Ao professor e amigo Otto Fonseca, com os meus agradecimentos pelo indispensável auxílio na realização deste trabalho.

JORGE VIEIRA GONZAGA

QUALIDADE DA MADEIRA E DA CELULOSE KRAFT DE TREZE ESPÉCIES DE *Eucalyptus*

Tese Apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como Parte das Exigências do Curso de Ciência Florestal, para a Obtenção do Grau de "Magister Scientiae".

VIÇOSA - MINAS GERAIS
1983

A meus pais,
minha esposa,
meu filho,
minha avó e
meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Orientador, Celso Edmundo B. Foelkel, pela dedicação e interesse com que orientou este trabalho e pelo constante estímulo.

Aos Professores Conselheiros, José Lívio Gomide e Rubens Chaves de Oliveira, pelas sugestões e esclarecimentos durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores Ricardo Marius Della Lucia e Augusto Fernandes Milanez, pelo estímulo no decorrer do curso.

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Florestal e do Conselho de Pós-Graduação, pela oportunidade.

Aos membros da Banca Examinadora, pelas valiosas sugestões.

À RIOCELL - Rio Grande Cia. de Celulose do Sul, pela concessão da bolsa de estudo, que possibilitou a realização do curso.

A Celulose Nipo-Brasileira S.A. - CENIBRA, pelo convênio, firmado com a U.F.V., que propiciou a realização do curso.

Ao corpo técnico da CENIBRA, pelos ensinamentos ministrados nas aulas práticas realizadas na entidade.

Aos colegas do curso, pela amizade e pela colaboração.

Aos funcionários do Laboratório de Celulose e Papel da U.F.V., pela colaboração dispensada em várias fases do trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da RIOCEL, pela cooperação.

Finalmente, a todos quantos tenham colaborados na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

JORGE VIEIRA GONZAGA, filho de João Ferreira Gonzaga e Brasilina Maria V. Gonzaga, nasceu em Pioneiro - Pereira Barreto, São Paulo, aos 21 de maio de 1953.

Fez o curso primário na Escola Mista da Fazenda "São Francisco", em Jales, São Paulo; o curso ginasial no Colégio Estadual e Escola Normal de Jales, São Paulo; e o curso colegial no Instituto de Educação "Dr. Euphly Jales", em Jales, São Paulo.

Em 1978, obteve o título de Engenheiro Florestal, pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, São Paulo.

Em 1979, ingressou no curso de Mestrado em Ciência Florestal, na Universidade Federal de Viçosa. Em julho de 1983, concluiu os requisitos necessários para a obtenção do grau de "Magister Scientiae".

SUMÁRIO

Página

LISTA DE QUADROS viii

LISTA DE FIGURAS x

EXTRATO xv

1 - INTRODUÇÃO 1

2 - REVISÃO DE LITERATURA 3

2.1. O Gênero Eucalyptus 3
2.2. Características da Madeira 3
2.3. Produção de Celulose de Madeira de Eucalyptus sp. ... 4
2.3.1. Eucalyptus saligna 4
2.3.2. Eucalyptus urophylla 6
2.3.3. Eucalyptus grandis 7
2.3.4. Eucalyptus microcorys 10
2.3.5. Eucalyptus camaldulensis 11
2.3.6. Eucalyptus tereticornis 12
2.3.7. Eucalyptus pilularis 13
2.3.8. Eucalyptus cloeziana 14
2.3.9. Eucalyptus propinqua 15
2.3.10. Eucalyptus pellita 15
2.3.11. Eucalyptus deanei 16

Página

2.3.12. Eucalyptus quadrangulata 16
2.3.13. Eucalyptus andrewsii 16
2.4. Revisão de Literatura de Dados sobre a Qualidade da Madeira, Condições de Cozimento e Resultados de Cozimentos das Espécies 17

3. MATERIAL E MÉTODOS 20
3.1. Material 20
3.1.1. Características do local de instalação do esperimento de competição entre espécies e procedências
3.1.2. Forma de instalação do experimento florestal 21
3.1.3. Primeiros resultados da avaliação silvicultural .. 21
3.2. Métodos 23
3.2.1. Coleta do material selecionado para estudo e determinação dos parâmetros silviculturais 23
3.2.2. Determinação das características anatômicas das madeiras 24
3.2.3. Determinação da densidade básica das madeiras (cavacos) 26
3.2.4. Análise química das madeiras 26
3.2.5. Deslignificação das madeiras 27
3.2.5.1. Processo 27
3.2.5.2. Cozimentos 28
3.2.5.3. Condições de Cozimento 28
3.2.5.4. Determinação dos rendimentos em celulose e dos teores de rejeitos 30
3.2.5.5. Determinação de número kappa 30
3.2.5.6. Determinação da viscosidade 30
3.2.5.7. Determinação da alvura da polpa não refinada ... 31
3.2.5.8. Análise da solubilidade das polpas em soluções a frio de $NaOH_{5\%}$, 8%. 10% e 18% 31
3.2.5.9. Análise dos licores negros residuais 31

Página

3.2.5.10. Análises estatísticas dos resultados 31

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 33

4.1. Parâmetros silviculturais 33
4.2. Dimensões das fibras e dos vasos 35
4.2.1. Distribuição de freqüência das dimensões das fibras e dos vasos (% de fibras e de vasos em determinadas faixas de dimensões) 37
4.2.2. Relações entre as dimensões fundamentais das fibras 67
4.3. Densidade básica e análises químicas das madeiras ...69
4.4. Resultados referentes às deslignificações das madeiras e características das polpas produzidas 82
4.5. Resultados Referentes às Características dos Licores Residuais.....100

5. RESUMO E CONCLUSÕES 113

6. LITERATURA CITADA 117

LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Qualidade e Composição Química de Madeiras de Eucalyptus sp.	18
2	Condições e Resultados de Cozimentos kraft de Madeira de Eucalyptus sp.	19
3	Médias das Alturas, dos Diâmetros, da Altura das Árvores Dominantes, da Percentagem de Sobrevivência, da Percentagem de Plantas Não-Tortuosas e da Percentagem de Plantas Não-Bifurcadas das 13 Espécies de Eucalyptus, aos 28 Meses de Idade	22
4	Dados dos Locais e Origem das Espécies Selecionadas	25
5	Análises Químicas das Madeiras	27
6	Condições de Cozimento	29
7	Avaliação Silvicultural das Treze Espécies de Eucaliptos	34
8	Dimensões das Fibras e dos Vasos - Valores Médios, Máximos e Mínimos, Desvio-Padrão e Coeficiente de Variação	36

QUADRO		Página
9	Relações entre as Dimensões Fundamentais das Fibras	68
10	Densidade Básica e Análises Químicas das Madeiras	70
11	Análise da Variância da Densidade Básica e Análise Química das Madeiras	71
12	Resultados Referentes às Deslignificações das Madeiras e Análise das Polpas	85
13	Análise da Variância das Características das polpas	86
14	Análise dos Licores Residuais	101
15	Análise da Variância das Características dos Licores Residuais	102

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus saligna	38
2	Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus urophylla	38
3	Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus grandis	39
4	Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus microcorys ...	39
5	Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus camaldulensis.	40
6	Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus tereticornis..	40
7	Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus pilularis	41
8	Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus cloeziana	41
9	Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus propinqua	42

FIGURA

Página

10 Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus pellita 42

11 Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus deanei 43

12 Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus quadrangulata. 43

13 Distribuição por Classe de Freqüência do Comprimento das Fibras, para Eucalyptus andrewsii 44

14 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus saligna 44

15 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus urophylla 45

16 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus grandis 45

17 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus microcorys 46

18 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus camaldulensis ... 46

19 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus tereticornis 47

20 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus pilularis 47

21 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus cloeziana 48

22 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus propinqua 48

FIGURA		Página
23	Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus pellita	49
24	Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus deanei	49
25	Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus quadrangulata ...	50
26	Distribuição por Classe de Freqüência da Largura das Fibras, para Eucalyptus andrewsii	50
27	Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede das Fibras, para Eucalyptus saligna	51
28	Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede das Fibras, para Eucalyptus urophylla	51
29	Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede das Fibras, para Eucalyptus grandis	52
30	Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede de Fibras, para Eucalyptus microcorys	52
31	Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede das Fibras, para Eucalyptus camaldulensis	53
32	Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede das Fibras, para Eucalyptus tereticornis	53
33	Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede das Fibras, para Eucalyptus pilularis	54

FIGURA Página

34 Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede das Fibras, para Eucalyptus cloeziana 54

35 Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede das Fibras, para Eucalyptus propinqua 55

36 Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede das Fibras, para Eucalyptus pellita 55

37 Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede das Fibras, para Eucalyptus deanei 56

38 Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede das Fibras, para Eucalyptus quadrangulata 56

39 Distribuição por Classe de Freqüência da Espessura da Parede das Fibras, para Eucalyptus andrewsii 57

40 Distribuição por Classe de Freqüência da largura dos Vasos, para Eucalyptus saligna 57

41 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura dos Vasos, para Eucalyptus urophylla 58

42 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura dos Vasos, para Eucalyptus grandis 58

43 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura dos Vasos, para Eucalyptus microcorys 59

44 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura dos Vasos, para Eucalyptus camaldulensis 59

FIGURA Página

45 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura dos Vasos, para Eucalyptus tereticornis 60

46 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura dos Vasos, para Eucalyptus pilularis 60

47 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura dos Vasos, para Eucalyptus cloeziana 61

48 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura dos Vasos, para Eucalyptus propinqua..... 61

49 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura dos Vasos, para Eucalyptus pellita 62

50 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura dos Vasos, para Eucalyptus deanei 62

51 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura dos Vasos, para Eucalyptus quadrangulata 63

52 Distribuição por Classe de Freqüência da Largura dos Vasos, para Eucalyptus andrewsii 63

EXTRATO

GONZAGA, Jorge Vieira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 1983. Qualidade da madeira e da celulose kraft de treze espécies de Eucalyptus. Professor Orientador: Celso Edmundo Bochetti Foelkel. Professores Conselheiros: José Lívio Gomide e Rubens Chaves de Oliveira.

Neste trabalho, estudou-se a qualidade da madeira e a produção de celulose kraft não-branqueada a partir de E. saligna, E. urophylla, E. grandis, E. microcorys, E. camaldulensis, E. tereticornis, E. pilularis, E. cloeziana, E. propinqua, E. pellita, E. deanei, E. quadrangulata e E. andrewsii, espécies introduzidas na região de Viçosa, Estado de Minas Gerais. Na época de amostragem do material, as árvores contavam 54 meses de idade.

Foram coletadas duas árvores representativas por espécie, das quais se amostraram discos nas seções correspondentes à seguintes posições. base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, sendo considerada altura comercial a altura da árvore até um diâmetro mínimo de 6cm. Nesses materiais foram efetuados estudos que possibilitam a obtenção dos seguintes parâmetros silviculturais: fator de forma, teor de casca, teor de cerne, teor de alburno e incremento médio anual, expressos em m^3. Os discos foram transformados em cavacos com dimensões aproximadas de 2 a 3 mm de espessura, 2 a 2,5cm de largura e 2,5cm de comprimento.

Em serragens oriundas de amostras representativas dos cavacos foram efetuados as seguintes análises da composição quí-

mica da madeira: solubilidade em água fria, água quente, álcool-benzeno e NaOH 1% e teores de holocelulose e lignina. Foram ainda coletadas outras amostras de cavacos, que foram maceradas, determinando-se as seguintes características anatômicas da madeira: comprimento de fibra, largura de fibra, diâmetro de lúmen, espessura da parede de fibras, largura de vasos, índice de enfeltramento, coeficiente de flexibilidade, fração parede, índice de Runkel e distribuição de freqüência das dimensões das fibras e dos vasos por classe de dimensão. Também foi analisada a densidade básica da madeira com amostra dos cavacos.

O processo utilizado na produção de celulose foi o químico alcalino kraft, com condições de cozimentos preestabelecidas, excetuando o álcali ativo, visando à obtenção de polpas com número kappa na faixa de $19,5 \pm 1,5$.

Com base nos resultados dos cozimentos, determinaram-se: rendimento, bruto e depurado, em celulose, teor de rejeitos, viscosidade da celulose, alvura da celulose, consumo específico de madeira, solubilidade das celuloses em NaOH 5%, 8%, 10% e 18%, pH dos licores residuais, grau Bé dos licores residuais, teor de matéria orgânica nos licores residuais, teor de matéria inorgânica nos licores residuais, teor de sólidos nos licores residuais, viscosidade, a 20°C, dos licores residuais, a 20°Bé, álcali ativo residual nos licores residuais e álcali ativo consumido, base madeira.

O experimento obedeceu ao esquema de casualização, com treze tratamentos e três repetições, num total de 39 parcelas. O efeito dos tratamentos foi avaliado pelo teste F, e as diferenças entre as médias pelo teste de Tukey, aos níveis de 5% e 1% de probabilidade.

Como conclusão geral do trabalho, com base nas características florestais, associadas às qualidades das madeiras, comportamento na deslignificação e propriedades das polpas kraft obtidas, excetuando as propriedades físico-mecânicas, pode-se di-

zer que as melhores espécies para conversão em celulose foram a *E. grandis* e a *E. saligna*. Além dessas, mostraram bom potencial *E. pellita*, *E. pilularis*, *E. andrewsii*, *E. quadrangulata* e *E. microcorys*.

INTRODUÇÃO

No Brasil, os estudos sobre o comportamento das espécies de Eucalyptus, para aproveitamento industrial na produção de celulose, têm tido grande importância, graças ao seu rápido desenvolvimento e elevado rendimento econômico nas condições climáticas predominantes no país.

Infelizmente, em razão da grande diversidade das espécies, é difícil considerar o eucalipto como fornecedor de madeira bem definida para a produção de celulose. Além disso, a facilidade de hibridação de muitas espécies do gênero concorre para maior desuniformidade nas qualidades de suas madeiras. Entre outros, esses fatores obrigam os pesquisadores a realizar estudos, visando à maximização das características desejadas para esse fim.

Como resultado de inúmeras tentativas, a indústria nacional optou pelo Eucalyptus grandis, E. urophylla e E. saligna, que apresentam madeiras relativamente similares e maior crescimento volumétrico nos primeiros anos após o plantio, além de produzirem celulose de boa qualidade. Porém, o emprego dessas espécies encontra algumas limitações, principalmente por não se comportarem satisfatoriamente em regiões susceptíveis a geadas e em regiões de clima tropical, nas quais a presença do "cancro", doença causada pelo fungo Diaporthe cubensis, é de caráter epidêmico. Em tais situações, a indústria de celulose tem de lançar mão de outras espécies, até que consiga, mediante estudos de me-

lhoramento, linhagens de E. grandis, E. saligna e E. urophylla re sistentes a essa doença, caso se opte por essa filosofia para a resolução do problema.

A presente pesquisa consistiu em estudar, em laboratório, a qualidade da madeira e a produção de celulose kraft não-branqueada a partir de madeiras de E. saligna, E. urophylla, E. grandis, E. microcorys, E. camaldulensis, E. tereticornis, E. pilularis, E. cloeziana, E. propinqua, E. pellita, E. deanei, E. quadrangulata e E. andrewsii, espécies introduzidas na região de Viçosa, Estado de Minas Gerais. Essas espécies, pelo seu comportamento em parcelas experimentais, têm potencialidade para plantio em regiões subtropicais e tropicais.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Gênero Eucalyptus

O gênero Eucalyptus pertence à Mirtaceae e conta com cerca de seiscentas espécies e grande número de variedades e híbridos. A maioria dessas espécies é de origem australiana, onde ocorrem na forma de densas florestas (1). Hoje, acham-se bastante disseminadas por quase todas as regiões tropicais e subtropicais e encontram condições de ótimo desenvolvimento na região Centro-Sul do Brasil.

2.2. Características da Madeira

Dentro do gênero Eucalyptus há amplas diferenças entre as árvores, no que diz respeito ao uso para a produção de celulose. Dentre essas diferenças destacam-se: espécie, idade, tamanho, qualidade silvicultural e qualidade da madeira. Basicamente, a causa determinante do comportamento das madeiras de Eucalyptus na produção de celulose é a densidade. Para processos químicos e semiquímicos, exerce influência o teor de extrativos, que influencia particularmente o consumo de reagentes químicos e o rendimento em celulose. A densidade da madeira exerce maior influência no consumo específico de madeira e nas propriedades estruturais e mecânicas do papel ou do papelão. A indústria

de celulose, geralmente, limita a seleção da matéria-prima às madeiras de baixa e média densidade. Entretanto, a utilização de madeiras densas na fabricação de papéis para impressão e escrita tem sido preconizada e adotada com sucesso em algumas situações.

A principal característica da madeira de Eucalyptus é o curto comprimento da fibra, que varia, normalmente, de 0,7 a 1,2 mm. Esse pormenor é de fundamental importância, pois, para a mesma quantidade de madeira, em comparação com espécies de fibras longas o Eucalyptus apresenta fibras mais numerosas. Essa característica lhe confere alta capacidade de ligação de fibras e assegura a obtenção de papéis de boa qualidade (14).

2.3. Produção de Celulose de Madeira de Eucalyptus sp.

Atualmente, com a crescente demanda de madeira para a produção de celulose e com a importância cada vez maior da utilização da madeira de folhosas, o gênero Eucalyptus tem constituído uma das principais fontes mundiais de matéria-prima de fibras curtas (15).

DADSWELL e STEWART, 1962, citados por Foelkel e Barrichelo (15), salientaram a importância da idade da árvore na obtenção de matéria-prima para a produção de celulose, afirmando que árvores de eucaliptos mais jovens são mais adequadas que árvores mais idosas.

2.3.1. Eucalyptus saligna

Sua área natural, na Austrália, ocupa uma faixa costeira extensa, porém descontínua e fragmentada, desde 36°S de latitude, ao sul de Sydney, NSN, até 21°S, ao oeste de Mackay, Queensland. Os povoamentos, que, no Sul, ocorrem a partir do nível do mar, vão subindo gradativamente, até atingir a região Norte, a mais de 1000m de altitude. O clima da área é temperado (ao sul) e subtropical (ao norte), e o regime de distribuição de chuvas

varia desde o tipo uniforme ao tipo periódico. A espécie não tolera temperaturas elevadas, nem condições de secas pronunciadas. Por isso, na região subtropical norte, os povoamentos naturais ocorrem apenas nas montanhas, em razão de não suportarem o clima quente e a seca dos locais de baixa altitude (22). No Brasil, as regiões onde se desenvolvem melhor estão localizadas nos Estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais e São Paulo.

É uma das espécies mais utilizadas na produção de celulose de fibras curtas e, ainda, uma das espécies exóticas de Eucalyptus mais comuns em inúmeros países.

Foi a primeira espécie de eucalipto utilizada, no Brasil, na produção industrial de celulose, pela firma "Gordinho Braune & Cia", em Jundiaí, a qual, em 1928, iniciou a fabricação de vários tipos de papéis com celulose importada e/ou com pasta mecânica de Araucaria angustifolia (14).

Os fabricantes de celulose adotaram a faixa de 7 a 8 anos como idade ideal de corte dos povoamentos florestais para a produção de celulose. Nessa faixa de idade, o Eucalyptus saligna apresenta densidade básica de madeira em torno de 0,5 t/m^3. Essa madeira propicia a obtenção de celulose de boa qualidade (28).

BUSNARDO et alii (10) estudaram a qualidade da madeira de Eucalyptus saligna plantado na região de Guaíba-RS, a partir de sementes de Rio Claro, Mairinque e Austrália. Segundo os autores, as madeiras das três procedências da espécie apresentaram ampla potencialidade para a produção de celulose.

FOELKEL et alii (16) realizaram um programa de melhoramento florestal da espécie Eucalyptus saligna na região de Guaíba -RS, apoiados em dados de qualidade da madeira. De acordo com as citações dos autores, a espécie apresenta variabilidade de características anatômicas, o que possibilita a realização de melhoramento florestal direcionado para a obtenção de madeira para produção de polpas com alta propriedade de resistência e/ou com alto volume específico aparente e alta opacidade.

QUEIROZ (30) estudou o comportamento de várias espécies de eucaliptos, visando à obtenção de pastas sulfato, e conseguiu celulose de excelente qualidade quando utilizou a madeira de E. saligna.

PEREIRA (29) relatou que a celulose sulfato obtida de E. saligna com cinco anos de idade apresentava resistência à tração e ao arrebentamento superior à do E. alba e E. grandis, com 5 e 7 anos, respectivamente, enquanto o E. saligna, com 7 anos, apresentava celulose superior à do E. alba, com idades diferentes, e superava a celulose de E. grandis, quando utilizado alto nível de refino. O autor recomendou a utilização do E. saligna na produção de celulose sulfato branqueada, aconselhando estudos de práticas florestais e técnicas economicamente adequadas, que permitissem adotar uma rotação de 5 anos para melhor utilização da espécie.

BARRICHELO (3), trabalhando com celulose bissulfito, base magnésio, de E. saligna, com 5 anos, comparou a resistência da celulose a vários graus de refino, concluindo que melhores resistências foram alcançadas com a = 45° SR. Como resultado geral, a celulose magnefite do E. saligna foi mais fraca que a obtida pelo processo kraft.

2.3.2. Eucalyptus urophylla

Esta espécie é nativa da ilha de Timor, onde ocorre em colinas e montanhas, entre 500m e 1800m de altitude, às vezes associada com o E. alba. O clima da ilha é tropical na região baixa e costeira e ameniza-se nas montanhas. As chuvas são do tipo estacional, o que dá origem a um período de seca que dura de 4 a 5 meses (22).

Hoje, o E. urophylla e seus híbridos (urophylla X grandis; urophylla X tereticornis; urophylla x pellita; urophylla X saligna) constituem uma das principais fontes de matéria-prima

para a indústria nacional de celulose. Seu desenvolvimento é muito bom, com altura e diâmetro excelentes. É material cuja carga genética ainda se encontra em melhoramento, apresentando, porém, amplas possibilidades de tornar-se uma das mais importantes espécies para as regiões tropicais, graças à sua resistência ao cancro do eucalipto (11).

Sua madeira é de densidade intermediária entre as de média densidade (E. saligna e E. grandis) e as de alta densidade (E. citriodora e E. paniculata). Com isso, sua maior vantagem sobre as espécies de média densidade é requerer menores volumes de madeira por tonelada de celulose de qualidade similar. Apresenta um consumo específico de cerca de 5,53 estéreos por tonelada s.e de celulose, enquanto sua celulose apresenta resistências físico-mecânicas bastante razoáveis, embora seja inferior, em propriedade, à celulose obtida a partir do E. grandis (17).

A utilização de temperatura baixa (160°C) e, por tempo mais longo, temperatura máxima (57 minutos) na deslignificação da madeira de E. urophylla para a produção de celulose kraft resultou em celuloses com maiores rendimentos depurados e maiorresistência à tração e ao arrebentamento, conforme relatou MARQUES (27).

2.3.3. Eucalyptus grandis

Trata-se de uma espécie muito próxima do E. saligna, nos aspectos botânicos, ecológicos e silviculturais. Começou a ser usada no Brasil há cerca de 25 anos, quando observações feitas pelos técnicos da Companhia Paulista de Estradas de Ferro revelaram que, em alguns locais de São Paulo, superava, em crescimento, as demais espécies.

Sua área natural, na Austrália, estende-se, de forma descontínua, desde Newcastle, NSW (32° 35'S), com clima temperado, até Atherton, Queensland (17°17'S), com clima subtropical. Os

povoamentos que, no Sul, estão ao nível do mar, vão subindo gradualmente, até chegar a 1200m de altitude, no Norte. As precipitações médias anuais variam de 1000mm a 1800mm.

Nunca é encontrada em encostas secas, onde é substituida por outras espécies. Os solos, geralmente, são férteis, profundos e bem drenados, e a espécie dá a impressão de ser pouco resistente à seca (22).

Constitui uma das principais fontes de matéria-prima para a indústria brasileira de celulose, com a possibilidade de obtenção de sementes puras e desenvolvimento excepcional, com altura e diâmetro excelentes. O crescimento monopodial é bom, com ramificações finas e desrama natural muito boa. É sensível ao ataque do cancro em regiões tropicais úmidas e de baixa altitude, sofrendo danos a partir dos 6 anos de idade. Até os 3 anos o cancro tem-se mostrado incipiente, embora em evolução. Apresenta mau desenvolvimento em regiões de solos úmidos, rasos ou secos e em regiões susceptíveis a geadas (11).

GONZAGA et alii (24) caracterizaram a qualidade da madeira de Eucalyptus grandis de povoamentos plantados na região de Guaíba-RS a partir de sementes da Austrália e Rio Claro. Segundo esses autores, as procedências dessa espécie apresentaram elevados incrementos volumétricos e gravimétricos. As características anatômicas e químicas das madeiras estudadas apresentaram valores considerados desejáveis para a indústria de celulose de fibra curta.

BRASIL e FERREIRA (8), estudando a densidade básica da madeira de Eucalyptus alba, Eucalyptus saligna e Eucalyptus grandis, concluíram que havia diferença altamente significativa entre as espécies, conforme o local, com maiores valores para o local onde o ritmo de crescimento era menor.

BRASIL e FERREIRA (9) estudaram a variação da densidade básica e das características das fibras em Eucalyptus grandis, no DAP. Os resultados obtidos indicaram uma tendência de aumento

no comprimento das fibras e na espessura das paredes no sentido medula-casca. Entretanto, o diâmetro das fibras não variava conforme a posição na secção transversal do tronco. Para valores iguais de diâmetro das fibras, o maior diâmetro do lúmen nas camadas mais internas (próximas à medula) determinava menor espessura de parede das fibras. Um importante aspecto observado pelos autores foi a alta variação das características estudadas entre árvores de mesmo DAP. Por esse motivo, salientaram a importância de obtenção de árvores-matrizes em povoamentos da espécie.

BARRICHELO E BRITO (4) estudaram as variações das características da madeira de Eucalyptus grandis e suas correlações com a produção de celulose. De acordo com os resultados obtidos, a densidade básica da madeira correlacionou-se positivamente com o teor de lignina e negativamente com o teor de holocelulose. Tal fato significa que madeiras mais densas, dentro da mesma espécie, têm maior teor de lignina e menor teor de holocelulose. O teor de lignina correlacionou-se negativamente com o teor de holocelulose e com o rendimento em celulose. Quanto às resistências físico-mecânicas, a melhor celulose, de modo geral, foi a proveniente do topo das árvores, cuja madeira apresentou melhores características de fibras.

Na Índia, a madeira de Eucalyptus grandis tem grande aceitação como matéria-prima para a produção de celulose pelos processos soda, sulfato e sulfito neutro (2).

PEREIRA (29) realizou um estudo comparativo das celuloses sulfato de E. grandis, E. saligna e E. alba com número igual de permanganato (grau de deslignificação).

A celulose do E. grandis, de modo geral, foi semelhante à do E. saligna. O autor recomendou, ainda, que, para o manejo florestal, nas condições reinantes no país, onde o corte dos povoamentos de eucalipto é realizado aos 7 anos de idade, fosse dado maior incentivo ao reflorestamento com E. grandis, em vista

da superioridade geral das propriedades físico-mecânicas de sua celulose, principalmente quando comparada com a obtida do E. alba.

FOELKEL et alii (17) realizaram estudos comparativos de várias espécies de Eucalyptus tropicais, quanto à celulose.

A celulose testemunha do E. grandis apresentou prosentou propriedades físico-mecânicas superiores às demais e um consumo específico teórico de madeira de 4,56 m^3/t.s.e., para a polpa não-branqueada. Graças ao seu excelente incremento volumétrico e às superiores propriedades físico-mecânicas de sua celulose, é a espécie mais recomendada para o reflorestamento no Brasil, desde que em regiões ecológicas favoráveis.

2.3.4. Eucalyptus microcorys

Esta espécie compartilha com o Eucalyptus saligna a mesma área em Nova Gales do Sul e Queensland, na Austrália, e ambas, freqüentemente, ocorrem associadas. Sua madeira é excelente para serraria, postes e dormentes. Em Rio Claro, juntamente com E. grandis, E. saligna e E. pilularis, é uma das melhores espécies, quanto a incremento e forma. No entanto, são raros no Brasil, os plantios dessa espécie. Seu crescimento, inicialmente lento, aumenta depois dos 12 anos. Em sua região de origem, vive em solos arenosos pobres (22).

