

**Das propriedades físico-mecânicas da celulose do Pinus Caribea
Hondurensis**

MFN -0739

N CHAMADA:

TITULO: Das propriedades físico-mecânicas da celulose do
Pinus Caribea Hondurensis

AUTOR(ES): REDKO, B.V.P.NELSON, R.A.R.MONTEIRO, M.S.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 16

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 21-26.11.1983

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1983, ABTCP

PAG/VOLUME: p.1147-1168, v.4

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 16, 1983, São Paulo, v.4,
p.1147-1168

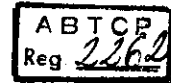
AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR:

RESUMO:

DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA
CELULOSE DO PINUS CARIBEA HONDURENSIS

Redko, B.V.P.
Nelson, R.A.R.
Monteiro, M.S.



Companhia Florestal Monte Dourado, Pará, Brasil

SINOPSE

É feito um estudo do mecanismo da resistência ao rasgo (Elmendorf) e da resistência à tração da celulose de Pinus caribea hondurensis proveniente da região do Jari, Brasil com o da celulose de Pinus radiata, proveniente do Chile.

Apesar do comprimento de fibra menor do Pinus caribea (2,6mm) comparando com o do Pinus radiata (3,5mm) a resistência ao rasgo e à tração do Pinus caribea são mais elevadas que as do Pinus radiata, para a celulose sulfato da mesma viscosidade. Isto parece estar ligado a grande espessura da parede celular do Pinus caribea.

Ao ser retirada a lignina resulta uma maior proporção de celulose amorfa, que confere grande elasticidade às fibras sem que elas percam a rigidez. Daí resulta a alta resistência ao rasgo. A baixa densidade de suas paredes faz também que o Pinus caribea possa absorver melhor os esforços de tensão, compressão, fadiga e cisalhamento criados durante a formação da folha.

Parte da energia para tração é dissipada por esses esforços. O maior teor de celulose amorfa existente em suas paredes contribui para uma maior elasticidade e também aumenta a resistência à tração.

1 tabela, 32 microfotografias em microscópio eletrônico, 1 figura.

Introdução

Sempre nos intrigou a elevada resistência ao rasgo apresentada pela celulose produzida com o Pinus caribea hondurensis, região do Jari. Os resultados sempre foram superiores aos apresentados pelas celulose de madeiras similares feitas no sul dos Estados Unidos, Chile ou Argentina.

Nada víamos na morfologia da fibra que justificasse a diferença: comprimento médio 2,63mm, largura média 35 μ , espessura da parede 8,5 μ . Entre as fibras longas, está entre as de menor comprimento. Além disso a sua resistência a tração é da mesma ordem que a das outras celuloses.

Resistência ao rasgo elevada é fundamental para celulose de fibras longas. Numa máquina de papel, é necessário 100 vezes mais esforço para romper uma folha por tração do que para impedir a propagação do rasgo causado por algum defeito (11).

Decidimos estudar o mecanismo de rasgo e de tração da

Trabalho apresentado no III congresso Latino-Americano de Celulose e Papel, realizado em São Paulo - Brasil de 21 à 26 de novembro de 1983.

celulose de Pinus caribea hondurensis em comparação com o de Pinus radiata. Os resultados iniciais deste estudo constam deste trabalho.

A natureza da resistência ao rasgo e da resistência à tração

A teoria mais aceita para descrição do rasgo do papel pelo aparelho Elmendorf é a de Van der Akker (2).

Em 1944 ele propôs que o trabalho de rasgo de uma folha de papel é formado por dois componentes: o trabalho de quebrar as fibras e fricção causada pela retirada das fibras do corpo da folha. Nas celuloses de fibra longa a delaminação da parede celular e a diminuição do comprimento torna a fibra mais frágil e exige menor quantidade de trabalho de rasgo com o aumento do tempo de refinação. Para as celuloses de folhosas o mecanismo pode ser diferente, a ação das ligações entre as fibras torna mais difícil a sua retirada da folha e a resistência ao rasgo aumenta com a moagem (3).

O ensaio de Elmendorf é o ensaio mais usado na avaliação da resistência ao rasgo da celulose, embora o procedimento do ensaio não represente realisticamente o que ocorre na manufatura e no uso do papel (12). No ensaio de Elmendorf várias folhas são cortadas de uma vez só e a quebra não se espalha livremente, obedecendo a um caminho médio, diferente da realidade industrial.

A maioria dos defeitos da folha: má formação, corpos estranhos, cascas, pedaços de madeira, não causam quebras na máquina ou na impressão. A maioria das quebras que se propagam são causadas por cortes e defeitos decorrentes do manuseio (9).

Page propõe que a resistência ao rasgo é maior para as celuloses com maior proporção de celulose amorfa em suas cadeias (2). Isto confirma o já observado pela autora no estudo da cristalinidade da celulose do eucalipto (5).

A resistência à tração é considerada como correlacionada com a força intrínseca das fibras, o grau de coesão entre elas, a densidade da folha, o comprimento da fibra e ao inverso da finura (coarseness) (14).

Ebeling (9) propõe que a ruptura das fibras por tração se dá como consequência do estiramento e do rompimento das zonas de fadiga, tensão ou cisalhamento da fibra. As ligações dentro da fibra sofrem os mesmos esforços que as ligações fora da fibra por terem geometria similar, forças de ligação similares, delaminações e grande probabilidade de concentração de fadiga e tensão por ocasião da formação da folha. Há grande chance que a quebra se inicie por escorregamento dentro das paredes das células e que esse rompimento seja mais importante do que a quebra de união entre as células.

Dados experimentais

As figuras 1 a 6 mostram cortes transversais do lenho da madeira de Pinus caribea hondurensis, proveniente da região do Jari, Pará, Brasil, e de Pinus taeda, proveniente de Campos do Jordão Minas Gerais, Brasil, com diferentes aumentos.

As fotografias foram feitas em microscópio eletrônico de varredura Stereoscan Cambridge do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.

Vê-se que os traqueídeos do Pinus caribea são bas-

tante homogêneos, não havendo muita variação entre o lenho precoce e o lenho tardio. Isso pode ser consequência do clima homogêneo da região, a árvore crescendo de forma regular sem variação marcante entre os traqueídeos (1).

Já na madeira do Pinus taeda crescido em zona temperada, há diferenciação nítida entre o lenho precoce e o lenho tardio consequência da diferença entre os climas de verão e de inverno no Sul do Brasil. A tabela (1) mostra uma comparação - entre ensaios físico-mecânicos feitos em celulose não branqueada de Pinus caribea hondurensis da região do Jari, com viscosidade 980 cm³/g e comprimento de fibra 2,6mm, e uma celulose não branqueada de Pinus radiata proveniente do Chile, com viscosidade de 990 cm³/g e comprimento de fibra 3,5mm.

Os ensaios foram feitos de acordo com as normas:

- Preparação de folhas - Tappi T-205 OS 71
- Ensaios preliminares - Tappi T-220 OS 71
- Resistência à tração - Tappi T-494 OS 70
- Resistência ao estouro - Tappi T-403 OS 76
- Resistência ao rasgo - Tappi T-414 TS 65
- Viscosidade Scan - C15:92

A moagem foi feita em moinho Valley.

Nessa tabela pode-se observar o problema em estudo: a 17°SR o Pinus caribea tem fator de rasgo maior do que o Pinus radiata.

A 23°SR o Pinus caribea apresenta também fator de rasgo superior ao do Pinus radiata.

A auto ruptura é 10% menor embora o Pinus radiata tenha a fibra 35% mais longa que a do Pinus caribea.

Em seguida temos alguns aspectos das folhas e dos corpos de prova de rasgo e de tração das duas celuloses, fotografadas pelo microscópio eletrônico de varredura Stereoscam Cambridge. Todas as folhas foram feitas no mesmo equipamento e pelo mesmo operador.

