar contato com o licor e é exatamente ela que nos interessa dissolver

É nela que é máxima a concentração de lignina e quando o licor a atinge está bem mais fraco em sua concentração.

Por isso, não é surpresa encontrar fibras com residuais de (M+P) ou de $(M+P)_{corner}$ nas suas superfícies

Devido a essas dificuldades de acessibilidade de (M+P), as camadas S_1, S_2 e S_3, justamente por possuírem maiores concentrações de carboidratos, ficam mais tempos expostas ao licor que está mais concentrado no início do que ao final do cozimento



O licor também penetra e atinge a lamela média através da câmara da pontuação

Ao término do cozimento, nota-se que a camada S_3 ainda apresenta uma quantidade alta de xilanas, apesar da intensa degradação que essa camada sofre

Essas xilanas são mais cristalinas, com cadeias mais simples e organizadas e sem ramificações

Atribui-se essa xilana presente em S_3 a uma reprecipitação de fragmentos de xilana que estavam no licor de cozimento

Essa reprecipitação é citada como muito usual quando o pH baixa no final do cozimento

É uma das causas do maior rendimento da polpoção de madeiras de folhosas (mais xilanas) em relação às de coníferas

A disposição das microfibrilas nas camadas da parede secundária ajudam a manter e fibra rígida e com sua estrutura preservada mesmo após as drásticas condições da polpação kraft

Tudo que acontece no interior do digestor é de um extremo dinamismo

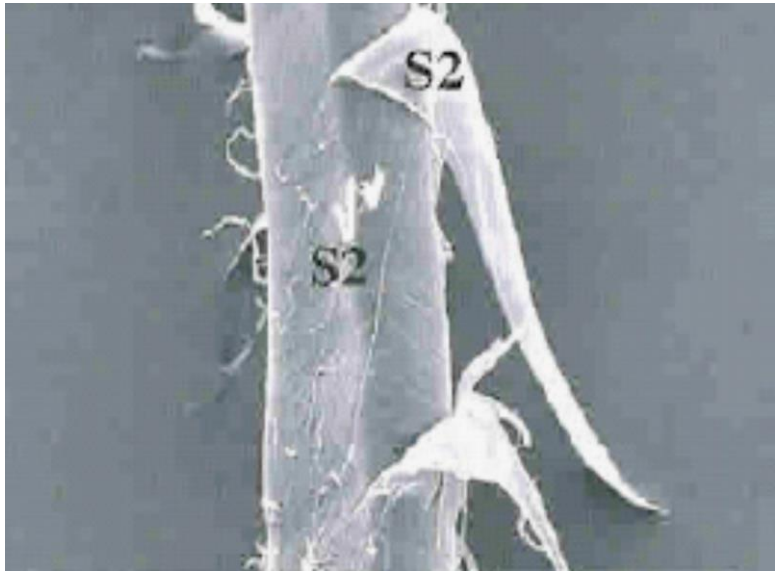
Conforme o licor vai encontrando os constituintes da madeira aos quais tem mais afinidade reativa, ele vai de imediato reagindo com eles

Isso acontece inclusive em temperaturas baixas, antes mesmo de se atingir a fase de deslignificação principal (entre 130 a 145ºC).

Os primeiros e mais afetados constituintes da madeira são as ramificações acetila e grupos urônicos das hemiceluloses, alguns extrativos e alguma lignina solúvel em álcali. Outros carboidratos são também removidos.

A fase inicial de impregnação e pré-deslignificação deve ser feita em baixas temperaturas para facilitar o inchamento da madeira e a expansão do ar interno que ocupa vazios na estrutura dos cavacos semi-secos

Somente quando a lamela média estiver impregnada de licor (e com concentração de íons ativos) é que devemos aumentar a temperatura e drastificar as condições para acelerar o cozimento e a dissolução do restante da lignina que ainda temos que tirar



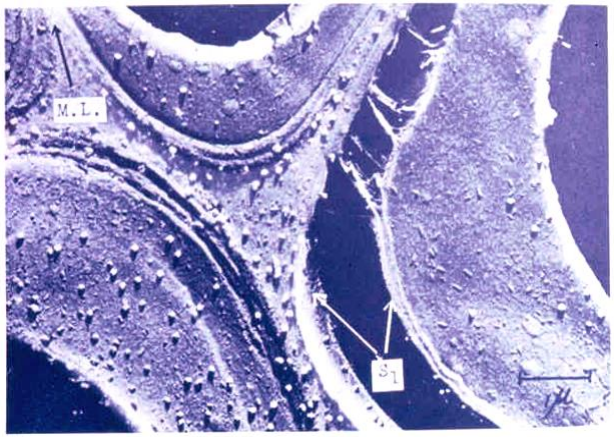
O objetivo do processo alcalino kraft é a deslignificação da lamela média até o ponto em que as fibras consigam se separar uma das outras com mínimo esforço mecânico

Esse ponto de separação das fibras, com pouca necessidade de aplicação de energia, é conhecido como PIF – Ponto de Individualização das Fibras

Ele é conseguido quando cerca de 90 a 95% da lignina original da madeira é removida, o que corresponde a números kappa de 25 a 30 e a rendimentos entre 55 a 60% para as madeiras de eucalipto

Para rendimentos acima disso, a separação só pode ser conseguida pela aplicação de energia mecânica através de desfibramento mais intenso. O processo então passa as ter características de semi-químico, o que na verdade ele realmente passa a ser.

O PIF consiste então em uma espécie de linha demarcatória entre os processos kraft químico e semi-químico



Paredes celulares se descolando na polpação

Tema nº 13:

Otimização do processo de polpação kraft integrando madeiras e cavacos com as etapas de polpação

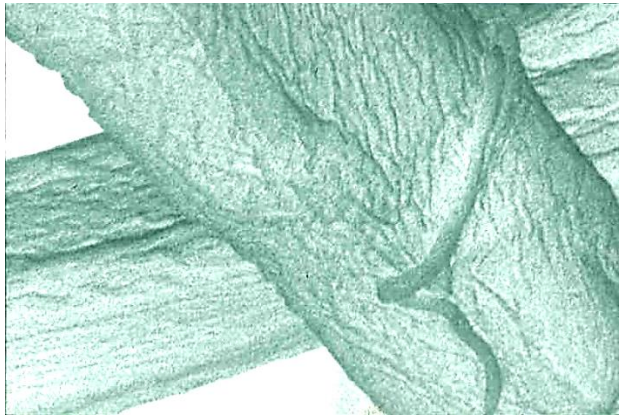
As ações sofridas no cozimento acabam se somando a outras importantes que vão ocorrer nos estágios do branqueamento e demais fases da fabricação da celulose e depois do papel.

Temos portanto um continuado e sucessivo conjunto de ações e de reações drásticas e muitas vezes prejudiciais sobre os elementos anatômicos das polpas, que antes e um dia formavam a madeira

Como muito bem disse uma vez nosso estimado amigo Dr. Panu Tikka – Helsinki University of Technology:

"Instead of talking about residual lignin in the kraft cooking, it would be better start thinking about the residual fibers".

"Ao invés de se falar acerca da lignina residual ao término da polpação kraft, melhor se começar a pensar acerca das fibras residuais"



Fibras residuais da polpação

Ganhos de eficiência da polpação kraft são obtidos por:

- **Aumento do rendimento da conversão da madeira em celulose - ou seja, para cada tonelada absolutamente seca de madeira se produzirá um maior peso seco de celulose, reduzindo então a quantidade de material da madeira que se dissolveria para o licor. As fábricas de celulose até o momento são fábricas de polpas fibrosas e não de licor preto para enviar para a evaporação e depois caldeira de recuperação. Até mesmo para as biorrefinarias isso precisaria ser avaliado.**

- **Redução do consumo de álcali ativo ou efetivo por tonelada de madeira (quantidade de licor branco necessário para a polpação)**

- **Redução do consumo específico de madeira**

- **Redução do consumo de energia térmica (calor) ou elétrica (para movimentações e fluxos)**

- **Ganho de produção na linha de fibras em relação ao originalmente projetado**

- **Ganho de eficiência ou continuidade operacional no setor de produção de celulose (digestores e equipamentos da área de polpa não branqueada)**

Doze Fatores-Chaves para a polpação kraft

1. **Composição química e topoquímica da madeira: teor de extrativos, teor e tipo (relação siringil//guaiacil) de lignina, teor e tipo de hemiceluloses, teor de celulose, tiloses, etc.**

2. **Anatomia da madeira: teor de fibras, vasos e parênquimas, distribuição dos tecidos vegetais, canais de resina, etc.**

3. **Gestão do "mix" de madeiras**

4. **Dimensões, frações, densidade e qualidade dos cavacos causadas por estocagem, manuseio, clima, etc.**

5. **Impregnação dos cavacos pelo licor de cozimento**

6. **Química da polpação kraft (otimização das reações de deslignificação)**

7. **Condições da operação da polpação kraft: variáveis de cozimento e gestão dos licores e filtrados**

8. **Divisão correta e adequada do álcali efetivo em digestores com polpação kraft modificada**

9. Entendimento das causas que afetam a seletividade do cozimento kraft, ou seja, da melhor remoção de lignina e menor ação sobre os carboidratos

10. Otimização das relações rendimento depurado/número kappa e viscosidade da celulose/número kappa

11. Gestão dos componentes dissolvidos da madeira ("DWC – "Dissolved Wood Components")

12. Qualidade da polpa que sai do digestor e que alimentará etapas subsequentes na planta industrial (Depuração de rejeitos, branqueabilidade, teor de "pitch", resistência da fibra individual, capacidade de ligação entre fibras, etc.)

As principais opções tecnológicas que têm sido adotadas para isso têm sido as seguintes:

- **Uniformidade da qualidade da madeira alimentada na forma de "mix" controlado de cavacos**
- **Mais eficiente remoção do ar de dentro dos cavacos**
- **Mais efetiva impregnação dos cavacos**
- **Abaixamento das temperaturas de cozimento**
- **Abaixamento das pressões hidrostáticas (tanto pela redução da pressão aplicada ao topo dos digestores como pela redução em altura dos digestores que hoje são menos esbeltos e mais encorpados)**

- **Redução do ciclo (tempo) do cozimento pelo aumento da carga alcalina**

- **Redistribuições das cargas alcalinas e otimização das mesmas em função das matérias-primas utilizadas**

Amigos e alunos desse curso:

Essa é a realidade do processo kraft de produção de celulose da maneira que me propus a lhes trazer

Minha missão foi lhes oferecer uma visão aos níveis molecular, anatômico, químico e topoquímico da madeira e dos elementos anatômicos da mesma

Em geral, ficamos todos só enxergando ou falando dos valores de rendimentos, viscosidade e de número kappa das polpas, as concentrações de álcali ativo ou efetivo e os fatores H das polpações

Quanto à madeira, na maioria das vezes só nos preocupações com sua densidade, umidade e granulometria dos cavacos

Quanto às interações madeira/processo de polpação, existe enorme oferta de conhecimentos na literatura do curso

Espero ter trazido um pouco mais de aprendizagem sobre esse processo e sobre as madeiras utilizadas como fonte de fibras papeleiras

Tenho muitas esperanças de dias melhores com mais sabedoria e melhor desempenho e sustentabilidade para nossas fábricas e suas fibras e madeiras

OBRIGADO POR SUA ATENÇÃO E PACIÊNCIA

REFERÊNCIAS DE LITERATURAS TÉCNICAS E CIENTÍFICAS AGRUPADAS POR SIMILARIDADE DE ASSUNTOS E AUTORIAS

Grupo 1: **Referências de literaturas publicadas pela ATCP-Chile (Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile) acerca da Qualidade da Madeira**

Grupo 2: **Duas referências básicas sugeridas para leitura acerca das Florestas Plantadas**

Grupo 3: **Referências da literatura contendo artigos, palestras e apresentações acerca dos Fundamentos da Anatomia, Química, Amostragem e Qualidade da Madeira apresentadas por diversos autores**

Grupo 4: **Referências de literaturas publicadas em mídia eletrônica e de autoria ou coautoria do Professor Celso Foelkel acerca da Qualidade da Madeira (*Eucalyptus*, *Pinus*, etc.)**

Grupo 5: Uma seleção de referências de outros autores publicadas e disponibilizadas na literatura em mídia eletrônica acerca da Qualidade da Madeira de *Eucalyptus*

Grupo 6: Uma seleção de referências de outros autores publicadas e disponibilizadas na literatura em mídia eletrônica acerca da Qualidade da Madeira de *Pinus*

Grupo 7: Uma seleção de referências de outros autores publicadas e disponibilizadas na literatura em mídia eletrônica acerca da Qualidade de Cavacos de Madeira

Grupo 8: Uma seleção de referências de outros autores publicadas e disponibilizadas na literatura em mídia eletrônica acerca de Fundamentos da Polpação Kraft

Grupo 09: Algumas referências de literaturas publicadas pela ATCP-Chile (Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile) acerca da Impregnação de Cavacos e Fundamentos da Polpação Kraft

Grupo 10: Algumas referências de literaturas publicadas em mídia eletrônica e de autoria ou coautoria do Professor Celso Foelkel acerca da Impregnação de Cavacos e Fundamentos da Polpação Kraft

Grupo 11: Uma seleção de referências de outros autores publicadas e disponibilizadas na literatura em mídia eletrônica acerca da Impregnação dos Cavacos e Individualização das Fibras durante a Polpação Kraft

Grupo 12: Uma seleção de referências de outros autores publicadas e disponibilizadas na literatura em mídia eletrônica acerca da Qualidade de Celuloses Obtidas pela Mistura de Cavacos de Madeiras e Diferentes Espécies e/ou Clones ("Mix de Madeira")

---

1. Referências de literaturas publicadas pela ATCP-Chile (Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile) acerca da Qualidade da Madeira

Biodeterioro por almacenamiento en astillas de *Eucalyptus globulus*, incidencia en la composición química y efectos en el pulpaje kraft. M. Torres; E. Valenzuela; I. Vives. Celulosa y Papel 32(1): 16 – 21. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_32.1_Almacenamiento+Astillas+Eucalyptus.pdf (em Espanhol)

Chemical and biometrical characterization of fibers from *Eucalyptus globulus* bark. B. Martínez; J.P. Elissetche; I. Carrillo; R.T. Mendonça; M. Pereira. Celulosa y Papel 31(5): 36 – 39. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_31.5_Bark+Eucalyptus.pdf (em Inglês)

SmartChipping. C.B. Sperberg. Celulosa y Papel 31(1): 20 - 22. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_31.1_SmartChipping.pdf (em Espanhol)

Nuevas tecnologías para eficientar líneas de descortezado y astillado. C.B. Sperberg. Celulosa y Papel 30(3): 24 – 27. (2014)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_30.3_Astillado.pdf (em Espanhol)

Caracterización y evaluación de la aptitud pulpable de madera de tensión de *Eucalyptus globulus*. M.G. Aguayo; P. Martínez; P. Reyes; M. Pereira; J. Rodríguez; J. Freer; R.T. Mendonça. Celulosa y Papel 27(3): 26 – 31. (2011)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_27.3_Madera+Tension+Globulus.pdf (em Espanhol)

How to keep the chip quality. S. Coscia. XII Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. Apresentação em PowerPoint: 33 slides. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_Chip+quality_Coscia.pdf (em Inglês)

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre madera de *Pinus radiata* D. Don en canchas de la provincia de Valdivia, X Región de Chile. J. Toledo S.; S. Mariani A. XI Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. 11 pp. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Tiempo_Almacenamiento_Pino.pdf (em Espanhol)

Selección y caracterización de clones de eucalipto considerando parámetros silviculturales, tecnológicos y de producto final. A. Bassa; A.G.M.C. Bassa; V.M. Sacon. Celulosa y Papel 21(2): 17 - 30. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Seleccion+Clones.pdf (em Espanhol)