Embora GOLFARI, em 1975, tenha afirmado ser essa espécie de lento desenvolvimento nos primeiros anos, no Brasil, na região de Viçosa, MG, o E. microcorys está apresentando incremento anual superior ao de outras espécies, como E. pellita, E. pilularis, E. quadrangulata e E. tereticornis, aproximando-se até do E. urophylla em incremento anual.

HILLIS (25) estudou as características das madeiras de E. gummifera, E. calophylla e E. microcorys, concluindo ser a madeira do último a mais viável para a produção de celulose.

Dados mais específicos, de produção de celulose a partir da madeira dessa espécie não foram encontrados na literatura.

2.3.5. Eucalyptus camaldulensis

Trata-se de uma espécie que tem na Austrália a mais extensa distribuição, espalhando-se por todos os estados ou territórios australianos, com exceção da Tasmânia, acompanhando os vales dos rios. Em razão de ocorrer em áreas ecologicamente tão diferentes, desde o sul de Victória, com clima temperado frio e chuvas de inverno, até o norte de Queensland, com clima tropical seco e chuvas de verão, ou até o território norte, com clima tropical árido e chuvas monçônicas, está subdividida em grande quantidade de ecotipos.

Em Monte Alegre, Paraná, há um experimento, iniciado em 1967, formado por 48 procedências diferentes, cujas sementes foram enviadas por Larsen, do Forest Research Institute, de Camberra. Algumas parcelas apresentam exemplares com forma reta e excelente desenvolvimento; noutras, os indivíduos têm diâmetro delgado e crescem completamente inclinados. Essas parcelas requerem estudo específico que correlacione as condições ecológicas da área de origem com as do norte do Paraná. Trata-se, sem dúvida, de espécie muito valiosa, cujos ecotipos podem ser utilizados em terrenos baixos, encharcados ou inundáveis, em solos salinos, como também em regiões semi-áridas. No território norte e no oeste da Austrália cresce até em locais com precipitação inferior a 300mm. Logicamente, o índice de crescimento está sempre relacionado com as condições ecológicas de cada região.

É relativamente difundida no Brasil, e suas sementes devem ter procedido da parte mais meridional da área de ocorrência, o estado de Victória. Sua madeira tem cor avermelhada e densidade entre média e elevada. É utilizada na fabricação de celulose, em Portugal, Israel, Itália, Espanha e Marrocos (22,2).

BARRICHELO e BRITO (5) utilizaram as madeiras de E. cloeziana, E. torelliana, E. grandis, E. camaldulensis, E. urophylla e E. tesselaris na produção, em laboratório, de celulose sulfato. Encontraram um consumo específico, para a madeira de E. camaldulensis, de 6,88 st/tonelada de celulose s.e., e essa espécie foi a que apresentou menor rendimento após cozimento e branqueamento da celulose. Por outro lado, juntamente com o E. grandis e E. urophylla, foi a que apresentou melhor resistência ao arrebentamento, ao rasgo e ao dobramento. Os autores afirmaram, ainda, que as desvantagens do E. camaldulensis na produção de celulose podem ser contornadas pelo uso em mistura com outras espécies, visando a aproveitar as melhores características e potencialidade de cada uma.

A celulose dessa espécie, geralmente, é considerada inferior às obtidas de algumas outras espécies comerciais de eucaliptos (FOELKEL et alii e QUEIROZ). Essa inferioridade é explicada, em alguns casos, pelo menor teor de celulose, maior teor de lignina e menor comprimento de fibras da sua madeira.

2.3.6. Eucalyptus tereticornis

Sua distribuição, na Austrália, é muito extensa: desde Victória, numa latitude de 38°S, até o norte de Queensland, a 15°S. Também se encontra presente em Papua, a 9°S latitude, desde o nível do mar até 1200m de altitude. Em Victória, o clima é temperado, frio e úmido, enquanto em Papua, ao nível do mar, é tropical seco e nas montanhas é subtropical úmido. Um meio ambiente tão variado leva à suposição da existência de várias raças geográficas ou ecotipos (22).

Segundo JACOBS, citado por Golfari (22), as sementes que deram origem aos plantios brasileiros procederam do sul de Nova Gales do Sul. Em Minas Gerais, até 1950, era, provavelmente, a espécie mais difundida. Nesses plantios antigos, é elevada a porcentagem de falhas e de plantas dominadas.

Provavelmente, E. tereticornis, por sua grande difusão no Brasil, foi, no passado, a maior causa da hibridação com outras espécies. Eliminados esses aspectos negativos, o E. tereticornis pode tornar-se muito valioso para a grande região do cerrado. Trata-se de espécie bastante difundida, desde o Rio Grande do Sul até a Bahia. Sua madeira, densa e avermelhada, tem múltiplas aplicações, e em alguns países está sendo utilizada na produção de celulose (22).

Já havia o interesse por essa espécie desde 1925, quando Navarro de Andrade enviou amostras de madeira ao Forest Products Laboratory, em Madison, Estados Unidos da América do Norte, para testes de produção de celulose. Os resultados, segundo o autor, foram considerados satisfatórios (1).

FOELKEL et alii (15) produziram celulose sulfato a partir de E. saligna, E. paniculata, E. citriodora, E. maculata e E. tereticornis de idades diferentes. Concluíram que todas produziram celulose com qualidade de satisfatória a boa, dependendo das propriedades desejadas no produto final. Dessa forma, para a obtenção de celulose de alta resistência à tração e ao arrebentamento ou a fabricação de papéis mais densos para determinada gramatura, a madeira de E. tereticornis é melhor, quando comparada às das demais espécies estudadas.

Sua madeira favorece baixo consumo específico, produzindo celulose algo similar à do E. grandis, à exceção da resistência ao dobramento, que é inferior. Desde que essa resistência não seja essencial, é bastante promissora e potencial para a produção de celulose (17).

2.3.7. Eucalyptus pilularis

Na Austrália, os melhores povoamentos são encontrados na região costeira do sul de Queensland e ao norte de Nova Gales do Sul. Vive associada com outras espécies importantes, como E. saligna e E. grandis, diferenciando-se delas pela sua maior rus-

ticidade. Nos plantios iniciais, de introdução, tanto em Rio Claro, como em Jundiaí, SP, apresentou ótimo crescimento e uniformidade. Há alguns anos vem sendo plantado e considerado potencial para algumas regiões de Minas Gerais e Espírito Santo. Sua madeira é considerada excelente fonte de matéria-prima para a produção de celulose (22).

BARRICHELO e FOELKEL citam E. pilularis numa relação de espécies potenciais para a utilização como matéria-prima na indústria de celulose.

Embora haja inúmeras referências da viabilidade dessa espécie para a produção de celulose, não se dispõe de dados, na literatura, para confirmar tais informações, o que provavelmente fez com que fosse ignorada pelas indústrias de celulose. Em 1978, BUSNARDO et alii (11), em estudo comparativo da qualidade da madeira de algumas espécies de eucaliptos tropicais, concluíram que a madeira de E. pilularis apresentava ótimas características para a produção de celulose. Isso veio a ser confirmado logo por FOELKEL et alii (17), que, produzindo celulose kraft a partir de madeiras de várias espécies de Eucalyptus tropicais, concluíram que a celulose dessa espécie apresentava ótima qualidade e foi que mais se aproximou das características da celulose do E. grandis. A única desvantagem observada foi uma resistência ao rasgo ligeiramente inferior à do E. grandis.

2.3.8. Eucalyptus cloeziana

Na Austrália, ocorre naturalmente em áreas pequenas e descontínuas, espalhadas na região leste de Queesnland, com índice pluviométrico que varia de 750mm a 1700mm. O regime das chuvas é periódico e subtropical. Sua madeira é relativamente clara, porém muito densa, própria para serraria, postes, dormentes e construções pesadas. Foi introduzida recentemente no Brasil, onde tem futuro promissor (22).

Há poucas referências sobre essa espécie quanto à produção de celulose. BUSNARDO et alii (11) referem-se à madeira dessa espécie como sendo muito densa, recomendando estudo aprofundado.

FOELKEL et alii (17) e BARRICHELO e BRITO (5) caracterizaram o E. cloeziana como espécie de madeira muito densa, propiciando alta rendimento em celulose e baixo consumo específico por tonelada de celulose, resultando, porém, em polpas com propriedades físico-mecânicas inferiores.

2.3.9. Eucalyptus propinqua

Esta espécie ocupa, na Austrália, aproximadamente a mesma área do E. grandis e E. saligna. A madeira, pardo-avermelhada, é de densidade média. No Brasil, há vários plantios, em Casa Branca e Itu, emSãoPaulo, e em Dionísio, MG, que apresentam crescimento satisfatório, com grande uniformidade de altura, diâmetro e forma (22).

FOELKEL (18) produziu celulose sulfato de Eucalyptus sp., observando os rendimentos de acordo com o grau de deslignificação e com a densidade da madeia. Uma das espécies estudadas, o Eucalyptus propinqua, mostrou-se satisfatória para a produção de celulose. O autor salientou ainda que havia acentuada influência das espécies nos rendimentos em celulose obtidas com graus de deslignificação constantes.

2.3.10. Eucalyptus pellita

O Eucalyptus pellita ocorre na Austrália em duas áreas separadas por mais de 1500 km: uma ao norte de Queensland e outra na região costeira meridional de Nova Gales do Sul. Sua madeira, de cor vermelho-escura e densidade média, é muito parecida com a de E. resinifera (22). Trata-se de uma espécie pouco conhecida no setor papeleiro, não se encontrando na literatura dados a seu respeito.

2.3.11. Eucalyptus deanei

Botanicamente, é muito semelhante ao E. saligna. Em razão de ocorrer em áreas, às vezes, mais altas e mais afastadas da costa, apresenta maior resistência às geadas. É espécie potencialmente valiosa para o Planalto Sul do Brasil, em áreas com temperaturas mínimas de -7°C (8).

CORAIOLA et alii (13) produziram celulose kraft a partir de E. deanei, E. grandis, E. viminalis e E. dunnii. O Eucalyptus deanei foi o que apresentou celulose de menor qualidade. A propriedade de resistência à tração da celulose do E. grandis poderia ser melhorada mediante o aumento do tempo de impregnação do cavaco, ao passo que a resistência ao rasgo e ao estouro permaneceu em níveis mais baixos.

BARRICHELO e BRITO (6) salientaram a importância do E. deanei como espécie alternativa às tradicionalmente recomendadas para a produção de celulose em regiões susceptíveis às geadas.

2.3.12. Eucalyptus quadrangulata

Trata-se de espécie cujas árvores atingem 20 a 30 metros de altura e 24 a 100cm de diâmetro na região de origem. Sua área natural, na Austrália, é NSW-Bundanoon, à altitude de 91m, em solos basálticos ou vulcânicos. Sua madeira é dura e resistente (7).

De VILLIANES, citado por Hillis e Brow (26), afirmou que, na África do Sul, a qualidade de árvores adultas de alguns eucaliptos difere de acordo com a espécie e diminui a partir de Eucalyptus quadrangulata até E. maculata, E. microcorys, E. saligna, E. grandis e E. resinifera.

2.3.13. Eucalyptus andrewsii

Trata-se de espécie de porte elevado, natural de Queensland, Austrália, onde cresce em matas pequenas e esparsas, em

altitudes entre 600m e 1300m, estando, às vezes, associada com E. saligna. A madeira, de cor mais clara que a de E. saligna, tem densidade mediana e é ótima para serraria, sendo, provavelmente, boa também para a produção de celulose (22).

Embora haja recomendações de que essa espécie poderá dar bom resultado na produção de celulose, não foram encontrados na literatura, dados confirmantes.

2.4. Revisão de Literatura de Dados sobre Qualidade da Madeira, Condições de Cozimento e Resultados de Cozimento das Espécies.

Há na literatura, diversas referências às análises realizadas em madeiras e aos resultados dos cozimentos das treze espécies estudadas.

Nos Quadros 1 e 2 acham-se alguns resultados de trabalhos realizados com as madeiras dessas espécies, obtidos por FOELKEL et alii (15), FOELKEL et alii (17), BUSNARDO et alii (11), MARQUES (27), QUEIROZ (30), CORAIOLA (13), BARRICHELO e BRITO (5), FOELKEL e BARRICHELO (19) e BARRICHELO (3).

QUADRO 1 - Qualidade e Composição Química de Madeiras de Eucalyptus sp

Espécie	Idade(meses)	Local de plantio	Densidade básica(g/cm^3)	Comprimento da fibra(mm)	Largura da fibra(µm)	Parede da fibra (µm)	Lúmem da fibra (µm)	Lignina, %	Pentosanas,%	Cinzas, %	Solubilidade em água quente, %	Solubilidade em NaOH a 1%, %	Solubilidade em álcool/benzeno,%	Referência bibliográfica
E. saligna	60	Mojiguaçu-SP	0,490	1,130	17,80	-	-	23,00	17,80	0,30	4,20	18,00	3,20	03
E. saligna	-	Angola	0,480	0,940	16,00	-	-	30,10	18,40	0,20	6,20	-	1,20	30
E. saligna	96	-	0,530	0,759	15,77	4,61	6,55	18,66	18,75	-	4,71	17,76	1,57	15
E. saligna	156	-	0,610	0,945	18,44	5,22	8,00	21,60	16,85	-	7,42	20,77	1,67	15
E. urophylla	51	Linhares-ES	0,415	1,020	8,60-15,60	-	-	28,50	15,40	0,37	2,20	15,20	1,28	11
E. urophylla	84	Sta.Bárbara-MG	0,502	0,910	17,59	3,64	10,14	18,67	20,00	0,27	2,97	13,87	2,64	27
E. urophylla	48	Linhares-ES	0,478	0,890	19,50	4,80	9,8	23,90	18,80	0,40	2,20	17,00	1,60	05
E. grandis	54	Pinhal bonito-PR	0,515	0,566	10,20	-	-	23,50	14,50	0,29	3,00	15,50	1,40	13
E. grandis	48	Linhares-ES	0,433	0,840	19,00	4,40	10,1	26,0	19,40	0,30	3,30	15,80	3,20	06
E. grandis	84	-	0,581	1,060	18,60	3,2	12,2	26,20	17,30	-	3,20	13,70	2,60	15
E. grandis	84	Mojiguaçu-SP	0,581	1,060	18,60	3,2	12,2	26,20	17,30	-	-	-	2,60	14
E. camaldulensis	-	Sul do Brasil	0,540	0,931	18,00	-	-	29,10	17,2	0,40	4,30	-	1,40	30
E. camaldulensis	48	Linhares-ES	0,456	0,780	15,20	4,0	7,10	29,30	17,2	0,80	1,70	10,80	1,90	05
E. tereticornis	84	-	0,512	0,828	14,80	4,23	6,34	22,82	19,25	-	5,05	17,23	0,56	15
E. tereticornis	84	-	0,512	0,830	14,80	4,20	6,30	22,80	19,20	0,30	5,0	-	0,60	05
E. cloeziana	48	Linhares-ES	0,534	0,860	18,00	5,30	7,4	28,30	15,50	0,30	2,30	11,80	2,60	05
E. deanei	52	Pinhal-Bonito-PR	0,577	0,676	12,00	-	-	23,40	14,70	0,39	6,10	17,90	2,26	13
E. deanei	84	-	0,513	0,950	18,20	4,5	9,0	26,80	-	0,40	1,60	-	1,40	05
E. cloeziana	51	Linhares-ES	0,558	0,880	16,00	-	-	27,8	14,80	0,32	2,4	11,90	1,74	11

QUADRO 2 - Condições e Resultados de Cozimentos Kraft de Madeira de Eucalyptus sp

Espécie	Idade (meses)	Local de plantio	Na_2O ativo(%)	Sulfidez	Licor/ madeira	Temperatura (°C)	Tempo até temp. (min)	Tempo à temp. (min)	Rendimento bruto(%)	Rendimento depurado(%)	Rejeitos (%)	Número kappa	Viscosidade (cP)	Referência bibliográfica
E. saligna	156	-	14	25	4,0:1	170	120	30	46,50	44,5	1,9	-	-	15
E. saligna	96	-	13	25	4,0:1	170	120	30	50,30	46,6	3,7	-	-	15
E. urophylla	51	Linhares-ES	14	25	4,5:1	170	80	42,5	47,50	47,25	0,25	17,2	43,7	15
E. urophylla	48	Linhares-ES	14	25	4,0:1	170	120	30	50,10	50,0	0,10	11,0	40,6	5
E. urophylla	48	Linhares-ES	12	25	4,0:1	170	120	30	51,1	50,9	0,20	16,0	60,6	5
E. grandis	54	Pinhal Bonito-PR	16	25	5,8:1	175	120	45	56,3	53,8	2,5	12,3	149	13
E. grandis	61	Linhares-ES	14	25	4,5:1	170	80	42,5	50,70	49,80	0,90	19,4	40,0	17
E. grandis	48	Linhares-ES	14	25	4,0:1	170	120	30	50,2	50,10	0,10	11,8*	41,4	5
E. grandis	48	Linhares-ES	12	25	4,0:1	165	120	30	51,3	50,10	1,2	18,0	30,9	5
E. camaldulensis	51	Linhares-ES	14	25	4,5:1	170	80	45	46,75	45,65	1,10	21,0	30,3	17
E. camaldulensis	48	Linhares-ES	14	25	4,0:1	170	120	30	46,90	46,80	0,1	11,3	24,2	5
E. camaldulensis	48	Linhares-ES	12	25	4,0:1	165	120	30	52,20	48,70	3,3	18,5	22,8	5
E. tereticornis	51	Linhares-ES	14	25	4,5:1	170	80	35	50,70	49,80	0,90	17,7	46,1	17
E. tereticornis	84	-	13	25	4,0:1	170	120	30	46,20	44,10	2,1	-	-	15
E. pilularis	51	Linhares-ES	14	25	4,5:1	170	80	45	48,40	48,10	0,30	18,2	36,8	17
E. cloeziana	48	Linhares-ES	14	25	4,0:1	170	120	30	50,1	50,0	0,1	17,1	35,9	17
E. cloeziana	48	Linhares-ES	12	25	4,0:1	165	120	30	52,4	51,40	1,0	11,2	17,6	5
E. cloeziana	51	Linhares-ES	14	25	4,5:1	170	80	42,5	49,10	48,55	0,55	17,3	28,8	5
E. deanei	52	Pinhal Bonito-PR	16	25	5,8:1	175	120	45	51,8	50,8	1,0	21,9	126	13

* Número de Permanganato

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

O material analisado nesta pesquisa faz parte de um ensaio de competição entre 57 espécies e procedências do gênero Eucalyptus, desenvolvido pelo Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (PRODEPEF), atualmente coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

GOMES et alii (23) relataram, minuciosamente, as condições de instalação e os primeiros resultados, obtidos aos 28 meses de idade. Conforme mencionadas por esses autores, apresentam-se as principais características do local de instalação do experimento, a forma como foi feito e os resultados da avaliação silvicultural das treze espécies estudadas.

3.1.1. Características do local de instalação do experimento de competição entre espécies e procedências

O experimento foi montado em área do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, área representativa das condições reinantes na região. O solo do local é um Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófito, inclinado, textura argilosa, com horizonte subsuperficial escurecido. A declividade do local está em torno de 10%. Da análise química do solo obtiveram-se valores que foram classificados como baixos para potássio, médios para fósforo, altos para alumínio trocá-

vel e altos para cálcio mais magnésio. A acidez foi considerada elevada.

Viçosa está localizada a 652m de altitude, numa latitude de 20°45' Sul e longitude 42°51' Oeste. Segundo a classificação de Köppen, o clima é tipo C'a, com temperatura média anual de 19°C e mínima absoluta de 0°C. A precipitação média anual é de 1.341mm.

3.1.2. Forma de instação do experimento florestal

As mudas foram produzidas no Viveiro Nacional de Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, por semeadura direta em saquinhos de polietileno com 8cm de diâmetro e 12cm de altura, preenchidos com substrato composto de uma mistura de solo e fertilizante. O solo foi retirado de um barranco, em área de cerrado, em Sete Lagoas, e apresentou 5,0ppm de P, 22,0ppm de K, 2,8 eq.mg $Ca^{++} + Mg^{++}$/100cc, 2,8 eq.mg Al^{++}/100cc, pH igual a 4,7, 2,915% de MO e 0,15% de N total.

O experimento florestal foi montado em dezembro de 1974, quando as mudas tinham 4 meses de idades e altura de 15cm, em média.

Como adubação empregou-se NPK, na fórmula 9-28/30-5. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com 57 tratamentos e dois blocos, num total de 114 parcelas. Optou-se por parcelas uniformes de 25 árvores, dispostas em cinco fileiras de cinco árvores.

3.1.3. Primeiros resultados da avaliação silvicultural

No Quadro 3 apresentam-se os recultados das treze espécies pela avaliação silvicultural, aos 28 meses de idade, feita por GOMES *et alii* (23).

QUADRO 3 - Médias das Alturas dos Diâmetros, da Altura das Árvores Dominantes, da Percentagem de Sobrevivência, da Percentagem de Plantas Não-Tortuosas e da Percentagem de Plantas Não-Bifurcadas das 13 Espécies de Eucalyptus, aos 28 Meses de Idade.

ESPÉCIE	Número de Origem	Média das Alturas (m)	Média dos Diâmetros (cm)	Altura Dominante (m)	Sobrevivência (%)	Plantas Não-Tortuosas (%)	Plantas Não-Bifurcadas (%)
E. saligna	10.698	13,26	10,11	14,20	100,00	100,00	100,00
E. urophylla	10.140	9,84	8,51	10,80	88,89	47,50	93,75
E. grandis	(+48)	14,94	10,21	16,85	100,00	100,00	100,00
E. microcorys	(+27)	8,99	7,49	9,75	94,45	100,00	100,00
E. camaldulensis	8.214	10,53	7,73	11,70	100,00	38,89	77,78
E. tereticornis	(+29)	11,55	9,53	12,80	88,89	81,25	32,14
E. pilularis	(+37)	11,43	9,02	12,35	94,45	88,89	94,45
E. cloeziana	9.785	10,17	8,97	10,90	94,45	81,95	100,00
E. propinqua	(+3)	11,23	9,24	12,35	100,00	72,23	100,00
E. pellita	7.536	10,25	8,21	11,40	94,45	88,89	88,89
E. deanei	10.340	12,30	9,89	14,25	88,89	100,00	39,92
E. quadrangulata	8.706	10,22	7,08	11,45	88,89	93,75	62,50
E. andrewsii	10.274	9,56	9,11	11,85	88,88	50,00	68,75

3.2. Métodos

3.2.1. Coleta do material selecionado para estudo e determinação dos parâmetros silviculturais

Durante o mês de julho de 1979, ou seja, quatro anos e seis meses após o transplante das mudas para o campo, foram selecionadas as treze espécies, com base nas características apresentadas pelo povoamento aos 28 meses de idade. Dados referentes às espécies selecionadas acham-se no Quadro 4.

Para a realização deste estudo foram amostradas, por espécie, duas árvores representativas. Em razão de estar o povoamento ainda em observação, não foi possível a amostragem das 9 árvores centrais de cada parcela. Para que o experimento pudesse ser conduzido, foi feito um levamentamento estatístico do diâmetro e da altura das árvores, concluindo-se que as árvores coletadas eram representativas. Por outro lado, as bordaduras eram protegidas por espécies plantadas ao seu lado.

Duas árvores de cada espécie, portanto, 26 árvores, foram derrubadas e tiveram as alturas comerciais determinadas. A seguir, foram retirados seis discos, de aproximadamente 2,5cm de espessura, a partir da base até um diâmetro mínimo de 6cm, nas secções correspondentes às seguintes posições: base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. Esses discos tiveram os diâmetros, com e sem casca, determinados.

Com base em diâmetros tomados a alturas conhecidas, determinaram-se:

a - volume real comercial da árvore, com e sem casca, pela fórmula de Smalian;

b - fator de forma das árvores. relação percentual entre o volume real e o volume cilíndrico de cada árvore;

c - porcentagem de casca, em volume.

Realizadas as medidas, os discos foram descascados e reduzidos a cavacos com dimensões aproximadas de 2 a 3mm de espessura, 2 a 2,5cm de largura e aproximadamente 2,5cm de comprimento. Esse trabalho foi realizado manualmente.

A seguir, os cavacos foram secados ao ar, homogeneizados e armazenados em sacos plásticos, para evitar alterações no teor de umidade.

3.2.2. Determinação das características anatômicas das madeiras

Em razão de estarem relacionadas com as propriedades físico-mecânicas da celulose para a produção de papel, foram realizados estudos comparativos das características anatômicas das espécies utilizadas na pesquisa.

Foram determinadas as seguintes dimensões das fibras: comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede celular. Também foi determinada a largura dos vasos lenhosos.

Para a determinação das dimensões das fibras, foram coletados, ao acaso, cerca de 50 cavacos por espécie.

Os cavacos foram subdivididos manualmente em pedaços menores e misturados, retirando-se uma amostra para maceração, que visava à individualização das fibras.

Esse proceddo foi realizado pela adição dos fragmentos de madeira, em tubo de ensaio, a uma solução nítrica-acética a quente, constituída de cinco partes de ácido acético glacial e uma parte de ácido nítrico concentrado.

Os tubos de ensaio com os fragmentos de madeira e a solução macerante foram mantidos em banho-maria durante o tempo necessário para maceração completa.

Findo esse período, o material foi lavado com água destilada, até a completa remoção da solução ácida. A seguir, fo-

QUADRO 4 - Dados dos Locais de Origem das Espécies Selecionadas

ESPÉCIE	Número de Origem	LOCALIDADE	Estado	Latitude Sul	Longitude Leste	Altitude (m)
E. saligna	10.593	Kenilworth	QLD **	26°40'	152°33'	533
E. urophylla	10.140	Queprems	Timor Port	8°53'	125°33'	2040
E. grandis	+ 40	Atherton	QLD	17°02'	145°37'	708
E. microcorys	+ 27	Brisbane Dist.	QLD	26°54'	153°43'	366
E. camaldulensis	8.214	Cooktow	QLD	16°10'	144°50'	427
E. tereticornis	+ 29	Mackay Dist.	QLD	21°10'	148°20'	310
E. pilularis	+ 37	**Brisbane Dist.**	QLD	26°54'	153°43'	366
E. cloeziana	9.705	S. F. Kennedy	QLD	18°17'	145°55'	120
E. propinqua	+ 3	Rockhampton Sub. Dist.	QLD	23°30'	150°33'	120
E. pellita	7.535	Seconock	N.S.W.*	32°00'	151°00'	335
E. deanei	10.340	S. Picton Lakes	N.S.W.	34°13'	150°31'	244
E. quadrangulata	8.706	Tongarra	N.S.W.	-	-	91
E. andrewsii	10.274	E. Glen Innes	N.S.W.	29°40'	151°05'	1200

NSW = New South Wales - Austrália *

QLD = Queesnland - Austrália **

ram retiradas, ao acaso, de cada tubo de ensaio, amostras, preparando-se lâminas para observação em microscópio ótico. No preparo das lâminas foi utilizado um corante para facilitar o estudo das fibras. A determinação das dimensões das fibras e dos vasos foi realizada mediante projeção e ampliação. Para boa precisão dos resultados, foram realizadas as seguintes medidas:

Fibras - comprimento: ± 500 fibras inteiras por espécie.
- largura: ± 150 fibras inteiras por espécie.
- diâmetro do lúmen: ± 150 fibras inteiras por espécie.
- espessura da parede: ± 150 fibras inteiras por espécie.

Vasos - largura: ± 50 vasos por espécie.

Com as dimensões das fibras foram ainda calculados os seguintes fatores: índice de Runkel, índice de enfeltramento, coeficiente de flexibilidade e fração parede.

Visando à melhor caracterização da constituição anatômica da madeira, foi realizada, em histrogramas, uma distribuição de freqüência percentual, em determinadas faixas de dimensões, dos elementos anatômicos.

3.2.3. Determinação da densidade básica das madeiras (cavacos)

A densidade básica das amostras de cavacos foi determinada com a utilização do método do máximo teor de umidade, conforme FOELKEL *et alii* (20).

3.2.4. Análise química das madeiras

A amostragem da madeira foi realizada de acordo com o método da Technical Association of the Pulp and Paper Industry-Tappi T 11 m-59. Os cavacos foram transformados em serragens, de

que foram retiradas amostras para análise, com três repetições. Os resultados foram expressos em percentagem, em relação ao peso da madeira absolutamente seca. No Quadro 5 apresentam-se as análises químicas realizadas e os métodos correspondentes.