Tabela I - Curvas de moagem

Celulose não branqueada de Pinus caribea hondurensis - Viscosidade 980 cm³/g

TM	SR	AR	IR	IE
0	16	2322	155	16
30	17	7002	212	56
45	19	7585	201	62
60	23	8511	188	71
75	27	8975	173	73
90	31	9925	165	79

Celulose não branqueada de Pinus radiata chileno-Vis.990cm³/g

TM	SR	AR	IR	IE
0	14	1098	43	6
30	17	6977	175	55
45	18	7198	153	61
60	19	9099	143	71
75	22	9348	139	74
90	23	9553	127	78

Legenda

TM - Tempo de moagem em Valley Beater em minutos

SR - Grau Schopper Riegler
AR - Índice de tração em auto ruptura (gf m/g)
IR - Índice de rasgo (gf m²/100g)
IE - Índice de estouro (gf/cm²)/(g/m²)
VS - Viscosidade - (cm³/g)

A figura 7 e figura 8 mostram aspectos das celulosas sem moagem. Notar que os traqueídeos do Pinus caribea são mais homogêneos e mais rígidos do que os do Pinus radiata.

Na folha de Pinus radiata se diferencia o lenho precoce: elementos mais flexíveis e em forma de fita e o lenho tardio: traqueídeos mais redondos e rígidos.

A figura 8 e a figura 9 mostram cortes por cisalhamento de folhas das duas celulosas efetuados a menos 20°C. Nota-se também a homogênieidade de forma dos traqueídeos do Pinus caribea e a heterogênieidade dos traqueídeos do Pinus radiata.

Comparando com as fotos 5 e 6 notar o fenômeno de aumento de largura das paredes e diminuição do perímetro da célula após o cozimento, conforme descrito por Stockman (6,7).

As figuras 11 e 12 mostram aspectos de uma folha de celulose de Pinus caribea moídas em moinho Valley até 17°SR. Em todos os elementos nota-se os efeitos da moagem. As fibras estão esmagadas e observa-se cisalhamento interno das camadas, tensões e fadiga causadas por deslocamento de parede e pela secagem da folha. Houve um pouco de delaminação e corte de fibras. São visíveis as tensões criadas dentro das fibras e entre as fibras na formação, na secagem e na consolidação da folha.

As figuras 13 e 14 provêm de uma folha de celulose de Pinus radiata moída até 17°SR em moinho Valley. O efeito da moagem é visível em todos os elementos. Há achatamento dos traqueídeos, delaminação interna e externa e corte de extremidade de fibras.

As fibras porém parecem estar lisas, adaptadas umas as outras sem tensão ou fadiga de formação. Tensões internas ou externas são menos aparentes que no caso do Pinus caribea.

As figuras 15 e 16 mostram aspectos de uma folha de Pinus caribea refinada em moinho Valley até 23°SR. Nota-se o achatamento das fibras, a delaminação das camadas, o corte, a fibrilação interna e externa. Nota-se também que a tensão e a fadiga entre as camadas intra e interfibrosas e as tensões de fadigas de formação e consolidação.

As figuras 17 e 18, ilustrando aspectos de uma folha de Pinus radiata refinada em Valley até 23°SR apresentam-se diferentes. A delaminação interna é muito pronunciada chegando em alguns casos a dividir a fibra longitudinalmente em grande extensão. Há fibrilação interna e externa e cortes de fibras. Não se nota tensões de formação e fadiga entre as fibras nem dentro das fibras. Elas parecem se adaptar sem esforço.

Em seguida temos aspectos dos corpos de prova de rasgo para as duas celulosas a 17°SR.

As figuras 19 e 20 mostram aspectos do Pinus caribea e as figuras 21 e 22 do Pinus radiata.

Em todas as figuras nota-se um relaxamento de tensões na zona de rasgo. As fibras de Pinus caribea são mais rígidas e tem paredes mais grossas. Parte do trabalho de rasgo foi

absorvido para vencer as tensões internas e externas das camadas, libertando-se umas das outras. Outra parte foi gasta em partir as fibras e em arranca-las da matriz da folha. Notar que o rasgo foi progressivo, havendo fibras cortadas em uma grande area vizinha a zona de rasgo. Parte do trabalho foi consumido em aliviar a fadiga de algumas fibras. Notar também a rigidez das fibras quando livres da tensão de formação.

O aspecto do rasgo do Pinus radiata foi diferente. As fibras são mais flexíveis. Elas são cortadas facilmente e deformam-se pouco.

O deslizamento de fibras entre si foi muito mais fácil que no caso do Pinus caribea, devido ao menor grau de tensões de formação.

Não havendo tensões de formação a vencer menos trabalho foi consumido para o rasgo.

Agora vamos examinar aspectos dos corpos de prova de rasgo para 23°SR. As figuras 23 e 24 correspondem a corpos de prova de celulose de Pinus caribea e as figuras 25 e 26 a corpos de prova de Pinus radiata.

No caso do Pinus caribea nota-se o relaxamento de todas as tensões e fadiga de formação nas zonas de rasgo. Todas as fibras ficaram estiradas, separando-se uma das outras. Foi necessário um trabalho considerável para vencer as tensões estruturais dentro e fora das fibras. Nota-se que o rasgo não foi só numa linha, mas se propagou em uma area da folha, havendo como um descascamento de uma camada de fibras nas suas zonas mais fracas. Parte do trabalho do rasgo aliviou também as zonas de fadiga interna.

Os corpos de prova de Pinus radiata mostram que o rasgo foi mais fácil. Menos trabalho foi consumido no corte e menos trabalho foi consumido em vencer as tensões de fadiga de formação externa e internas quase que inexistentes. A quebra e o deslizamento são facilmente perceptíveis. As fibras em si são muito mais flexíveis, sendo necessário mais trabalho para desliga-las da matriz da folha. O rasgo se dá numa zona bem definida.

Vamos examinar agora o desempenho das duas celulosas na resistência à tração. As figuras 27, 28 e 29 mostram aspectos de prova de tração de celulose de Pinus caribea a 23°SR. As figuras 30, 31 e 32 mostram aspectos de corpos de prova de tração de celulose de Pinus radiata, também a 23° SR.

No caso da tração o abalo estrutural na zona de ruptura da folha foi maior para o Pinus caribea do que para o Pinus radiata.

Antes de romper por tração, as folhas sofrem um estiramento no qual são deslocados seus elementos estruturais. A folha do Pinus caribea tem mais zonas de tensão, fadiga, compressão e cisalhamento que a do Pinus radiata. Estas zonas foram rompidas ou equilibradas com o estiramento, antes da ruptura, absorvendo energia. Há deslizamento das camadas comprimidas, relaxamento de fadiga, cisalhamento de lamelas e liberação de tensões de secagem, ocorrendo uma grande dissipação de trabalho dentro da fibra antes do rompimento.

A ligação entre as fibras não foi importante neste caso. Notar o deslizamento de camadas da figura 29.

A folha do Pinus radiata é formada com menores ten-

sões e fadiga internas e externas e suas fibras são mais flexíveis.

Há um alongamento antes da quebra e as fibras se comportam como um corpo único dentro da matriz da folha. Há uma quebra homogênea, quase como um sólido elástico. A influência do rompimento da ligação de fibrilas entre as fibras foi tão importante como o rompimento por deslizamento de camadas.

Baseado no que foi visto nas microfotografias, foi feita uma adaptação dos esquemas de Ebeling (9) de distribuição de concentração de tensões e fadiga de formação do papel para o caso do Pinus caribea e do Pinus radiata. É a figura 33.

Proposta de interpretação

1. A moagem

As duas celulosas têm a mesma viscosidade aproximadamente, mas o Pinus radiata tem a fibra mais longa. É natural que apresente menor φ SR para o ponto 0 de moagem. A moagem foi mais rápida para o Pinus caribea: levou 60 minutos para 23 φ SR enquanto que o Pinus radiata levou 90 minutos. Como a parede do Pinus caribea é menos densa do que a do Pinus radiata, as fibrilas das camadas internas ficam mais soltas e a delaminação se processa com mais rapidez. As fibras tornam-se inchadas e achatadas e como são mais curtas que as do Pinus radiata, o φ SR eleva-se depressa. Lembrar que o grau de moagem é uma medida empírica, usada apenas na falta de outro método de comparação mais prático e exato.