Some understanding of hardwood resins (pitch). Special reference to *Eucalyptus.* R. Bharati; W. Montoya. XI Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. Apresentação em PowerPoint: 22 slides. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Pitch_Eucalyptus.pdf (em Inglês)

Efecto de la duraminización del *Eucalyptus nitens* en pulpaje kraft. S. Mariani A.; M. Torres U.; A. Fernández R.; E. Morales. Celulosa y Papel 21(5): 36 – 41. (2003)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Duraminizacion_E.nitens.pdf (em Espanhol)

Estudio del control de la resina de la madera en la fabricación del papel. C. Soto V.. IX Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. 21 pp. (2001)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Resina_madera.pdf (em Espanhol)

Evaluación de especies de *Eucalyptus*. J. Escalona G.; R. González M.; H. Millar E.. Celulosa y Papel 16(1): 03 – 15. (2000)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_16.1_Especies+Eucalyptus.pdf (em Espanhol)

Comportamiento de la fibra de pino radiata en los diferentes procesos de cocción y blanqueo. A. Jara C.. Celulosa y Papel 14(1). 07 pp. (1998)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1998_14.1_Pulpaje+Pino.pdf (em Espanhol)

Una historia de desarrollo tecnológico: Separación de astillas sobretamaño. S.R. Javid; A. Alvarez. Celulosa y Papel 13(2): 32 – 37. (1997)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1997_13.2_Astillas+Sobredimension.pdf (em Espanhol)

Pretratamiento de astillas para pulpaje kraft. A. Solís O.; R. Lindner S.; R. Melo S.. Libro de la V Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. p.: 14 – 28. (1993)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_V-JJTT_Astillas+Pretratadas.pdf (em Espanhol)

Almacenamiento de *Pinus radiata*, su influencia en madera madura y juvenil y sus efectos en pulpa kraft y sus propiedades papeleras. M.H. Torres U.; M. Peredo L.; S. Rodríguez S.. Libro de la V Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. p.: 01 – 12. (1993)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_V-JJTT_Almacenamiento+Pino.pdf (em Espanhol)

Aptitud pulpable del aserrím. V. Drápela; J. Paz; R. Melo. Celulosa y Papel 8(2): 14 - 20. (1992)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1992_Aptitud_aserrin.pdf (em Espanhol)

Características de las pulpas kraft de pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*) en relación al fuste. S. Rodríguez S.; M. Torres U.. IV Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. 15 pp. (em duas partes). (1991)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_IV-JJTT_Pino+Oregon+Fuste_Parte1.pdf (em Espanhol)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_IV-JJTT_Pino+Oregon+Fuste_Parte2.pdf (em Espanhol)

Ensayos de pulpaje y blanqueo de madera de eucalipto (*Eucalyptus*). R. Melo; J. Paz; A. Solís; V. Carrasco. Celulosa y Papel 7(1). 10 pp. (1991)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_Ensayos_pulpaje_eucalipto.pdf (em Espanhol)

Variación genética de la densidad básica de la madera de eucalipto. P. Rojas V.; J. Espejo C.. Celulosa y Papel 6(4): 22 – 29. (1990)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1990_6.4_Genetica+Densidad+Madera.pdf (em Espanhol)

Optimización de la geometría de astillas de pino radiata para el proceso de cocción kraft. A. Rodríguez C.; Carlos Steffens F.. Celulosa y Papel 5(2): 13 – 16. (1989)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1989_5.2_Geometria+Astillas.pdf (em Espanhol)

Optimización del control de pitch en pulpa kraft de pino insigne. H. Molina B.. Celulosa y Papel 5(1): 15 – 19. (1989)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1989_5.1_Madera+Pino+Pitch.pdf (em Espanhol)

Interrelación entre las propiedades de una celulosa kraft y la materia prima usada para su producción. R. Melo S.; J. Paz P.; V. Carrasco B.; N. Bello T.. Celulosa y Papel 4(3): 15 – 20. (1988)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1987_Interrelacion_propiedades_celulosa_madera.pdf (em Espanhol)

Nuevas especies en la producción de celulosa. J. Paz; R. Melo y colaboradores. Celulosa y Papel 3: 13 – 15. (1987)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1987_Nuevas-especies-para_celulosa.pdf (em Espanhol)

Aprovechamiento industrial de los eucaliptos. Laboratorio de Productos Forestales. Universidad de Concepción. Celulosa y Papel 3(3): 22 – 23. (1987)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/SD_Aprovechamiento_Industrial_Eucalyptus.pdf (em Espanhol)

Influencia del espesor de astillas de *Pinus radiata* en el proceso kraft: Estudio técnico-económico. L.A. Pacheco, G.; H.H. Ruíz C.; C.H. Hani A.. Celulosa y Papel 1(1): 25 – 33. (1985)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1985_1.1._Espesor+Astillas.pdf (em Espanhol)

2. Duas referências básicas sugeridas para leitura acerca das Florestas Plantadas

Plantações florestais: Geração de benefícios com baixo impacto ambiental. Editores: Y.M.M. Oliveira; E.B. Oliveira. Embrapa Florestas. 100 pp. (2016)

https://iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/estudo-embrapa.pdf (em Português)

Plantaciones forestales. Más allá de los árboles. J.A. Prado Donoso. Colegio de Ingenieros Forestales A.G.. 172 pp. (2015)

https://www.corma.cl/wp-content/uploads/2018/10/plantaciones-forestales-mas-alla-de-los-arboles_-j.pdf (em Espanhol)

3. Referências da literatura contendo artigos, palestras e apresentações acerca dos Fundamentos da Anatomia, Química, Amostragem e Qualidade da Madeira apresentadas por diversos autores

Curso "*Eucalyptus* fibers – From forests to papers". C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 52. 05 pp. Acesso em 16.07.2019

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/news52_Curso_Int_Eucalyptus_Forests2Papers.pdf (em Português e Inglês)

Madeira. Um material heterogêneo. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 101 slides. (2018)

http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/madeiraheterogenea2018.pdf (em Português)

Amostragem e preparo da madeira para análise química. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2018)

http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/amostragem.pdf (em Português)

Celulose. Química da madeira. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2018)

http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/celulose.pdf (em Português)

Lignina. Química da madeira. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 76 slides. (2018)

http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/ligninas.pdf (em Português)

Componentes acidentais das madeiras. Extrativos. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 47 slides. (2018)

http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/Extrativos.pdf (em Português)

Carboidratos. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 47 slides. (2018)

http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/carboidratos2018.pdf (em Português)

Química da madeira. U. Klock; A.S. Andrade**.** UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. 4ª Edição Revisada. 85 pp. (2013)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica%20da%20Madeira%202013.pdf (em Português)

Ultraestrutura da parede celular. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2013)

http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/ultraestruturaparedecelular2013.pdf (em Português)

Sampling and preparing wood for analysis. (Proposed revision of T257 cm-02). TAPPI Standard Methods. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 21 pp. (2012)

https://www.tappi.org/content/sarg/t257.pdf (em Inglês)

Madeira. Um material heterogêneo. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Apresentação em PowerPoint: 63 slides. (2012)

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/madeiraheterogenea2012.pdf (em Português)

From forest to product: New solutions for rapid, comprehensive wood and fibre analyses. G.E. Sherson; K.L. Woo; H.F. Jang; S. Huntley; J. Drummond; V. Lawrence; F.G. Silva Jr.. III ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)
http://www.eucalyptus.com.br/icep03/430Sherson.text.pdf (12 pp. - em Inglês)
e
http://www.eucalyptus.com.br/icep03/431Sherson.ppt.pdf (32 slides – em Inglês)

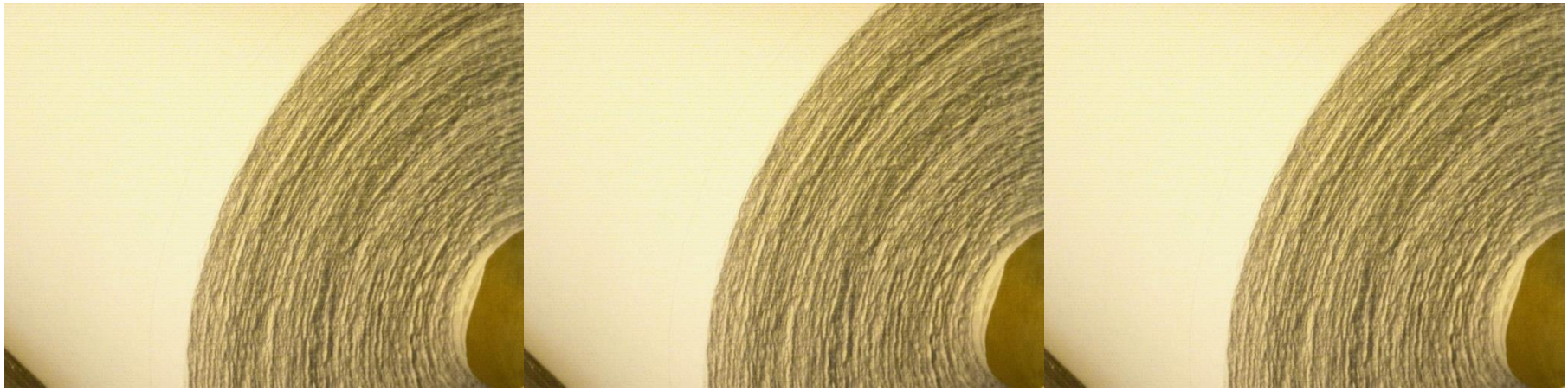
Química da madeira. U. Klock; G.I.B. Muñiz; J.A. Hernandez; A.S. Andrade. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. 3ª Edição Revisada. 86 pp. (2005)
http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/quimicadamadeira.pdf (em Português)

Propriedades da madeira. J.C. Moreschi. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. 208 pp. (2005)
http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf (em Português)

Aspectos de qualidade da madeira relacionados à polpação alcalina. F.G. Silva Jr. Seminário sobre Produção de Papel de Fibra Longa. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 90 slides. (2003)
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/22_qualidade%20madeira%20relacionada%20polpacao%20alcalina.pdf (em Português)

Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties. G.M. Downes; I.L. Hudson; C.A. Raymond; G.H. Dean; A.J. Michell; L.R. Schimleck; R. Evans; A. Muneri. CSIRO Publishing. 144 pp. (1997)
https://books.google.com.br/books?id=tezX2UlnUhcC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Curso "Estrutura e Propriedades Físicas da Madeira". C. Foelkel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 02 pp. (1984)
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1984_O_Papel_Curso_Madeira.pdf (em Português)



4. Referências de literaturas publicadas em mídia eletrônica e de autoria ou coautoria do Professor Celso Foelkel acerca da Qualidade da Madeira (*Eucalyptus*, *Pinus*, etc.)

Valorizando a madeira para a produção de celulose e papel. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa nº 59: 16 – 18. (2019)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Tecnicelpa_Valorizando+Madeira+Processo+Celulose.pdf (em Português)

A água e a madeira de *Pinus*. C. Foelkel. Extraído de PinusLetter nº 49. 38 pp. (2017)

http://www.celso-foelkel.com.br/pinus/Pinus49_Agua_Madeira_Pinus.pdf (em Português)

Secagem na floresta e ao ar livre de toras e biomassa de eucalipto. C. Foelkel. Extraído de Eucalyptus Newsletter nº 51. 22 pp. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/news51_Secagem_Madeira_Biomassa.pdf (em Português)

Melhorando a qualidade de madeiras, fibras & polpas para produção de celulose. C. Foelkel. Workshop ArborGen "Eucalipto, a importância da qualidade da madeira". Apresentação em PowerPoint: 77 slides. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Qualidade+Madeira+Evento+ArborGen.pdf (em Português)

Utilização da biomassa do eucalipto para produção de calor, vapor e eletricidade. Parte 1: Biomassa Florestal & Florestas Energéticas. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 43. 239 pp. (2016)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT43_Florestas_Energeticas_Eucaliptos.pdf (em Português)

Utilização da biomassa do eucalipto para produção de calor, vapor e eletricidade. Parte 3: Resíduos florestais energéticos. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 45. 235 pp. (2016)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT45_Residuos_Florestais_Energeticos.pdf (em Português)

A lignina do *Pinus* e o seu potencial para as biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel. C. Foelkel. Extraído de PinusLetter nº 48. 22 pp. (2016)

http://www.celso-foelkel.com.br/pinus/Pinus48_Lignina_Pinus_Biorrefinarias.pdf (em Português)

Curso "*Eucalyptus* fibers – From forests to papers". C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 52. 05 pp. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/news52_Curso_Int_Eucalyptus_Forests2Papers.pdf (em Português e Inglês)

Qualidade da madeira do eucalipto - Acerca dos acertos e erros na utilização da densidade básica como indicador de qualidade de madeiras. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 42. 177 pp. (2015)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT42_Densidade_Basica_Acertos&Erros.pdf (em Português)

Qualidade da madeira do eucalipto - Reflexões acerca da utilização da densidade básica como indicador de qualidade da madeira no setor de base florestal. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 41. 199 pp. (2015)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT41_Densidade_Basica_Madeira.pdf (em Português)

Qualidade da biomassa florestal do eucalipto para fins energéticos. C. Foelkel. Extraído de Eucalyptus Newsletter nº 49. 33 pp. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/news49_Biomassa_Florestal_Eucalipto.pdf (em Português)

Homogeneizar e diversificar: exigências opostas na gestão das florestas plantadas. C. Foelkel. Grau Celsius. Website especializado. 03 pp. (2014)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Florestas_plantadas_Homogeneizar_e_diversificar.pdf (em Português)

O problema dos tocos residuais das florestas plantadas de eucaliptos. C. Foelkel. Extraído de Eucalyptus Newsletter nº 45. Artigo Técnico. 17 pp. (2014)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/news45_Cepas_Tocos.pdf (em Português)

Efeito do teor de lignina da madeira de *Eucalyptus globulus* no desempenho da polpação kraft. G.V. Cardoso; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo; C.A.B. Rosa; T.F. Assis. Ciência Florestal 21(1): 133 – 147. (2011)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/Efeito%20lignina%20polpacao%20kraft.pdf (em Português)

Technological development in plantation forestry: Will continuous improvements in forest productivity be sustained and/or expected? A view under the *Eucalyptus* pulp industry perspective. C. Foelkel. Latina 2010. I Conferência da Indústria Florestal Latino-Americana. Apresentação em PowerPoint: 40 slides. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Technical%20Development%20%20-%20Plantation%20Forestry%20_LATINA%202010_Celso%20Foelkel.pdf (em Inglês)

e

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Desenvolvimento_Tec_Florestal_LATINA_2010_Celso_Foelkel.pdf (em Português)

Propriedades papeleiras das árvores, madeiras e fibras celulósicas dos eucaliptos. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 14. 111 pp. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT14_PropPapeleiras.pdf (em Português)

Papermaking properties of *Eucalyptus* trees, woods, and pulp fibers. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Chapter 14. 110 pp. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/ENG14.pdf (em Inglês)

A produção de florestas plantadas de eucalipto sob a ótica da ecoeficácia, ecoeficiência e da produção mais limpa. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 11. 113 pp. (2008)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT11_P%2BL_florestal.pdf (em Português)

Advances in *Eucalyptus* fiber properties and paper products. C. Foelkel. III International Colloquium of *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2007)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Advances%20in%20euca%20fiber.pdf (em Inglês)

Advances in *Eucalyptus* fiber properties and paper products. C. Foelkel. III International Colloquium of *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 68 slides. (2007)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Advances%20in%20eucalyptus%20fiber%20properties%20and%20paper%20products.pdf (em Inglês)

Elementos de vaso e celuloses de eucaliptos. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 04. 56 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT04_vasos.pdf (em Português)

Vessel elements and *Eucalyptus* pulps. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Chapter 04. 54 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/ENG04_vessels.pdf (em Inglês)