QUADRO 5 - Análises Químicas das Madeiras

ANÁLISE QUÍMICA	MÉTODO
Solubilidade em:	
- Água fria	TAPPI T1 m-59*
- Água quente	TAPPI T1 m-59
- NaOH 1%	TAPPI T4 m-59
- Álcool/benzeno	TAPPI T6 m-59
Teor de:	
- Lignina	TAPPI T13 m-54
- Pentosanas	TAPPI T19 m-50
- Holocelulose	Tratamento com $NaClO_2$ acidificado

* TAPPI = Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

3.2.5. Deslignificação das madeiras

3.2.5.1. Processo

O processo utilizado na produção de celulose foi o químico alcalino kraft.

3.2.5.2. Cozimentos

Os cozimentos foram realizados em digestor de aço inoxidável, com capacidade de 20 litros, aquecido eletricamente e dotado de termômetro e manômetro. Foi realizado um cozimento para cada espécie, nas quatro células em que era dividido o digestor.

As células eram constituídas de aço inoxidável, fechadas e sem perfurações. Optou-se por usar três células para cozimento de uma só espécie, enquanto a quarta célula era usada em cozimento-teste de outra espécie, com o objetivo de predeterminar as condições de cozimento da madeira correspondente.

A quantidade de cavacos preestabelecida para cada célula foi a equivalente a 300 gramas de madeira absolutamente seca.

3.2.5.3. Condições de cozimento

As condições de cozimento foram preestabelecidas, com exceção do álcali ativo, que sofreu algumas alterações, conforme o número kappa das celuloses produzidas. Cozimentos de espécies cujas celuloses apresentaram números kappa fora do intervalo 19,5 $\pm$ 1,5 foram cancelados, realizando-se novos cozimentos, com alterações apenas na condição álcali ativo. No Quadro 6 apresentam-se as condições de cozimento que propiciaram a obtenção de celuloses com número kappa 19,5 $\pm$ 1,5.

No final de cada cozimento, retirava-se uma amostra do licor residual, para análise, e, a seguir, descarregava-se a massa cozida sobre uma peneira. Em seguida, passava-se a polpa por um desintegrador de discos, para a individualização das fibras, ao mesmo tempo, que recebiam água, para a retirada dos materiais solubilizados durante o cozimento.

Feita a individualização das fibras e retirado o excesso de água, a polpa era homogeneizada e armazenada em saco

ADRO 6 - Condições de Cozimento

Condições / Espécies	Álcali Ativo, % Na_2O sobre a madeira a.s.	Sulfidez, %	Temperatura máxima, °C	Tempo até temperatura máxima (minutos)	Tempo à temperatura máxima (minutos)	Relação Licor/Madeira
. saligna	13,2	25	170	100	50	4:1
. urophylla	14,0	25	170	100	50	4:1
. grandis	13,5	25	170	100	50	4:1
. microcorys	13,5	25	170	100	50	4:1
. camaldulensis	13,5	25	170	100	50	4:1
. tereticornis	16,5	25	170	100	50	4:1
. pilularis	13,5	25	170	100	50	4:1
. cloeziana	17,0	25	170	100	50	4:1
. propinqua	14,0	25	170	100	50	4:1
. pellita	12,0	25	170	100	50	4:1
. deanei	14,0	25	170	100	50	4:1
. quadrangulata	13,5	25	170	100	50	4:1
. andrewsii	12,6	25	170	100	50	4:1

plástico, para determinação do rendimento, bruto e depurado, teor de rejeitos, número kappa, alvura, viscosidade e solubilidade em $NaOH_{5\%}$, 8%, 10% e 18%.

3.2.5.4. Determinação dos rendimentos em celulose e dos teores de rejeitos.

O rendimento bruto foi calculado pela relação percentual entre o peso da celulose não-depurada absolutamente seca e o peso da madeira utilizada absolutamente seca. O rendimento depurado foi calculado pela relação percentual entre o peso da celulose depurada absolutamente seca e o peso da madeira utilizada absolutamente seca. O teor de rejeitos foi calculado pela relação percentual entre o peso s.e. dos rejeitos e o peso s.e. da madeira.

3.2.5.5. Determinação do número kappa

O número kappa é, por definição, o número de mililitros de uma solução de 0,1N de permanganato de potássio consumidos por uma grama de celulose s.e., em condições específicas de tempo, temperatura e diluição.

A determinação desse parâmetro foi realizada de acordo com o método TAPPI T_{236}^{m-60}.

3.2.5.6. Determinação da viscosidade.

A viscosidade é utilizada como importante índice de controle de qualidade da celulose. Está relacionada com o grau de polimerização das moléculas de polissacarídeos, indicando seu grau de degradação e, conseqüentemente, associando-se à resistência do produto acabado. Esse parâmetro foi determinado em solução de etilenodiamina cúprica, conforme o método da TAPPI T230 sm-63.

3.2.5.7. Determinação da alvura da polpa não-refinada

Após sua lavagem e depuração, foi realizada a determinação da alvura da celulose.

3.2.5.8. Análise da solubilidade das polpas em soluções a frio de NaOH5%, 8%, 10% e 18%

As polpas não-branqueadas foram submetidas a ensaios de solubilidade em soluções de $NaOH_{5\%}$, 8%, 10% e 18%, à temperatura de 20°C, conforme o método da Scandinavian Pulp Paper and Board, SCAN - C2/61.

3.2.5.9. Análise dos licores negros residuais

Eram retiradas amostras dos licores, após o cozimento no digestor, para realização das seguintes análises: pH, densidade do licor, expresso em g/cm^3 e grau Baumé, teor de matéria orgânica, teor de matéria inorgânica, teor de sólidos, viscosidade, álcali ativo residual, e álcali ativo consumido, base madeira. Para a realização dessas análises utilizaram-se os métodos de rotina preconizados pela TAPPI.

3.2.5.10. Análises estatísticas dos resultados

O experimento constou de treze tratamentos e três repetições, num total de 39 parcelas.

O efeito dos tratamentos foi avaliado pelo teste F, e as diferenças entre as médias pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

Os seguintes parâmetros, que definem o potencial de celulose das espécies estudadas, foram motivo de interpretação estatística: densidade básica da madeira; comprimento, largura e espessura da parede das fibras; índice de enfeltramento e de Runkel, fração parede e coeficiente de flexibilidade das fibras; teores de lignina, pentosanas e holocelulose nas madeiras; solubi-

lidade das madeiras em água fria, água quente, $NaOH_{1\%}$ e álcool-benzeno; álcali ativo, aplicado e consumido, para alcançar o grau de deslignificação preestabelecido para a polpa; rendimento, bruto e depurado, em celulose; teor de rejeitos; consumo específico de madeira; viscosidade, alvura e solubilidade em $NaOH_{5\%, 8\%, 10\%}$ e 18% das polpas não-branqueadas; além de algumas características dos licores pretos residuais, a saber: pH, teor de sólidos, álcali ativo residual, grau Baumé, viscosidade a determinada concentração e temperatura, teor de matéria orgânica e teor de matéria inorgânica.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetros Silviculturais

Os resultados referentes aos parâmetros silvivulturais das árvores das treze espécies de eucaliptos encontram-se no Quadro 7.

A análise dos resultados referentes aos parâmetros silviculturais permitiu observar diferenças bem acentuadas de comportamento silvicultural entre as treze espécies.

Com relação ao incremento médio anual, expresso em m^3/ha ano, apenas o E. grandis e o E. saligna mostraram desenvolvimentos excepcionais, enquanto o E. quadrangulata, o E. camaldulensis e o E. pellita apresentaram desenvolvimento considerado inferior ao dos povoamentos tradicionais.

As demais espécies tiveram incrementos médios satisfatórios, que variaram de 23,71m^3/ha ano (E. urophylla) até 36,98m^3/ha ano (E. cloeziana).

Os teores de casca, em volume, variaram de 13,77% (E. grandis) até 25,13% (E. microcorys). Os eucaliptos com menores teores volumétricos de casca foram o E. grandis e o E. saligna, enquanto os que apresentaram maior volume de casca foram o E. microcorys, o E. tereticornis, o E. propinqua e o E. cloeziana. Em razão das diferenças nas densidades da casca e da madeira, quando se expressou o teor de casca em peso, as espécies comportaram-se de forma diferente: E. saligna e E. grandis mostraram as mais baixas e E. pronpiqua, E. cloeziana, E. tereticornis e E. andrewsii as mais altas percentagens de casca.

QUADRO 7 - Avaliação Silvicultural das Treze Espécies de Eucaliptos

ESPÉCIES / PARÂMETROS	E. saligna	E. urophylla	E. grandis	E. microcorys	E. camaldulensis	E. tereticornis	E. pilularis	E. cloeziana	E. propinqua	E. pellita	E. deanei	E. quadrangulata	E. andrewsii
Altura comercial (m)	15,50	9,67	15,80	10,80	10,02	12,11	12,25	11,45	13,22	10,03	12,29	9,77	10,22
DAP (cm)													
- com casca	14,40	12,20	17,80	12,5	9,25	12,00	12,00	14,20	12,50	9,60	11,60	9,10	12,00
- sem casca	13,20	11,10	16,20	10,4	8,45	10,00	10,60	12,00	10,80	8,90	10,30	8,40	11,00
Volume real comercializável (m^3)													
- com casca	0,14320	0,07200	0,24760	0,07720	0,04335	0,08020	0,08220	0,1057	0,09620	0,05760	0,05390	0,04550	0,09055
- sem casca	0,12320	0,06010	0,21350	0,05780	0,03635	0,06100	0,06800	0,0811	0,07340	0,04680	0,06770	0,03820	0,07425
Fator de forma													
- com casca	0,567	0,637	0,530	0,583	0,645	0,586	0,593	0,583	0,593	0,793	0,645	0,716	0,783
- sem casca	0,551	0,642	0,551	0,630	0,647	0,641	0,629	0,626	0,606	0,750	0,661	0,705	0,764
Teor de casca (%)													
- em volume	13,97	16,53	13,77	25,13	16,14	23,94	17,27	23,27	23,70	18,75	19,30	16,04	18,00
- em peso	8,08	11,42	10,01	12,51	9,25	14,18	10,22	16,62	16,80	14,03	12,98	10,69	13,98
Teor de madeira (%)													
- em volume	86,03	83,47	86,23	74,87	83,86	76,06	82,73	76,73	76,30	81,25	80,70	83,96	82,00
- em peso	91,92	88,58	89,99	87,49	90,75	85,82	89,78	83,38	83,20	85,97	87,02	89,31	86,02
Teor de cerne (%)	30,22	0,00	33,02	1,43	8,49	15,86	31,26	33,77	0,55	0,57	11,89	0,00	3,05
Teor de alburno, (%)	69,78	100,00	66,98	98,57	91,51	84,14	68,74	66,23	99,45	99,43	88,11	100,00	96,95
Incremento médio anual estimado (m^3/ha ano)													
- com casca	53,05	23,71	91,72	27,01	16,09	26,41	28,76	36,98	35,64	20,14	27,53	14,98	29,81
- sem casca	45,64	19,79	79,09	20,22	13,49	20,09	23,79	28,38	27,19	16,37	22,26	12,58	24,44

A cilindricidade das árvores, expressa pelo fator de forma, digeriu entre as espécies. As árvores mais cilíndricas foram as de E. pellita, E. andrewsii, E. quadrangulata, E. camaldulensis, E. urophylla e E. deanei e as menos cilíndricas as de E. grandis e E. saligna.

Os teores de cerne variaram, em volume, de 0,00% (E. urophylla e E. quadrangulata) até 33,77% (E. cloeziana).

Com exceção das árvores de E. cloeziana, E. grandis, E. pilularis e E. saligna, que apresentaram teores de cerne superiores a 30,00% nas demais espécies esses valores foram muito baixos, atingindo até 0,00% (E. urophylla e E. quadrangulata).

O baixo teor de cerne e mesmo a inexistência de cerne, deve-se à baixa idade das árvores. Como se sabe, a formação do cerne dá-se com o envelhecimento da árvore, mediante a deposição de extrativos no centro do tronco. No caso, como as árvores eram jovens, o cerne era infantil, às vezes ausente em algumas espécies.

4.2. Dimensões das Fibras e dos Vasos

Os resultados referentes às dimensões das fibras e dos vasos e as respectivas análises estatísticas encontram-se no Quadro 8.

Os resultados referentes ao comprimento das fibras ficaram dentro dos limites estabelecidos por DADSWELL e STEWART, 1962, citados por Foelkel et alii (15), ou seja, próximos de 1mm. As menores médias de comprimentos foram encontradas para E. pellita, E. propinqua, E. urophylla, E. camaldulensis, E. pilularis e E. tereticornis, cujas dimensões variaram de 0,76 mm a 0,89mm. O E. pellita caracterizou-se pela menor média. Dimensões de 0,90mm a 1,00mm foram encontradas para E. andrewsii, E. microcorys, E. saligna, E. grandis, E. quadrangulata, E. deanei e E. cloeziana, enquanto E. deanei e E. cloeziana apresentaram os maiores valores.

QUADRO 8 - Dimensões das Fibras e dos Vasos - Valores Médios, Máximos e Mínimos, Desvio-Padrão e Coeficientes de Variação

Espécies	Dimensões	Valores			Desvio-Padrão	Coeficientes de variação
		Médio	Mínimo	Máximo		
E. saligna	Comprimento	0,96	0,53	1,59	0,2106	21,99
	Largura	23,98	14,72	31,05	2,8760	11,99
	Espessura	3,47	1,84	5,95	0,8390	24,15
	Largura do vaso	0,17	0,07	0,26	0,044	26,12
E. propinqua	Comprimento	0,83	0,45	1,50	0,2022	24,38
	Largura	24,53	15,17	35,65	3,2620	13,30
	Espessura	4,05	1,54	9,43	1,1560	28,51
	Largura do vaso	0,11	0,07	0,26	0,034	32,70
E. grandis	Comprimento	0,96	0,32	1,56	0,1871	19,55
	Largura	23,89	18,17	31,25	3,2450	13,58
	Espessura	3,26	1,04	6,56	0,8130	24,94
	Largura do vaso	0,15	0,09	0,21	0,037	24,96
E. microcorys	Comprimento	0,92	0,39	1,59	0,2049	22,36
	Largura	20,24	14,95	29,67	2,5520	14,12
	Espessura	4,47	1,96	8,28	1,0220	24,51
	Largura do vaso	0,15	0,07	0,30	0,043	28,25
E. cumaldulensis	Comprimento	0,87	0,27	1,49	0,1803	20,85
	Largura	18,72	12,88	26,22	2,8190	15,06
	Espessura	3,61	1,84	5,52	0,7780	21,55
	Largura do vaso	0,17	0,07	0,29	0,045	26,43
E. tereticornis	Comprimento	0,89	0,50	1,46	0,1724	19,37
	Largura	18,79	12,19	25,30	2,5450	13,56
	Espessura	3,65	1,73	6,56	0,8510	24,15
	Largura do vaso	0,16	0,03	0,25	0,0450	28,20
E. pilularis	Comprimento	0,83	0,29	1,50	0,2216	26,11
	Largura	24,78	17,25	34,96	3,3290	13,44
	Espessura	4,01	1,96	7,02	0,981	24,46
	Largura do vaso	0,17	0,07	0,28	0,0440	25,27
E. elaeziana	Comprimento	1,00	0,51	1,55	0,2135	21,33
	Largura	25,90	17,94	40,25	4,0390	15,60
	Espessura	4,39	1,27	7,82	1,3590	30,92
	Largura do vaso	0,14	0,09	0,20	0,0280	20,32
E. propinqua	Comprimento	0,82	0,45	1,31	0,1396	16,97
	Largura	21,43	15,64	28,06	2,5060	11,95
	Espessura	3,87	1,96	5,87	0,9220	23,81
	Largura do vaso	0,13	0,06	0,19	0,0290	20,86
E. pellita	Comprimento	0,76	0,30	1,37	0,1875	24,60
	Largura	19,47	15,15	31,28	2,6890	13,81
	Espessura	4,01	2,19	6,21	0,7570	18,86
	Largura do vaso	0,13	0,04	0,23	0,0342	26,95
E. dunnii	Comprimento	1,03	0,59	1,61	0,1641	16,36
	Largura	18,66	14,20	25,26	2,1320	11,43
	Espessura	3,75	2,30	6,79	0,8550	22,79
	Largura do vaso	0,14	0,09	0,26	0,0400	28,32
E. quadrangulata	Comprimento	0,97	0,45	1,52	0,1535	15,95
	Largura	15,34	13,57	24,84	2,0260	11,05
	Espessura	4,06	2,30	6,79	0,9340	23,02
	Largura do vaso	0,13	0,09	0,23	0,0260	19,61
E. paniculata	Comprimento	0,90	0,15	1,44	0,1942	21,55
	Largura	22,99	17,25	30,82	2,7970	12,17
	Espessura	3,17	1,73	5,52	0,6300	19,87
	Largura do vaso	0,14	0,07	0,22	0,035	24,39

Comprimento da fibra e do vaso: em mm
Largura da fibra e espessura da parede: em μm

Para a largura das fibras, os resultados mostraram valores relativamente altos. A menor média foi a de E. quadrangulata (18,34µm), enquanto a maior foi a de E. cloeziana (25,90µm). Por tratar-se de árvores ainda jovens, com espessuras de paredes ainda baixas, a presença de altos valores de largura resulta em elevados diâmetros de lúmen e, conseqüentemente, em fibras bastante flexíveis.

Notou-se também que as fibras têm paredes relativamente delgadas, principalmente as de E. andrewsii, E. grandis, E. saligna, E. camaldulensis, E. tereticornis, E. deanei e E. propinqua, com valores de 3,17 a 3,87. Essa característica deve conferir relativa flexibilidade à fibra, o que, provavelmente, interferirá nas qualidades físico-mecânicas da folha de papel produzida. A presença de fibras de paredes delgadas já era esperada, em razão de serem novas as espécies ensaiadas. E. pilularis, E. pellita, E. urophylla, E. quadrangulata, E. microcorys e E. cloeziana caracterizaram-se pelos maiores valores médios de espessura da parede de fibras.

A largura dos vasos variou de 0,13mm a 0,17mm. Os menores valores foram apresentados por E. quadrangulata, E. pellita e E. propinqua, e os maiores por E. pilularis, E. camaldulensis e E. saligna.

As dimensões dos vasos têm importância na utilização da madeira para a produção de celulose. Vasos numerosos e grandes são indesejáveis na fabricação de papéis de impressão. Para a maioria das espécies, as larguras dos vasos relacionaram-se inversamente com as densidades básicas das madeiras.

4.2.1. Distribuição de freqüência das dimensões das fibras e dos vasos (% de fibras e de vasos em determinadas faixas de dimensões)

Nas Figuras 1 a 52 encontram-se os histogramas de distribuição de freqüência das dimensões das fibras e dos vasos.

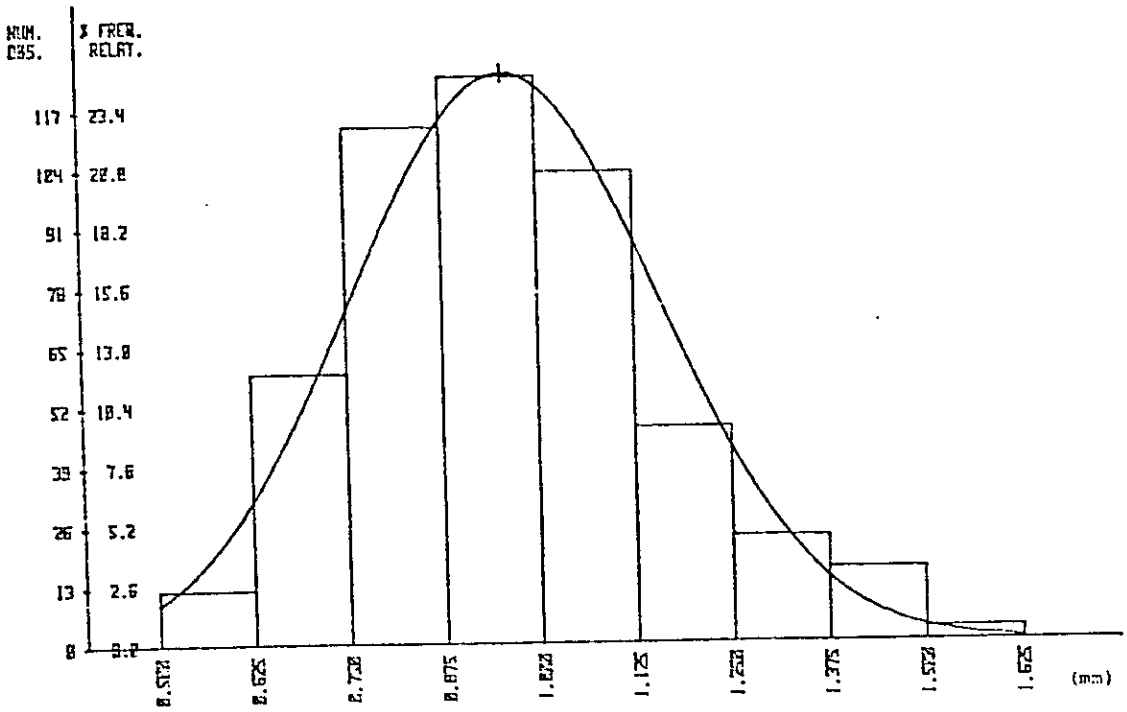

FIGURA 1 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus saligna*.

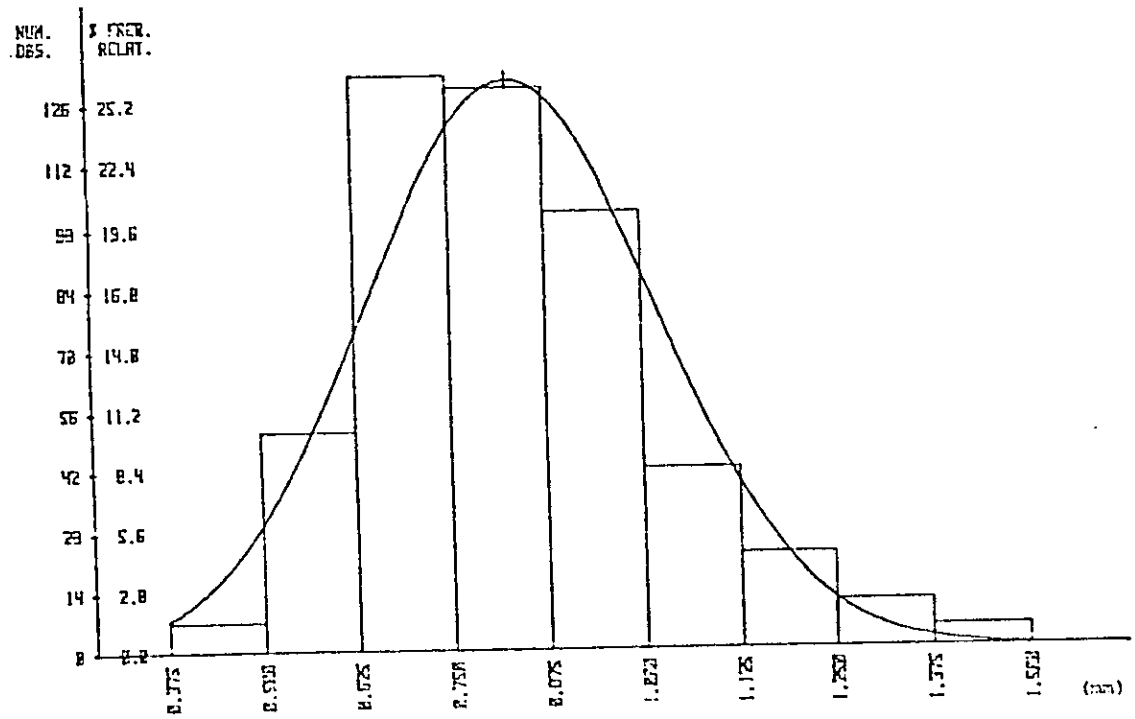

FIGURA 2 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus urophylla*.

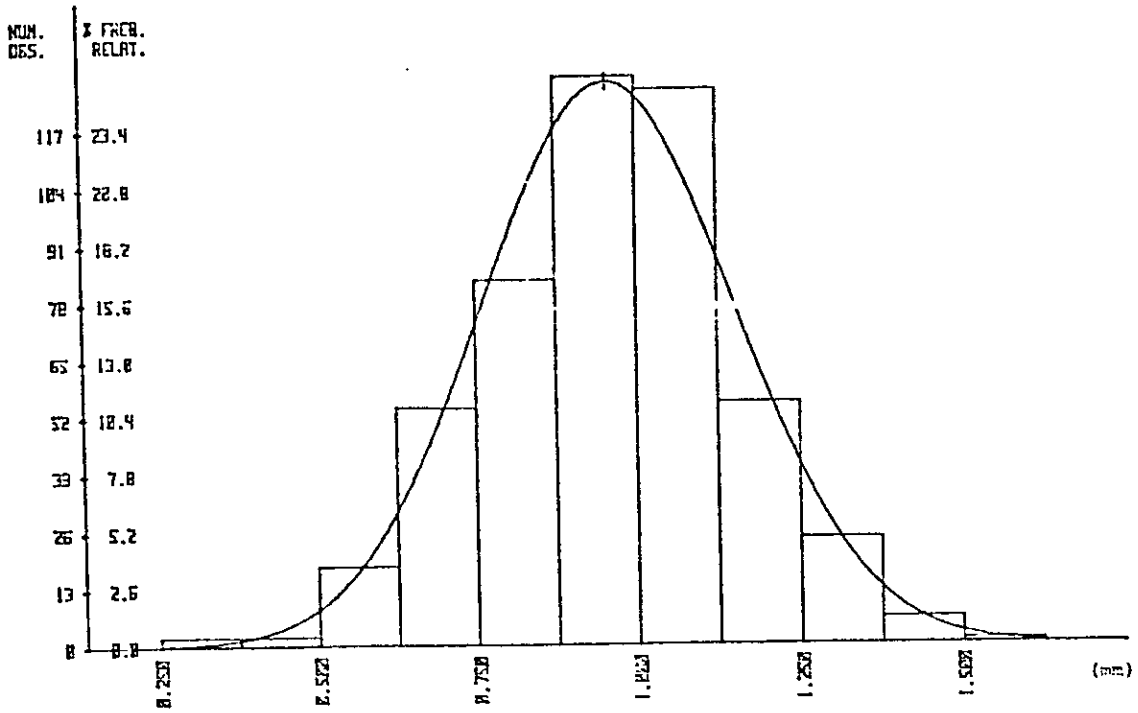

FIGURA 3 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus grandis*.

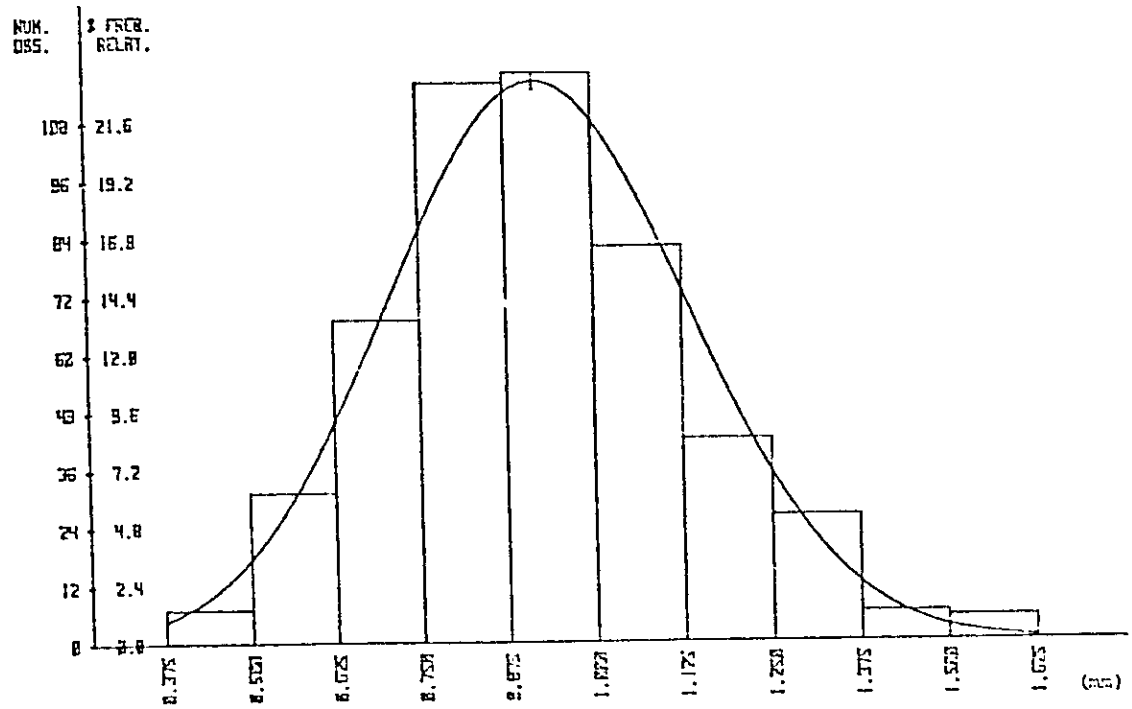

FIGURA 4 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus microcorys*.