2. Aspectos morfológicos

A madeira do Pinus caribea possui traqueídeos mais homogêneos que a madeira do Pinus radiata. As suas paredes são mais espessas e as fibrilas mais distanciadas entre si. Quando a lignina é retirada pelo cozimento do interior das paredes, a lixívia entra em contato mais direto com as cadeias de celulose do Pinus caribea do que com as do Pinus radiata, por que a celulose do Pinus radiata está mais compactada nas paredes que a do Pinus caribea. Como consequência, ao fim do cozimento a celulose do Pinus caribea terá mais partes amórfas que a celulose que a do Pinus radiata (2,6, e 7). Isso é especialmente notado pelo maior inchamento da parede da celulose do Pinus caribea, como se observa nas figuras 8 e 9.

3. Resistência ao rasgo

A maior resistência ao rasgo da celulose do Pinus caribea pode ser explicada:

- Parte do trabalho do rasgo é absorvido no relaxamento das tensões e fadiga de formação da folha, maiores no Pinus caribea.
- A celulose de Pinus caribea é mais amórfica do que a do Pinus radiata e tem maior elasticidade para absorver o trabalho da fibra durante o rasgo. Notar que mais pontos de compressão são relaxados por ocasião do rasgo.
- A celulose do Pinus radiata sendo mais cristalina que a do Pinus caribea cisalha com muito menor esforço. Ver figuras 19, 21, 23 e 25.

- A celulose de Pinus caribea possui fibras mais rígidas que as do Pinus radiata, exigindo maior trabalho para tirá-las do corpo da folha. Ver figura 20,22,24 e 26.

4. Resistência a tração

A elevada resistência à tração da celulose do Pinus caribea a despeito do seu pequeno comprimento de fibra pode ser explicada. A folha do Pinus caribea tem mais pontos de compressão e fadiga do que a folha do Pinus radiata, tendo maior potencial de absorção de energia e expansão antes da ruptura.

- A folha do Pinus caribea apresenta maior cisalhamento interlamelar que absorve também energia antes da ruptura.
- A folha do Pinus caribea apresenta mais pontos de dissipação de energia sem ruptura que a folha do Pinus radiata: maior parte seca sob tensão, maior sinuosidade das fibras na matriz do papel.
- A fibra do Pinus caribea é mais elástica por ser mais amorfa que a do Pinus radiata.
- As folhas de Pinus radiata tem as fibras ligadas mais intimamente e se comporta como um meio contínuo.

Conclusões

A boa resistência ao rasgo e à tração da celulose do Pinus caribea hondurensis parece estar ligada a grande espessura de sua parede celular. Disso decorre uma maior proporção de celulose amorfa, que confere elasticidade à suas fibras, sem que elas percam a rigidez. Daí resulta a alta resistência ao rasgo.

A baixa densidade de suas paredes faz também que o Pinus caribea possa absorver melhor os esforços de tensão, compressão, fadiga e cisalhamento, criados durante a formação de sua folha. Parte da energia para tração é dissipada por esses esforços. O maior teor de celulose amorfa existente em suas paredes contribui para uma maior elasticidade e também aumenta a resistência à tração.

Implicações

A parede grossa dos traqueídeos da celulose do Pinus caribea hondurensis proveniente da região do Jari parece ser uma grande vantagem para sua resistência mecânica, ao contrário do que é comumente aceito: fibra com paredes finas são as mais fortes.

Mais estudos devem ser feitos nesta área, para confirmar ou negar o que foi aqui discutido para base de melhoramentos genéticos a serem introduzidos em nossas pináceas e talvez até em nossas folhosas.

Agradecimento

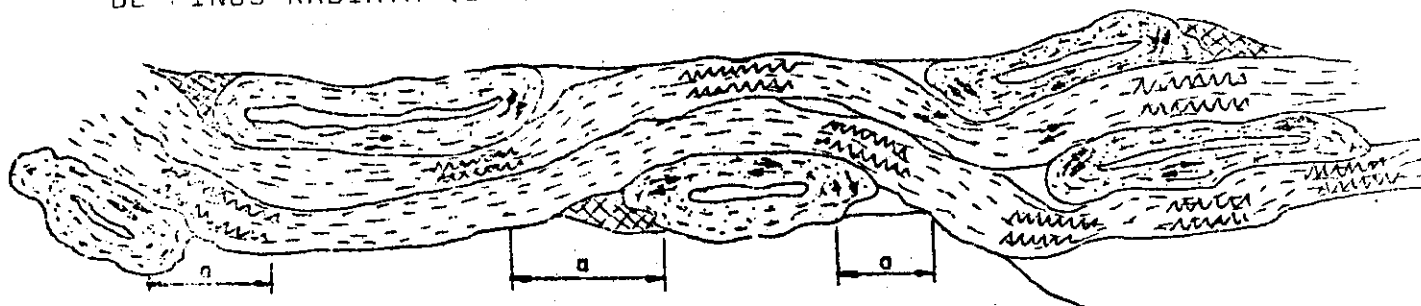
Mais uma vez os autores agradecem a ajuda do Dr. Pedro K. Kiyohara. Sem suas microfotografias a realização deste trabalho não teria sido possível.

Bibliografia

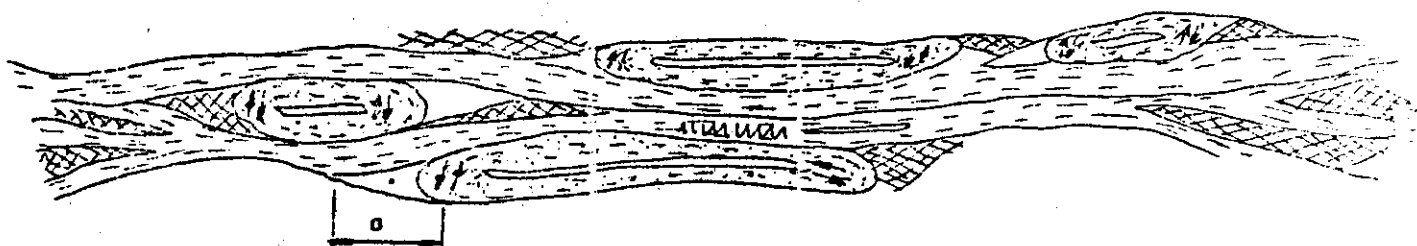
1. Mensuração de fibras; fotomicrografias de fibras e de lumen
Relatório nº 15 802 - Instituto de Pesquisas Tecnológicas
do Estado de São Paulo - SA.
2. D.H. Page - The origin of the differences between Sulphite
an Kraft Pulps - Journal of Pulp and Paper Science - CPPA
Março 1983 TR 15 - TR.20
3. R.S.Seth and D.H. Page
Fracture Resistance: a failure criterion for paper
Tappi - Vol. 58 nº 9 - setembro 1975 pg 112 a 117.
4. R.S. Seth, M.C.Barbe, J.C.R. Williams and D.H. Page
The Strength of wet webs: a new approach
Tappi - março 1982 - vol. 65 nº 3 pg 135 - 138
5. B.V.P.Redko, R.Maggion e S. Bugajer
A influência da deslignificação e do branqueamento na cris-
talidade da celulose. ABCP - O Papel - abril 1979.
6. Volker E Stockmann
Effect of Pulping on Celulose Structure - Part.I. A hypo-
thesis of Transformation of Fibrils.
Tappi - Dezembro 1971 - vol. 54 nº 12 pg. 2034
7. Volker E. Stockmann
Effect of Pulping on Cellulose Structure - Part.II. - Fibrils
Contract Longitudinally
Tappi - Dezembro 1971 - vol. 54 nº 12 - pg. 2038
8. Tom Lindsröm and Gustaf Carlson
The effect of carboxyl group and their ionic form during
drying and hornification of cellulose.
Svensk papperstidning vol 85(15) 20 de outubro de 1982.
9. K.I.Ebeling - Distribution of Energy Consumption during the
straining of paper in The Fundamental Properties of Paper re-
lated to its uses - Ernest Benn Limited London 1976 pg 304 a
343,
10. CTJ Dodson - A survey of Paper Mechanics in Fundamental -
Terms in the Fundamental Properties of Paper related to its
uses - Ernest Benn Limited - London 1976 - pg 202 a 226.
11. M.B. Lyne, M. Jackson, A.E. Ranger e ARV Trifg -
Evaluation and Optimization of the in-plane tearing strength
of paper in the Fundamental Properties of Paper related to
its uses - Ernest Benn Limited - London 1976 - pg.269 a 298
12. R.S. Seth e D.H. Page - Fracture Resistance - A criterion for
paper runnability in The Fundamental Properties of Paper
related to its uses - Ernest Benn Limited - London 1976
pg. 299 a 303.
13. B.Radran - Consequences of the layered Structure of Paper
in The Fundamental Properties of Paper related to its uses
Ernest Benn Limited - London 1976 - pg. 137 a 147.
14. James d/A Clark - Pulp Technology and Treatment of paper page
680 e seg.
15. J.M. Uprichard - Effect of wood age on the papermaking pro-
perties of radiata pine pulps - New Zealand Journal of
Forestry Science - vol. 10 nº 3 (1980) 558-86.