Gestão ecoeficiente dos resíduos florestais lenhosos da eucaliptocultura. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 07. 48 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07_residuoslenhosos.pdf (em Português)

Resíduos sólidos industriais da produção de celulose kraft de eucalipto - Parte 01: Resíduos orgânicos fibrosos. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 05. 78 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT05_residuos.pdf (em Português)

As fibras dos eucaliptos e as qualidades requeridas na celulose kraft para a fabricação de papel. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 03. 48 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT03_fibras.pdf (em Português)

The *Eucalyptus* fibers and the kraft pulp quality requirements for paper manufacturing. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Chapter 03. 42 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/ENG03_fibers.pdf (em Inglês)

Fibras e polpas. C. Foelkel. Grau Celsius website. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2005)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Fibras%20e%20polpas.pdf (em Português)

Differentiation in market pulp products: Is market pulp a commodity product? C. Foelkel. Grau Celsius website. Apresentação em PowerPoint: 74 slides. (2005)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Differentiation%20in%20pulps.pdf (em Inglês)

Casca da árvore do eucalipto: aspectos morfológicos, fisiológicos, florestais, ecológicos e industriais, visando à produção de celulose e papel. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 01. 109 pp. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/capitulo_casca.pdf (em Português)

Aracruz encontra no *Eucalyptus globulus* uma fonte de qualidade da madeira para se tornar mais competitiva. C. Foelkel entrevista T.F. Assis. O Papel 65(9): 41 - 43. (2004)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2018.%20aracruz%20encontra%20no%20e.globulus.pdf (em Português)

Variação radial da densidade básica em função da altura de árvores de *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus saligna*. D.S. Lazaretti; E.R. Reis; K. Serafim; M.H. Souza; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel. 36º Congresso Internacional Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2003)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202003b.pdf (em Português)

Estudo da composição química de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus spp. maideni* em diferentes regiões do tronco. E.R. Reis; A. Guarienti; C. Pedrazzi; M. Souza; C. Rosa; G. Cardoso; S. Frizzo; C. Foelkel. 36º Congresso Internacional Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2003)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202003a.pdf (em Português)

Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus globulus* no sentido longitudinal da árvore. G.V. Cardoso; S.M.B. Frizzo; C.A.B. Rosa; C.E.B. Foelkel; T.F. Assis; P. Oliveira. 35º Congresso Internacional da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 05 pp. (2002)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002d.pdf (em Português)

***Eucalyptus* wood and pulp quality requirements oriented to the manufacture of tissue and printing & writing papers.** C. Foelkel. Website Grau Celsius. 11 pp. (2002)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/34%20final.doc (em Inglês)

Otimização das condições do cozimento kraft de *Eucalyptus globulus* em função do teor de lignina da madeira. G.V. Cardoso; S.M.B. Frizzo; C.A.B. Rosa; C.E.B. Foelkel; T.F. Assis; P. Oliveira. 35º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 20 pp. (2002)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002a.pdf (em Português)

Estudo da qualidade da polpa obtida de serragem, de minicavacos de madeira e de resíduos de celulose de *Eucalyptus ssp*. C. Pedrazzi; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel; P. Oliveira. 35º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2002)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002b.pdf (em Português)

Variação da densidade a granel de cavacos de *Eucayptus saligna* em função de suas dimensões e da umidade. M.C.H. Souza; E.R. Reis; K.P. Serafim; C. Pedrazzi; S.M.B. Frizzo; P. Oliveira; C.E.B. Foelkel. 35º

Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2002)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002c.pdf (em Português)

Comportamento da madeira de *Eucalyptus globulus* com diferentes teores de lignina para produção de celulose kraft. G.V. Cardoso; C.A.B. Rosa; A.F. Guarienti; C. Pedrazzi; M.C.H. Souza; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel. 35º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2002)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002e.pdf (em Português)

Variação das características das árvores de *Eucalyptus saligna* Smith em função da altura do tronco. C.A.B. Rosa; D.M.M. Flores; G.V. Cardoso; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo. Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 13 pp. (2001)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Casca_arvores_simposio_PG2001.pdf (em Português)

Adequação de metodologia amostral de madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus* para determinação do teor de cinzas. G.V. Cardoso; C.A.B. Rosa; A.F. Guarienti; C. Pedrazzi; M.C.H. Souza; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel. 34º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2001)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202001a.pdf (em Português)

Considerações acerca do tamanho da amostra e número de repetições para avaliação de dados dendrométricos em povoamento clonal de *Eucalyptus saligna*. D.M.M. Flores; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo; G.V. Cardoso; C.A.B. Rosa. 33º Congresso Internacional de Celulose e Papel da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (2000)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202000c.pdf (em Português)

Amostragem de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus* para determinação de lignina Klason e e extrativos totais. A. Guarienti; C.A.B. Rosa; C. Pedrazzi; G.V. Cardoso; M.C.H. Souza; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo. 33º Congresso Internacional Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2000)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202000a.pdf (em Português)

Seleção de critérios para a especificação de pastas celulósicas branqueadas de eucaliptos na fabricação de papéis para impressão offset. E.S. Campos; M.A.L. Martins; C. Foelkel; S.M.B. Frizzo. Ciência Florestal 10(1): 57 -75. (2000)

http://celso-foelkel.com.br/artigos/ciencia_florestal/sele%E7%E3o%20de%20crit%E9rios%202000.pdf (em Português)

Amostragem de árvores para estudos tecnológicos da madeira para produção de celulose: Tamanho da amostra, número mínimo de repetições e variabilidade das propriedades de um clone de *Eucalyptus saligna*. D.M.M. Flores; G.V. Cardoso; C.E.B. Foelkel, S.M.B. Frizzo. 32º Congresso Internacional Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (1999)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%201999a.pdf (em Português)

Definição de critérios para a escolha de pastas celulósicas branqueadas de eucalipto na fabricação de papéis de impressão e escrita. E.S. Campos; M.A.L. Martins; C.E.B. foelkel; S.M.B. Frizzo. 31º Congresso Internacional da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1998)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1998.%20Crit%E9rio%20sele%E7%E3o%20polpas%20tese%20Edison%20Campos.pdf (em Português)

Estudo da variabilidade de um povoamento clonal entre árvores de *Eucalyptus saligna* Smith. D.M.M. Flores; S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel. 31º Congresso Internacional da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1998)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1998.%20Variabilidade%20clonal%20Dorot%E9ia.pdf (em Português)

Qualidade da madeira de eucalipto para atendimento das exigências do mercado de celulose e papel. C. Foelkel. Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos. 08 pp. (1997)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/32%20final.doc (em Português)

New pulping technology and *Eucalyptus* wood: The role of soil fertility, plant nutrition and wood ion content. C.E.B. Foelkel; T.F. Assis. CRC for Temperate Hardwood Forestry. IUFRO Conference, Hobart, Australia. 04 pp. (1995)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/New%20pulping%20technology%20and%20Eucalyptus%20wood%20%20The%20role%20of%20soil%20fertility%20plant%20nutrition%20and%20wood%20ion%20content%20.pdf (em Inglês)

Uma discussão teórico-prática sobre polpas de eucalipto para a fabricação de papel "tissue". E. Ratnieks; C. Foelkel. 29º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (1996)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1996.%20Eucaliptos%20e%20papel%20tissue.%20Edvins.pdf (em Português)

Densidade básica: Sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. C. Foelkel; E. Mora; S. Menochelli. 6º Congresso Florestal Brasileiro. 21 pp. (1990)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Db%20sua%20verdadeira%20utilidade.pdf (em Português)

Calidad de la madera. C. Foelkel. Curso ATCP-Chile Eucaliptos 1988. Módulo II. 72 pp. (1989)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1989_Calidad+Madera_Curso+Eucalipto.pdf (em Espanhol)

Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose. IV – Altura ideal de amostragem para avaliação da densidade média para árvores de *Eucalyptus grandis*. C.A. Busnardo; J.V. Gonzaga; C.E.B. Foelkel; S. Menochelli. 17º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 17 pp. (1987)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1987.%20Em%20busca%20qualidade%20ideal%20madeira%20IV.pdf (em Português)

A busca da qualidade da madeira do eucalipto para celulose através da arvore projetada pelo homem. C.E.B. Foelkel. Simpósio sobre Tendências do Desenvolvimento Florestal Brasileiro. ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. (1985)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1985_Engenheirando_qualidade_madeira.pdf (em Português)

Curso "Estrutura e Propriedades Físicas da Madeira". C. Foelkel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 02 pp. (1984)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1984_O_Papel_Curso_Madeira.pdf (em Português)

Estudo comparativo da qualidade da madeira de três procedências de *Eucalyptus camaldulensis* e uma de *Eucalyptus globulus* introduzidas na região de Guaíba/RS. J.V. Gonzaga; C.A. Busnardo; C. Dias; C.E.B. Foelkel. 17º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 21 pp. (1984)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1984.%20Madeira%20de%20e.camaldulensis%20e%20e.globulus.pdf (em Português)

Em busca da qualidade ideal da madeira de eucalipto para produção de celulose. II – Inter-relações entre propriedades das árvores e de suas madeiras. C.A. Busnardo; J.V. Gonzaga; C.E.B. Foelkel; J.B.V. Vez. 3º Congresso Latino Americano de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 23 pp. (1983)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1983.%20Em%20busca%20qualidade%20ideal%20madeira%20II.pdf (em Português)

Em busca da qualidade ideal da madeira de eucalipto para produção de celulose. III – A importância da altura de amostragem para avaliação da densidade básica média da árvore. C.A Busnardo; J.V. Gonzaga; C.E.B. Foelkel; C. Dias; S. Menochelli. 3º Congresso Latino

Americano de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (1983)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1983.%20Em%20busca%20qualidade%20ideal%20madeira%20III.pdf (em Português)

Melhoramento genético das qualidades celulósico-papeleiras da madeira do *Eucalyptus saligna*. C.E.B. Foelkel; J.V. Gonzaga; C.A. Busnardo; B. Rech; I. Borssatto; C. Schmidt; C. Dias; S. Menochelli. 15º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 19 pp. (1982)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1982.%20Melhoramento%20%E1rvores%20estrela.pdf (em Português)

O cancro do eucalipto e sua influência sobre a qualidade da celulose kraft. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J.O.M. Andrade. O Papel (Julho): 27 - 38. (1981)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1981_Cancro_Eucalipto.pdf

Possibilidades do emprego de eucaliptos jovens na produção de polpa kraft. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J. Kato; A.F. Milanez. 2º Congresso Latino-Americano de Celulosa y Papel. Torremolinos/Espanha. Anais: 15 – 25. (1981)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Polpa_kraft_eucaliptos_jovens.pdf (em Português)

Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose. I – Eucaliptos tropicais. C.E.B. Foelkel; C.A. Busnardo; C. Zvinakevicius; M.F.B. Borssatto. O Papel (Fevereiro): 52 - 56. (1981)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1981_Eucaliptos_tropicais.pdf (em Português)

Programa para uso conjunto de resíduos fibrosos na produção de celulose kraft. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; J. Kato; J. Medeiros

Sobrinho. 14º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 22 pp. (1981)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1981.%20uso%20res%EDduos%20fibrosos.pdf (em Português)

Utilização dos rejeitos do cozimento kraft. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; J. Kato; J. Medeiros Sobrinho; A.F. Milanez. O Papel (Setembro): 59 - 64. (1981)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1981_Rejeitos_Cozimento.pdf (em Português)

Misturas de madeiras de *Pinus strobus var. chiapensis* e *Eucalyptus urophylla* na polpação kraft. R.C. Oliveira; C.E.B. Foelkel; J.L. Gomide. 13º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1980)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1980_Misturas_madeiras_Pinus_Eucalyptus.pdf (em Português)

e

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20cozimento%20misturas%20Pinus%20e%20Eucalyptus.%20Tese%20rubinho.pdf (em Português)

Propriedades físico-mecânicas de celulose kraft obtidas por cozimentos conjuntos de madeiras de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla,* de origem híbrida. R.C. Oliveira; C.E.B. Foelkel; J.L. Gomide. Revista Árvore 4(2): 188 – 202. (1980)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1980_Pinus_strobus.pdf (em Português)

Produção de celulose kraft a partir de misturas de madeiras de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida.

R.C. Oliveira; C.E.B. Foelkel; J.L. Gomide. Revista Árvore 3(2): 195 – 207. (1979)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1979_Misturas_pinus_eucalipto.pdf (em Português)

Estudo da influência da deterioração de cavacos de eucalipto nas propriedades da celulose kraft. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius. O Papel (Julho): 40 – 48. (1979)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1979_Deterioracao_Cavacos.pdf (em Português)

A utilização da serragem da madeira de eucalipto na produção de polpa celulósica. C.E.B. Foelkel; L.C. Couto; J. Kato. O Papel (Setembro): 57 - 64. (1979)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1979_Serragem_madeira.pdf (em Português)

Estudos sobre a influência da espessura dos cavacos de eucalipto sobre a qualidade da celulose kraft correspondente. J.O.M. Andrade; C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel. O Papel (Outubro): 55 - 59. (1978)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1978_Espessura_cavacos.pdf (em Português)

Estudo comparativo da qualidade da madeira de algumas espécies de eucaliptos tropicais. C.A. Busnardo; C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; S. Kagiya; E.E. Alves. 11º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (1978)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1978.%20Madeira%20de%20eucaliptos%20tropicais.pdf (em Português)

Madeira do eucalipto: da floresta ao digestor. C. Foelkel. I Congresso Brasileiro sobre Qualidade da Madeira. IPEF. 27 pp. (1978)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Madeira%20do%20eucalipto_%20da%20floresta%20ao%20digestor.pdf (em Português)

Influência da temperatura de armazenamento de eucalipto na qualidade da madeira e da celulose kraft. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; J.R. Andrade. O Papel (Novembro): 73 – 80. (1978)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1978_Temperatura_cavacos.pdf (em Português)

Casca desmedulada de eucalipto: Uma nova opção como fonte de fibras para a indústria de celulose kraft. C. Foelkel; C. Zvinakevicius; L.R.O. Siqueira; J. Kato; J.O.M. Andrade. 10º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (1977)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1977.%20casca%20desmedulada%20de%20eucalipto.pdf

***Pinus elliottii*: Fibra longa para produção de celulose kraft.** C.E.B. Foelkel. 10º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (1977)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1977_Pinus_elliottii.pdf (em Português)

e

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1977.%20Pinus%20elliottii.pdf (em Português)

Celulose kraft de madeiras juvenil e adulta de *Pinus elliottii*. C.E.B. Foelkel; L.E.G. Barrichelo; W. Garcia; J.O. Brito. IPEF 12: 127 – 142. (1976)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1976b%20%20pinus%20elliottii.pdf (em Português)

http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr12/cap05.pdf (em Português)

Variabilidade no sentido radial de madeira de *Pinus elliottii*. C.E.B. Foelkel; M. Ferreira; J.H. Nehring; M.B. Rolim. IPEF 10: 01 – 11. (1975)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1975a%20%20variabilidade%20radial%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf (em Português)

Variações das características da madeira e propriedades da celulose sulfato de *Pinus oocarpa* em função da idade do povoamento florestal. C.E.B. Foelkel; L.E.G. Barrichelo; A.C.B. Amaral; C.F. Valle. IPEF 10: 81 – 87. (1975)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1975e%20%20pinus%20oocarpa.pdf (em Português)

Avaliação das madeiras para produção de celulose através de suas características estruturais: Uma referência especial ao gênero *Eucalyptus*. C.E.B. Foelkel; L.E.G. Barrichelo. In: Seminário de Integração Floresta-Indústria. IPEF & Suzano. pp.: 05 – 33. (1975)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2011_Seminario%20de%20integra%E7%E3o%20floresta%20ind%FAstria0001.pdf (em Português)

Relações entre as características da madeira e propriedades da celulose e papel. C.E.B. Foelkel; L.E.G. Barrichelo. O Papel (Setembro): 49 – 53. (1975)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1975_Caracteristicas_Madeira+Celulose+Papel.pdf (em Português)

Celulose kraft de *Pinus* sp. C.E.B. Foelkel. 8ª Convenção Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 19 pp. (1975)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1975%20%20Celulose%20kraft%20de%20Pinus%20spp%20.pdf (em Português)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1975_Celulose_kraft_Pinus.pdf (em Português)

Madeiras de coníferas e folhosas na fabricação de celulose kraft no Brasil e nos Estados Unidos da América. Um estudo comparativo.