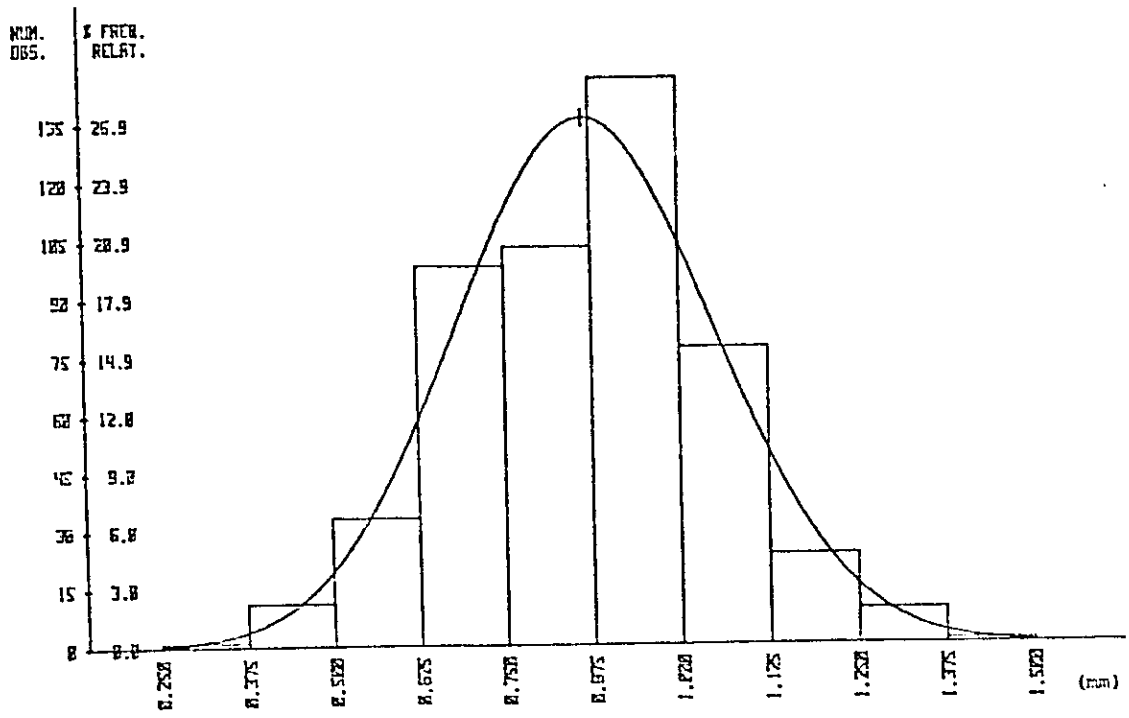

FIGURA 5 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus camaldulensis*.

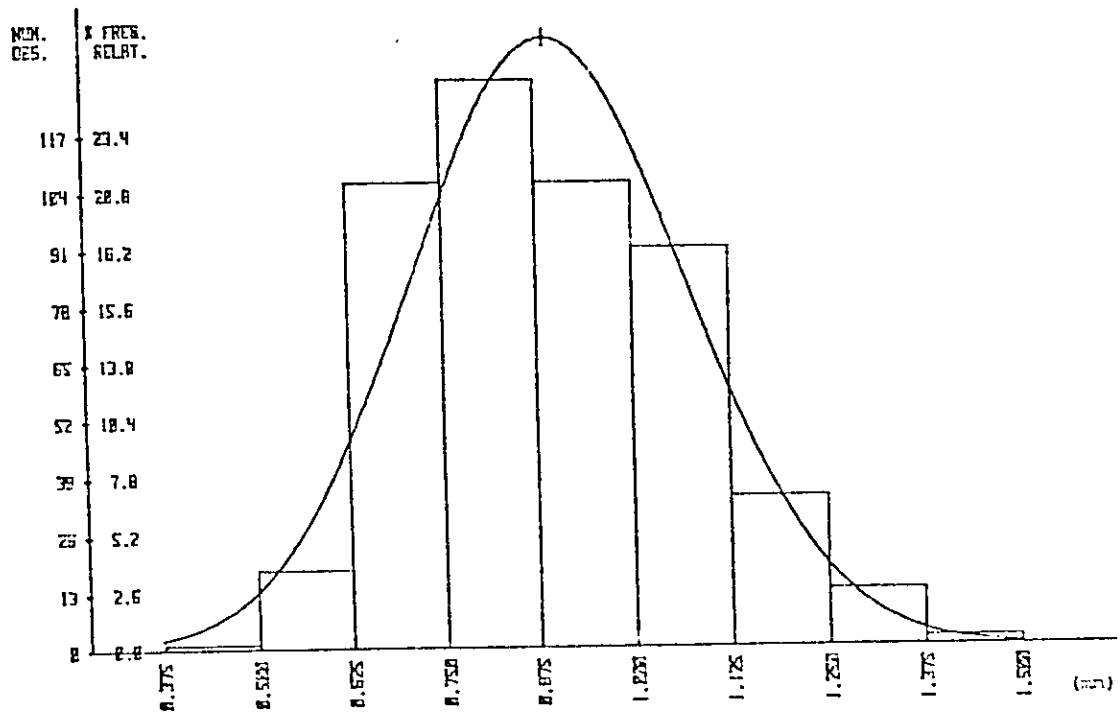

FIGURA 6 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus tereticornis*.

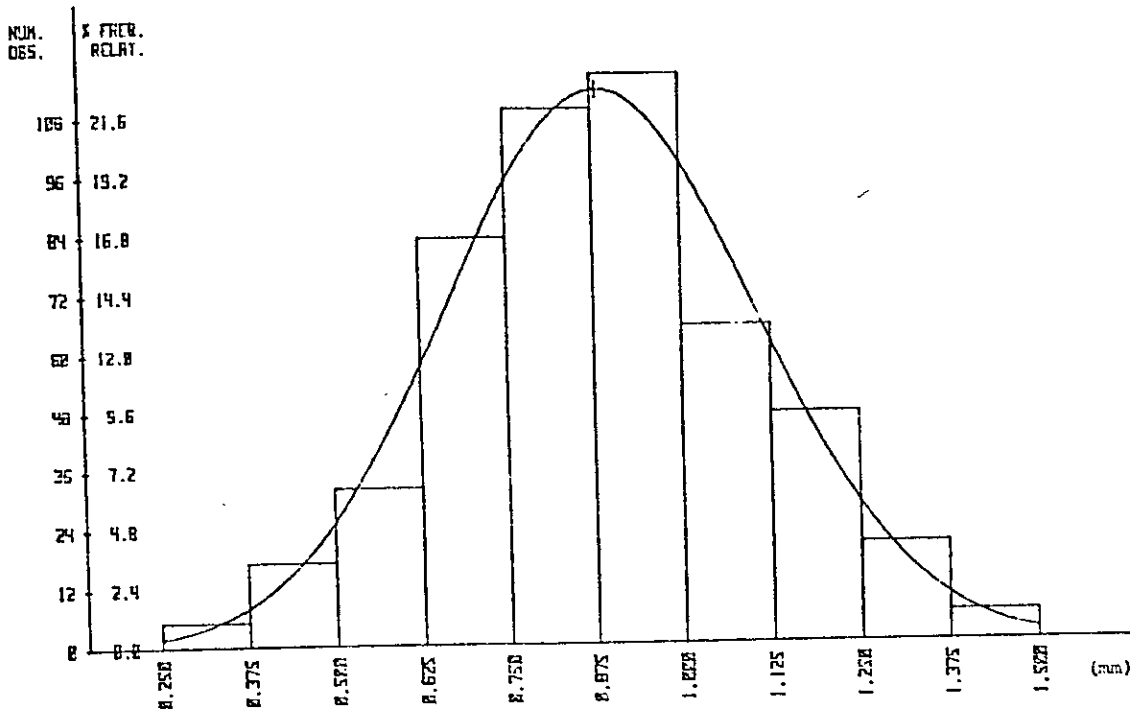

FIGURA 7 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus pilularis*.

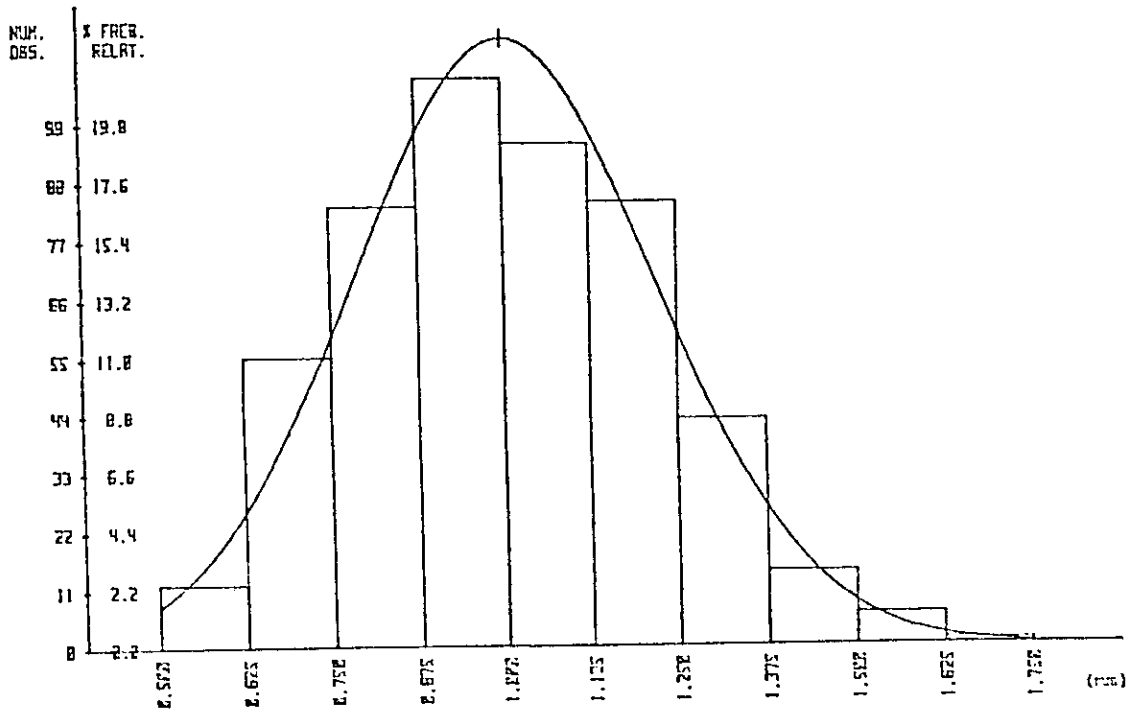

FIGURA 8 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus cloeziana*.

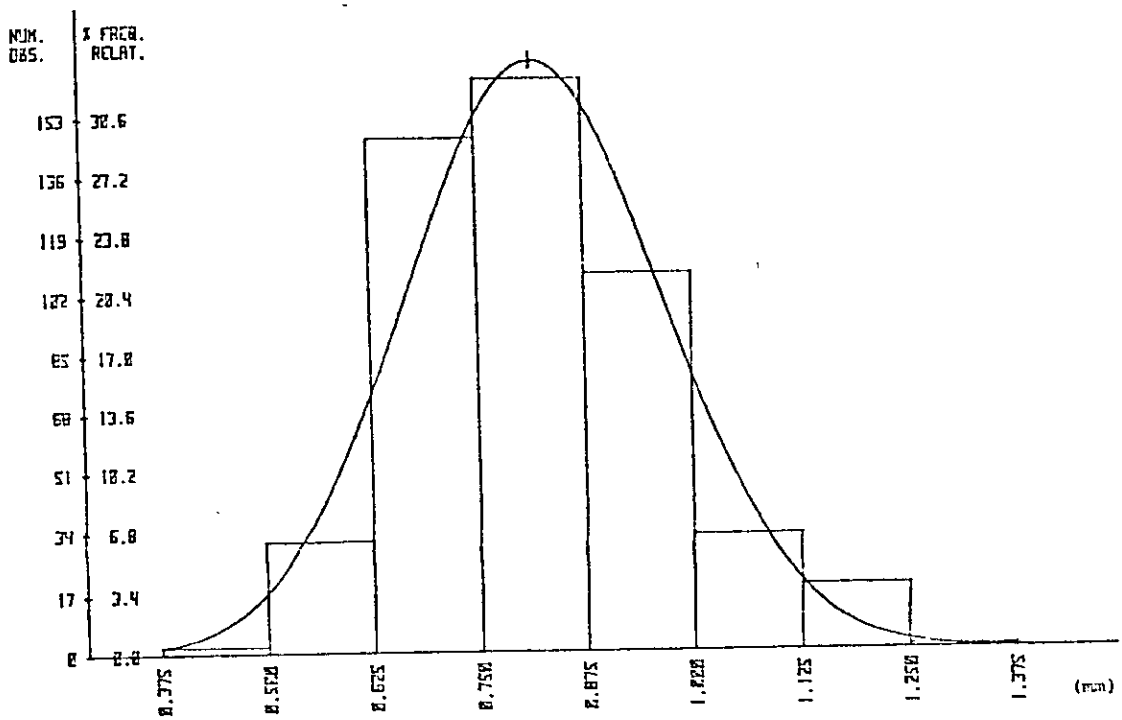

FIGURA 9 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus propinqua*.

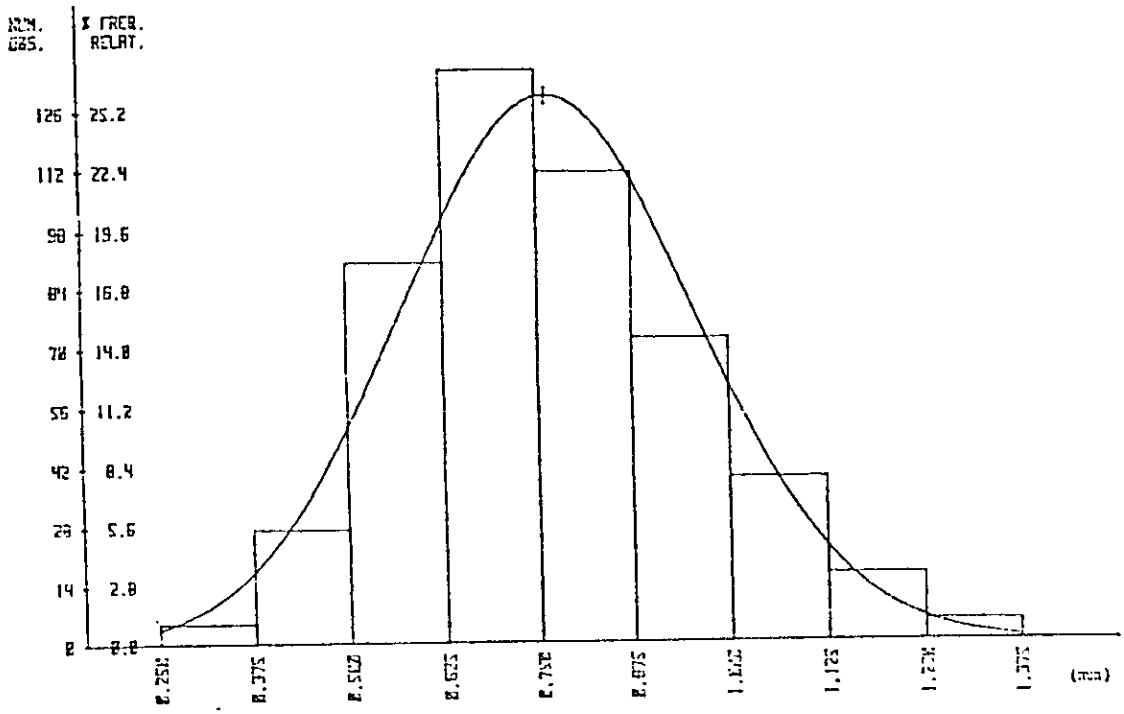

FIGURA 10 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus pellita*.

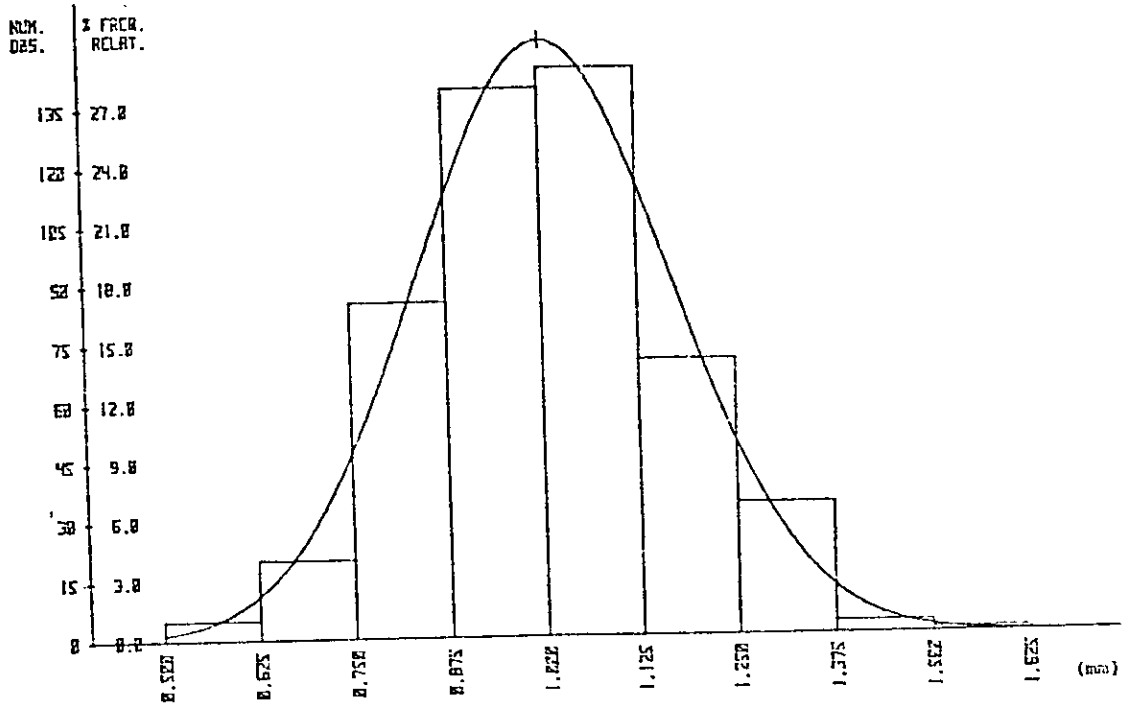

FIGURA 11 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus deanei*.

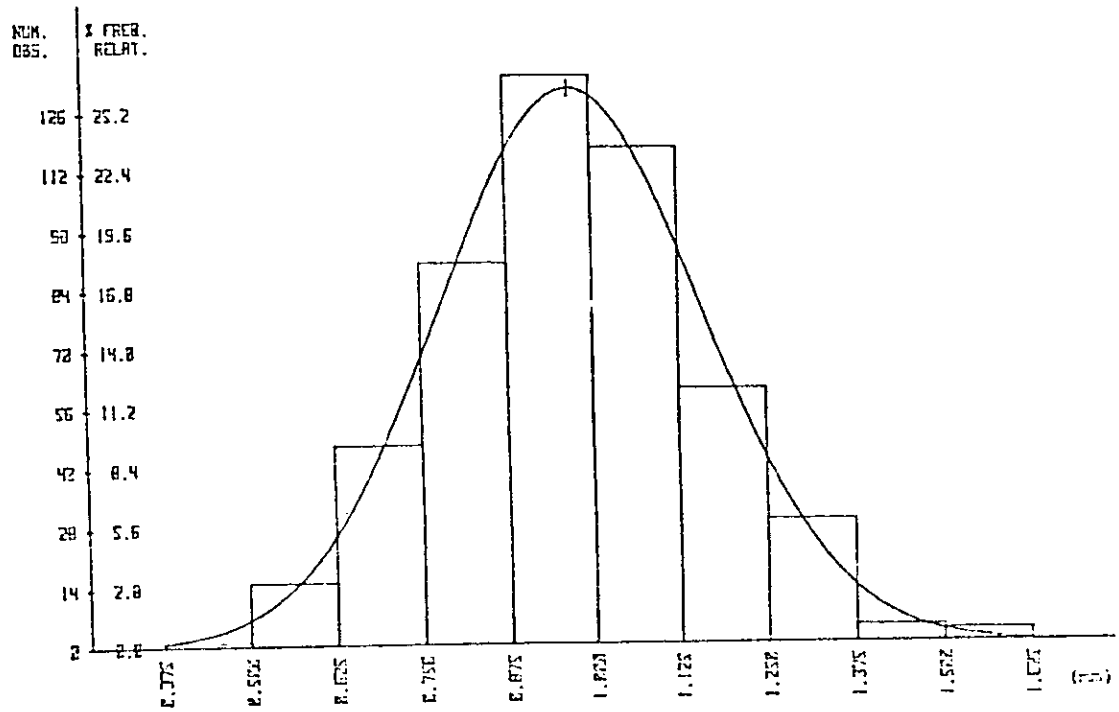

FIGURA 12 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus quadrangulata*.

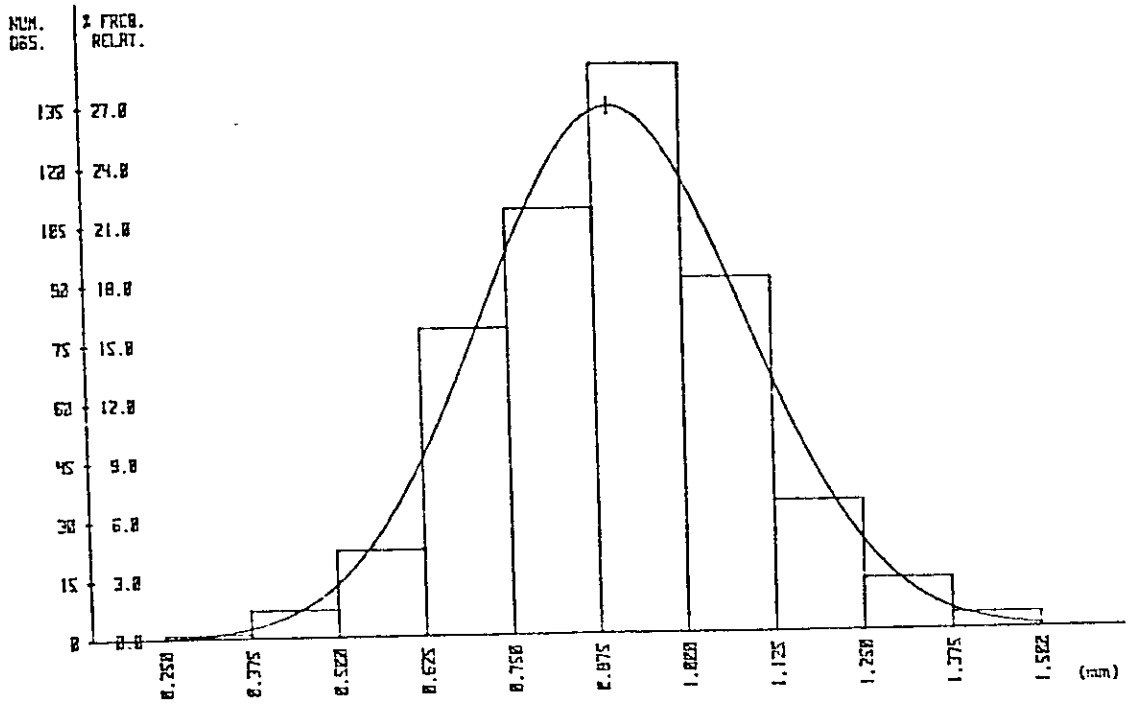

FIGURA 13 - Distribuição por classe de freqüência de comprimento de fibras, para *Eucalyptus andrewsii*.

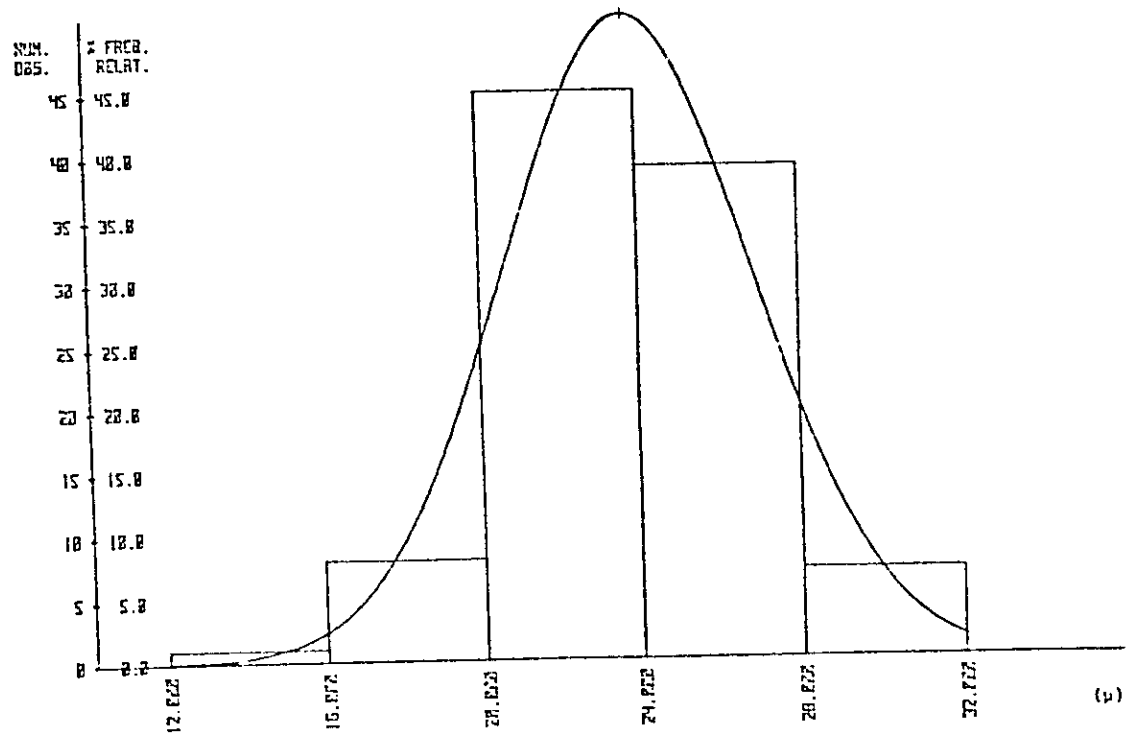

FIGURA 14 - Distribuição por classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus saligna*.