FIGURA 33





REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE POSSÍVEIS CONCENTRAÇÕES DE TENSÃO, COMPRESSÃO E FADIGA EM FOLHAS DE PINUS CARIBEA HONDURENSIS E DE PINUS RADIATA (BASEADO EM EBELING REF.9).



PINUS CARIBEA HONDURENSIS



PINUS RADIATA

-  Parte do segmento da fibra talvez seca sob tensão.
-  Região microcomprida com concentração de fadiga na matriz amorfa.
-  Concentração de cisalhamento interlamelar (longitudinal e lateral).
-  Região de concentração de fadiga de descascamento de camada.

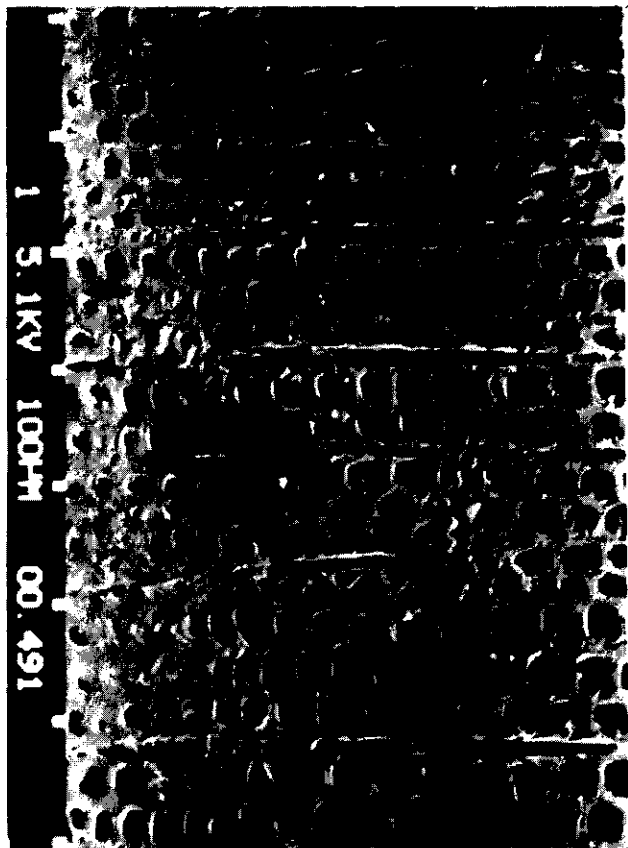


Fig. 03 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS

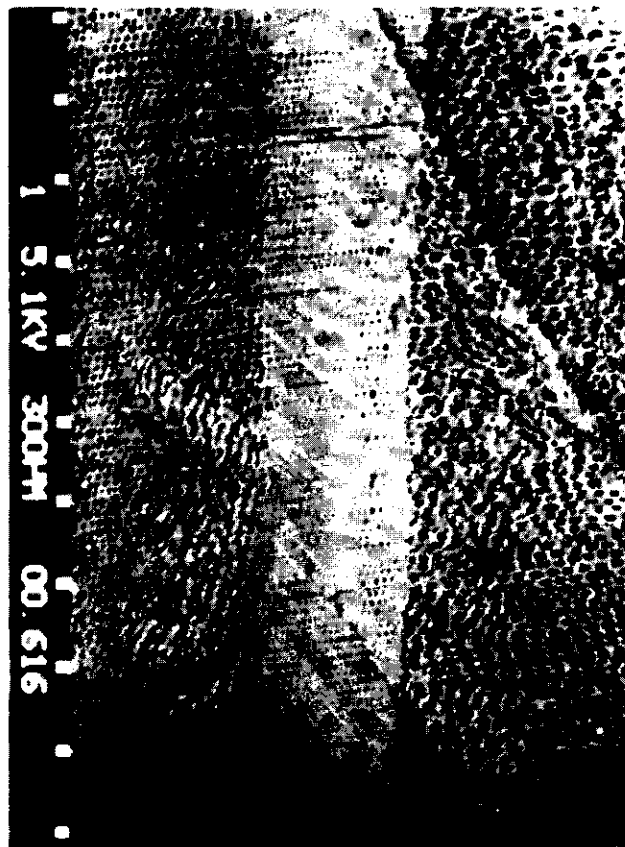


Fig. 02 - PINUS TAEDA

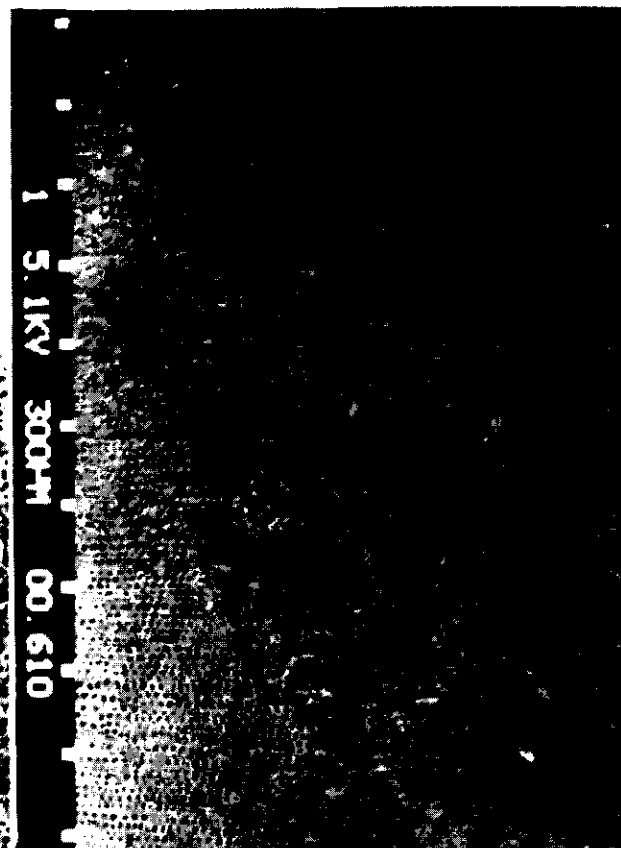


Fig. 01 - PINUS HONDURENSIS

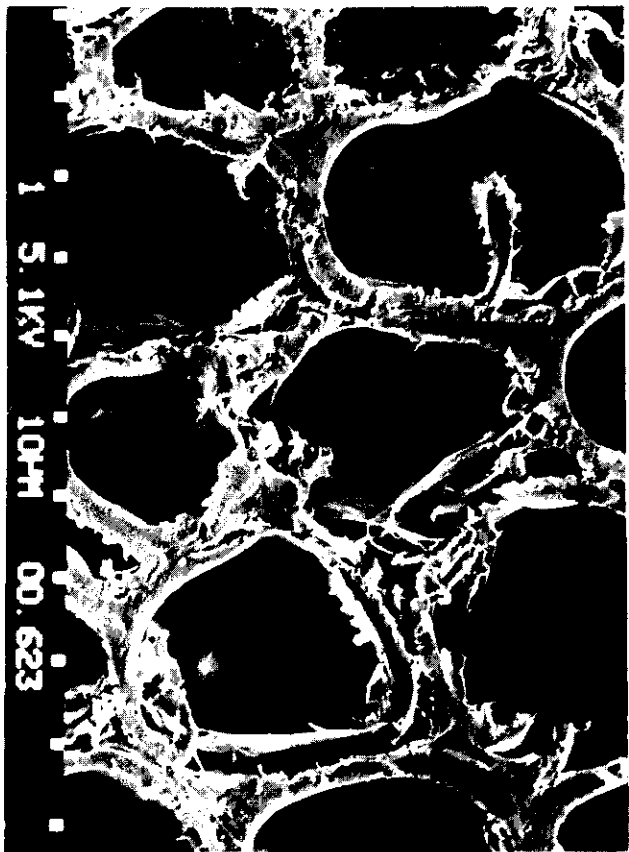


Fig. 06 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS

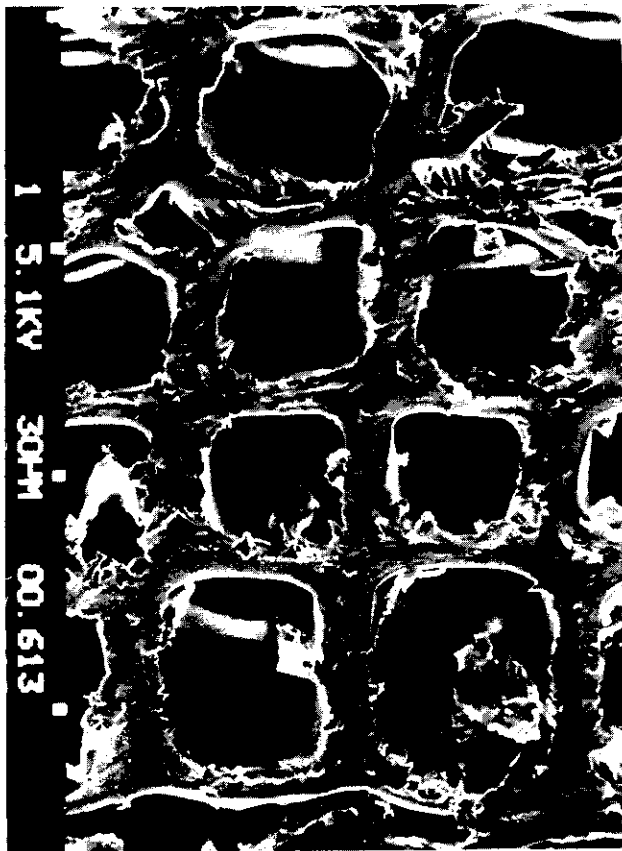


Fig. 05 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS

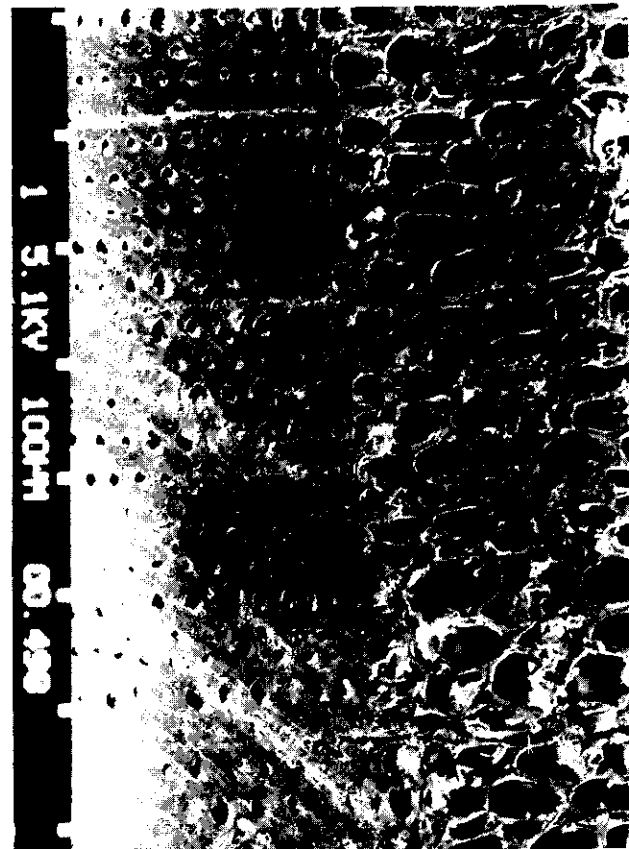


Fig. 04 - PINUS TAEDA



Fig. 09 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE

Fig. 08 - PINUS RADIATA-CELULOSE

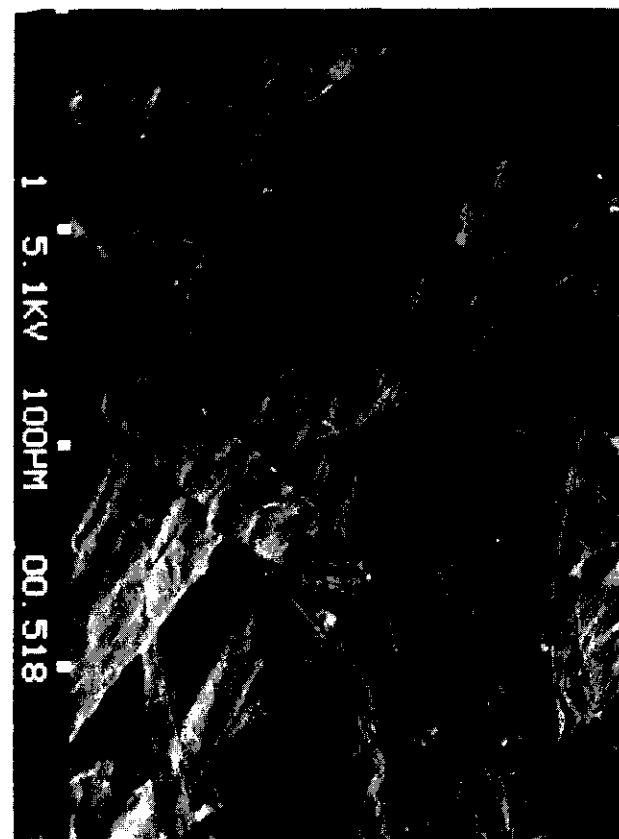
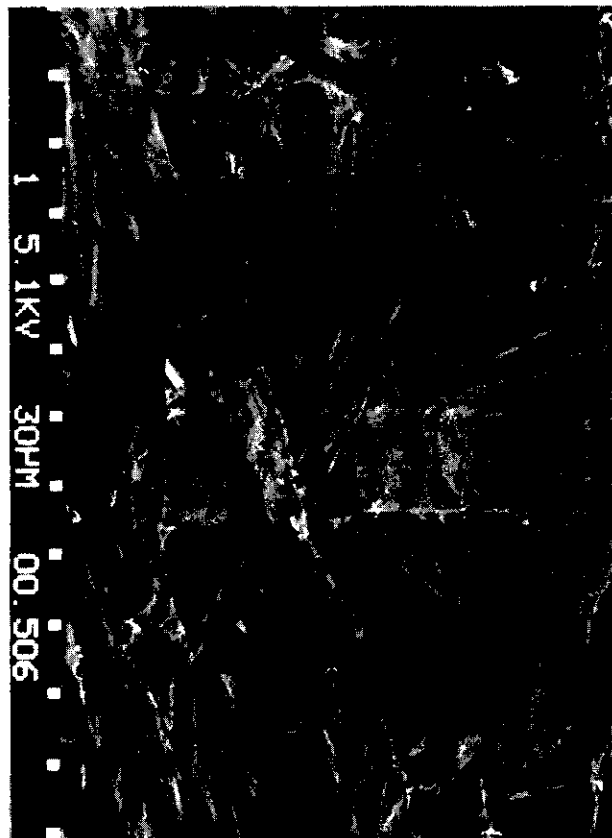