C.E.B. Foelkel; L.E.G. Barrichelo. 8ª Convenção Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (1975)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1975_Madeiras_coniferas_folhosas.pdf (em Português)

e

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1975.%20madeira%20con%EDferas%20e%20folhosas.pdf (em Português)

Unbleached kraft pulp properties of some of the Brazilian and U.S. pines. C.E.B. Foelkel. Tese de Mestrado. State University of New York / Syracuse. 204 pp. (1973)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Unbleached%20kraft%20pulp.pdf (em Inglês)

Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. C.EB. Foelkel; M.A.M. Brasil; L.E.G. Barrichelo. IPEF 2/3: 65 – 74. (1971)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/IPEF/1971%20%20densidade%20cavacos%20madeira.pdf (em Português)

Integração Floresta/Madeira/Produtos/Clientes: Uma realidade ou uma ficção? C. Foelkel. Website Grau Celsius. Apresentação em PowerPoint: 77 slides. (SD: Sem referência de data)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Integrando%20Floresta.Madeira.Produtos.pdf (em Português)

Fibra Longa: Integração Floresta/Madeira/Produtos/Clientes: Uma realidade ou uma ficção? C. Foelkel. Website Grau Celsius. Apresentação em PowerPoint: 63 slides. (SD: Sem referência de data)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/FibraLonga_Integrando%20Floresta%20Madeira%20Produtos.pdf (em Português)

Densidade da "substância madeira" para o eucalipto. C. Foelkel. Pergunte ao Euca Expert. Pergunta nº 809. 03 pp. (SD: Sem referência de data)

http://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/Pergunta%20809.doc (em Português)

Densidade básica em baguetas. C. Foelkel. Pergunte ao Euca Expert. Pergunta nº 84. 03 pp. (SD: Sem referência de data)

http://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/Pergunta%2084.doc (em Português)

5. Uma seleção de referências de outros autores publicadas e disponibilizadas na literatura em mídia eletrônica acerca da Qualidade da Madeira de *Eucalyptus*

An evaluation of fiber biometry and nanomechanical properties of different *Eucalyptus* species. I. Camilo-Varela; P. Valenzuela; W. Gacitúa; R.T. Mendonça. BioResources 14(3): 6433 – 6446. (2019)

https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_14_3_6433_Carrillo_Varela_Fiber_Biometry_Nanomechanical/6976 (em Inglês)

Recuperação energética da biomassa de tocos e raízes de florestas plantadas. Organizadores: S.F.S. Guerra; H.J. Eufrade Júnior. Editora FEPAF. 180 pp. (2019)

http://www.fepaf.org.br/download/EBOOK_AMBAR.pdf (em Português)

Juvenile wood characterization of *Eucalyptus botryoides* and *Eucalyptus maculata* using SilviScan. S. Knapic; T. Grahn; S.-O. Lundqvist; H. Pereira. BioResources 13(2): 2342 - 2355. (2018)

https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/download/BioRes_13_2_2342_Knapic_Juvenile_Wood_Eucalyptus_SilviScan/5895 (em Inglês)

Current status and new trends in the production of *Eucalyptus* kraft pulp. J.L. Colodette. XV Simposio de la Industria de la Celulosa y el Papel. CORMA-Chile. Apresentação em PowerPoint: 54 slides. (2018)

http://www.seminarioscorma.cl/wp-content/uploads/2018/11/2._-Presentaci%C3%B3n-Jorge-Colodette.pdf (em Inglês)

Sampling methods and number of roundwoods for determining the moisture content. D.B. Donato; R.V.O. Castro; A.C.O. Carneiro; A.M.M.L. Carvalho; B.R. Vital; R.C. Santos. Revista Árvore 42(4). 06 pp. (2018)

http://www.scielo.br/pdf/rarv/v42n4/0100-6762-rarv-42-04-e420401.pdf (em Inglês)

Effect of wood quality and S/G lignin ratio in the kraft pulping kinetics. D.P. Almeida; B.F.H. Faria; J.L. Colodette; D.C. Ferreira. 8º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 01 pp. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/04_Wood+quality_S+G.pdf (em Inglês)

Evaluation of resistograph as a predictor instrument of basic density in plantations of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*. I. Carrillo; R. Teixeira; J.P. Elissetche. 8º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 01 pp. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1.4.Wood&Fiber_UDEC_Wood_density.pdf (em Inglês)

Efeito dos elementos anatômicos da madeira na secagem das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia.* T.C. Monteiro; J.T. Lima; P.R.G. Hein; J.R.M. Silva; P.F. Trugilho; H.B. Andrade. *Scientia Forestalis* 45(115): 493 – 505. (2017)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr115/cap07.pdf (em Português)

Influence of clone harvesting age of *Eucalyptus grandis* and hybrids of *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* in the wood chemical composition and in kraft pulpability. P.H.D. Morais; D. Longue Júnior; J.L. Colodette; E.H.C. Morais; C.M. Jardim. Ciência Florestal 27(1): 237 – 248. (2017)

http://www.scielo.br/pdf/cflo/v27n1/1980-5098-cflo-27-01-00237.pdf (em Inglês)

A árvore como matéria prima para a indústria de base florestal. T.E.S. Segura. 5ª Semana de Celulose e Papel de Três Lagoas. Apresentação em PowerPoint: 51 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Arvore+Materia_Prima.pdf (em Português)

Impacting wood extractives content through cooking additive application. C.M. Jardim; F.A. Silva; M.B. Fernandes; A.G. Kister; R.A.

Lima; M.A.A. Silva; A.V. Silva. 8º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 22 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1.6.Wood&Fiber_Veracel_Extractives.pdf (em Inglês)

Genetics: A tool to improve wood quality for the cellulose industry. C. Ballocchi. 8º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 59 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1.1.Wood&Fiber_Arauco.Claudio+Ballocci.pdf (em Inglês)

Enhancing *Eucalyptus* kraft pulp yield and bleachability. G.B. Souza; C.B. Souza; M. Zanão; D.P. Almeida; F.J.B. Gomes; J.L. Colodette. 8º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 41 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2.1.Pulping_Colodette.pdf (em Inglês)

Programa de controle da qualidade da madeira na Eldorado Brasil Celulose. T.E.S. Segura; L.R. Pimenta; F.B. Mattiazzo; F.M. Silva; J.A. Cruz; L.O. Souza. 49º Congresso Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Qualidade+Madeira_Eldorado_T.pdf (Texto: 10 pp. – em Português)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Qualidade+Madeira_Eldorado_A.pdf (Apresentação em PowerPoint: 32 slides – em Português)

Nova visão quantitativa e qualitativa da madeira para o processo de produção de polpa branqueada de eucalipto. L.S. Caux; L.C. Dalvi; C.C. Justino. 48º Congresso Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Madeira+Processo_T.pdf (Texto: 07 pp. – em Português)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Madeira+Processo_A.pdf (Apresentação em PowerPoint: 27 slides – em Português)

Emerging technologies to improve *Eucalyptus* fibers quality for paper. C.M. Jardim; M. Manfredi; R.G. Moraes; R.P. Silva; R.C. Oliveira; A. Ragauskas. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 31 slides. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/12.2.Rubens+Chaves+Oliveira.SLIDES.pdf (em Inglês)

Chemical reactions causing carbohydrate yield losses during alkaline pulping of wood. G. Henriksson; W. Yan; S. Azhar; J. Berglund; P. Lindén; M.E. Lindström. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 29 slides. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/9.1.Gunnar+Henriksson.SLIDES.pdf (em Inglês)

Understanding the pulpability of *Eucalyptus globulus* based on chemical, anatomical and genomics traits. R.T. Mendonça. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 42 slides. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/4.2.Regis_Mendonca_SLIDES.pdf (em Inglês)

Recent advances in the chemistry of *Eucalyptus* wood. J.C. del Rio; J. Rencoret; A. Gutiérrez; Á.T. Martínez; J.L. Colodette. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 56 slides. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/3.1.Jose+Del+Rio.SLIDES.pdf (em Inglês)

Pulping potential of young eucalypts: A comparative study of wood and pulp properties of 12 eucalypt species. D.M. Neiva; L. Fernandes; S. Araújo; A. Lourenço; J. Gominho; R. Simões; H. Pereira. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 22 slides. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/12.3.Duarte+Neiva.SLIDES.pdf (em Inglês)

***Eucalyptus* wood evaluation for pulp production: The choice of key indicators and the knowledge of the variables role on the processes as a tool for raising the productivity.** L.S. Caux; L.C. Dalvi; J.L. Colodette. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 21 slides. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/4.4.Leonardo+De+Caux.SLIDES.pdf (em Inglês)

Para literaturas anteriores ao ano de 2015, eu sugiro a busca de grande quantidade de textos sobre qualidade da madeira dos eucaliptos e que estão referenciados e disponibilizados para serem acessados em duas de minhas publicações com endereços a seguir:

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT41_Densidade_Basica_Madeira.pdf

&

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT42_Densidade_Basica_Acertos&Erros.pdf

Também estão colocadas a seguir mais algumas referências que estamos usando para embasar nossas aulas:

Mejoramiento genético de eucaliptos en Chile. Editores: R. Ipinza; S. Barros; B. Gutiérrez; N. Borralho. INFOR – Instituto Forestal de Chile. 492 pp. (2014)

http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/21039/INFOR-0008.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Espanhol)

Caracterização físico-química de tocos de eucalipto para produção de energia. F. Gomez; A. Almeida; C.W.C. Wanderley; R.E. Hakamada. XVII Seminário de Atualização em Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal Volume 1: 173 - 184. (2014)

https://aeditora.com.br/produto/xvii-seminario-de-atualizacao-em-sistemas-de-colheita-de-madeira-e-transporte-florestal-anais/ (em Português)

Efeito da qualidade da madeira no desempenho da polpação kraft. D.M. Carvalho; M.R. Silva; J.L. Colodette. Ciência Florestal 24(3): 677 – 684. (2014)

http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/download/2957/pdf (em Português)

Qualidade da madeira e da celulose de clones de *Eucalyptus* spp. de diferentes densidades. F.A. Diogo. Dissertação de Mestrado. UNESP – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 47 pp. (2014)

http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/113794/000806799.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Predicting wood quality to improve sawlog value in radiata pine. D. Drew. CSIRO Ecosystems Sciences. Apresentação em PowerPoint: 37 slides. (2013)

http://www.fwpa.com.au/images/webinars/eCambium_Webinar-David-Drew.pdf (em Inglês)

Influência da idade na geração de modelos de espectroscopia NIR, para predição de propriedades da madeira de *Eucalyptus* spp. F.R. Milagres; J.L. Gomide; A. Magaton; H. Fantuzzi Neto. Revista Árvore 37(6): 1165 – 1173. (2013)

http://www.scielo.br/pdf/rarv/v37n6/18.pdf (em Português)

Wood quality: A key element for production of high yield and high bleachability eucalypt kraft pulp. J.L. Colodette; J.L. Gomide; F.J.B. Gomes. 6th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 37 slides. (2013)
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2013_Wood_Quality_PPT.pdf (em Inglês)

Densidad básica en madera pulpable de *Eucalyptus globulus* Labill. J.A. Soto Cereceda. Trabalho de Titulação. Universidade Austral de Chile. 55 pp. (2013)
http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fifs718d/doc/fifs718d.pdf (em Espanhol)

Variación de la densidad de la madera y rendimiento pulpable en clones de *Eucalyptus globulus* evaluado con espectroscopía de infrarrojo cercano. R. Labbé; F. Droppelmann; C. Balocchi; M. Peredo. Bosque 34(3): 263 -272. (2013)
https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v34n3/art02.pdf (em Espanhol)

Qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft. H. Fantuzzi Neto. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 119 pp. (2012)

http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/572/texto%20completo.pdf?sequence=1 (em Português)

Identificación y control de *pitch* en producto final de la línea de producción de pulpa de eucalipto. E.H. Durán Otth. Dissertação de Mestrado Profissional. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 64 pp. (2011)

http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5916/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Espanhol)

Validación de variables que afectan el rendimiento en digestor continuo para producción de celulosa kraft de *Eucalyptus*. C.M. Diaz Morales. Dissertação de Mestrado Profissional. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 79 pp. (2011)

http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=3765 (em Espanhol)

Genetic correlations between pulpwood and solid-wood selection and objective traits in *Eucalypus globulus*. M.G. Hamilton; B.M. Potts; B.L. Greaves; G.W. Dutkowski. Sciences 67(5). 11pp. (2010)

https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00883578/document (em Inglês)

Influência da produtividade de clones híbridos de eucalipto na densidade da madeira e os impactos na polpação kraft. D.E. Fernandes. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 67 pp. (2010)

http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5893/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Cinética da remoção dos extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis* durante polpação kraft. C. Sarto; C.A. Sansigolo. *Acta Scientiarum* 32(3): 227- 235. (2010)

http://ojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/download/4237/4237 (em Português)

Seasonal variations in wood: Perceived and real impacts on pulp yield. P.W. Hart. Tappi Journal (March): 04 – 08. (2009)

https://www.researchgate.net/publication/271966415_Seasonal_Variation_in_Wood_Perceived_and_Real_Impacts_on_Pulp_Yield (em Inglês)

The importance of wood density and chemistry on *Eucalyptus* clone selection. J.L. Colodette; J.L. Gomide; A.S. Magaton; C. Pedrazzi; M.M. Costa. 4th ICEP – International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 59 slides. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/icep04/02_Colodette.et.all.pdf (em Inglês)

Secagem de toras de clones de *Eucalyptus* empregados na produção de carvão. R.N. Rezende. Dissertação de Mestrado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 189 pp. (2009)

http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/2774/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Secagem%20de%20toras%20de%20clones%20de%20Eucalyptus%20empregados%20na%20produ%c3%a7%c3%a3o%20de%20carv%c3%a3o.pdf (em Português)

Avaliação da madeira e da polpação kraft em clones de eucaliptos. A.F.G. Gouvêa; P.F. Trugilho; J.L. Colodette; J.T. Lima; J.R.M. Silva; J.L. Gomide. Revista Árvore 33(6): 1175 – 1185. (2009)

http://www.scielo.br/pdf/rarv/v33n6/a20v33n6.pdf (em Português)

Recent developments in *E. globulus* kraft pulping. Chemistry & technology. H. Sixta; E. Rutkowska; P. Wollboldt; G. Schild; M. Leschinsky. 4th ICEP – International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 54 slides. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/icep04/04_Sixta.et.all.pdf (em Inglês)

Clonal selection for the cellulose industry. C. Balocchi. 4th ICEP – International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 47 slides. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/icep04/09_Ballocchi.pdf (em Inglês)

Effect of *Eucalyptus globulus* wood density on papermaking potential. A. Santos; M.E. Amaral; A. Vaz; O. Anjos; R. Simões. Tappi Journal (Maio): 25 – 32. (2008)

https://www.researchgate.net/publication/233765170_Effect_of_Eucalyptus_globulus_wood_density_on_papermaking_potential (em Inglês)

Melhoramento para produtividade e qualidade de celulose de fibra curta. T.F. Assis. Website Grau Celsius. 18 pp. (2008).