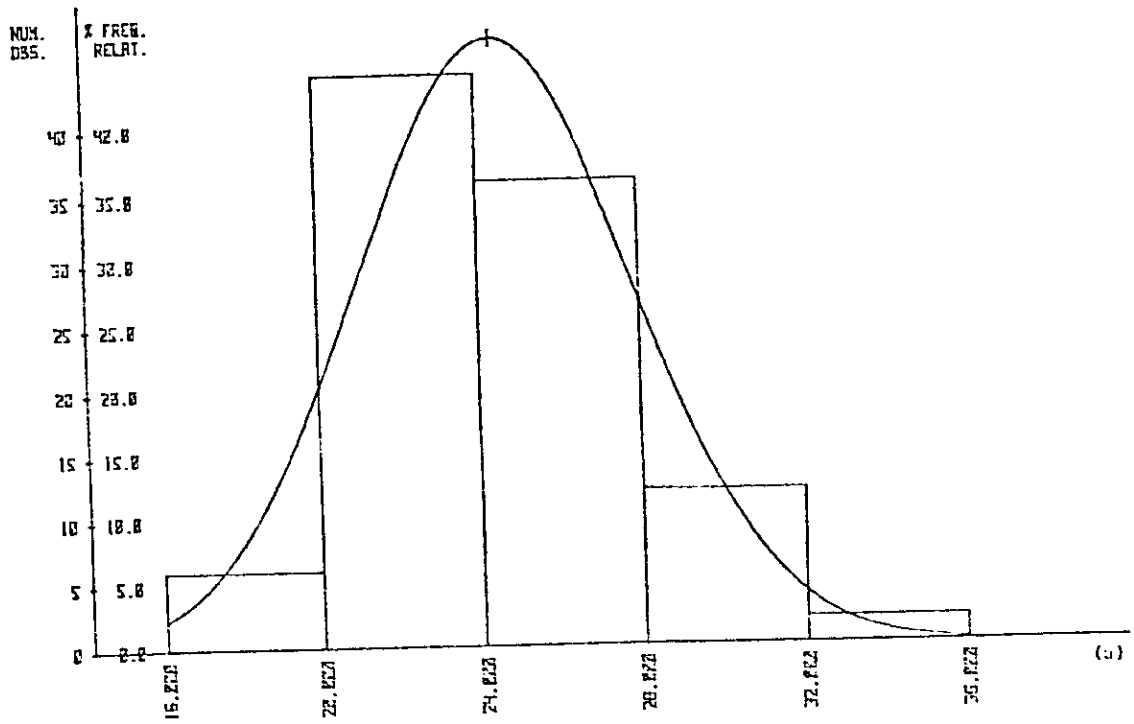

FIGURA 15 - Distribuição por classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus urophylla*.

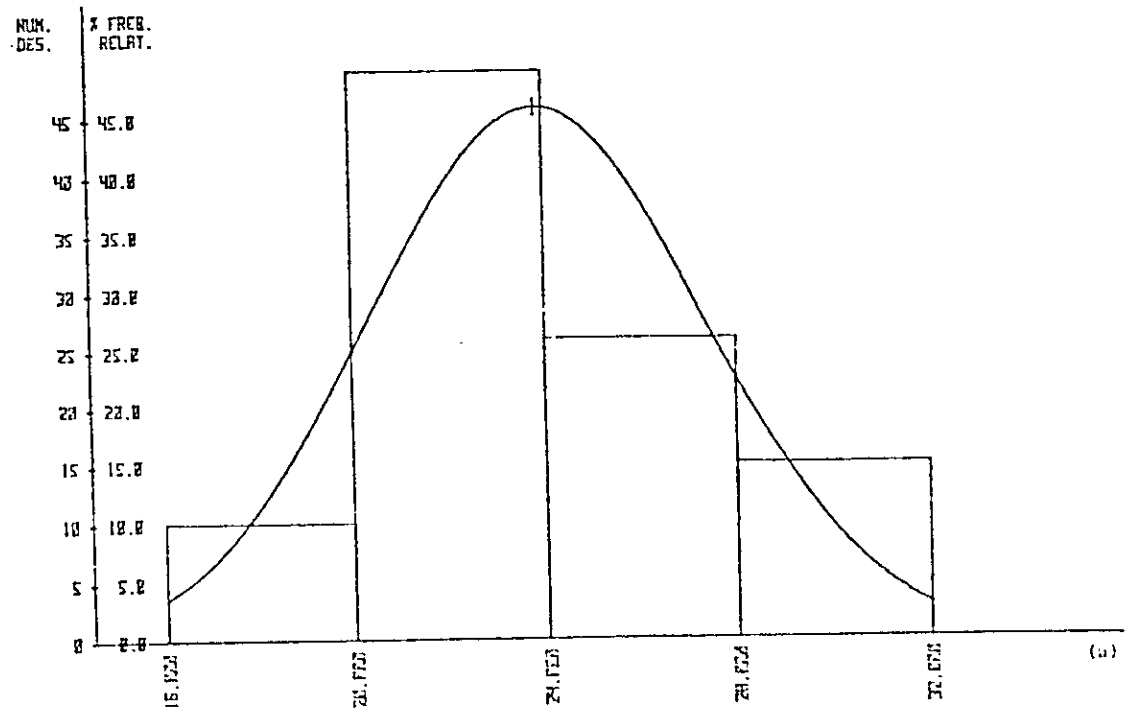

FIGURA 16 - Distribuição por classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus grandis*.

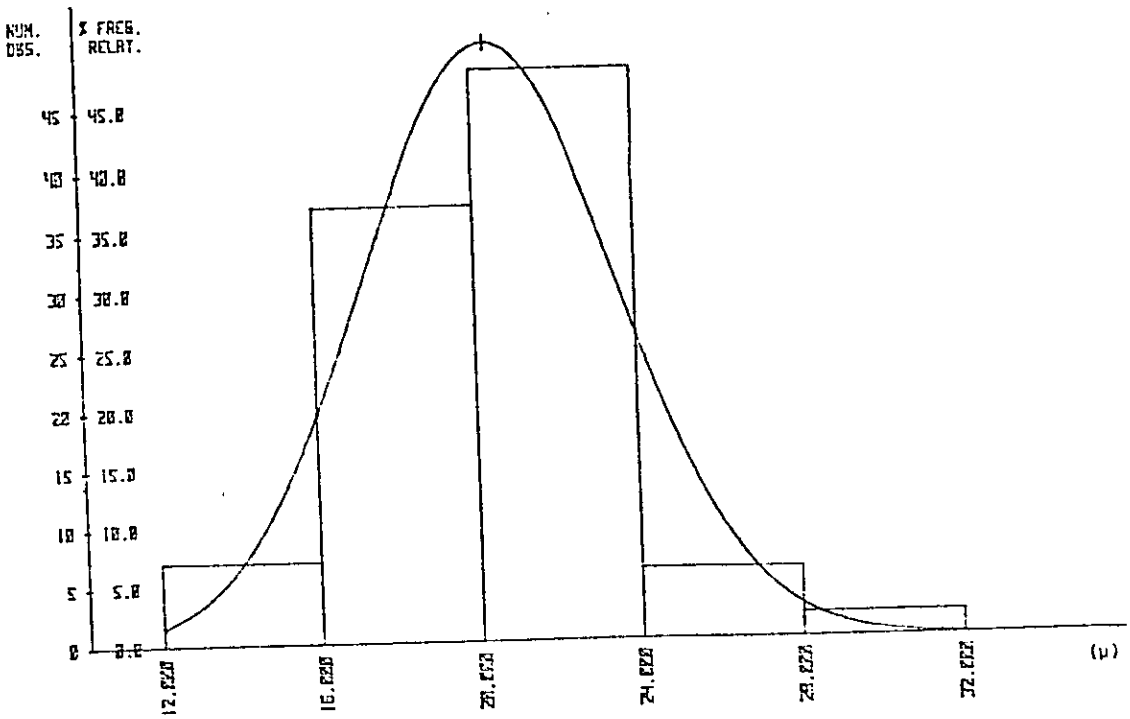

FIGURA 17 - Distribuição por classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus microcorys*.

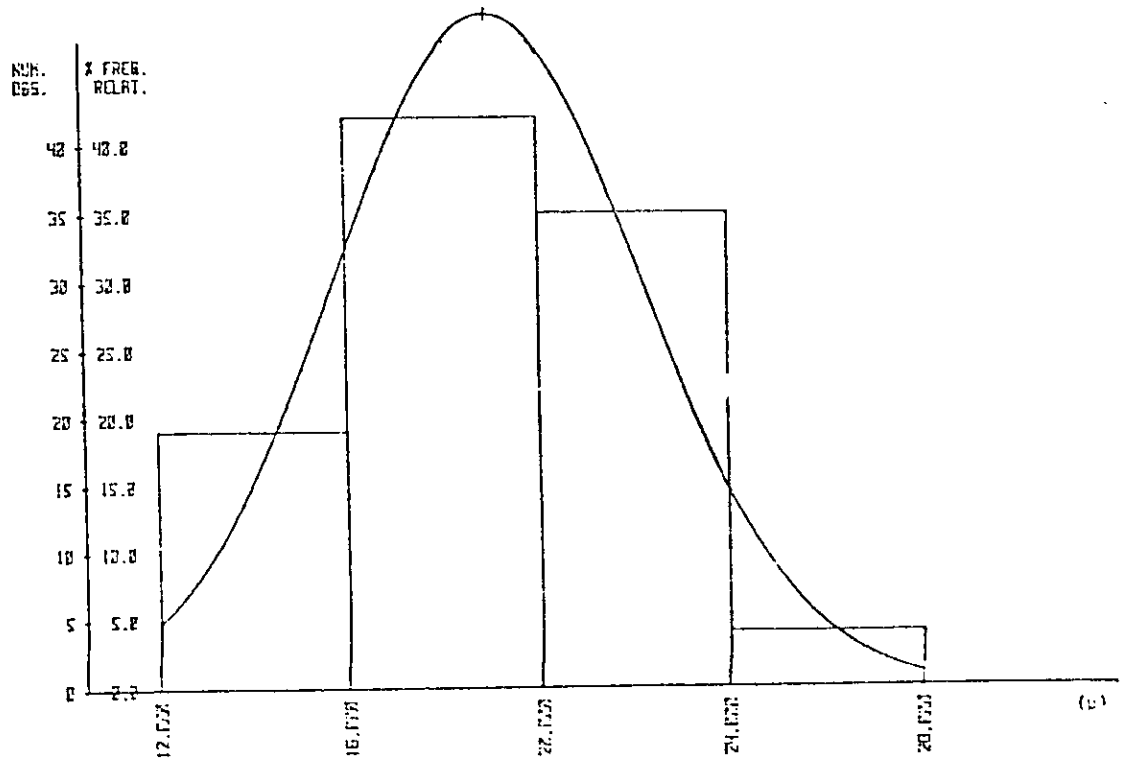

FIGURA 18 - Distribuição por classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus camaldulensis*.

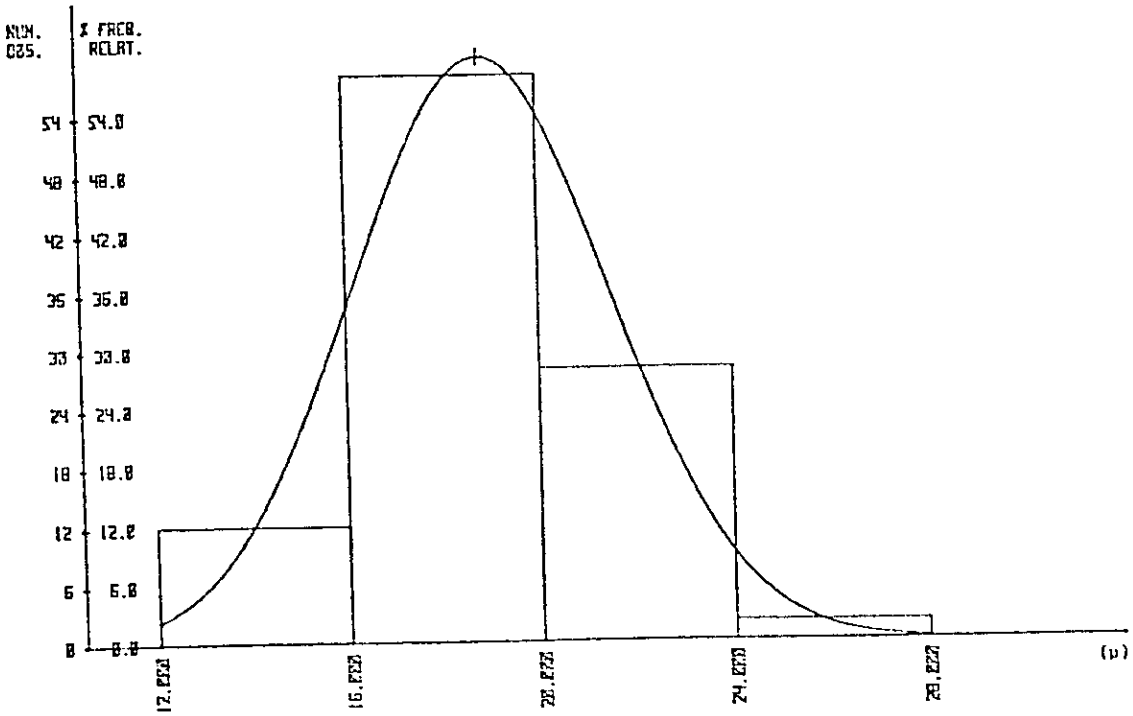

FIGURA 19 - Distribuição por classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus tereticornis*.

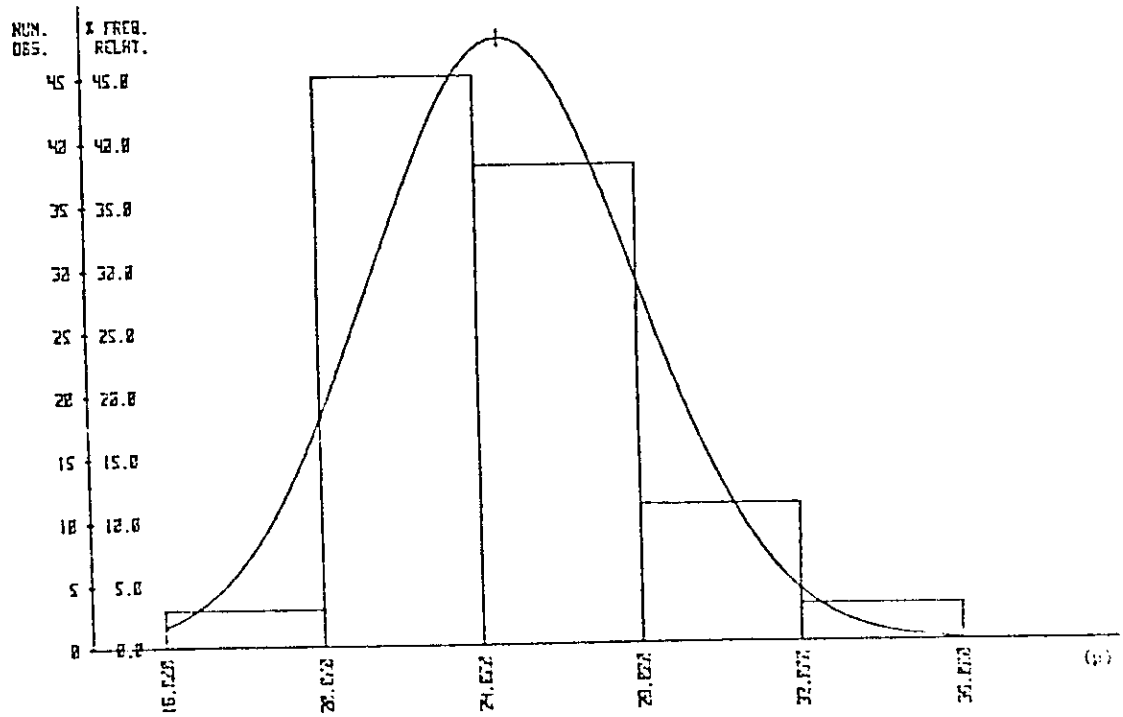

FIGURA 20 - Distribuição por classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus pilularis*.

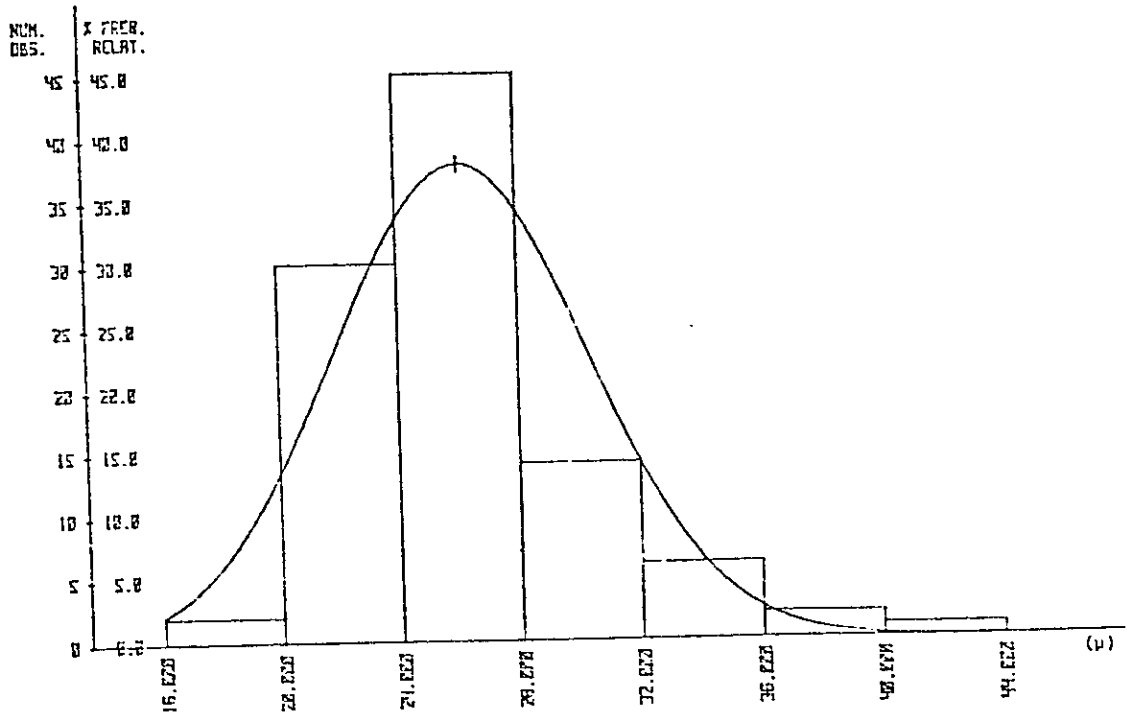

FIGURA 21 - Distribuição por classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus cloeziana*.

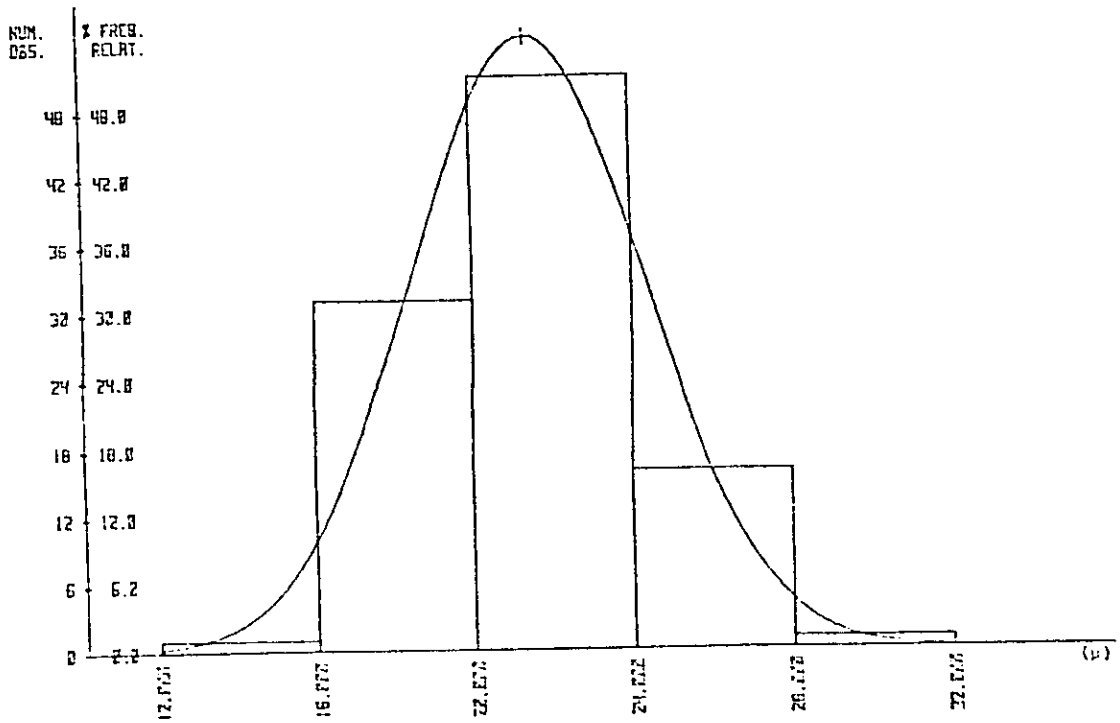

FIGURA 22 - Distribuição por classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus propinqua*.

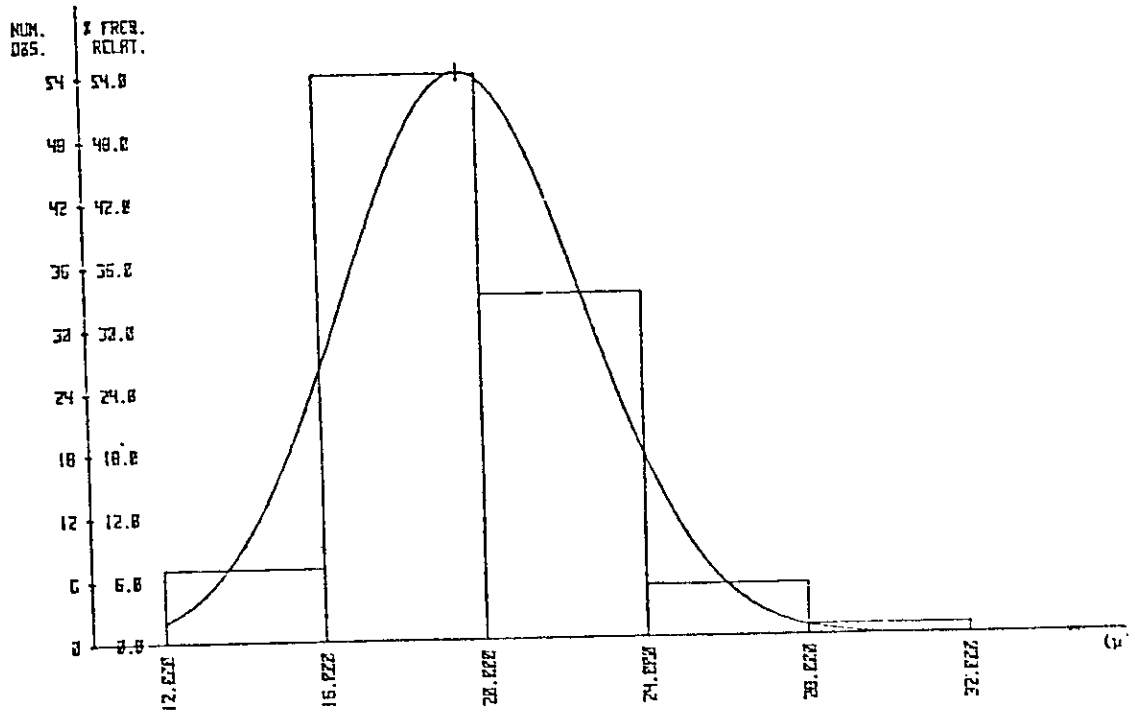

FIGURA 23 - Distribuição por classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus pellita*.

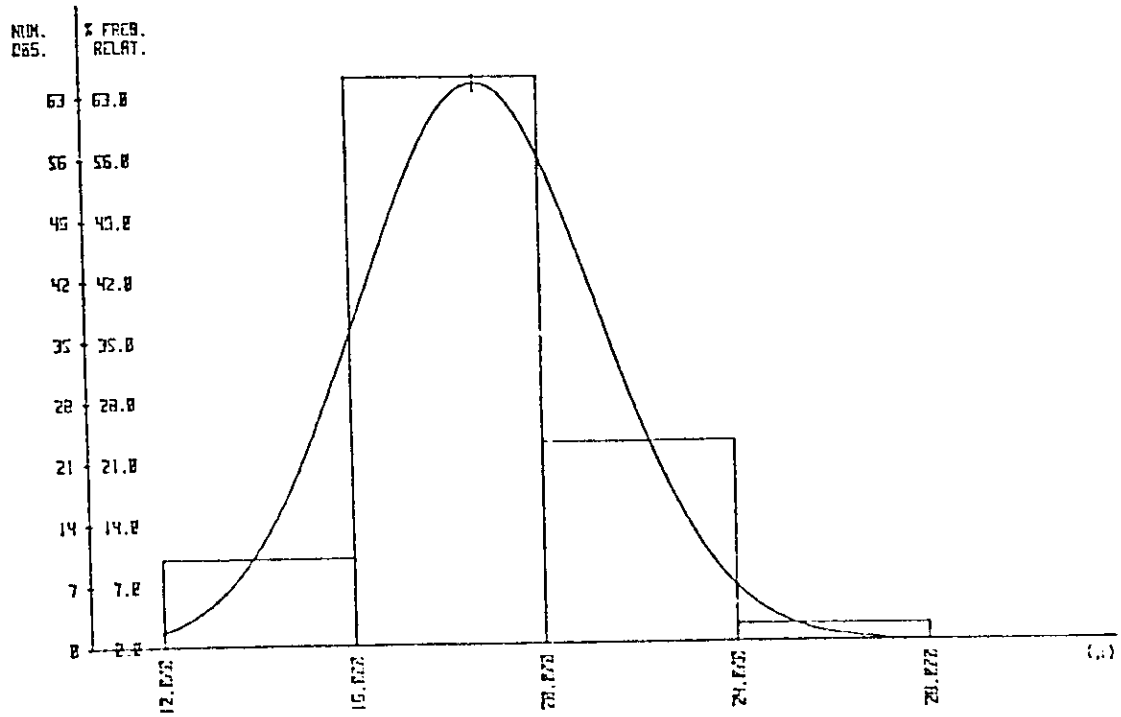

FIGURA 24 - Distribuição por classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus deanei*.

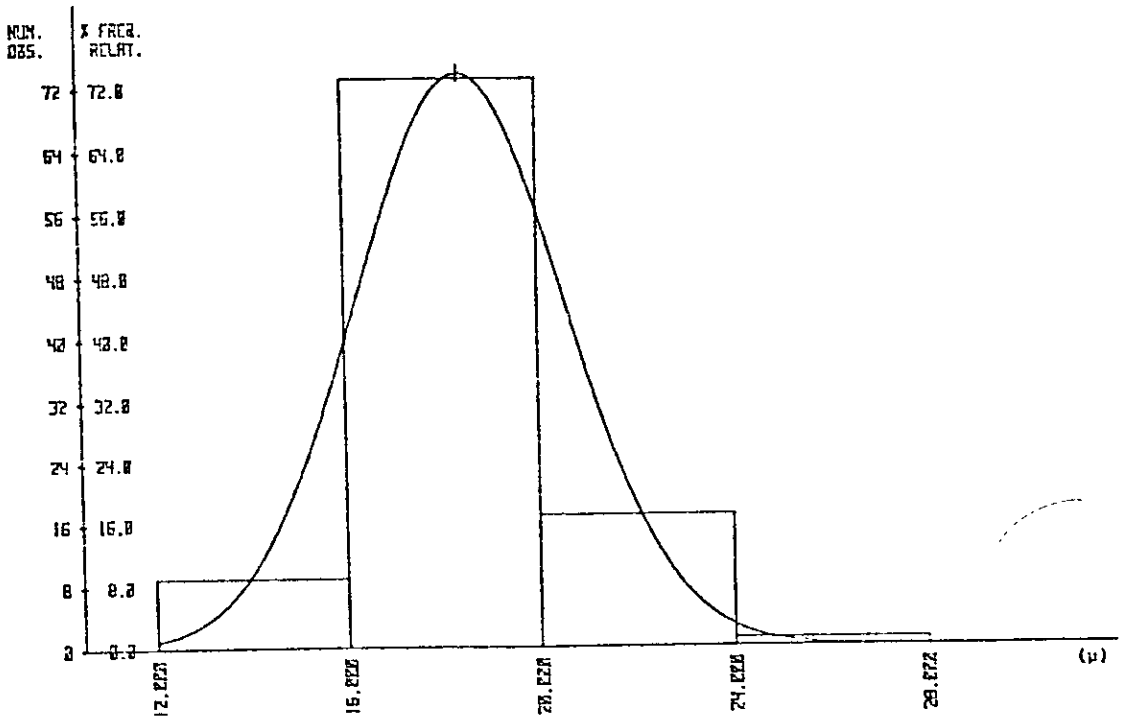

FIGURA 25 - Distribuição em classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus quadrangulata*.