Fig. 07 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE



Fig. 12 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - 17°SR

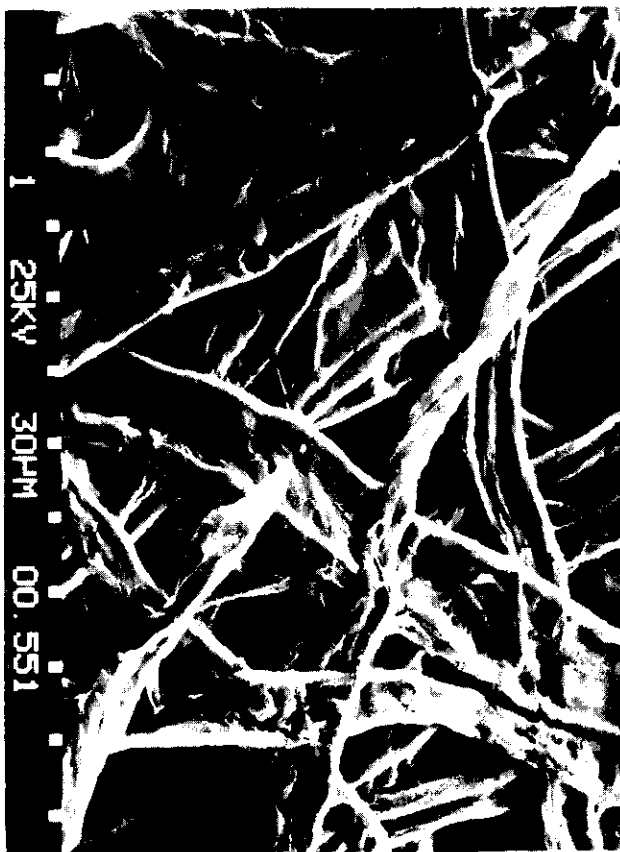


Fig.11 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS -17°SR-CELULOSE



Fig. 10 - PINUS RADIATA - CELULOSE

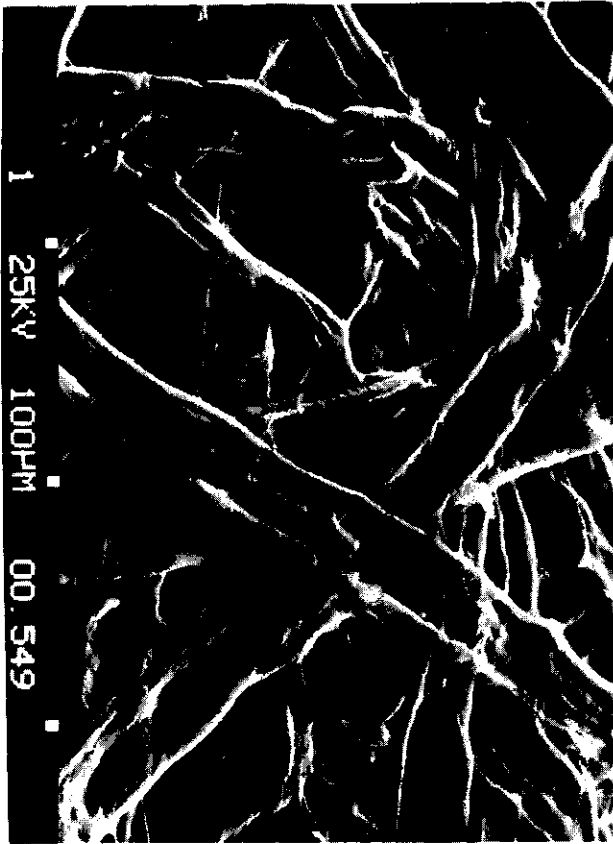


FIG. 15 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE
23°SR

Fig. 14 - PINUS RADIATA - CELULOSE
SE - 17°SR

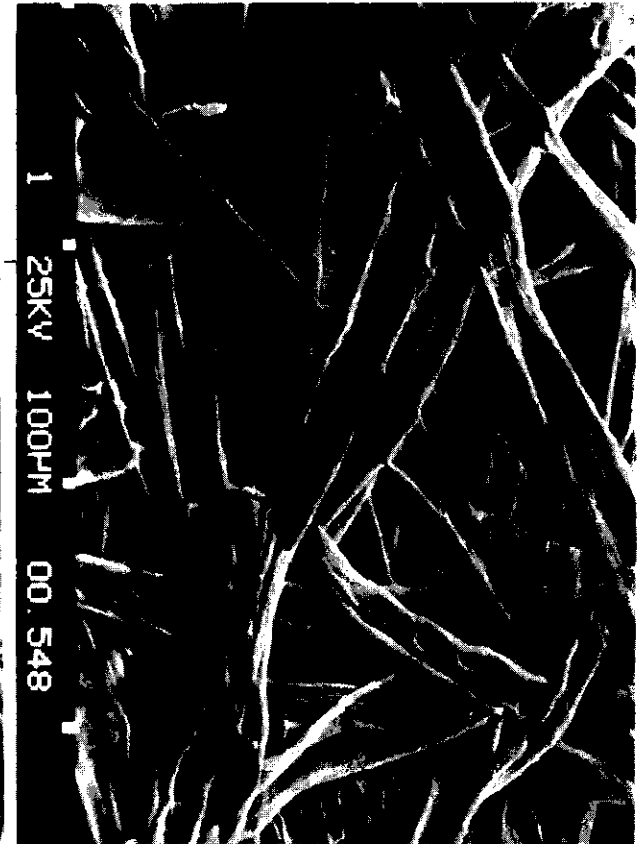


Fig. 13 - PINUS RADIATA - CELULOSE
17°SR

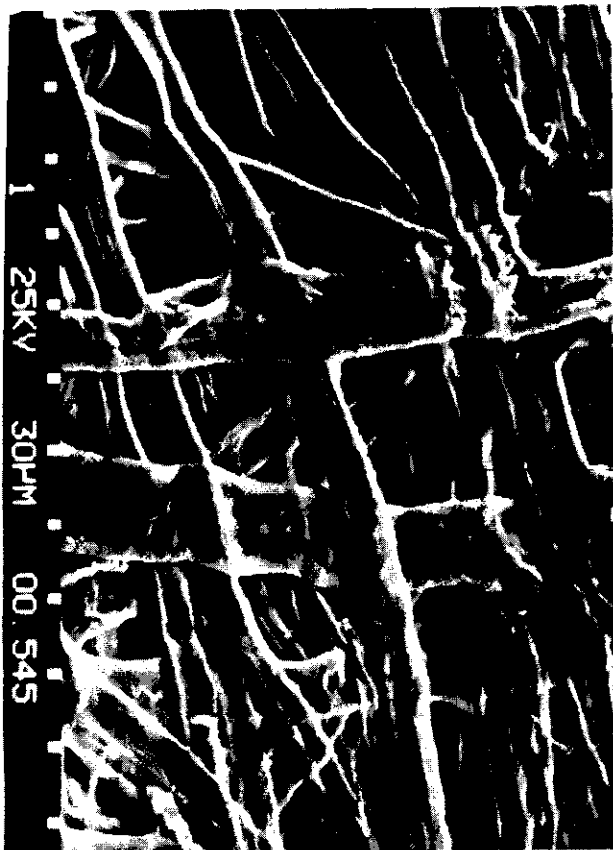


FIG. 18 - PINUS RADIATA - CELULOSE - 23°SR



Fig. 17 - PINUS RADIATA-CELULOSE
23°SR

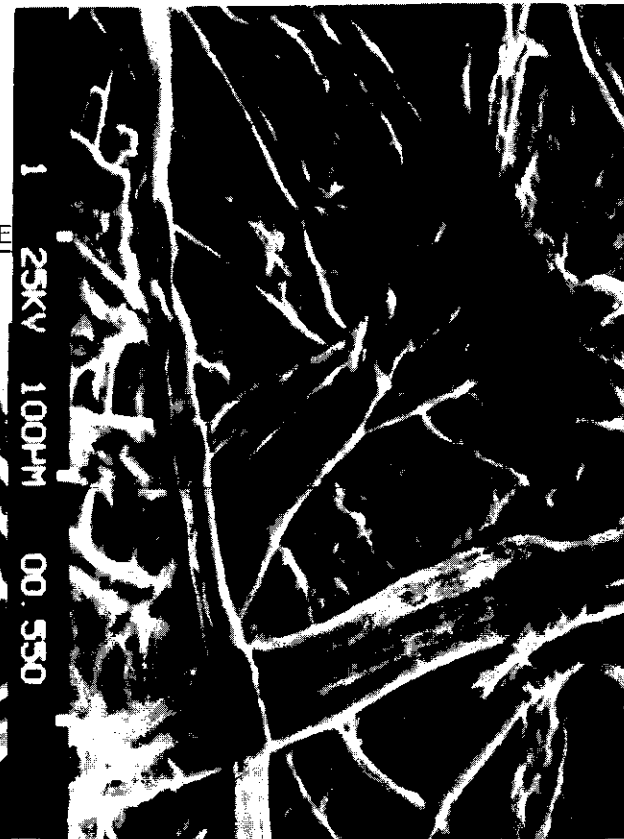


Fig. 16 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE
23°SR



Fig. 21 - PINUS RADIATA-CELULOSE
17°SR - ASPECTO DO COR-
PO DE PROVA DE RASGO

Fig. 20 - PINUS CARIBEA HONDUREN-
SIS - CELULOSE - 17°SR
ASPECTO DO CROPO DE PRO-