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2008.%20Estrat%E9gias%20de%20Melhoramento%20FIBRA%20CURTA.doc (em Português)

Evaluación de parámetros de calidad de *E. globulus* Y *E. maidenii* de plantaciones uruguayas para pulpa de celulosa. J. Doldán. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/icep03/18_Doldan.pdf (en Espanhol)

***Eucalyptus* wood characteristics. Brazilian pulping industry.** J.L. Gomide. TAPPI *Eucalyptus* Tutorial. Apresentação em PowerPoint: 36 slides. (2006)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2006%20-TAPPI%20Tutorial2.pdf (Uma cortesia do professor Dr. José Lívio Gomide e da TAPPI - em Inglês)

Comportamiento pulpable de *Eucalyptus nitens* normal y suprimido crecido en la X Región de Chile. A.H. Borgoño Acosta. Trabalho de Titulação. Universidad Austral de Chile. 51 pp. (2006)

http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fifb734c/doc/fifb734c.pdf (em Espanhol)

Densidad básica de la madera de *Eucalyptus globulus* en dos sitios en Chile. A.I. Espina Lizana. Trabalho de Titulação. Universidad Austral de Chile. 50 pp. (2006)

http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fife.77d/doc/fife.77d.pdf (em Espanhol)

Caracterización física y química del *Eucalyptus nitens* con la altura. S. Mariani A.; H. Poblete W.; M. Torres U.; A. Fernández R.; E. Morales M.. 2nd International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 07 pp. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/icep02/silvana_mariani.pdf (em Espanhol)

Identificación de espécies de *Eucalyptus*. I. Quiñónez; V. Sepúlveda; F. Halabi. 2nd International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 09 pp. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/icep02/iver_quinonez.pdf (em Espanhol)

Calidad de las maderas de clones de *Eucalyptus* de Brasil para la producción de celulosa kraft. J.L. Gomide; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; C.M. Silva. 2nd International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 17 pp. (2005)

http://www.eucalyptus.com.br/icep02/jose_livio_gomide.pdf (em Espanhol)

Comportamiento del *Eucalyptus nitens* como espécie pulpable – CMPC Celulosa Planta Santa Fe. J. Reyes. 2nd International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 17 pp. (2005)
http://www.eucalyptus.com.br/icep02/jorge_reyes.pdf (em Espanhol)

Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. J.L. Gomide; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; C.M. Silva. Revista Árvore 29(1): 129 – 137. (2005)

http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n1/24242.pdf (em Português)

Variación de la composición química en albura, duramen y altura de la madera pulpable de *Eucalyptus globulus* proveniente de Monte Alto y Monte Bajo. G.L. Barahona Olmos. Trabalho de Titulação. Universidad de Chile. 87 pp. (2005)

http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105057/barahona_g.pdf?sequence=3&isAllowed=y (em Espanhol)

Melhoramento de eucalipto visando à obtenção de clones para a indústria de celulose. O. Bison. Tese de Doutorado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 182 pp. (2004)

http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3870/1/TESE_Melhoramento%20de%20eucaliptto%20visando%20%C3%A0%20obten%C3%A7%C3%A3o%20de%20clones%20para%20a%20ind%C3%BAstria%20de%20celulose.pdf (em Português)

Relative importance of *Eucalyptus* wood density and carbohydrate content on pulping yield and product quality. J.L. Colodette; A. Mokfienski; J.L. Gomide; R.C. Oliveira. 2004 China International Papermaking & Environmental Conference. Apresentação em PowerPoint: 42 slides. (2004)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2004_Eucalyptus_wood_quality.pdf (em Inglês)

Importância relativa da densidade básica e da constituição química da madeira de *Eucalyptus spp*. no rendimento, branqueabilidade e

qualidade da polpa kraft. A. Mokfienski. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 153 pp. (2004)

http://www.tede.ufv.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1545 (em Português)

Determinación de peso especìfico y de algunas propiedades biométricas en *Eucalyptus globulus* (Labill) como materia prima pulpable. C.M. Saavedra Fuenzalida. Memoria de Titulación. Universidad de Chile. 98 pp. (2004)

http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105047/saavedra_c.pdf?sequence=3&isAllowed=y (em Espanhol)

Avaliação técnica do tempo de estocagem da madeira. F.R. Stein. Monografia de Curso. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 36 pp. (2003)

http://engmadeira.yolasite.com/resources/Monografia%20-%20Estocagem%20de%20madeira.pdf (em Português)

Influência do teor de lignina da madeira de *Eucalyptus globulus* na produção e na qualidade da celulose kraft. C.A.B. Rosa. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 150 pp. (2003)
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/UFSM_TESE_Claudia.pdf (em Português)

Otimização do cozimento kraft para produção de celulose a partir de madeiras de *Eucalyptus globulus* com diferentes teores de lignina. G.V. Cardoso. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 147 pp. (2002)
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/UFSM_TESE_Gabriel.pdf (em Português)

Efeito das características anatômicas e químicas na densidade básica da madeira e na qualidade da polpa de clones híbridos de *Eucalyptus grandis x Eucalypus urophylla*. S.C.S. Queiroz. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 91 pp. (2002)
http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3216/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Variação das características dendrométricas, da qualidade da madeira e da celulose entre árvores de um clone de *Eucalyptus saligna*. D.M.M. Flores. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 111 pp. (1999)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/UFSM%20%20Dorot%E9ia%20Flores.pdf (em Português)

Potencialidades da seleção precoce de *Eucalyptus urophylla* em função da qualidade da madeira destinada à produção de celulose. F.G. Silva Jr.; E.P. Braga. 30º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p. 281-292. (1997)
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/33_potencialidade%20selecao%20precoce%20eucalipto.pdf (em Português)

Seleção da árvore industrial (Procedimentos, riscos, custos e benefícios). S.M. Fonseca; R.C. Oliveira; P.N. Silveira. Revista Árvore 20(1): 69 – 85. (1995)

https://books.google.com.br/books?id=RXWaAAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false (em Português)

Industrial tree selection: Procedures, risks, costs and benefits. S.O. Machado; R.C. Oliveira; P.N. Silveira. CRC for Temperate Hardwood Forestry. IUFRO Conference, Hobart, Australia. 06 pp. (1995)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1995_Industrial+tree.pdf (em Inglês)

Programa de qualidade da madeira da Votorantim Celulose e Papel - VCP. F.G. Silva Jr.; J.C.G. Muner; C.F. Valle. 28º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p. 515-529. (1995)
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/38_programa%20qualidade%20madeira%20VCP.pdf
(em Português)

Características físicas, químicas y biométricas de distintas espécies de *Eucalyptus* y su aptitud pulpable. J. Paz. Actas del Simpósio de los *Eucalyptus* en el Desarrollo Forestal de Chile. 26 pp. (1993)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2004_Caracter%EDsticas%20f%EDsicas,%20qu%EDmicas%20y%20biometricas%20d.pdf (em Espanhol)

Pulpaje kraft con trozas de *Eucalyptus globulus* Labill en diferentes diámetros. M. Torres U.; S. Rodríguez S.. Bosque 12(2): 65-68. (1991)

http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v12n2/art07.pdf (em Espanhol)

Variação do rendimento em celulose sulfato ao longo do tronco do *Eucalypytus grandis* Hill ex Maiden e *E. saligna* Smith. V. Manfredi. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 103 pp. (1985) http://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1985_Variacao_Rendimento_Celulose_Tronco.pdf (em Português)

Métodos de determinação de qualidade de madeira. B.R. Vital. Boletim Técnico nº 01. SIF – Sociedade de Investigações Florestais. 23 pp. (1984)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1984_Metodos_determinacao_densidade.pdf (em Português)

Variabilidade longitudinal e radial da madeira de *Eucalyptus grandis.* L.E.G. Barrichelo; J.O. Brito. 17º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1984)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1984_Variabilidade_longitudinal_radial.pdf

Pulpas a partir de madera de *Eucalyptus globulus*. J. Paz P.; E. Reitze O. 09 pp. (Sem referência de fonte e data)
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2022_Pulpas%20a%20partir%20de%20madera%20de%20Eucalyptus%20globulus.pdf (em Espanhol)

6. Uma seleção de referências de outros autores publicadas e disponibilizadas na literatura em mídia eletrônica acerca da Qualidade da Madeira de *Pinus*

Alocação de nutrientes ao longo do tronco em *Pinus taeda* L. aos 17 anos de idade. R. Witschoreck; M.V. Schumacher. Ciência Florestal 29(1): 50 – 62. (2019)

http://www.scielo.br/pdf/cflo/v29n1/1980-5098-cflo-29-01-50.pdf (em Português)

Wood properties maps showing wood variability in mature longleaf pine: Does getting old changes juvenile tendencies? T.L. Eberhardt; C-L. So; D.J. Leduc. Wood and Fiber Science 51(2): 01 – 16. (2019)

https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/2825 (em Inglês)

Comparison of whole-treewood property maps for 13- and 22-year-old loblolly pine. L. Schimleck; F. Antony; C. Mora; J. Dahlen. Forests 9. 11 pp. (2018)

https://www.mdpi.com/1999-4907/9/6/287/pdf (em Inglês)

Models for predicting specific gravity and ring width for loblolly pine from intensively managed plantations, and implications for wood utilization. J. Dahlen; D. Auty; T.L. Eberhardt. Forests 9. 20 pp. (2018)

https://www.mdpi.com/1999-4907/9/6/292/pdf (em Inglês)

Desempenho de madeiras de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. frente ao processo de polpação kraft. E.C. Lengowski; F. Gmach; L.J. Arruda; E.A. Bonfatti Júnior; A.S. Andrade; U. Klock. Anais do II SEAFLOR – Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal. 05 pp. (2018)

https://even3.blob.core.windows.net/anais/99972.pdf (em Português)

Polpas kraft produzidas com madeiras de *Pinus patula* de diferentes classes de diâmetro. B.A. Vidrano; D.P. Almeida; J.L. Colodette; C. Pedrazzi; F.J.B. Gomes. 49º Congresso Técnico Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Polpas+Pinus+diferentes+diametros.pdf (em Português)

Mapeamento densitométrico e caracterização da densidade básica de *Pinus taeda*: Estudo de caso Fazenda Guará no planalto catarinense. M.A. Figura; F.R. Milagres; R.A.P. Damásio; B.A. Magro; F.A. Biernaski; C.A.M. Negrette; M.C.G. Ladeira; S.M. Sommer; F.J.B. Gomes.

49º Congresso Técnico Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Mapeamento+densidade+Pinus.pdf (em Português)

Efecto del raleo sobre las propiedades anatómicas de la madera de *Pinus taeda.* R.A. Winck; H.E. Fassola; M.C. Área. Maderas Ciencia y Tecnología 17(2): 391 – 406. (2015)

https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v17n2/aop3715.pdf (em Espanhol)

Qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica kraft. M.A. Vivian; T.E.S. Segura; E.A. Bonfatti Júnior; C. Sarto; Flavia Schmidt; F.G. Silva Júnior; K. Gabov; P. Fardim. *Scientia Forestalis* 43(105): 183 – 191. (2015)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr105/cap18.pdf (em Português)

Modelling variation in wood density within and among trees in stands of New Zealand-grown radiata pine. M.O. Kimberley; D.J. Cown; R.B. McKinley; J.R. Moore; L.J. Dowling. New Zealand Journal of Forestry Science: 45(22). 12 pp. (2015)

https://link.springer.com/content/pdf/10.1186%2Fs40490-015-0053-8.pdf (em Inglês)

O impacto da qualidade da madeira na fabricação de papel: Um estudo em madeiras de *Pinus* danificadas por animais. W. Ramos; J.L. Kovaleski; S. Gaia; A.A. Luz; E.P. Camargo. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 14 pp. (2014)

http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_tn_stp_196_112_25347.pdf (em Português)

Caso de estudio: Angulo microfibrilar y *su* relación con la densidad básica de la madera de *Pinus taeda* L. con manejo silvopastoril. R.A. Winck; H.E. Fassola; M. Tomazello Filho; M.C. Area. 45º Congresso Anual +

7º CIADICYP. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2012)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2012_Angulo_fibrilar_Pinus.pdf (em Espanhol)

Madera de compresión en *Pinus radiata.* III: Propiedades de pulpas kraft. J.E. Diaz-Vaz; R. A. Ananias; L. Valenzuela; M. Torres; S. Rodríguez. Maderas Ciencia y Tecnología 14(3): 275 – 287. (2012)

https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v14n3/aop0312.pdf (em Espanhol)

Evaluación de fibras celulósicas producidas en planta de celulosa Nueva Aldea. C.E. Cea Parra. Dissertação de Mestrado Profissional. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 156 pp. (2011)

http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5919/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Espanhol)

Polpação convencional e Lo-Solids para *Pinus taeda*. F. Gomes; F.G. Silva Jr. 43º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2009_Polpacao_Pinus.pdf (em Português)

Estudo da madeira de *Pinus taeda* L. em diferentes cenários de variabilidade e seus reflexos nas propriedades da polpa e do papel sack kraft. A.G.S.O. Narciso; R.L. Simão. 43º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Madeira_Pinus_taeda.pdf (Apresentação em PowerPoint: 34 slides - em Português)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Cenarios_Pinus.pdf (Texto: 15 pp. - em Português)

Seasonality impacts upon wood and pulp properties in Southern Brazil and the Southern U.S. *(Impactos da sazonalidade nas propriedades da madeira e da celulose no Sul do Brasil e Sul dos Estados Unidos).* P.W.

Hart; G. Samistraro. 43º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 28 slides. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Impactos_sazonalidade.pdf (Apresentação em PowerPoint: 28 slides - em Inglês)

http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1359376284_0e15b705125c1942599f05817c838e8b_1815486897.pdf (Texto: 11 pp. - em Português e Inglês)

Caracterização da estrutura anatômica do lenho, dos anéis de crescimento e dos canais de resina de árvores de *Pinus caribaea var. hondurensis* Barr et Golf. A.T.B. Ferreira. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 84 pp. (2009)

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-18052009-151531/publico/Angel_Ferreira.pdf (em Português)

Caracterização física e química da madeira de *Pinus elliottii*. C.J.V. Balloni. Trabalho de Conclusão de Curso. UNESP – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 42 pp. (2009)

http://www.if.ufrrj.br/biolig/art_citados/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20f%C3%ADsica%20e%20qu%C3%ADmica%20da%20madeira%20de%20Pinus%20elliottii.pdf (em Português)

Compression wood in *Pinus radiata* II: Density and chemical composition. J.E. Diaz-Vaz; R.A. Ananías; S. Rodríguez; M. Torres; A. Fernández; H. Poblete. Madera Ciencia y Tecnología 11(2): 139 – 151. (2009)

https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v11n2/art05.pdf (em Inglês)

Estudio proteómico de la formación de madera en pino marítimo. M.A. Garcés Cea. Tese de Doutorado. Universidad de Talca. 184 pp. (2008)

https://www6.bordeaux-aquitaine.inra.fr/biogeco/content/download/4296/44855/version/1/file/These-Garces.pdf (em Espanhol)

Anatomia da madeira do *Pinus*. E. Foelkel. PinusLetter nº 01. (2008)

http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_01.html#seis (em Português)

Polpação SuperBatch para *Pinus taeda*. F.S.R. Vasconcelos; F.G. Silva Jr. 40° Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em Power Point: 25 slides. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_Polpacao+Superbatch+Pinus.pdf (em Português)

Some factors that impact pulp yields during kraft pulping & bleaching. B.N. Brogdon. Future Bridge Consulting. Apresentação em PowerPoint: 13 slides. (2007)

https://www.researchgate.net/publication/283315839_Some_Factors_that_Impact_Pulp_Yields_During_Kraft_Pulping_and_Bleaching (em Inglês)

Variación de densidad básica en la madera de *Pinus taeda L.* A.M. Figueroa Vidal. Trabalho de Titulação. Universidad Austral de Chile. 47 pp. (2007)

http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fiff475v/doc/fiff475v.pdf (em Espanhol)

Influência da classe de produtividade sobre a qualidade da madeira e características da polpa celulósica e papel provenientes de plantios comerciais de *Pinus taeda* L. A.S. Andrade; U. Klock; J.C. Moreschi; G.I.B. Muniz; I.S.N. Fier. 39º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 25 slides. (2006)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2006_Classes_produtividade.pdf (em Português)

Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* L.: Influência da idade e classe de produtividade. A.S. Andrade. Dissertação de Mestrado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 94 pp. (2006)

http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2006/d452_0623-M.pdf (em Português)

Avaliação do processo SuperBatch de polpação de *Pinus taeda*. F.S.R. Vasconcelos. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 106 pp. (2005)

http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/vasconcelos,fsr.pdf (em Português)

Pulpa kraft blanqueada a partir de *Pinus tecunumanii.* L.F. Torres; R. Melo; J.L. Colodette. Bosque 26(2): 115 - 122. (2005)

https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v26n2/art14.pdf (em Espanhol)

Densidad básica de la madera de pino Oregón y su relación con las condiciones de crecimiento en la Patagonia Andina Argentina. M.M. Davel; A. Jovanovski; D.M. Bell. Bosque 26(3): 55 - 62. (2005)

https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v26n3/art06.pdf (em Espanhol)

Efecto del almacenamiento prolongado en la madera de *Pinus radiata* D. Don sobre el proceso kraft. J.A. Toledo Santibañez. Trabalho de Titulação. Universidad Austral de Chile. 56 pp. (2005)

http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fift649e/doc/fift649e.pdf (em Espanhol)

Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de *Pinus taeda* L.S. Nisgoski. Tese de Doutorado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 160 pp. (2005)

http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1884/2224 (em Português)

Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para produção de celulose kraft. P.A. Rigatto; R.A. Dedecek; J. L. M. Matos. R. Árvore 28(2): 267-273. (2004)

http://www.scielo.br/pdf/rarv/v28n2/20991.pdf (em Português)

Propriedades do papel kraft a partir da madeira juvenil de *Pinus maximinoi*, H.E. Moore e *Pinus taeda* L. U. Klock; A.S. Andrade; E.