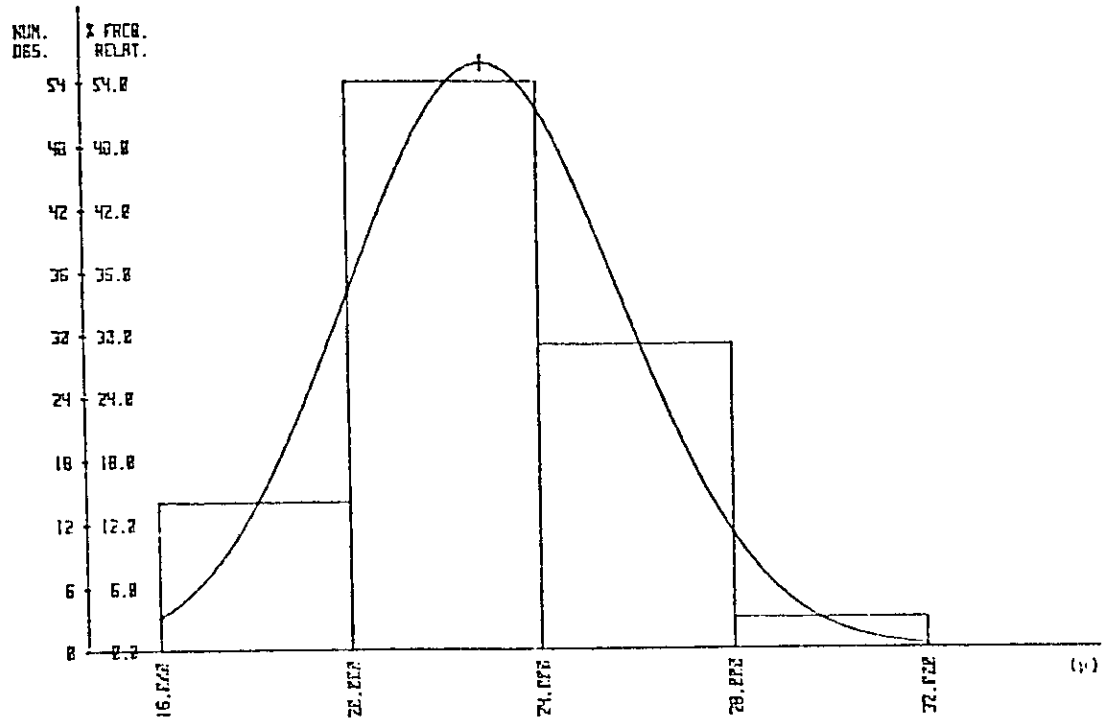

FIGURA 26 - Distribuição em classe de freqüência de largura de fibras, para *Eucalyptus andrewsii*.

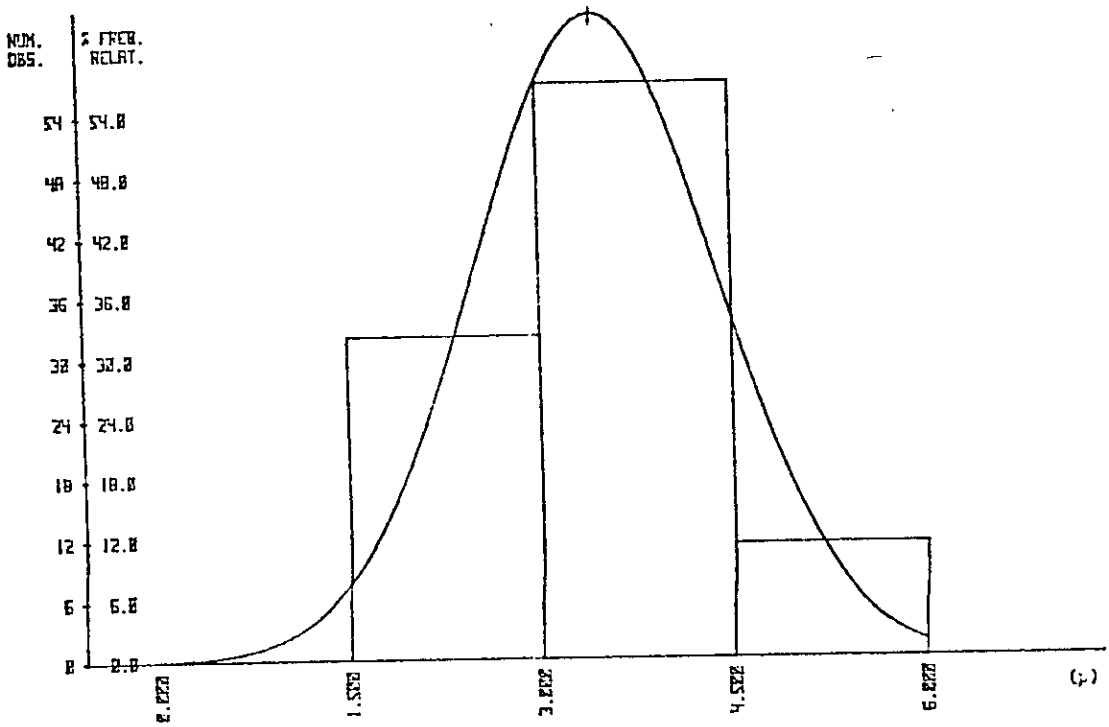

FIGURA 27 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus saligna*.

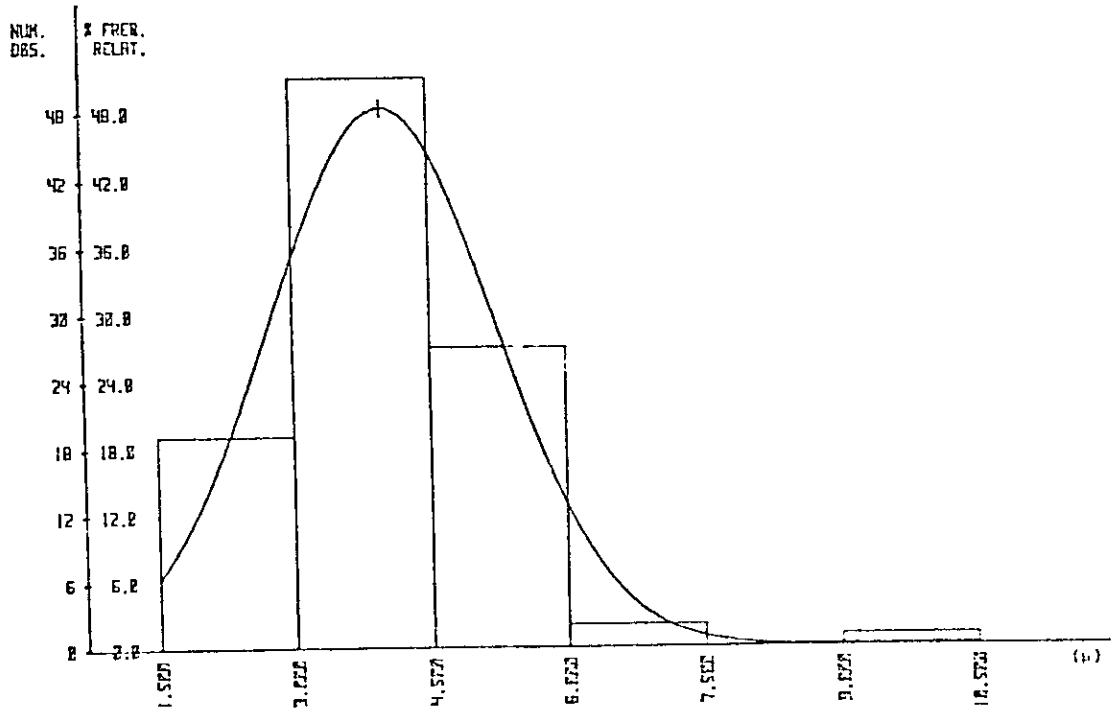

FIGURA 28 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus urophylla*.

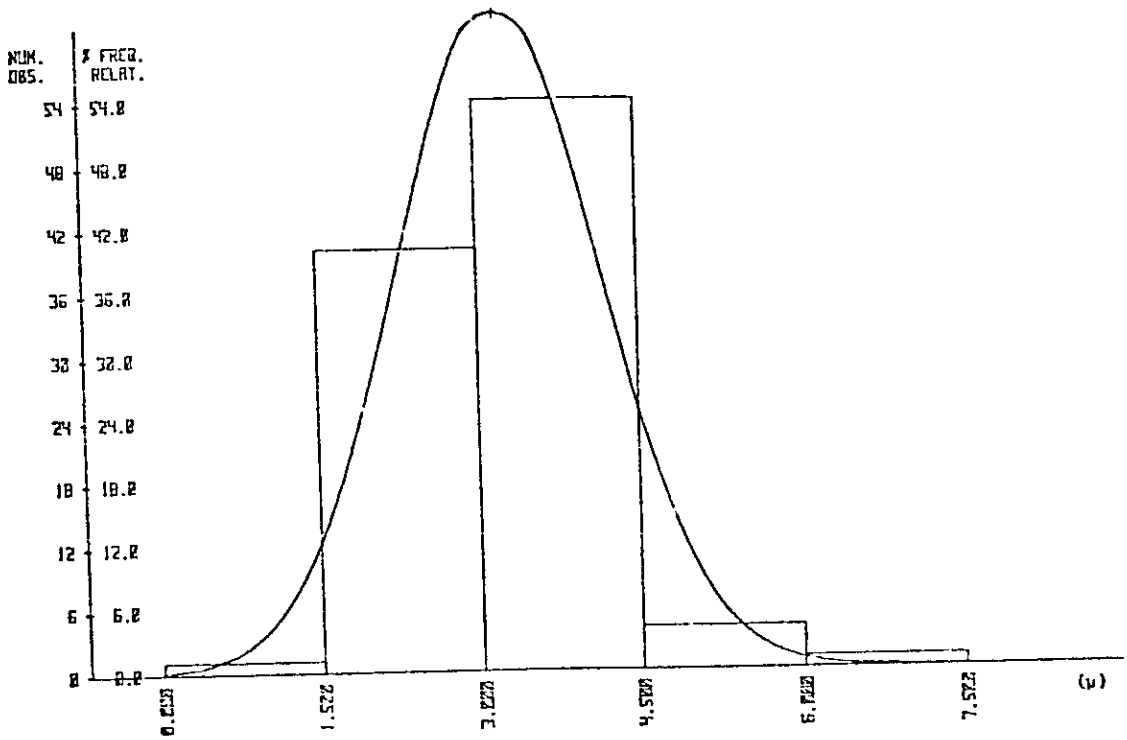

FIGURA 29 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus grandis*.

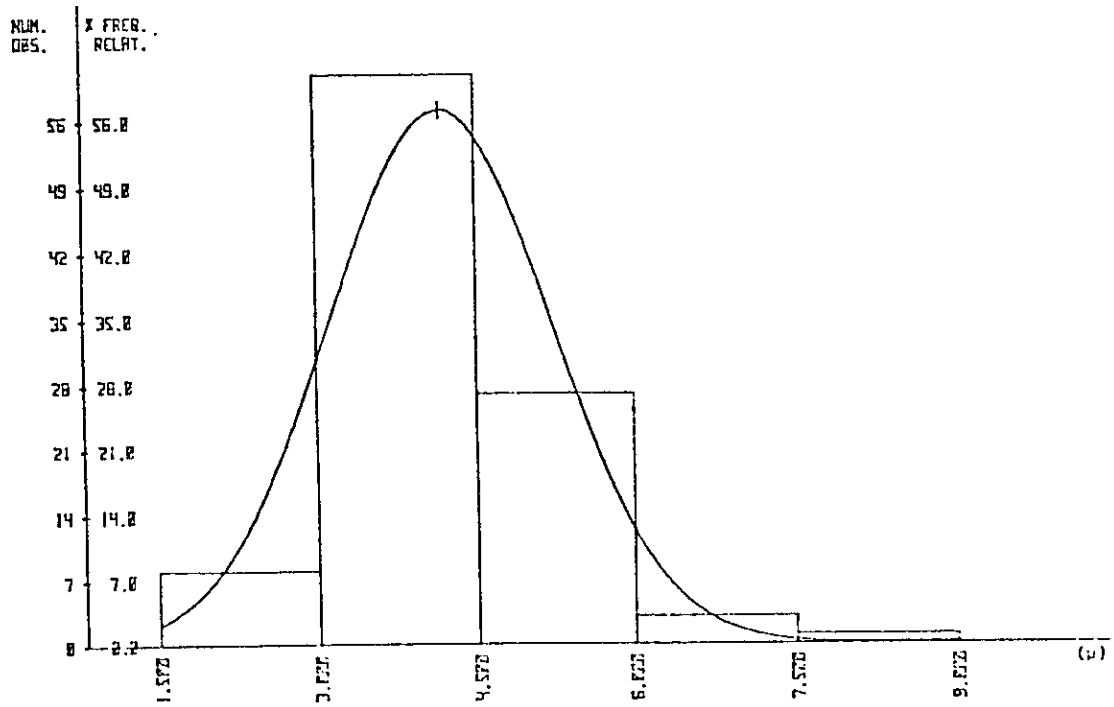

FIGURA 30 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus microcorys*.

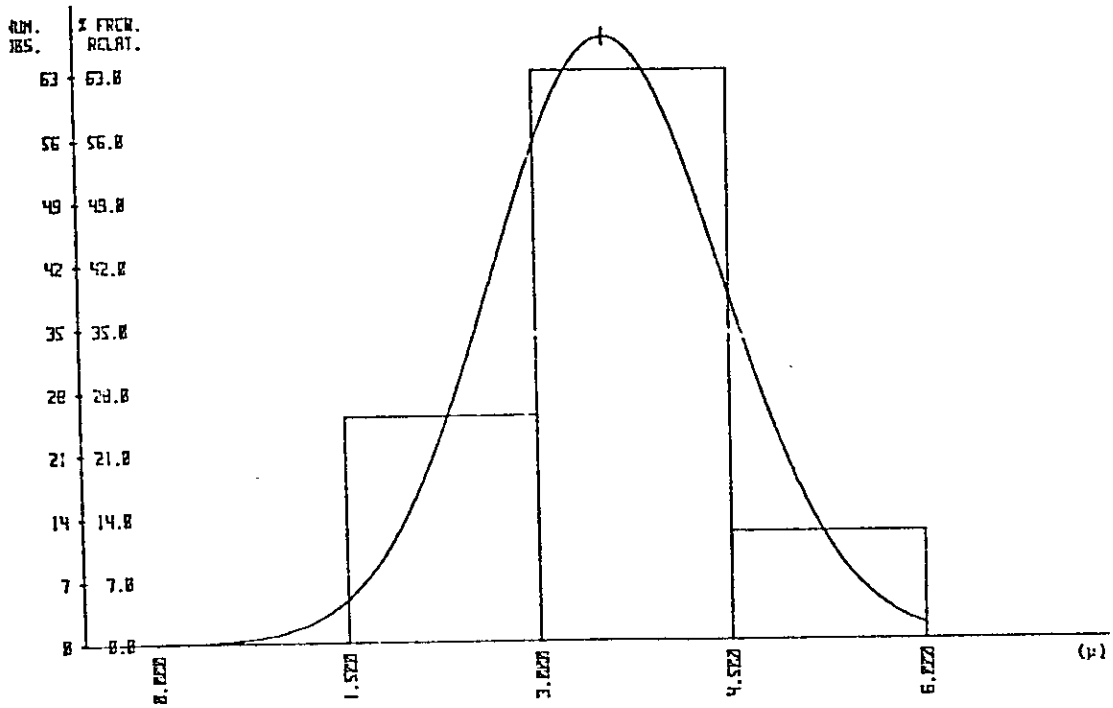

FIGURA 31 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus camaldulensis*.

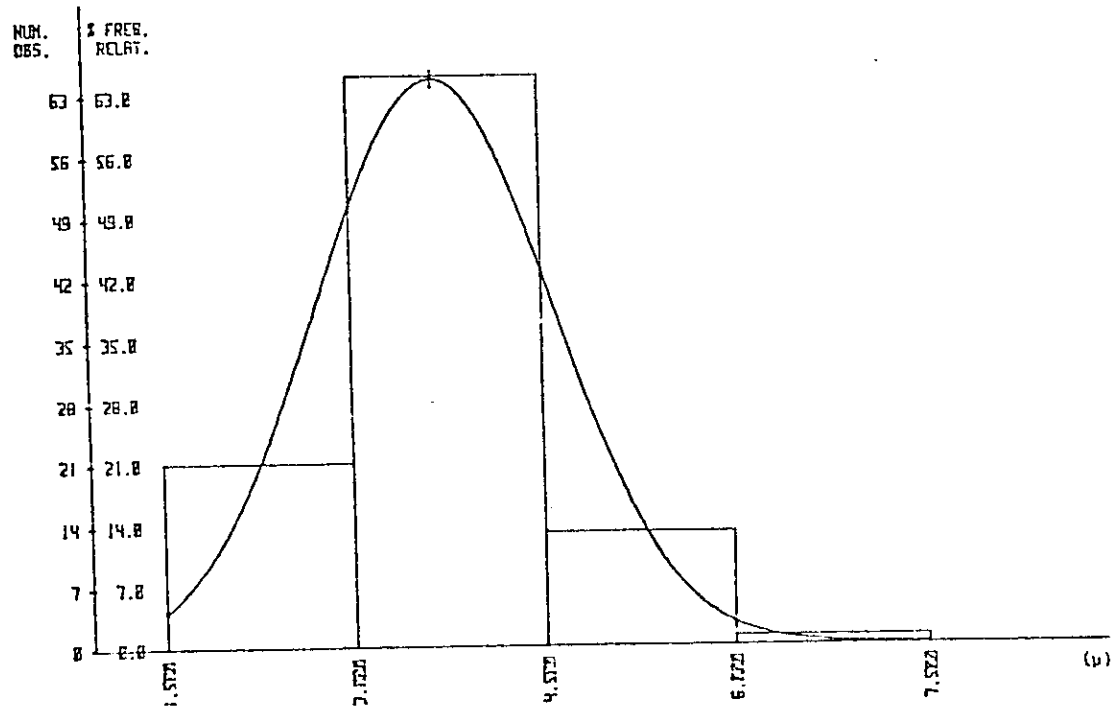

FIGURA 32 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus tereticornis*.

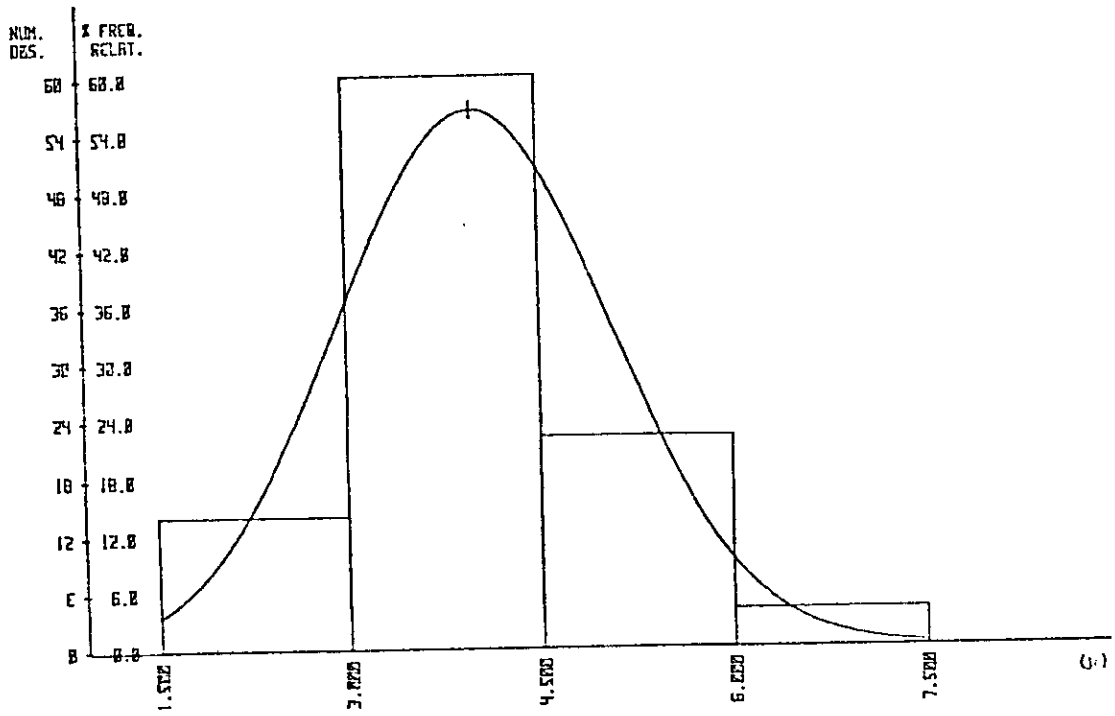

FIGURA 33 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus pilularis*.

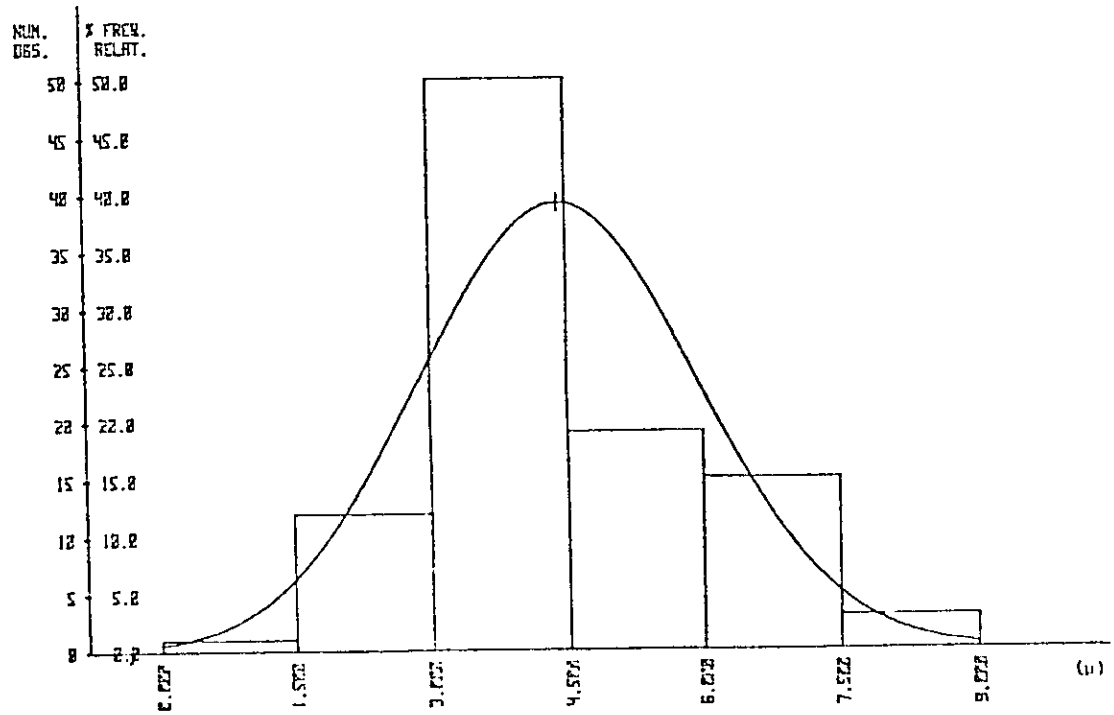

FIGURA 34 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus cloeziana*.

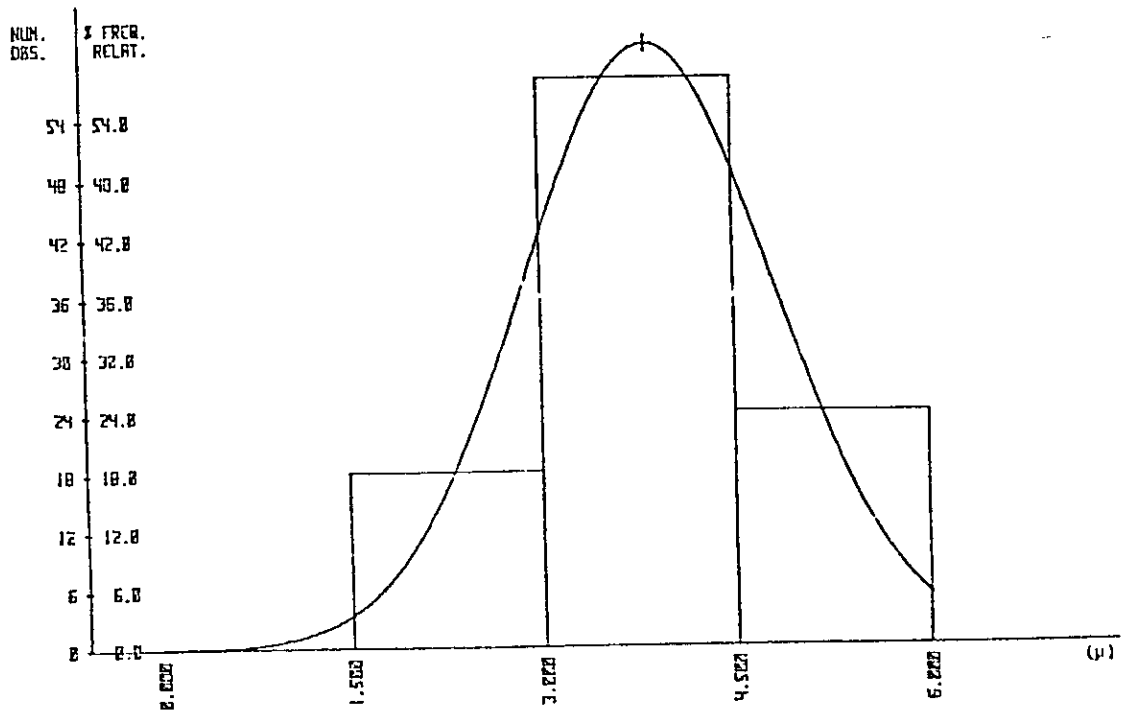

FIGURA 35 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus propinqua*.

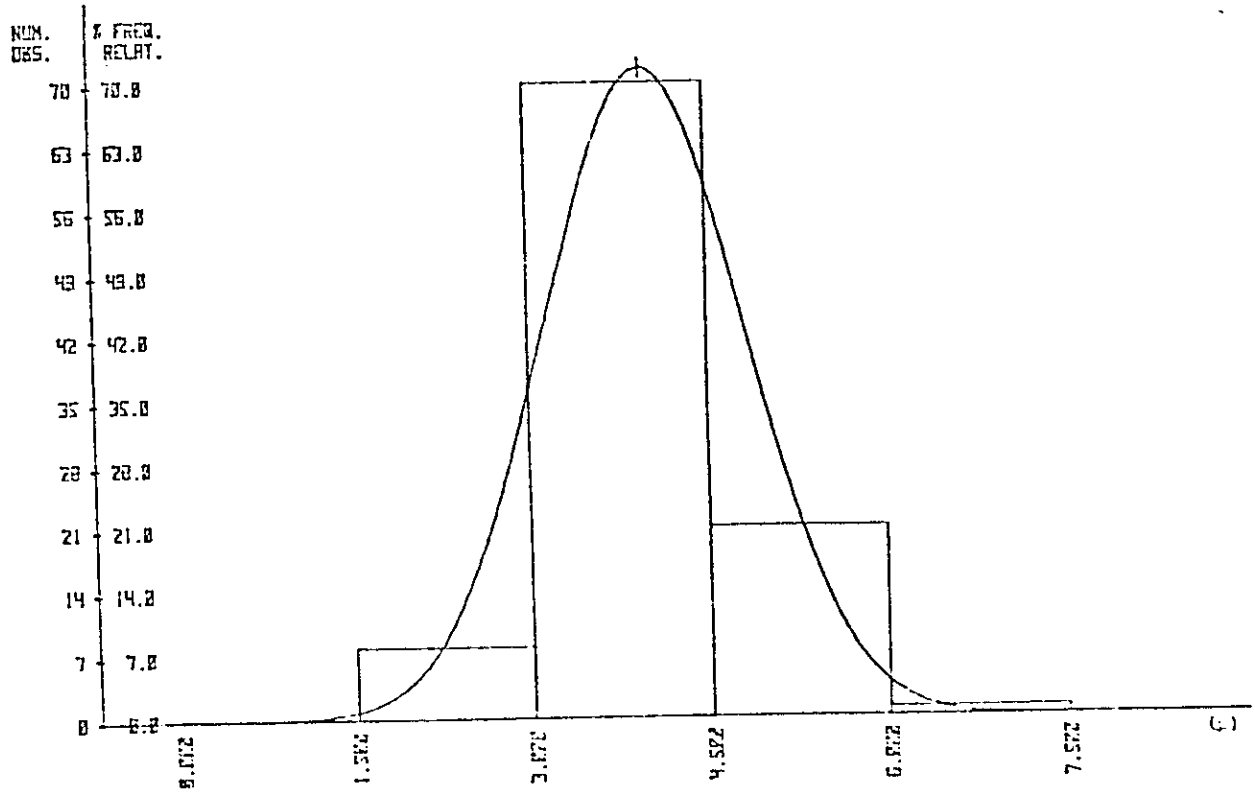

FIGURA 36 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus pellita*.