VA DE RASGO



Fig. 19 - PINUS CARIBEA HONDURENS
CELULOSE - 17° SR - ASPECTO DO CO
PO DE PROVA DE RASGO



Fig. 24 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE
23°SR - ASPECTO DO
CORPO DE PROVA DE RASGO.

Fig.23 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE - 23°SR
ASPECTO DO CORPO DE PROVA DE RASGO.

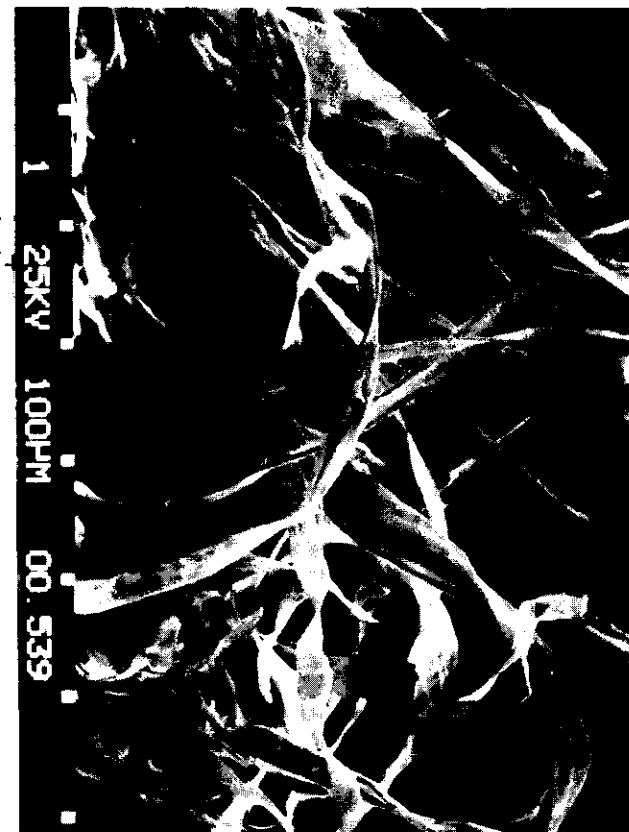


Fig. 22 - PINUS RADIATA - CELULOSE
17°SR - ASPECTO DO CORPO
DE PROVA DE RASGO



Fig. 27 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE - ASPECTO DE CORPO DE PROVA DE TRAÇÃO.

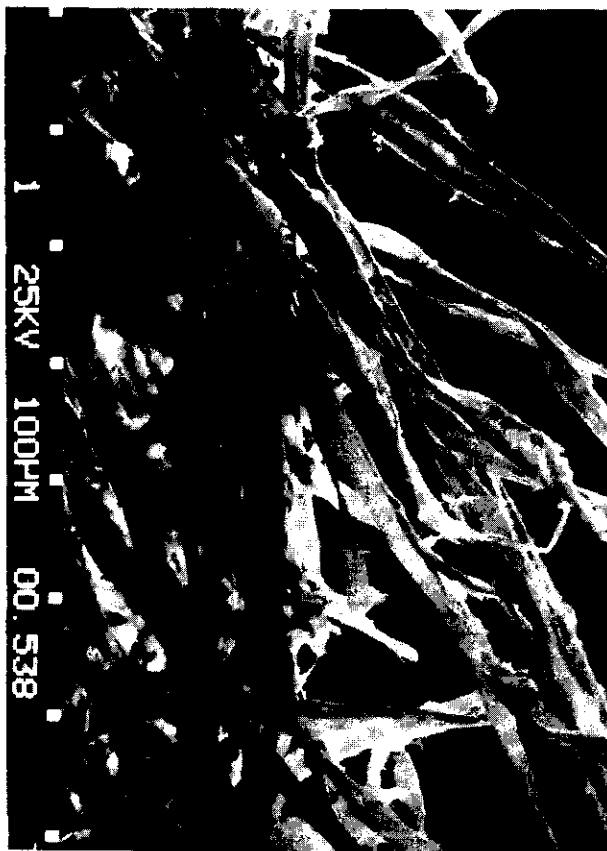


Fig. 26 - PINUS RADIATA - CELULOSE - 23°SR - ASPECTO DE CORPO DE PROVA DE RASGO:

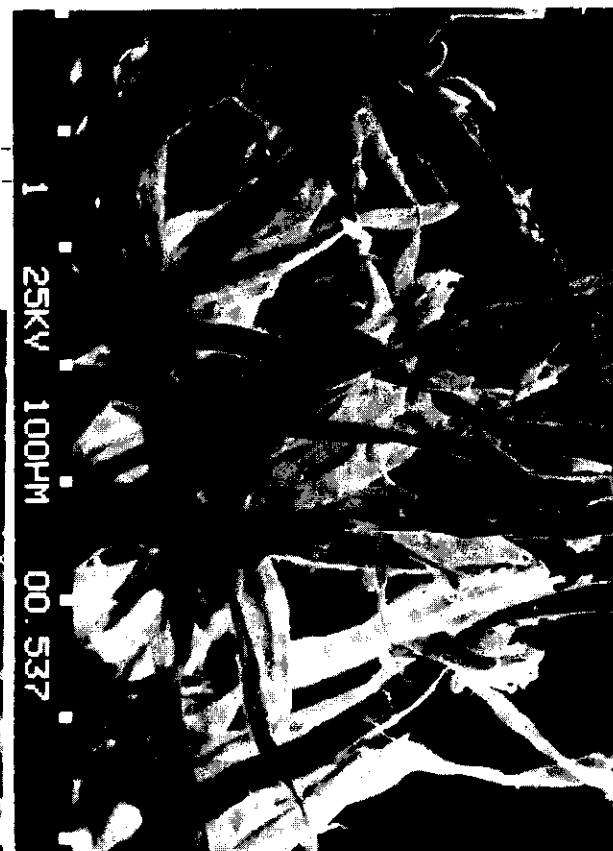


Fig. 25 - PINUS RADIATA - CELULOSE 23°SR - ASPECTO DE CORPO DE PROVA DE RASGO.



Fig. 30 - PINUS RADIATA-CELULOSE
ASPECTO DE CORPO DE
PROVA DE TRAÇÃO.

Fig. 29 - PINUS CARIBEA HONDUREN-
SIS-CELULOSE - ASPECTO
DE CORPO DE PROVA DE
TRAÇÃO.