Bittencourt; E.Z. Mocelin; C. Crepaldi. Revista Floresta 34(1): 33 - 44. (2004)

https://revistas.ufpr.br/floresta/article/download/2373/1982 (em Português)

Parâmetros de otimização no processo de fabricação de celulose e papel. E. Bittencourt. Dissertação de Mestrado. UFPR - Universidade Federal do Paraná. 73 pp. (2004)

http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2004/d392_0580-M.pdf (em Português)

Variación del area de pared celular en *Pinus radiata* D. Don. A.M. Fernandez; L. Salvo. Maderas Ciencia y Tecnología 5(1): 80 – 87. (2003)

http://revistas.ubiobio.cl/index.php/MCT/article/view/1518/1464 (em Espanhol)

Qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. de procedência da África do Sul. M. Hassegawa. Dissertação de Mestrado. UFPR - Universidade Federal do Paraná. 117 pp. (2003)

https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/487/Disserta%3f%3fo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Propriedades do papel kraft feito a mão a partir da madeira de *Pinus maximinoi* H.E. Moore e *Pinus taeda* L. U. Klock; D.A. Silva; A.S. Andrade; E. Bittencourt; E.Z. Mocelin. 2º Congresso Iberoamericano de Investigação em Celulose e Papel. CIADICYP 2002. 11 pp. (2002)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Papel_Handmade_Pinus.pdf (em Português)

Características dos traqueóides da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore e de *Pinus taeda* L. U. Klock; G.I.B. Muñiz; S. Nisgoski; E. Bittencourt. 2º Congresso Iberoamericano de Investigação em Celulose e Papel. CIADICYP 2002. 17 pp. (2002)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Traqueoides+Madeira+Juvenil.pdf (em Português)

Estratégia para aumento de rendimento na produção de polpa kraft de *Pinus* sp. - Polpação e deslignificação com oxigênio. C.R. Miranda; F.G. Silva Jr.; S. Menochelli. 34º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2001)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/27_estrategia%20aumento%20rendimento%20polpacao%20pinus.pdf (em Português)

Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore. U. Klock. Tese de Doutorado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 324 pp. (2000)
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/UMBERTO%20KLOCK%20TESE%204%2008.pdf (em Português)

Qualidade da madeira de *Pinus caribaea var hondurensis* para produção de celulose kraft. C.A. Sansigolo; R.M. Barreiros. 31º

Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (1998)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1998_Pinus_caribaea_hondurensis.pdf (em Português)

Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus patula var. tecunumanii* visando à produção de celulose kraft e pasta mecânica. F.G. Silva Jr.; L.E.G. Barrichelo; V.R.S. Shimoyama; M.S.S. Wiecheteck. 26º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (1993)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1993_Pinus_tecunumanii.pdf (em Português)

Utilização múltipla da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para produção de celulose kraft. F.G. Silva Júnior. Série Técnica IPEF 9(27): 56 – 62. (1993)

http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr27/cap05.pdf (em Português)

Qualidade da madeira e celulose de quatro procedências de *Pinus caribaea var hondurensis.* M.L. Teixeira; A.R. Soares. 22º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (1989)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1989_Pinus_caribaea_pulps.pdf (em Português)

Avaliação de pastas ligno-celulósicas para fins absorventes com ênfase em pasta fofa (*fluff pulp*). M.C.S. Jordão; J.M. Neves. 21º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (1988)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1988_Polpa_fofa.pdf (em Português)

A adubação mineral e seus efeitos sobre os anéis de crescimento da madeira de *Pinus caribaea* var*. bahamensis*. J.O. Brito; E.S.B. Ferraz; L.E.G. Barrichelo; H.T.Z. Couto. IPEF 32: 05 – 17. (1986)

http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr32/cap01.pdf (em Português)

Wood of *Pinus radiata* in Spain: Characteristics and utilization in kraft pulp mills. J.V. López. 18º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1985)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1985_Pinus_radiata_Spain.pdf (em Inglês)

Análise da madeira de compressão em *Pinus oocarpa* e *Pinus strobus* var. *chiapensis*. Composição química. M. Tomazello Filho; L.E.G. Barrichelo; J.C. Costa. IPEF 31: 69 – 73. (1985)

http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr31/cap08.pdf (em Português)

Influência do ritmo de crescimento na densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm var *elliottii.* J.C.D. Pereira; L.E.G. Barrichelo; H.T.Z. Couto; I.P. Jankowski; J.L. Timoni. 16º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (1983)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1983_Ritmo_crescimento_Pinus_densidade_madeira.pdf (em Português)

Influência de desbaste na qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. para produção de celulose kraft. T.S. Muner; L.E.G. Barrichelo. 16º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 21 pp. (1983)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1983_Qualidade_madeira_desbaste_Pinus.pdf (em Português)

***Pinus caribaea* var. *hondurensis* – Principais características da madeira sob o ponto de vista tecnológico.** L.E.G. Barrichelo**.** IPEF Circular Técnica nº 85. 10 pp. (1980)

http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr085.pdf (em Português)

***Pinus caribaea* var. *hondurensis* - Principais interações entre as características da madeira e os rendimentos e qualidade da celulose.** L.E.G. Barrichelo. IPEF Circular Técnica nº 86. 09 pp. (1980)

http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr086.pdf (em Português)

A madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* como matéria-prima para a produção de celulose. L.E.G. Barrichelo. IPEF Circular Técnica nº 87. 05 pp. (1980)

http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr087.pdf (em Português)

Variabilidade radial da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. L.E.G. Barrichelo; J.O. Brito. IPEF 18: 81 – 102. (1979)

http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr18/cap04.pdf (em Português)

Estudo das características físicas, anatômicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea* var *hondurensis* para a produção de celulose kraft.

L.E.G. Barrichelo. Tese Livre Docência. USP – Universidade de São Paulo. 173 pp. (1979)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Estudo%20das%20caracteristicas.pdf (em Português)

A madeira de *Pinus caribaea var. hondurensis* como matéria-prima para produção. L.E.G. Barrichelo; J.O. Brito; H.T.Z. Couto. 11º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1978)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1978_Pinus_caribaea.pdf (em Português)

Wood density of radiata pine: Its variation and manipulation. D.J. Cown. New Zealand Forest Service Reprint 478. 13 pp. (1974)

https://www.researchgate.net/publication/257410309_Wood_density_of_radiata_pine_its_variations_and_manipulation (em Inglês)

Gravedad especifica y mejoramiento genético de la madera de pino insigne. R. Alfaro; H. Moreno. INFOR Chile. Instituto Forestal. Série Investigación nº 9. 20 pp. (1974)

https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/6706/14401.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Espanhol)

O uso do *Pinus elliottii* brasileiro para a fabricação de celulose e papel. B.V.P. Redko; J.P.M. Guimarães. 2ª Convenção Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (1969)

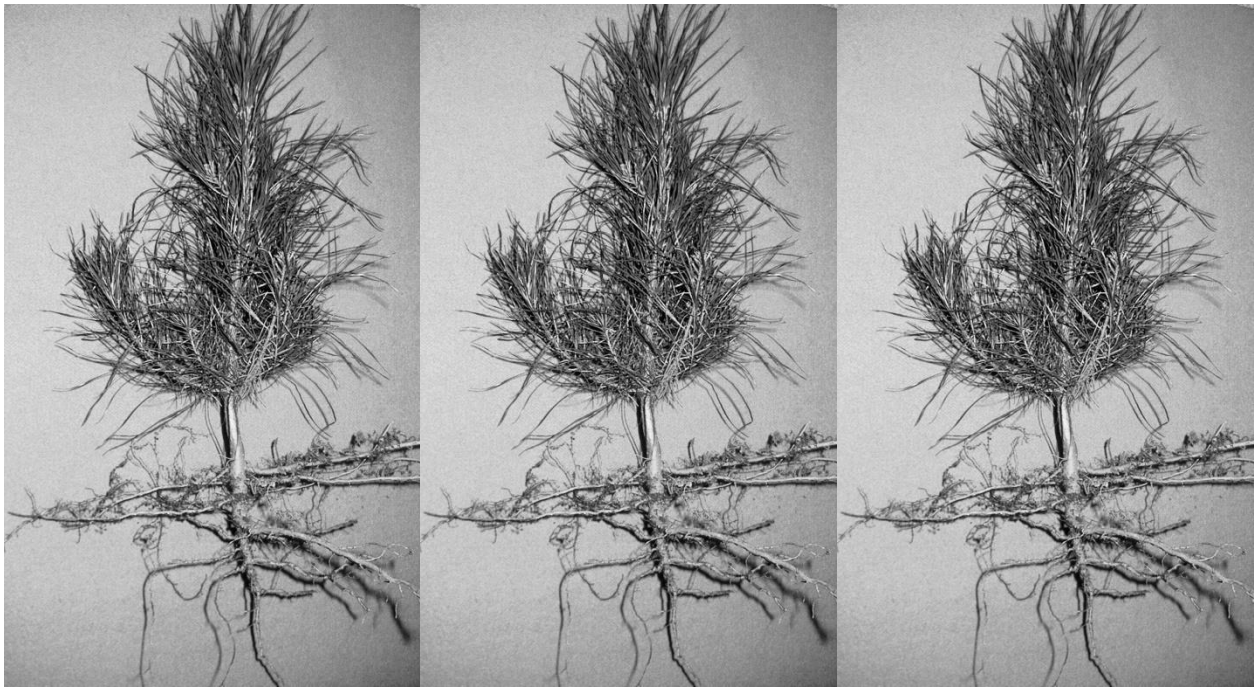
http://celso-foelkel.com.br/artigos/outros/25_Pinus%20elliottii_Beatriz.pdf (em Português)

Resultados preliminares de celulose e papel com *Pinus* alienígenas do Brasil. C. Zvinakevicius; C.A.L. Aguiar; S.L. Polak. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (s/d)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/pinus%20alienigenas%20no%20brasil02.pdf (em Português)

Correlação entre o teor de lenho tardio e densidade básica para espécies do gênero *Pinus*. J.O. Brito; L.E.G. Barrichelo. IPEF Circular Técnica nº 30. 04 pp. (s/d)

http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr030.pdf (em Português)



7. Uma seleção de referências de outros autores publicadas e disponibilizadas na literatura em mídia eletrônica acerca da Qualidade de Cavacos de Madeira

Aumento da produção e eficiência operacional na área de preparo de cavacos, através de novas ferramentas de controle da picagem. S.B. Santiago; T.E.S. Segura; F.B. Mattiazzo; L.R. Pimenta; M.J. Steyer. O Papel 80(5): 92 – 97. (2019)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Qualidade+cavacos_Controle+Operacional.pdf (em Português)

The impact of log moisture content on chip size distribution when processing *Eucalyptus* pulpwood. J-P van der Merwe; P. Ackerman; R. Pulkki; D. Längin. Croatian Journal of Forest Engineering 37(2): 297 – 307. (2016)

https://hrcak.srce.hr/file/256591 (em Inglês)

Importance of the hardwood chips quality for pulp production. A. Geffert; J. Geffertová. Acta Facultatis Xylologiae Zvolen 58(2): 73 – 80. (2016)
https://df.tuzvo.sk/sites/default/files/08-02-16_1_0.pdf (em Inglês)

Impact of wood chip leaching pretreatment on wood chemical composition. R.B. Santos; J.L. Gomide; P.W. Hart. Tappi Journal 14(1): 09 – 14. (2015)
https://www.researchgate.net/publication/271702915_Impact_of_wood_chip_leaching_pretreatment_on_wood_chemical_composition (em Inglês)

Impacto da qualidade dos cavacos gerados na Fibria unidade Aracruz no processo de polpação kraft. C.R. Soprano. 48º Congresso Internacional de Celulose e Papel da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2015)
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Impacto_Qualidade+Cavacos_Texto.pdf (versão Texto: 08 pp. – em Português)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Impacto_Qualidade+Cavacos_PPT.pdf (versão Apresentação em PowerPoint: 11 slides – em Português)

http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1469413374_7ca815cad8d419314639cca58f5140c4_115155996.pdf (Revista O Papel, 2016 – 06 pp. – em Português)

Influência da idade e do diâmetro da madeira na qualidade dos cavacos. R.C. Giacomin. 48º Congresso Internacional de Celulose e Papel da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Diametro+Toras_Qualidade+Cavacos_T.pdf (versão Texto: 10 pp. – em Português)
e
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Diametro+Toras_Qualidade+Cavacos_A.pdf (versão Apresentação em PowerPoint: 33 slides – em Português)

Influência da dimensão e qualidade dos cavacos na polpação. S.K.C.A. Camargo; T.J. Silva; D.M. Costa. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria 19(3): 813 – 820. (2015)

https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/18558/pdf (em Português)

A short supply chain to guarantee wood-chip quality. R. Deboli; M. Ruggeri; A. Calvo. Applied Mathematical Sciences 8(132): 6589 – 6598. (2014)

http://www.m-hikari.com/ams/ams-2014/ams-129-132-2014/deboliAMS129-132-2014.pdf (em Inglês)

Efecto del sobre espesor de las astillas de *Pinus radiata* en el proceso de cocción kraft. P.A.M. Neira. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 88 pp. (2012)
http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5929/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Espanhol)

Dimensões de cavacos industriais de eucalipto e relações com polpação, resistência e morfologia de fibras na polpa. J.P. Grande. Dissertação de Mestrado. UNESP – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 87 pp. (2012)

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/99756/grande_jp_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Control de dimensiones del astillado en la industria de celulosa. R.A.R. Santos. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 64 pp. (2011)

http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5917/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Espanhol)

Influência da geometria do cavaco na polpação kraft. G. Coelho; R.L. Farias; C.A. Gomes; R.G. Marques. 43º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 32 slides. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Geometria_cavaco.pdf (em Português)

On the wood chipping process – A study on basic mechanisms in order to optimize chip properties for pulping. L. Hellström. Tese de Doutorado. Mid Sweden University. 46 pp. (2010)

https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:343868/FULLTEXT01.pdf (em Inglês)