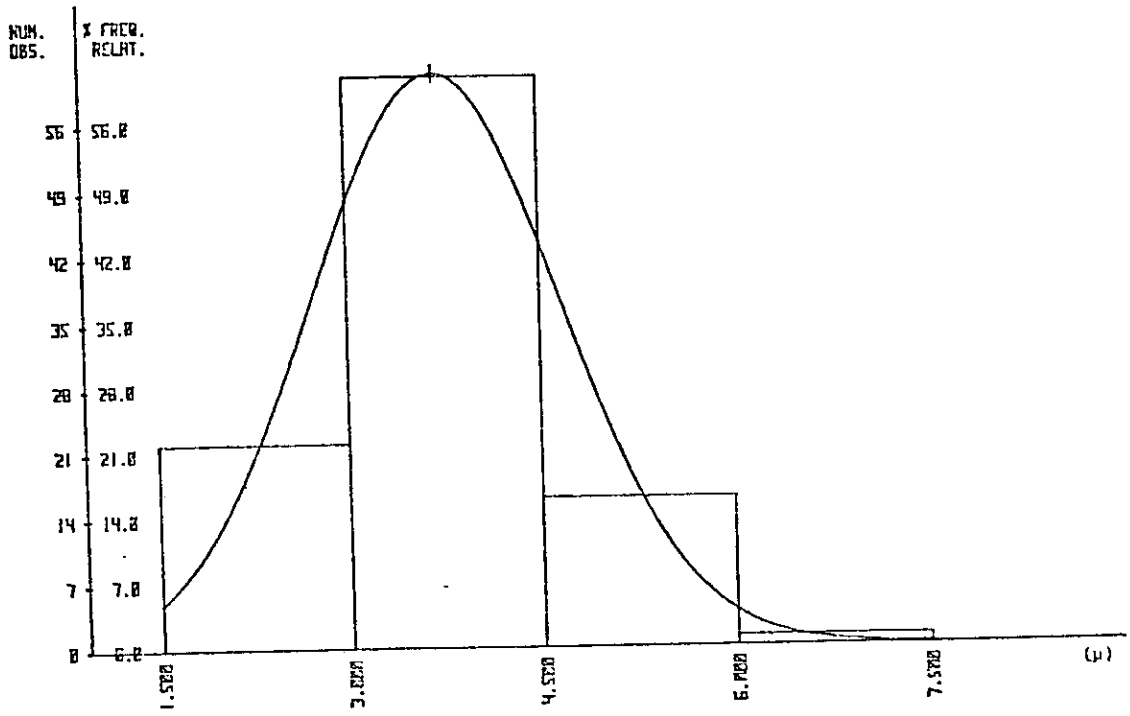

FIGURA 37 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus deanei*.

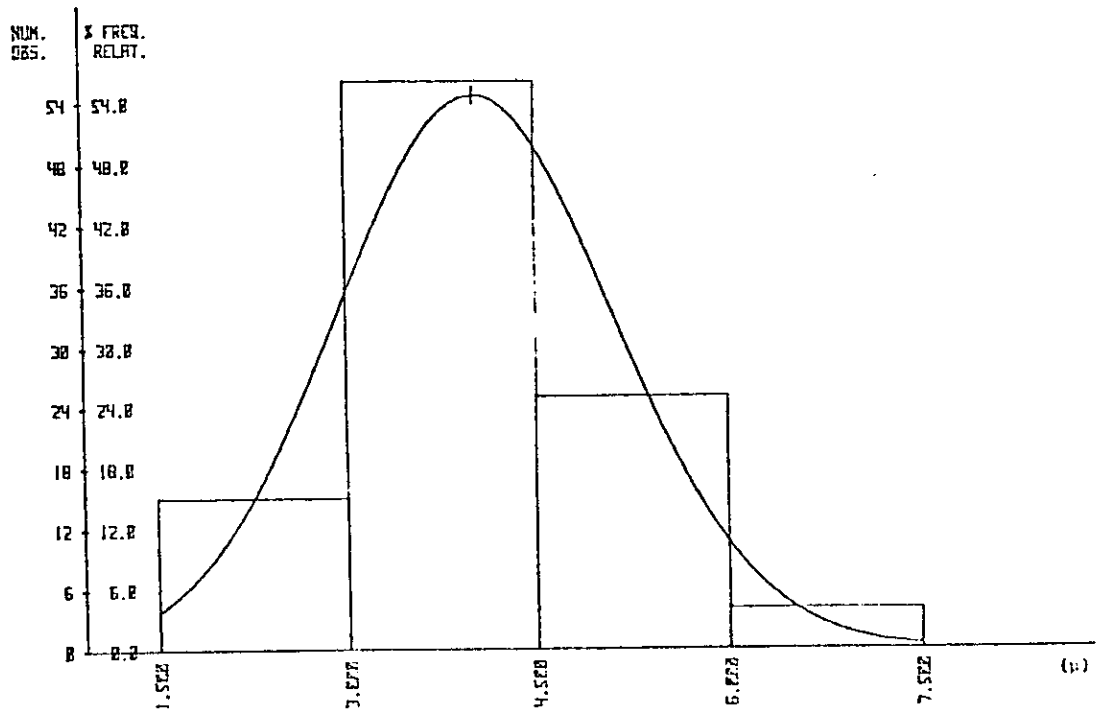

FIGURA 38 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus quadrangulata*.

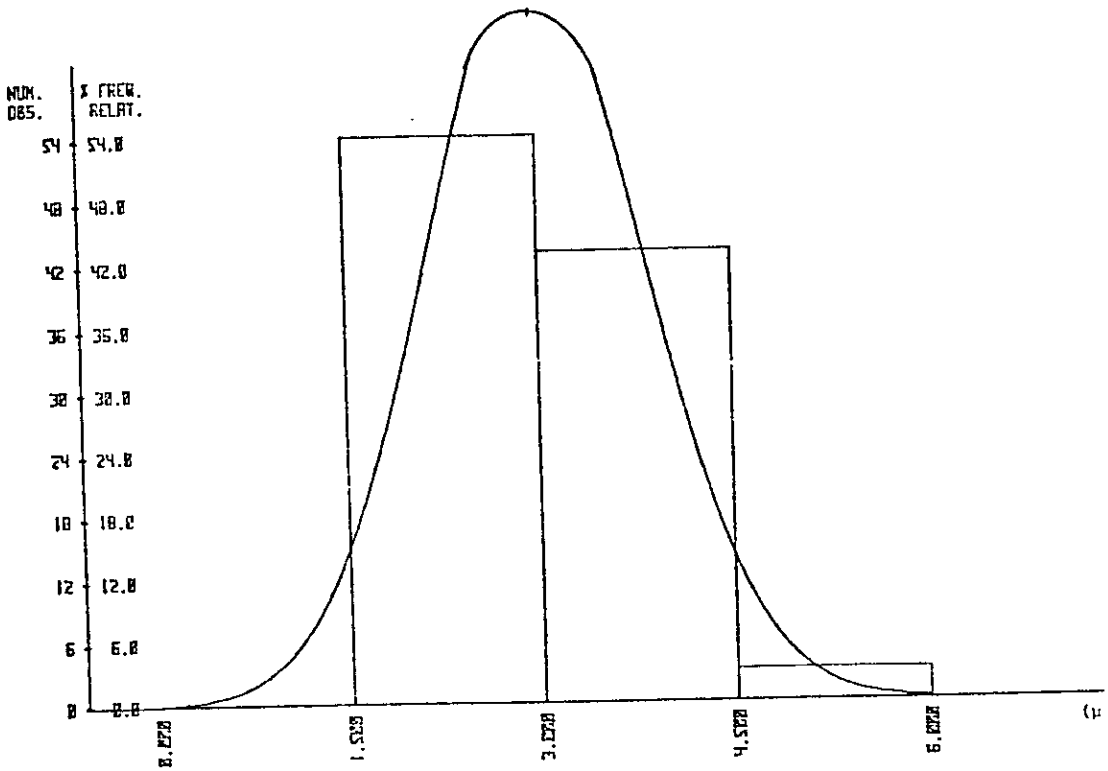

FIGURA 39 - Distribuição por classe de freqüência de espessura da parede de fibras, para *Eucalyptus andrewsii*.

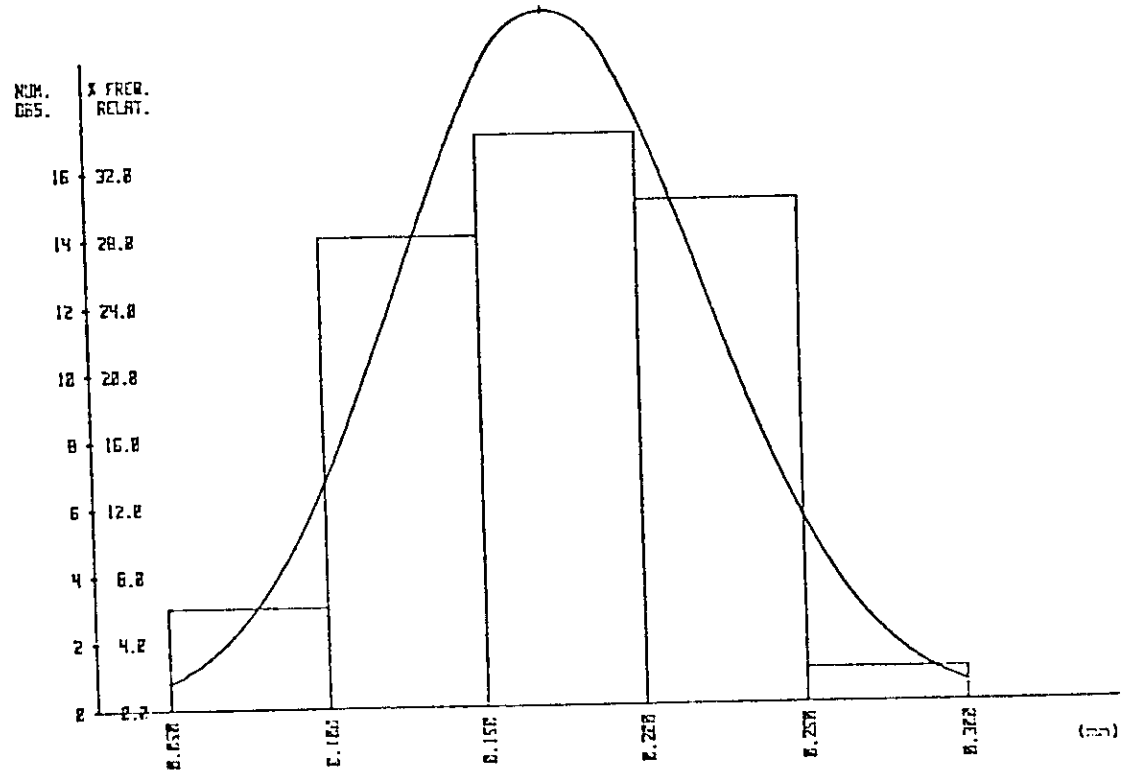

FIGURA 40 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus saligna*.

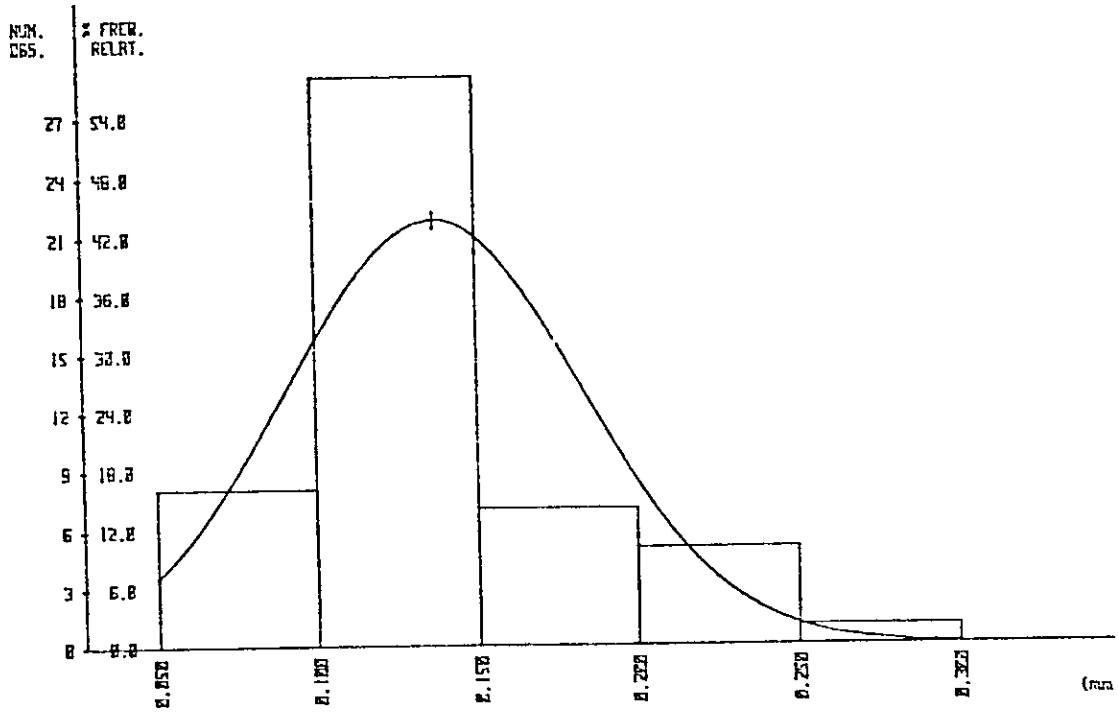

FIGURA 41 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus urophylla*.

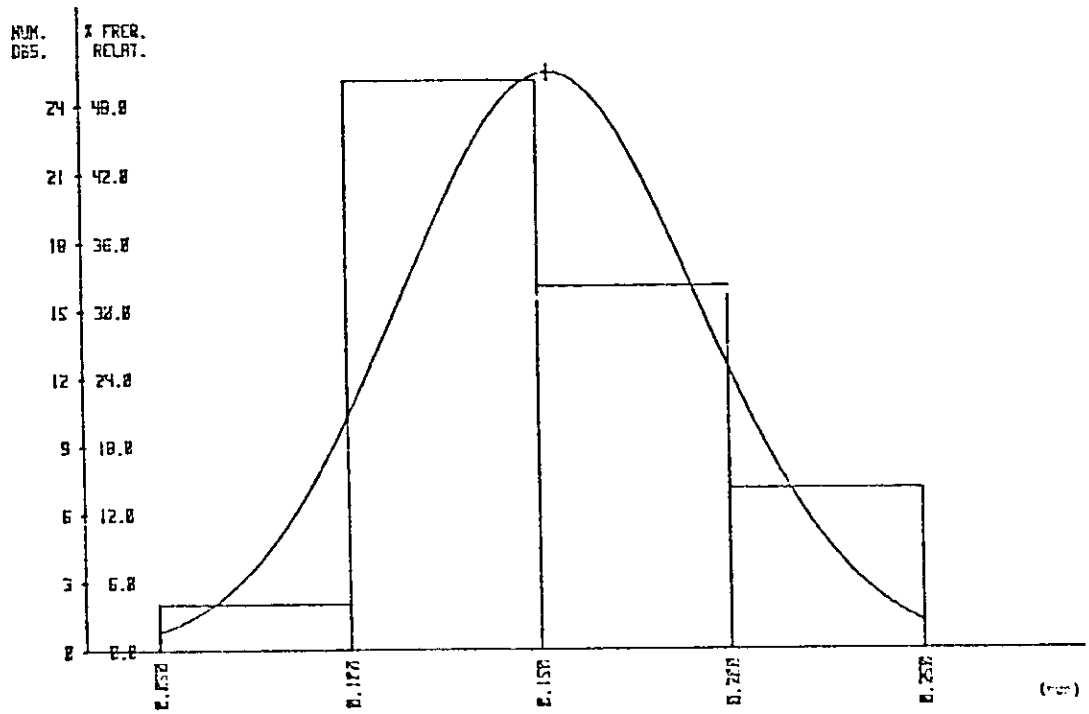

FIGURA 42 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus grandis*.

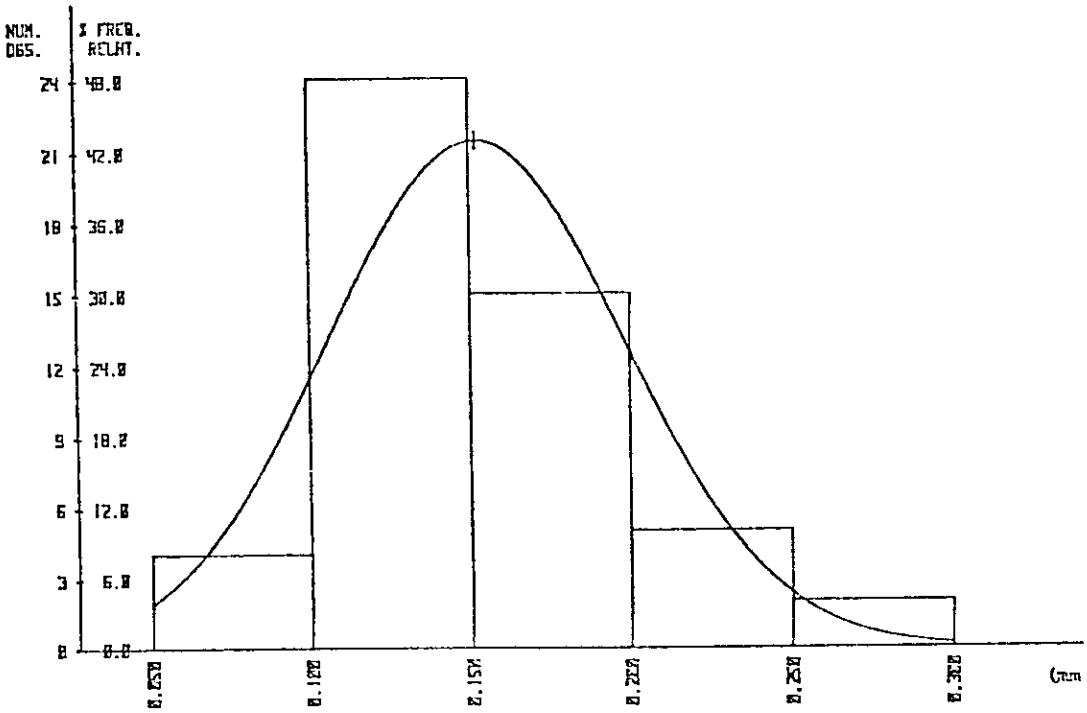

FIGURA 43 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus microcorys*.

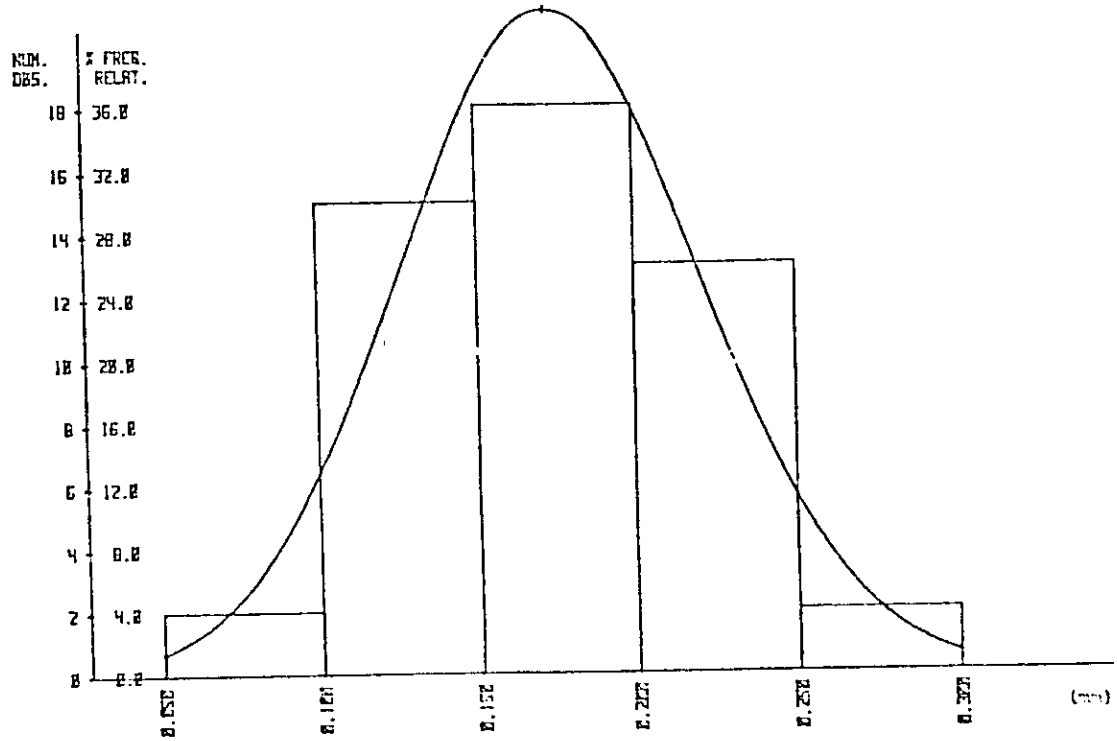

FIGURA 44 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus camaldulensis*.

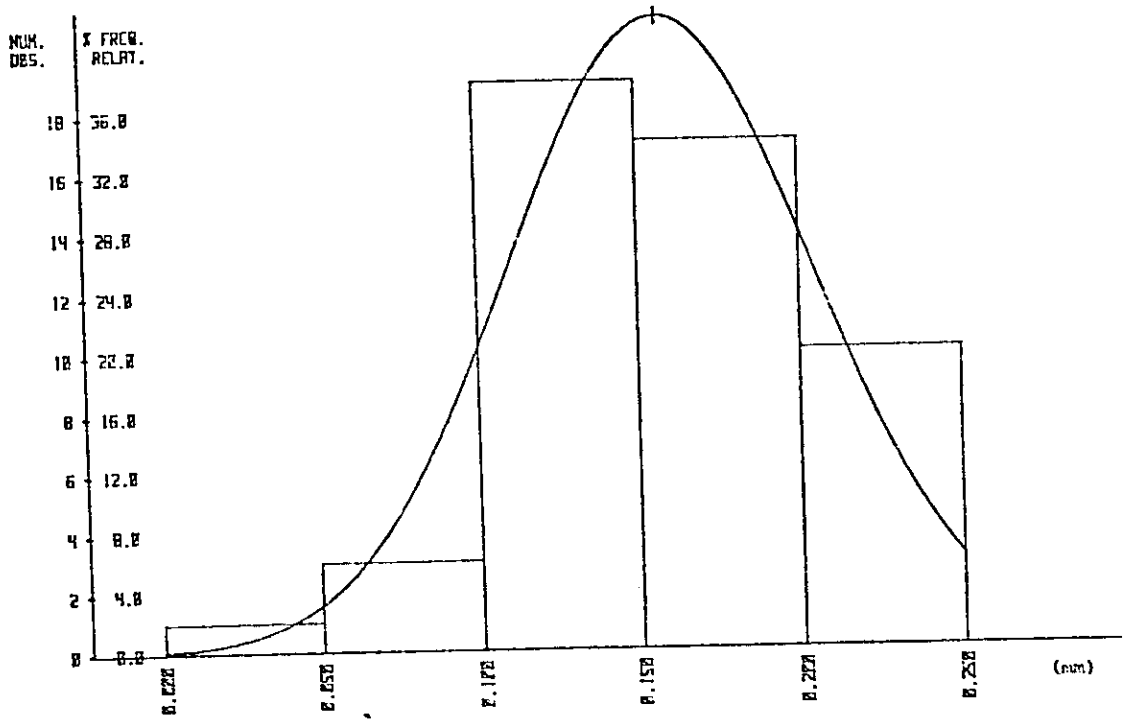

FIGURA 45 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus tereticornis*.

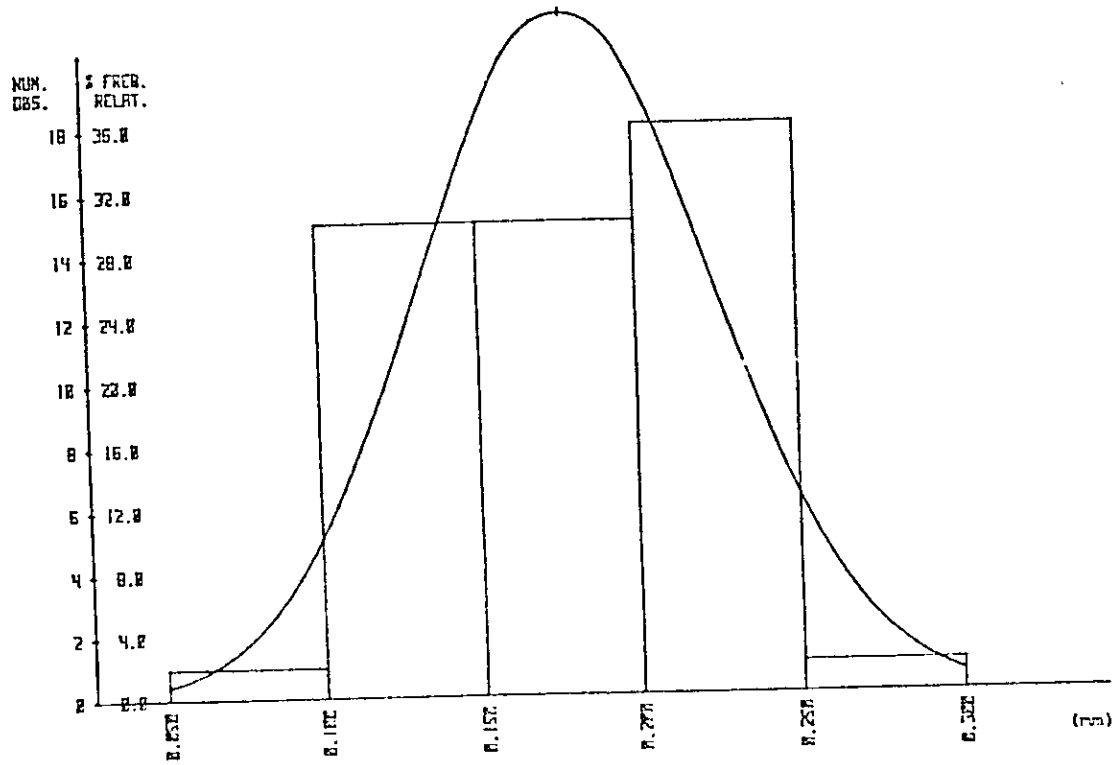

FIGURA 46 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus pilularis*.

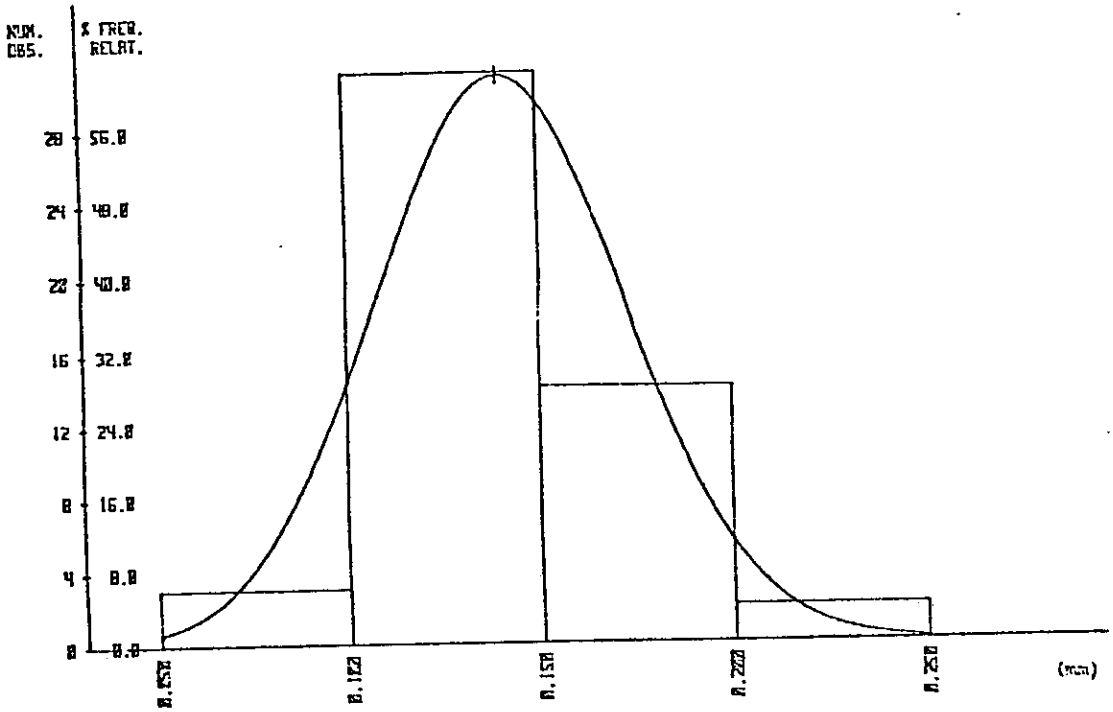

FIGURA 47 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus cloeziana*.