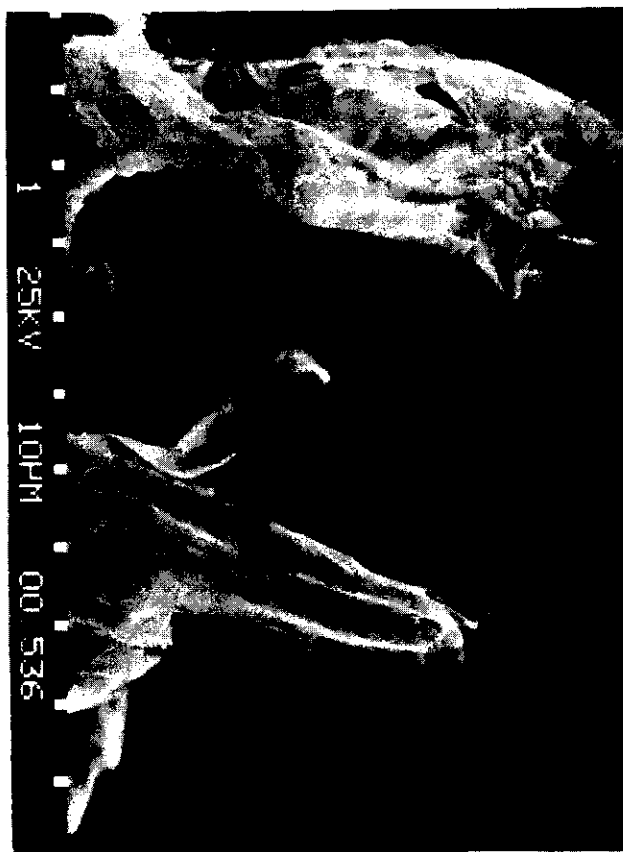


Fig. 28 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS
CELULOSE - ASPECTO DE CO
PO DE PROVA DE TRAÇÃO

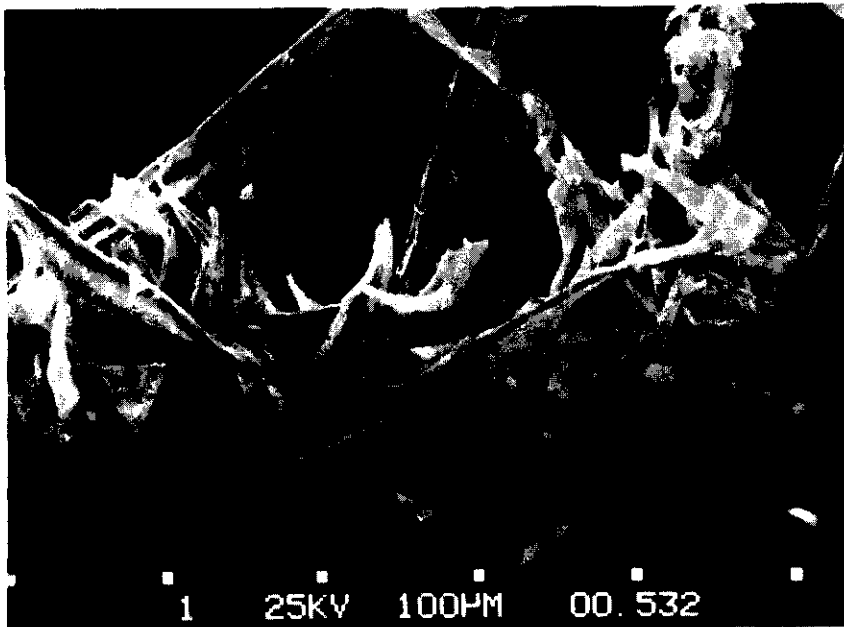


Fig. 31 - PINUS RADIATA - CELULOSE
ASPECTO DE CORPO DE PROVA DE TRAÇÃO

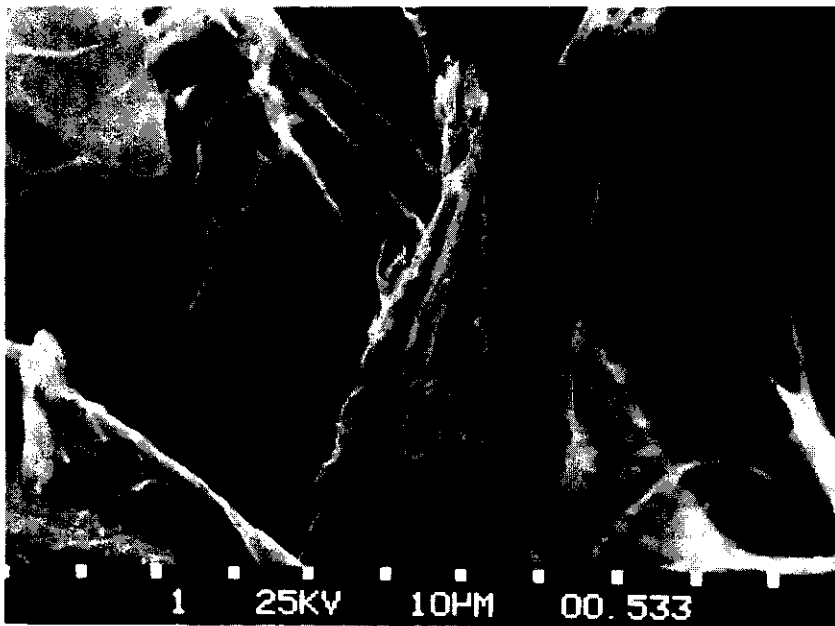


Fig. 32 - PINUS RADIATA - CELULOSE
ASPECTO DE CORPO DE PROVA DE TRAÇÃO

ÍNDICE DAS FIGURAS

- Fig. 01 - PINUS HONDURENSIS.
Proveniência: Região do Jari - Brasil
Secção Transversal da Madeira
- Fig. 02 - PINUS TAEDA.
Proveniência: Campos do Jordão - Brasil
Secção Transversal da madeira.
- Fig. 03 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS.
Proveniência: Região do Jari - Brasil
Secção transversal da madeira.
- Fig. 04 - PINUS TAEDA.
Proveniência: Campos do Jordão - Brasil
Secção Transversal da madeira.
- Fig. 05 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS.
Proveniência: Região do Jari - Brasil
Secção Transversal da madeira.
- Fig. 06 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS.
Proveniência: Campos do Jordão - Brasil
Secção Transversal da madeira.
- Fig. 07 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE
0 Minutos Moagem 16°SR
- Fig. 08 - PINUS RADIATA - CELULOSE
0 Minutos Moagem 14°SR
- Fig. 09 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE
Corte da Folha por cisalhamento A + 20°C
- Fig. 10 - PINUS RADIATA - CELULOSE
Corte da folha por cisalhamento A - 20°C
- Fig. 11 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS 17° SR - CELULOSE
- Fig. 12 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - 17° SR - CELULOSE
- Fig. 13 - PINUS RADIATA - CELULOSE 17°SR
- Fig. 14 - PINUS RADIATA - CELULOSE 12°SR
- Fig. 15 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE 23°SR
- Fig. 16 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE 23°SR
- Fig. 17 - PINUS RADIATA - CELULOSE 23°SR
- Fig. 18 - PINUS RADIATA - CELULOSE 23°SR
- Fig. 19 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE 17°SR
Aspecto do corpo de prova de rasgo.
- Fig. 20 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE 17°SR
Aspecto do corpo de prova de rasgo.
- Fig. 21 - PINUS RADIATA - CELULOSE 17°SR
Aspecto do corpo de prova de rasgo.
- Fig. 22 - PINUS RADIATA - CELULOSE 17°SR
Aspecto do corpo de prova de rasgo.
- Fig. 23 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE 23°SR
Aspecto do corpo de prova de rasgo.
- Fig. 24 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE 23°SR
Aspecto do corpo de prova de rasgo.

- Fig. 25 - PINUS RADIATA - CELULOSE 23ºSR
Aspecto de corpo de prova de rasgo
- Fig. 26 - PINUS RADIATA - CELULOSE 23ºSR
Aspecto de corpo de prova de rasgo
- Fig. 27 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE
Aspecto de corpo de prova de tração
- Fig. 28 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE
Aspecto de corpo de prova de tração
- Fig. 29 - PINUS CARIBEA HONDURENSIS - CELULOSE
Aspecto de corpo de prova de tração
- Fig. 30 - PINUS RADIATA - CELULOSE
Aspecto de corpo de prova de tração.
- Fig. 31 - PINUS RADIATA - CELULOSE
Aspecto de corpo de prova de tração
- Fig. 32 - PINUS RADIATA - CELULOSE
Aspecto de corpo de prova de tração