Efeito da lixiviação ácida de cavacos de eucalipto no processo kraft. E. Moreira. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 127 pp. (2006)

http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3107/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Estudo da lixiviação ácida para remoção de metais antes do cozimento kraft e seus efeitos no processo. E. Moreira; J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira; A.J. Regazzi; V.M. Sacon. 39º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 36 slides. (2006)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/05_2006_Lixiviacao%20cavacos.pdf (em Português)

Chip geometry. Methods to impact the geometry of market chips. A. Bjurulf. Tese de Doutorado. Swedish University of Agricultural Sciences. 43 pp. (2006)

https://pub.epsilon.slu.se/1251/1/Chip_geometry.pdf (em Inglês)

Wood chip physical quality definition and measurement. F. Ding; M. Benaoudia; P. Bédard; R. Lanouette; C. Lejeune; P. Gagné. Pulp and Paper Canada 106(2): 27 – 32. (2005)

https://pdfs.semanticscholar.org/55e1/c1e75a20cf745ce867e45c62ef2e8d20b850.pdf (em Inglês)

Influência de comprimentos de cavacos de híbrido de *Eucalyptus grandis x E. urophylla* na densidade aparente e qualidade de fibras para obtenção de polpa celulósica. R.T. Medeiros; L.E.G. Barrichelo; F.G. Silva Jr.; A.A. Castro Neto. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (2003)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/21_comprimento%20cavacos%20e%20qualidade%20madeira%20e%20fibras_PPT.pdf (em Português)

Natural dirt in wood chips. TAPPI Classical Method T 265 cm-99. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Standard Methods. 08 pp. (1999)
https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/01/T/0104T265.aspx (Para aquisição - em Inglês)

Cozimentos kraft com madeira de *Eucalyptus grandis* de diferentes densidades básicas e dimensões dos cavacos. T.R. Wehr; L.E.G. Barrichelo. O Papel (Maio): 33 - 41. (1993)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1993_Tim_Wehr.pdf (em Português)

e

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1992_Cozimento_madeira_Eucalyptus_grandis_diferente_densidades.pdf (em Português)

ABSTRACT: Obtención de pulpa kraft de desechos y astillas comerciales de eucalipto. S. Rodríguez; M. Torres. Ciencia e Investigación Forestal 5(2): 203 – 215. (1991)
https://revistaschilenas.uchile.cl/handle/2250/80414?show=full (em Espanhol)

Cavacos de boa qualidade O resultado de uma adequada técnica de picagem a peneiramento. J.V. Don. 22º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 22 pp. (1989)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1989_Cavacos_boa_qualidade.pdf (em Português)

Optimization of radiata pine chip geometry for the kraft cooking process. F. Steffens; A.C. Rodriguez. 21º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (1988)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1988_Chip_geometry.pdf (em Inglês)

Influencia de la astilla - sobre espesor en el pulpaje kraft. R. Gonzales Murilo. 16º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 06 pp. (1983)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1983_Cavacos_madeira_Pinus_polpacao_kraft.pdf (em Espanhol)

Influencia de los finos del astillado en las propiedades de la pulpa. R. Sanjuán Dueñas; R. Ortega Garcia; R. Fuentes C. 16º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (1983)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1983_Finos_cavacos.pdf (em Espanhol)

Efeito da estocagem de cavacos de *Pinus elliottii* sobre a polpação kraft e aproveitamento de subprodutos. A.F. Lima; J.C. Gerytch; M.C.S. Jordão; M.L.O. D'Almeida; R. Coraiola. 13º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (1980)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1980_Efeito_estocagem_madeira_Pinus.pdf (em Português)

Influência da morfologia dos cavacos de madeira de *Eucalyptus urophylla* de origem hibrida na qualidade da celulose kraft. L.C. Couto. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 137 pp. (1979)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Luiz%20Carlos%20Couto.pdf (em Português)

8. Uma seleção de referências de outros autores publicadas e disponibilizadas na literatura em mídia eletrônica acerca dos Fundamentos da Polpação Kraft

Análise de distúrbios de compactação de cavacos de eucalipto em um digestor continuo Compact Cooking G2. M.E.D. Blonski; G.F. Moura; C.G.L. Araújo; C.V.C. Santos. O Papel 9(12): 87 – 92. (2018)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Compactacao+Cavacos+Digestor.pdf (em Português)

Os fatores de sucesso para a alta qualidade da celulose. Veracel Celulose. Apresentação em PowerPoint: 20 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Fatores+Sucesso+Qualidade+Celulose.pdf (em Português)

Química da madeira e dos processos de cozimento e de branqueamento. V. Lucas. Curso intensivo "Processo de Produção de Pasta". TECNICELPA-Portugal. 100 pp. (2017)

https://www.tecnicelpa.com/files/20170607_VitorLucas.pdf (em Português)

The limits of delignification in kraft cooking. E. Brännvall. BioResources 12(1): 2081 – 2107. (2017)

https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_12_1_Brannvall_Review_Limits_Delignification_Kraft_Cooking/5090 (em Inglês)

Métodos estatísticos e redes neurais aplicados a modelos preditivos em digestor contínuo de celulose kraft de eucalipto. F.M. Corrêa. Tese de Doutorado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 183 pp. (2016)

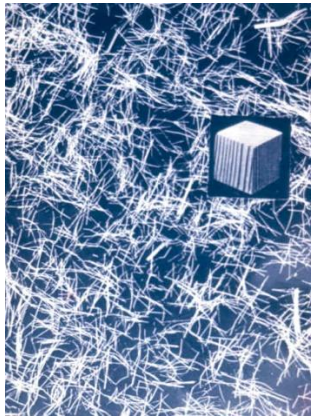
http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/305509/1/Correia_FlavioMarcelo_D.pdf (em Português)

Hardwood kraft pulping kinetics. D. Almeida; H. Jameel; P. Hart; R. Santos. 7th ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 09 pp. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/18_Diego+Almeida1.pdf (em Inglês)

New developments in pulping technology. M.A. Andrade; O. Pikka. 7th ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 61 slides. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/11.1.Olavi+Pikka.SLIDES.pdf (em Inglês)



Para literaturas anteriores ao ano de 2013, eu sugiro a busca de grande quantidade de textos sobre os fundamentos da polpação kraft de madeiras e que estão referenciados e disponibilizados para serem acessados em uma de minhas publicações com endereço a seguir:

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf

Também estão colocadas a seguir mais algumas referências que estamos usando para embasar nossas aulas:

Análise de distúrbios de compactação de cavacos de eucalipto em digestores contínuos fase vapor. F.M. Correia. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 146 pp. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/02_DissertacaoFlavioCorreia.pdf (em Português)

Avaliação dos processos kraft convencional e Lo-Solids™ para madeira de *Pinus taeda*. F.A. Gomes. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 99 pp. (2009)

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-23062009-083702/publico/Fabiana_Gomes.pdf (em Português)

The top ten factors in kraft pulp yield. M. MacLeod. Paperi ja Puu – Paper and Timber 89(4). 07 pp. (2007)

http://kraftpulpingcourse.knowledgefirstwebsites.com/f/Top_Ten.pdf (em Inglês)

Conceitos e tecnologias de cozimentos batch e contínuos. F.G. Silva Jr. Seminário sobre Tecnologias de Cozimento. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 51 slides. (2007)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/18_tecnologias%20cozimentos%20batch%20e%20continuos.pdf (em Português)

Comportamento dos constituintes químicos da madeira de eucalipto na polpação Lo-Solids™. L.R. Pimenta; J.L. Gomide; J.L. Colodette; N.H. Shin. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 14 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/icep03/170Pimenta.text.pdf (em Inglês)

Importância da densidade e do teor de carboidratos totais da madeira de eucalipto no desempenho da linha de fibra. A. Mokfienski; J.L. Gomide; J.L. Colodette; R.C. Oliveira. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 14 pp. (2003)

http://www.eucalyptus.com.br/icep01/alfredo_mokfienski.pdf (em Português)

Aspectos fundamentais da polpação kraft de madeira de *Eucalyptus*. J.L. Gomide; H. Fantuzzi Neto. O Papel (Março): 62 - 67. (2000)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Dissolu%E7%E3o%20constituintes%20madeira%20eucalipto%20cozimento%20kraf.pdf (em Português)

Produção de celulose kraft de *Eucalyptus* utilizando processos batch de deslignificação convencional e seletiva. J.L. Gomide; H. Fantuzzi Neto. O Papel (Abril): 90 – 96. (2000)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2016%20-%20Produ%E7%E3o%20de%20celulose%20kraft%20de%20eucalyptus.2000.pdf (em Português)

Monitoramento da remoção dos constituintes da madeira de *Eucalyptus* e consumo de reagentes em processo kraft contínuo modificado. J.M. Almeida; J.L. Gomide. 32º Congresso Internacional Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (1999)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Remo%E7%E3o%20constituintes%20madeira%20eucalipto%20processo%20kraft.pdf (em Português)

Estudos de maximização de rendimento e monitoramento da degradação dos constituintes da madeira de *Eucalyptus* em processo kraft contínuo. J.M. Almeida. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 156 pp. (1999)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Dissolucao_constituintes_madeira_processo_kraft.pdf (em Português)

Polpação kraft convencional e modificada de *Eucalyptus*. Características tecnológicas e dissolução dos carboidratos e lignina. H. Fantuzzi Neto; J.L. Gomide; J.L. Colodette. Congresso "Tecnologia de Fabricação da Pasta Celulósica". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p. 59 - 68. (1998).

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1998_Polpas_Kraft_convencional_modificada.pdf (em Português)

Estudos sobre a deslignificação da madeira de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, pelo processo kraft, para produção de celulose. C.A. Busnardo. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 216 pp. (1981)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Carlos%20Busnardo.pdf (em Português)

9. Algumas referências de literaturas publicadas pela ATCP-Chile (Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile) acerca da Impregnação de Cavacos e Fundamentos da Polpação Kraft

Effects of extended cooking times in the production of *Eucalyptus* pulps. M.A. Osses; J.L. Gomide. Celulosa y Papel (Marzo): 13 – 15. (2012)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Extended_Cooking.pdf (em Inglês)

Modelación, simulación y control de un digestor continúo de pulpa. D. Melo; E. Canales. Celulosa y Papel 25(5): 02 – 8. (2010)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_25.5_Simulacion+Digestor.pdf (em Espanhol)

Revalorización de los nudos de rechazo provenientes de plantas de celulosa. M. Pereira; R. Melo; R. Gajardo. Celulosa y Papel 20(3): 16 - 20. (2004)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/01_Revalorizaci%F3n%20de%20los%20nudos%20de%20rechazo%20provenientes%20de%20pl.pdf (em Espanhol)

Efecto del tiempo de cocción en el proceso de producción de pulpa de *Eucalyptus*. M. Osses M.; K. Sanhueza M.. X Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (2003)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Efecto+Tiempo+Coccion.pdf (em Espanhol)

Estudio técnico-económico de uso de rechazo de clasificación de pulpa cruda. S. Vera; J. Paz; M. Osses; K. Sanhueza. 09 pp. (2001) http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2018_Estudio%20t%E9cnico-econ%F3mico%20de%20uso%20de%20rechazo%20de%20cl.pdf (em Espanhol)

New ways of chemical pulping. A. Tuomi. IX Technical Seminar of Cellulose and Paper. 09 pp. (2001)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Chemical_pulping_Tuomi.pdf (em Inglês)

Experiencia industrial: Implementación Proceso Lo-Solids™ en CMPC Celulosa Santa Fé. F. Valdebenito. Celulosa y Papel 16(4): 10 – 14. (2000)

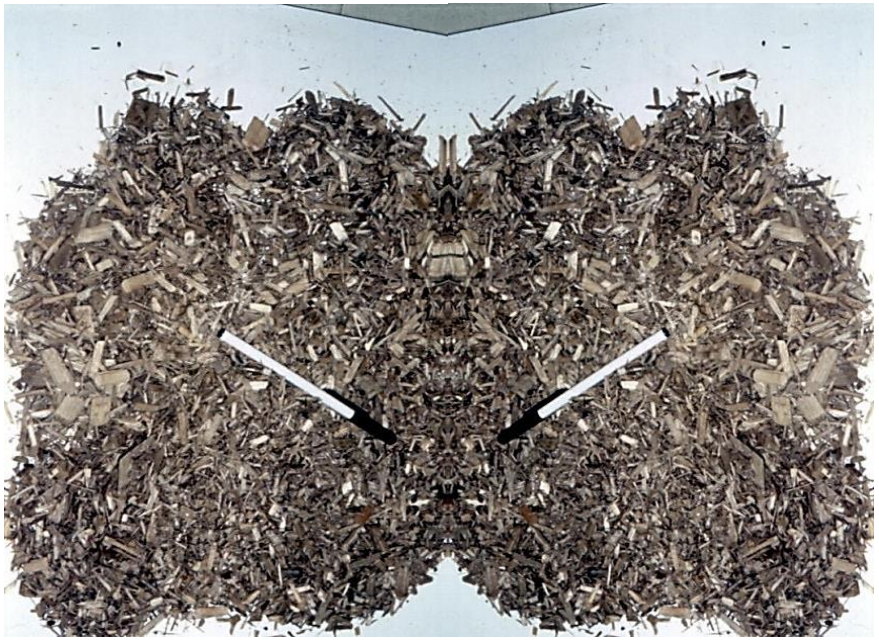
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_16.4_Low+Solids+Santa+Fe.pdf (em Espanhol)

Proceso discontinuo de pulpaje kraft con preimpregnación de astillas. C. Cristoffanini; R. Melo. Celulosa y Papel 3(5): 18 - 22. (1987)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/15_Processo%20 discontinuo%20de%20pulpaje%20kraft%20con%20preimpregnaci%F3n.pdf (em Espanhol)

Cinética das reações da etapa da deslignificação principal do processo de polpação sulfato de eucalipto. S. Bugajer; R.M. Assumpção Viegas. Celulosa y Papel 2(2): 22 – 26. (1986)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1986_2.2_Cinetica+Kraft.pdf (em Português)



10. Algumas referências de literaturas publicadas em mídia eletrônica e de autoria ou coautoria do Professor Celso Foelkel acerca da Impregnação de Cavacos e Fundamentos da Polpação Kraft

A madeira do eucalipto para produção de celulose: Entendendo a construção do indicador de consumo específico de madeira para produção de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 46. 106 pp. (2017)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT46_Consumo+Especifico+Madeira+Celulose.pdf (em Português)

Aspectos práticos e conceituais sobre a fabricação de celulose de mercado do tipo kraft branqueada a partir de madeira de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 31. 370 pp. (2013)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf (em Português)

Os eucaliptos e os elementos não processuais na fabricação de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 24. 122 pp. (2011)

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT24_ElementosNproces.pdf (em Português)

Individualização das fibras da madeira do eucalipto para a produção de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 16. 107 pp. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT16_IndividualizacaoFibras.pdf (em Português)

O processo de impregnação dos cavacos de madeira de eucalipto pelo licor kraft de cozimento. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 15. 97 pp. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT15_ImpregnacaoCavacos.pdf (em Português)

Resíduos sólidos industriais da produção de celulose kraft de eucalipto. Parte 01: Resíduos orgânicos fibrosos. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 05. 78 pp. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT05_residuos.pdf (em Português)

Utilização do licor verde como estágio inicial no cozimento alcalino kraft. J.V. Marengo; C.E.B. Foelkel; C.A. Braga. III Congresso Latino Americano de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 17 pp. (1983)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1983.%20Uso%20licor%20verde.pdf (em Português)

Deslignificação da madeira de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida pelo processo kraft. I. Alterações na composição da madeira/polpa. C.A. Busnardo; C.E.B. Foelkel; A.J. Regazzi. XV

Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 19 pp. (1982)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1982.%20Tese%20Busnardo%20parte%201.pdf (em Português)

Deslignificação da madeira de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida pelo processo kraft. II. Variações na composição física e química do licor residual. C.A. Busnardo; C.E.B. Foelkel; A.J. Regazzi. XV Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 28 pp. (1982)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1982.%20Tese%20busnardo%20parte%202.pdf (em Português)

Utilização dos rejeitos do cozimento kraft. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; J. Kato; J. Medeiros Sobrinho; A.F. Milanez. O Papel (Setembro): 59 – 64. (1981)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1981_Rejeitos_Cozimento.pdf (em Português)

Impregnação dos cavacos de *Eucalyptus urophylla* pelo licor alcalino kraft durante o cozimento. I. Penetração. C.A. Busnardo; C.E.B. Foelkel. 12º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1979)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1979.%20Impregna%E7%E3o%20cavacos.%20Penetra%E7%E3o.pdf (em Português)

11. Uma seleção de referências de outros autores publicadas e disponibilizadas na literatura em mídia eletrônica acerca da Impregnação dos Cavacos e Individualização das Fibras durante a Polpação Kraft

Wood permeability in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus dunnii.* R.N. Rezende; J.T. Lima; L.E.R. Paula; P.R.G. Hein; J.R.M. Silva. Flor@m - Floresta e Ambiente 25(1). 07 pp. (2018)

http://www.scielo.br/pdf/floram/v25n1/2179-8087-floram-25-1-e20150228.pdf (em Inglês)

Impregnation in krat pulping. Explanatory mechanism and useful predictions. M. Zanuttini. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 92 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2.5.Pulping_Zanuttini.pdf (em Inglês)

Enhancing *Eucalyptus* kraft pulp yield and bleachability. G.B. Souza; C.B. Souza; M. Zanão; D.P. Almeida; F.J.B. Gomes; J.L. Colodette. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 41 slides. (2017)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2.1.Pulping_Colodette.pdf (em Inglês)

Efeito da impregnação prolongada dos cavacos no rendimento e branqueabilidade da polpa kraft de eucalipto. G.S.L.B. Souza. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 75 pp. (2016)

http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8691/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Efeito da impregnação prolongada dos cavacos no rendimento e branqueabilidade da polpa kraft de eucalipto. G.S.L.B. Souza; F.J.B. Gomes; J.L. Colodette. 49º Congresso Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2016)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_IMPREGNACAO+PROLONGADA.pdf (em Português)

Influence of chip presteaming conditions on kraft pulp composition and properties. M. Bäckström; A. Jensen; E. Brännvall. Holzforschung 70(5): 393 – 399. (2016)

https://www.researchgate.net/publication/282149801_Influence_of_chip_presteaming_conditions_on_kraft_pulp_composition_and_properties (em Inglês)

Efeito da anatomia no fluxo da água em madeira de *Eucalyptus* e *Corymbia*. T.C. Monteiro. Tese de Doutorado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 131 pp. (2014)

http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3442/1/DOUTORADO%20Efeito%20da%20anatomia%20no%20fluxo%20da%20%C3%A1gua%20em%20madeira%20de%20Eucalyptus%20e%20Corymbia.pdf (em Português)

Further insights into extended-impregnation kraft cooking of birch.

H. Wedin; J. Fiskari; K. Kovasin; M. Ragnar; M.E. Lindström. Nordic Pulp and Paper Research Journal 27(5): 890 – 899. (2012)

https://www.researchgate.net/publication/236216142_Further_insights_into_extended-impregnation_kraft_cooking_of_birch (em Inglês)

Extended impregnation in the kraft cook - An approach to improve the overall yield in eucalypt kraft pulping. H. Wedin; M.E. Lindström; M. Ragnar; H. Kommun. Nordic Pulp and Paper Research Journal 25(1): 07 – 14. (2009)

https://www.researchgate.net/publication/287774264_Extended_impregnation_in_the_kraft_cook_-_An_approach_to_improve_the_overall_yield_in_eucalypt_kraft_pulping (em Inglês)

Extended impregnation in kraft cooking of softwood: Effects on reject, yield, pulping uniformity, and physical properties. K. Karlström. Tese de Doutorado. Royal Institute of Technology (KTH). 50 pp. (2009)

https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:280057/FULLTEXT01.pdf (em Inglês)

Dynamics of impregnation in *Eucalyptus* kraft pulping. M.C. Inalbon; J.I. Bernal; M.A. Citroni; M.A. Zanuttini. 4th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 76 slides. (2009)

http://www.eucalyptus.com.br/icep04/18_Inalbon.et.all.pdf (em Inglês)

Para literaturas anteriores ao ano de 2009, eu sugiro a busca de grande quantidade de textos sobre os processos de impregnação dos cavacos e individualização das fibras celulósicas pelo processo kraft e que estão referenciados e disponibilizados para serem acessados em duas de minhas publicações com endereços a seguir:

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT15_ImpregnacaoCavacos.pdf

&

http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT16_IndividualizacaoFibras.pdf

Também estão colocadas a seguir mais algumas referências que estamos usando para embasar nossas aulas:

Diffusion of chemicals into green wood. A. Jacobson. Dissertação de Mestrado. Georgia Institute of Technology. 132 pp. (2006)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/10516/jacobson_aaron_200605_phd.pdf (em Inglês)

Alkali impregnation of hardwood chips. M. Zanuttini; M. Citroni; V. Marzocchi; C. Inalbon. Tappi Journal 4(2): 28 - 30. (2005)

https://www.researchgate.net/publication/290076169_Alkali_impregnation_of_hardwood_chips (em Inglês)

Impregnação de madeiras de eucalipto e pinho em processos de polpação alcalina. Efeitos da pré-vaporização e da impregnação pressurizada. M.C. Inalbon; M. Zanuttini; V. Marzocchi; M. Citroni; C. Pieck. O Papel 66(4): 77 – 82. (2005)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Impregna%E7%E3o%20cavacos%20eucalipto%20e%20pinus%20abtcp%20o%20papel%20com%20e.pdf (em Português)

Impregnabilidad de la madera de *Eucalyptus nitens*. V.N. Salas Langer. Trabalho de Titulação. Universidad Austral de Chile. 66 pp. (2005)

http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fifs161i/doc/fifs161i.pdf (em Espanhol)

Estudos sobre a impregnação kraft de cavacos de *Eucalyptus spp.* M.M. Costa; J.L. Gomide; M. Zanuttini; E. Souza; M. Brum Neto. 37º Congresso Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2004)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Impregna%E7%E3o%20paper%20marcelo%20costa%20abtcp2004.pdf (em Português)

Estudos sobre a impregnação de cavacos de *Eucalyptus* spp. 37º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 45 slides. (2004)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Impregna%E7%E3o%20cavacos%20euca%20by%20Marcelo%20Costa%20PPT.pdf (em Português)

Modeling the process of water penetration into softwood chips. S.Y. Malkov; V.A. Kuzmin; V.P. Baltakhinov; P. Tikka. Journal of Pulp and Paper Science (April). 16 pp. (2003)

http://lib.tkk.fi/Diss/2002/isbn9512261944/article7.pdf (em Inglês)

Towards complete impregnation of wood chips with aqueous solutions. Part 5: Improving uniformity of kraft displacement batch pulping. S. Malkov; P. Tikka; R. Gustafson; M. Nuopponen; T. Vuorinen. Paperi ja Puu - Paper and Timber 85(4): 215 - 220. (2002)

http://lib.tkk.fi/Diss/2002/isbn9512261944/article5.pdf (em Inglês)

Implementação de uma eficiente etapa de impregnação na polpação kraft de eucalipto. F.J. Silva; P.S.G. Maciel; M.R. Silva; M.A.L. Peixoto. 35º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2002)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Etapa_Impregnar_Cavacos.pdf (em Português)

Towards complete impregnation of wood chips with aqueous solutions. Part 1: A retrospective and critical evaluation of the penetration process. S. Malkov; P. Tikka; J. Gullichsen. Paperi ja Puu – Paper and Timber. 14 pp. (2002)

http://lib.tkk.fi/Diss/2002/isbn9512261944/article1.pdf (em Inglês)

Efficiency of chip presteaming. Result of heating and air escape processes. Nordic Pulp and Paper Research Journal 4. 13 pp. (2002)

http://lib.tkk.fi/Diss/2002/isbn9512261944/article6.pdf (em Inglês)

Efeito da quantidade de extrativos e da accessibilidade do licor na polpação kraft de clones de *Eucalyptus*. J.M. Almeida; D.J. Silva. 34º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (2001)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Extrativos+Impregnacao.pdf (em Português)

Measurement of delignification diversity within kraft pulping processes. B.S. Boyer. Tese de Doutorado. IPST – Institute of Paper Science and Technology. 232 pp. (1998)

https://pdfs.semanticscholar.org/dd49/7c73cf99e05a90a5fd851f14a6625a987874.pdf (em Inglês)

Improved penetration of pulping reagents into wood. J.L. Minor; E.L. Springer. Paperi ja Puu – Paper and Timber 75(4): 241 – 246. (1993)

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1993/minor93b.pdf (em Inglês)

12. Uma seleção de referências de outros autores publicadas e disponibilizadas na literatura em mídia eletrônica acerca da Qualidade de Celuloses Obtidas pela Mistura de Cavacos de Madeiras de Diferentes Espécies e/ou Clones ("Mix de Madeira")

Impact of qualitative management of feeding wood mix on process and pulp quality. P.N. Pignaton; F. Costa Neto. 7º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2015)
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/4.3.Patricia+Pignaton.SLIDES.pdf
(Apresentação de slides: 14 slides – em Português)
e
http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/4.3.Patricia+Pignaton.MANUSCRIPT.pdf
(Texto: 07 páginas – em Português)

Eldorado Brasil Celulose: The first two operation years. L.R. Pimenta; T.E.S. Segura; F.B. Mattiazzo. 7º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2015)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1.2.Tiago+Segura.MANUSCRITO.pdf (Texto:10 páginas – em Português)

Características técnicas das madeiras de eucalipto e *Pinus* para papéis higiênico e toalha: Uma revisão bibliográfica. E. Campos. ABTCP *Tissue* - 1º Simpósio e Exposição Latino-Americano de *Tissue*. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 26 slides. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2010_Fibras_eucalipto_pinus_para_tissue.pdf (em Português)

A influência da mistura de cavacos de *Pinus* e de *Eucalyptus* na produção de pasta termomecânica. R.F. Barboza. Monografia de Conclusão de Curso. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 75 pp. (2010)

http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_37.html#quatorze (Citado por E. Foelkel)

Qualidades da folha de polpa kraft em diferentes proporções de

***Pinus taeda* L. e de *Eucalyptus dunnii* M.** E. J. Cit. Dissertação de Mestrado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 65 pp. (2007)

http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/1884/13945/1/FOLHA%20DE%20POLPA%20KRAFT%20DE%20EUCALYPTUS%20E%20PINUS.pdf (em Português)

Mixtures of *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* and *Pinus taeda* woodchips for production of kraft pulping using the Lo-Solids process. A.G.M.C. Bassa; F.G. Silva Jr.; V.M. Sacon; E. Patelli. TAPPI Engineering, Pulping and Environmental Conference. 50 pp. (2007)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/02_mixtures%20euca%20and%20pine.pdf (Uma cortesia de Ana Gabriela Monnerat Carvalho e da TAPPI - em Inglês)

Advantages and disadvantages of the Lo-Solids® kraft pulp production process based on *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* and loblolly pine wood chip mixtures. A.G.M.C. Bassa; F.G. Silva Jr.; A. Bassa; V. Sacon. TAPPSA – Technical Association of the Pulp

and Paper Industry of South Africa. Apresentação em PowerPoint: 39 slides. (2007)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_Pinus+Eucalyptus+Blends.pdf (em Inglês)

Misturas de madeira de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus globulus* e *Pinus taeda* para produção de celulose kraft através do processo Lo-Solids®. A.G.M.C. Bassa. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 170 pp. (2006)

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-08032007-162226/publico/AnaBassa.pdf (em Português)

Utilização de misturas de cavacos industriais com resíduos de serraria provenientes de madeiras de *Eucalyptus grandis* de diferentes idades para produção de pasta kraft. A. Maron; J.M. Neves. Ciência Florestal 14(1): 205 – 221. (2004)

https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/download/1794/1060 (em Português)

Mix de madeiras: A busca do melhor desempenho global. I.M.B. Gomes; A.M. Pereira; P. Yodoval. 31º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (1998)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/07_mix%20madeira%20isabel.pdf (em Português)

Misturas de polpas brasileiras com o eucalipto. V. Sacon; S. Menochelli; E. Ratnieks. 27º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1994)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1994_Misturas_polpas_1.pdf (em Português)

Propriedades papeleiras de misturas de polpas: Fibras de eucalipto, aparas destintadas e fibras longas. E. Ratnieks; E. Mora; M.A.L. Martins. 27º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (1994)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1994_Misturas_polpas_2.pdf (em Português)

Influência dos cavacos de *Eucalyptus dunnii* sobre o processo de produção de celulose kraft de *Eucalyptus grandis*. F.G. Silva Jr. O Papel (Junho): 19 - 21. (1994)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/39_influencia%20cavacos%20E.dunnii.pdf (em Português)

Estudo de polpação química da mistura de *Gmelina arborea* Roxb e *Pinus caribaea* variedade *hondurensis.* A.A. Correa; F.J.L. Frazão. 22º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 32 pp. (1989)

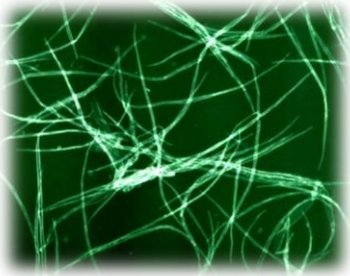
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/1989_Polpas_Gmelina_Pinus.pdf (em Português)

The effect of wood chips blending degree on kraft pulp quality. F. Martinez; C.H. Hani; P.R. Peralta. 18º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1985)

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/1985_Effect+Wood+Chips+Blends.pdf (em Inglês)

Produção de celulose kraft a partir de misturas de madeiras de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida. R.C. Oliveira. Dissertação de Mestrado. Orientação: C.E.B. Foelkel. UFV – Universidade Federal e Viçosa. 197 pp. (1979)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Rubens%20Chaves%20Oliveira.pdf (em Português)



Eucalyptus Newsletter é um informativo técnico orientado para ser de grande aplicabilidade a seus leitores, com artigos e informações acerca de tecnologias florestais e industriais sobre os eucaliptos
Coordenador e Redator Técnico - Celso Foelkel
Editoração - Alessandra Foelkel (*webmaster@celso-foelkel.com.br*)
GRAU CELSIUS: Tel. (51) 99947-5999
Copyrights © 2016 - 2020 - celso@celso-foelkel.com.br

Essa **Eucalyptus Newsletter** é uma realização da **Grau Celsius**. As opiniões expressas nos artigos redigidos por Celso Foelkel, Ester Foelkel e autores convidados, bem como os conteúdos dos websites recomendados para leitura não expressam necessariamente as opiniões dos apoiadores, facilitadores e patrocinadores.

Caso você tenha interesse em **conhecer mais sobre a Eucalyptus Newsletter** e suas edições, por favor visite:
http://www.eucalyptus.com.br/newsletter.html

Descadastramento: Caso você **não queira continuar recebendo** a Eucalyptus Newsletter, o Eucalyptus Online Book e a PinusLetter, envie um e-mail para: webmanager@celso-foelkel.com.br

Caso esteja interessado em **apoiar ou patrocinar** as edições da Eucalyptus Newsletter, da PinusLetter, bem como os capítulos do Eucalyptus Online Book - click aqui - para saber maiores informações

Caso queira se **cadastrar** para passar a receber as próximas edições dirija-se a: http://www.eucalyptus.com.br/cadastro.html