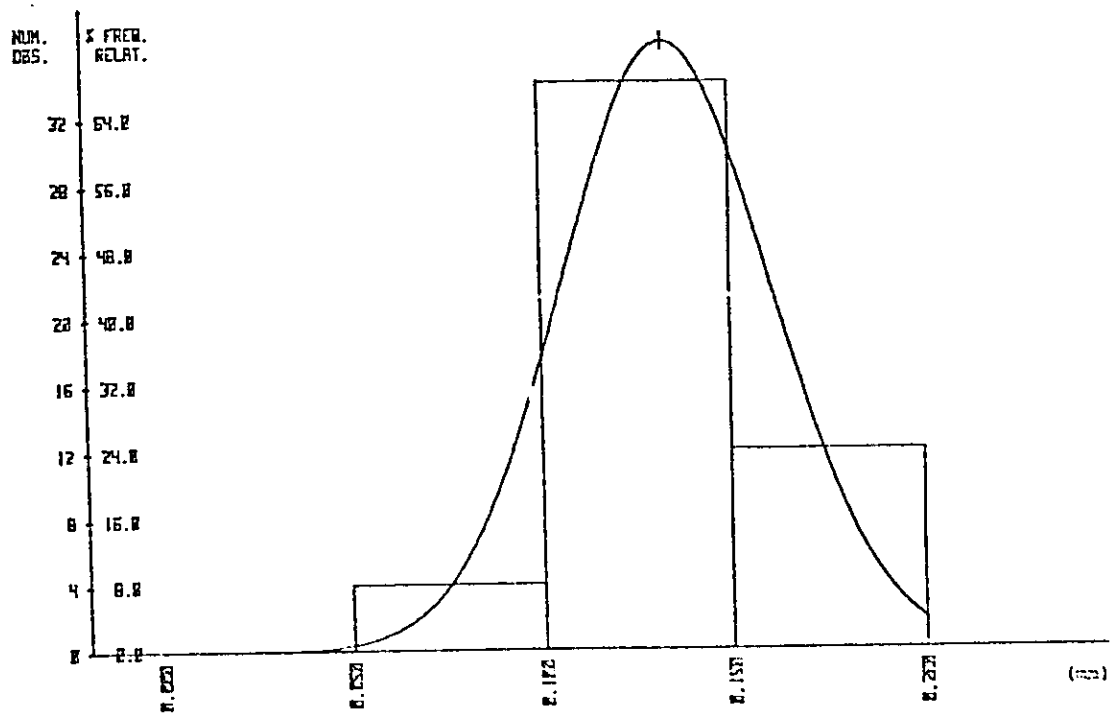

FIGURA 48 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus propinqua*.

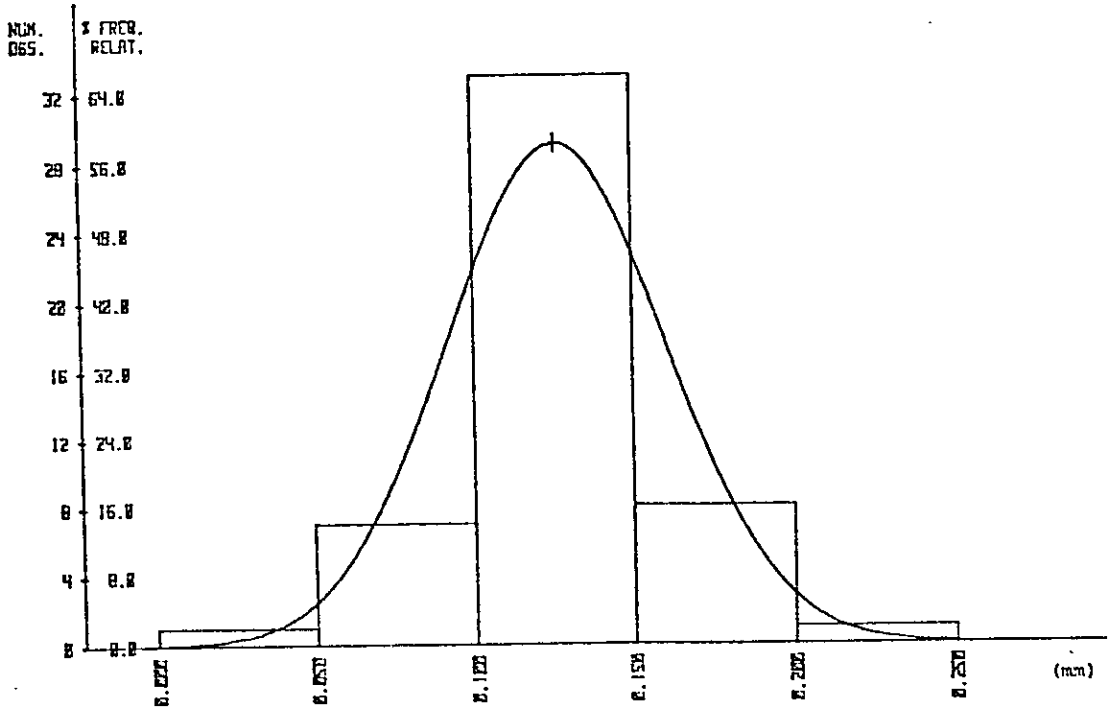

FIGURA 49 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus pellita*.

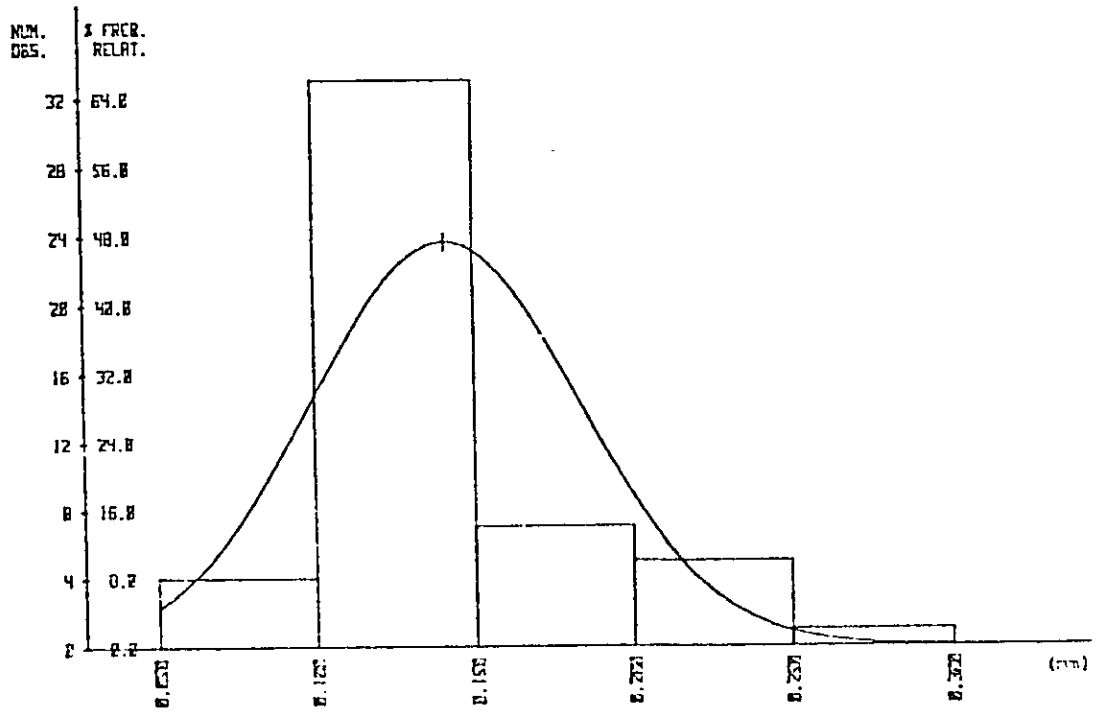

FIGURA 50 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus deanei*.

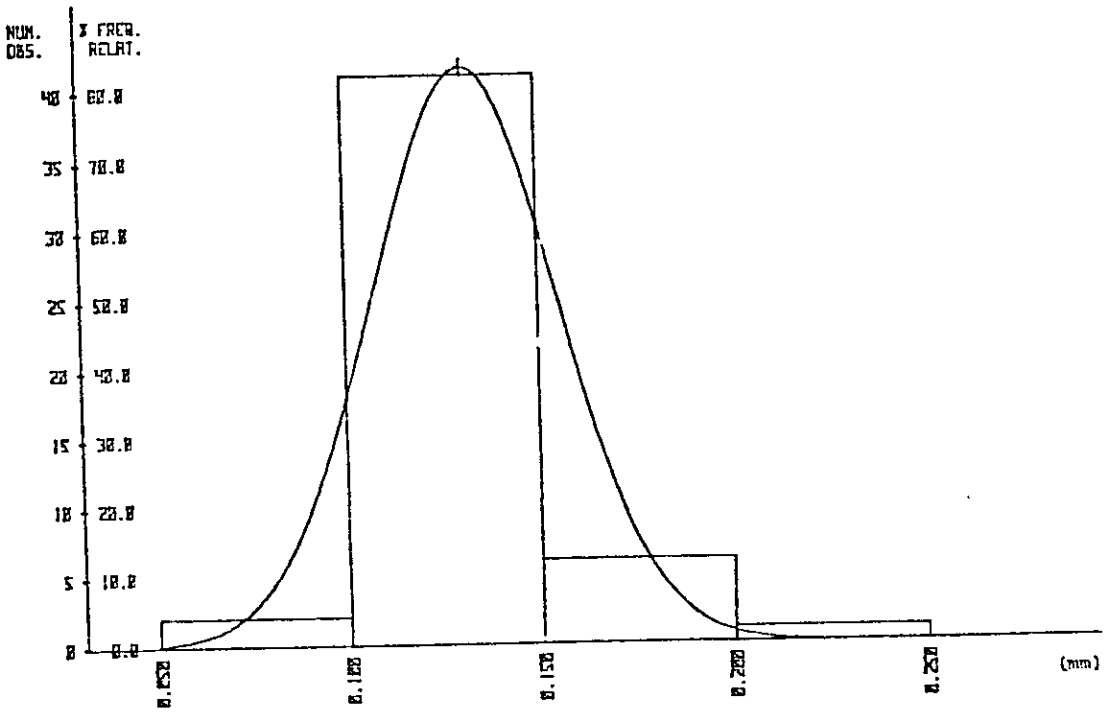

FIGURA 51 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus quadrangulata*.

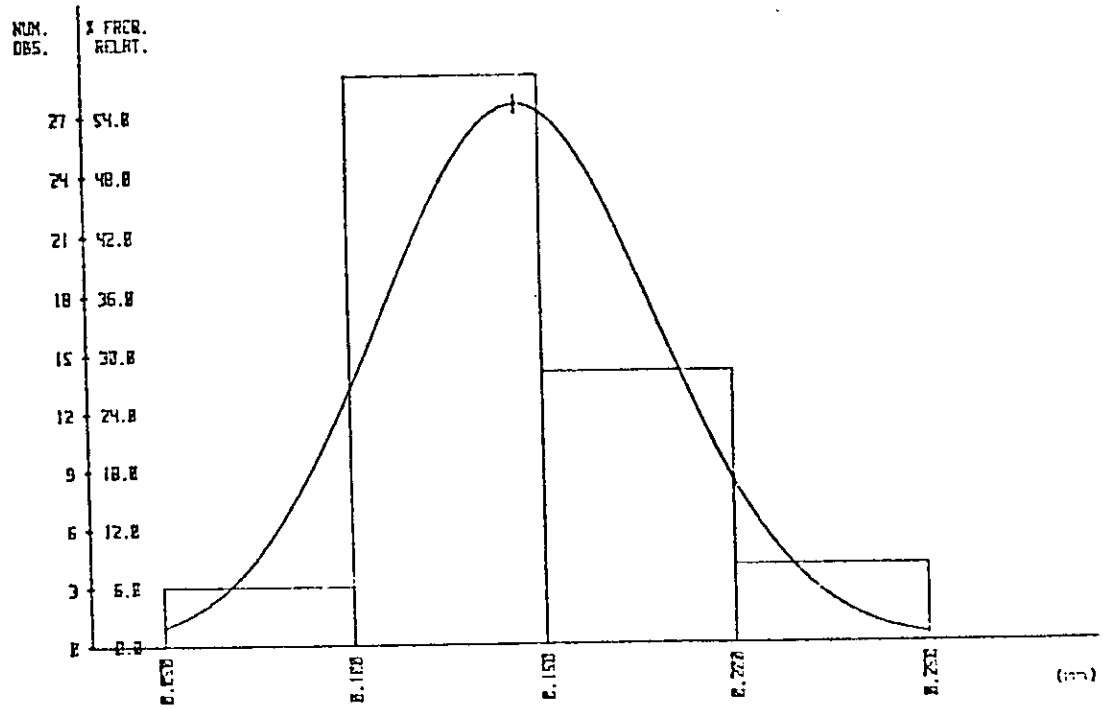

FIGURA 52 - Distribuição por classe de freqüência de largura de vasos, para *Eucalyptus andrewsii*.

FOELKEL et alii (21) salientaram a importância de uma série de parâmetros de qualidade da madeira para a obtenção de celulose de alto rendimento, pequeno consumo específico de madeira e polpas de boas qualidades físico-mecânicas. De acordo com as pesquisas realizadas pelos autores, a obtenção de celulose de alto rendimento e baixo consumo específico de madeira pode ser conseguida a partir do aumento das seguintes propriedades: espessura média das paredes das fibras, densidade básica da madeira e proporção de fibras de paredes espessas, relativamente às de paredes delgadas.

Entretanto, o aumento dos valores de tais características da madeira prejudicaria as propriedades de resistência ao estouro, resistência ao dobramento e elongação, além de contribuir para a diminuição da densidade aparente das folhas do papel, o que é desejável para o eucalipto.

Uma solução para compensar a perda de qualidade da celulose pelo aumento dos valores das características mencionadas seria o aumento paralelo da proporção relativa de fibras longas e do índice de enfeltramento. O aumento do comprimento da fibra do eucalipto, além de propiciar um aumento na resistência ao rasgo da celulose, provocaria um aumento desejável no índice de enfeltramento e concorreria para que a relação comprimento/espessura da parede não diminuísse ou se elevasse, uma vez que o objetivo é aumentar a espessura da parede e a densidade básica da madeira.

Com base nesses conhecimentos, a freqüência das dimensões de fibras das treze espécies, a princípio, deveriam dar uma idéia das espécies cujas características morfológicas das fibras mais se aproximariam da qualidade ideal.

Sabe-se que a presença de vasos em folhosas pode ser prejudicial à obtenção de papéis de impressão a partir de sua madeira, porquanto os elementos de vasos tendem a se levantar da superfície da folha durante a operação da impressão. Por esse motivo, a apresentação das freqüências das dimensões dos vasos for

nece informações a respeito da sua influência na qualidade superficial do papel que vai ser produzido.

A madeira de E. cloeziana apresentou a maior percentagem de fibras com espessura acima de 4,5um, embora, depois de E. pellita e E. microcorys, tenha apresentado menor percentagem de fibras com espessura abaixo de 3um. Com relação à distribuição do comprimento das fibras, foi também uma das que mais se destacou, e, com exceção de E. deanei foi a sua madeira que apresentou maior percentagem de fibras com comprimento acima de 1,0mm. Um aspecto importante da madeira dessa espécie foi a distribuição da largura dos vasos, visto que apresentou baixa percentagem de vasos com dimensões acima de 0,15mm.

Situação semelhante ocorreu com a madeira de E. microcorys, que foi a segunda com maior percentagem de fibras com espessura da parede acima de 4,5um. Juntamente com E. pellita, apresentou menores percentagens de fibras com espessura abaixo de 3um. Com relação à distribuição de comprimento das fibras, essa espécie caracterizou-se pela elevada percentagem de fibras com comprimento acima de 0,75mm. Uma característica negativa da madeira dessa espécie, com referência à produção de papéis para impressão, foi o elevado número de vasos com largura acima de 0,15mm.

A madeira de E. urophylla apresentou a terceira maior percentagem de fibras com espessura da parede acima de 4,5um. Entretanto, com relação ao comprimento das fibras, pode-se afirmar que foi uma das que sobressaiu menos.

A madeira de E. quadrangulata foi a quarta a apresentar maior percentagem de fibras com espessura da parede superior a 4,5um, e a terceira a apresentar maior percentagem de fibras com comprimento acima de 1mm. Com relação à distribuição das dimensões dos vasos, foi a que apresentou maior percentagem de vasos com dimensões inferiores a 0,15 mm:

A madeira de E. pilularis, embora tenha apresentado a quinta maior percentagem de fibras com espessura da parede acima de 4,5um, foi uma das que apresentou pequena percentagem de fibras com comprimento superior a 1mm. Um aspecto negativo dessa espécie, com referência à produção de papéis para impressão, foi o elevado número de vasos com larguras acima de 0,15mm.

A madeira de E. propinqua apresentou uma distribuição percentual de espessura da parede de fibras semelhantes à encontradas para E. pilularis. Entretanto, apresentou a menor percentagem de fibras com comprimento superior a 1,0mm. Com relação à distribuição percentual das dimensões dos vasos, apresentou pequeno número de vasos com largura superior a 0,15mm.

A madeira de E. pellita caracterizou-se pela maior percentagem de fibras com espessura da parede superior a 3um. Para comprimento de fibra foi a que apresentou menor percentagem de fibras com comprimento superior a 0,75mm. A distribuição percentual para dimensões de vasos mostrou elevada percentagem de vasos com dimensões inferiores a 0,15mm.

A madeira de E. deanei, embora não tenha apresentado valores elevados de percentagem de fibras com espessura da parede superior a 4,5um, apresentou a maior percentagem de fibras com comprimentos superiores a 1,0mm.

A madeira de E. tereticornis apresentou pequena percentagem de fibras com espessura superior a 4,5um. Para comprimento de fibras, também apresentou baixa percentagem de fibras com comprimento superior a 1,0mm.

Situação semelhante ocorreu com a madeira de E. camaldulensis, que se caracterizou pela pequena percentagem de fibras com espessura e comprimento inferiores, 4,5um e 1,0mm, respectivamente.

As madeiras de E. saligna, E. grandis e E. andrewsii, apresentaram baixas percentagens de fibras com espessuras superiores a 4,5um, quando comapradas às demais espécies. Com rela-

ção à distribuição percentual dos comprimentos das fibras, E. grandis e E. saligna podem ser enquadrados entre as cinco espécies de maiores percentagens de fibras com comprimento superior a 1,0mm. E. andrewsii foi a sétima a apresentar maior percentagem de fibras com comprimento superior a 1,0mm. Essas três espécies, quando comparadas às demais, apresentaram percentagens intermediárias de vasos com dimensões superiores a 0,15mm.

4.2.2. Relações entre as dimensões fundamentais das fibras.

Os resultados referentes às relações entre as dimensões fundamentais das fibras encontram-se no Quadro 9.

E. urophylla apresentou o menor índice de enfeltramento (33,84%), enquanto o E. deanei apresentou o maior índice de enfeltramento (53, 59%).

Algumas citações, em literaturas especializadas, afirmam que o índice de enfeltramento não tem amplo espectro de variação, pelo fato de as fibras mais longas serem também as mais largas. Outras referências relacionam essa propriedade como a resistência ao rasgo e ao arrebentamento.

Fibras que apresentam baixos índices de Runkel e frações paredes e altos coeficientes de flexibilidade mostram-se flexíveis na formação do papel, favorecendo as propriedades que dependem da sua interligação (resistência à tração e ao arrebentamento) e prejudicando a resistência ao rasgo. As madeiras de E. grandis, E. andrewsii e E. saligna caracterizaram-se pelos menores índices de Runkel e frações paredes e pelos maiores coeficientes de flexibilidade. O E. quadrangulata, o E. microcorys, e o E. pellita mostraram propriedades inversas às dessas três madeiras. Certamente, essas características morfológicas deverão ocasionar diferenças nas propriedades das celuloses obtidas dessas madeiras.

QUADRO 9 - Relações entre as Dimensões Fundamentais das Fibras

ESPÉCIES	RELAÇÕES			
	Índice de entrelaçamento	Coeficiente de flexibilidade (%)	Fração parede (%)	Índice de Runkel
E. saligna	40,03	71,10	28,94	0,407
E. urophylla	33,84	66,94	33,02	0,493
E. grandis	40,18	72,71	27,29	0,375
E. microcorys	45,43	58,77	41,20	0,701
E. camaldulensis	46,47	61,45	38,57	0,628
E. tereticornis	47,37	61,15	38,85	0,63[illegible]
E. pilularis	35,51	67,81	32,36	0,477
E. cloeziana	38,91	66,04	33,90	0,513
E. propinqua	38,25	63,86	36,11	0,565
E. pellita	39,03	58,83	41,19	0,700
E. deanei	53,59	57,77	40,19	0,672
E. quadrangulata	52,89	55,02	44,37	0,730
E. andrewsii	39,15	72,43	27,58	0,380

4. 4.3. Densidade Básica e Análises Químicas das Madeiras

Os resultados referentes à densidade básica das madeiras, expressa em g/cm^3, solubilidade das madeiras em água fria, água quente, álcool-benzeno e NaOH 1%, expressa em percentagem, teores de pentosanas, lignina e holocelulose, expressos em percentagem, e respectivas análises estatísticas encontram-se nos Quadros 10 e 11.

Os dados apresentados no Quadro 10 revelam diferenças bem acentuadas de densidade básica entre as espécies estudadas. Algumas mostraram densidade tipicamente elevadas em idade ainda jovem: foi o caso de E. cloeziana, E. microcorys, E. pellita e E. quadrangulata, cuja densidade básica variou de 0,563 a 0,626 g/cm^3. Um aspecto positivo dessas espécies é que as madeiras de densidade elevada normalmente produzem papel de maior resistência ao rasgo, maior volume específico aparente e, conseqüentemente, maior opacidade. Como a maior densidade está associada a maior espessura de parede, maior índice de Runkel e menor coeficiente de flexibilidade, o papel apresenta menor resistência à tração, ao arrebentamento e ao dobramento. Entretanto, dentro do gênero Eucalyptus, a densidade deve ser usada com cautela como critério de qualidade da madeira, porque, embora a densidade básica esteja associada com a espessura da parede da fibra, há outros fatores que a influenciam, como os tipos e as proporções dos elementos anatômicos e o teor de materiais não-estruturais, como extrativos e tiloses.

Densidades médias, entre 0,456 e 0,499 g/cm^3 foram encontradas para E. urophylla, E. pilularis, E. grandis, E. tereticornis e E. andrewsii.

Segundo CASTRO (12), madeiras de menor densidade podem ter como efeitos negativos o maior custo de exploração por tonelada de madeira e o maior consumo de madeira por tonelada de celulose. No entanto, pode-se observar mediante comparação dos

QUADRO 10 - Densidade Básica e Análises Químicas das Madeiras

Parâmetros / Espécies	Densidade Básica (g/cm^3)	Solubilidade das Madeiras em:				Teor de:		
		Água fria (%)	Água quente (%)	Álcool-benzeno (%)	NaOH 1% (%)	Pentosanas (%)	Lignina (%)	Holocelulose (%)
E. saligna	0,508 b	1,52 c	3,34 e	2,31 fg	16,45 f	18,81 de	26,80 bcd	72,58 ab
E. urophylla	0,456 a	2,70 g	3,00 d	2,18 e	16,73 f	18,37 cd	26,81 bcd	74,10 ab
E. grandis	0,458 a	2,42 e	3,00 d	2,04 d	15,57 de	18,39 cd	23,38 a	74,72 b
E. microcorys	0,590 f	2,88 h	3,40 e	2,19 e	15,30 d	18,29 cd	26,50 bc	74,83 b
E. camaldulensis	0,541 d	1,64 d	3,65 f	2,40 gh	13,92 b	18,14 c	29,21 e	70,95 a
E. tereticornis	0,497 b	2,72 g	3,90 g	2,73 i	14,02 b	19,06 e	28,14 cde	72,39 ab
E. pilularis	0,456 a	1,66 d	3,41 e	1,47 c	14,87 c	18,46 cd	26,54 bc	70,97 a
E. cloeziana	0,563 e	5,03 j	5,97 i	2,47 h	19,43 g	17,19 b	28,38 de	72,73 ab
E. propinqua	0,546 d	3,59 i	4,82 h	2,28 ef	15,77 e	17,24 b	28,03 cde	72,27 ab
E. pellita	0,602 f	0,75 b	1,66 a	1,29 b	11,88 a	15,27 a	27,63 bcde	72,78 ab
E. deanei	0,525 c	2,57 f	2,96 cd	2,74 i	16,41 f	19,03 e	27,22 bcd	71,76 ab
E. quadrangulata	0,626 g	1,64 d	2,84 c	1,16 a	16,62 f	21,90 f	22,41 a	75,21 b
E. andrewsii	0,499 b	0,56 a	2,21 b	1,15 a	11,52 a	18,26 cd	26,00 b	74,43 ab

Na mesma coluna, médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tuckey, ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO II - Análise da Variância da Densidade Básica e Análise Química das Madeiras

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios							
		Densidade básica	Água fria	Água quente	Álcool benzeno	NaOH 1%	Pentosana	Lignina	Holocelulose
Espécies	12	0,009579**	4,3020**	3,5555**	0,9792**	13,3259**	6,4795**	11,0313**	6,3666**
Resíduo	26	0,000012	0,0010	0,0016	0,0009	0,0134	0,0248	0,2453	1,0538
Total	38	0,009591	4,3030	3,5571	0,9801	13,3393	6,5043	11,2766	7,4204

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Quadros 7 e 10, que as espécies de eucalipto que apresentaram menor densidade também apresentaram incrementos médios anuais muito superiores aos das espécies de maior densidade.

E. saligna, E. deanei, E. camaldulensis e E. propinqua mostraram densidades intermediárias entre média e alta, de 0,508 a 0,545 g/cm^3.

A análise da variância dos resultados de densidade das madeiras, apresentada no Quadro 11, mostrou que havia diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

Procurou-se discriminar, no texto, as diferenças significativas entre as espécies, quando ocorriam, considerando cada uma isoladamente. Para a identificação, na comparação de duas espécies, se o resultado médio de terminada propriedade da primeira espécie era significativamente maior ou menor que o da segunda, usavam-se as convenções (-) e (+), respectivamente. Por exemplo, ao mencionar que E. saligna (densidade básica média = = 0,508 g/cm^3) diferia significativamente, ao nível de 1% de probabilidade, de E. grandis (densidade básica média = 0,458 g/cm^3), apresentava-se E. grandis (-). Essa convenção foi utilizada ao longo de todo o trabalho, para todas as propriedades analisadas.

Não se observaram diferenças significativas entre as densidades básicas médias de E. urophylla, E. pilularis e E. grandis. No entanto, essas espécies diferiram significativamente das demais.

Não houve diferenças significativas entre as densidades básicas médias de E. tereticornis, E. andrewsii e E. saligna, que, entretanto, diferiram significativamente das demais espécies.

A densidade básica média de E. deanei diferiu significamente da das demais espécies estudadas.

Não houve diferenças significativas entre as densidades básicas médias de E. camaldulensis e E. propinqua, que, no entanto, diferiram significativamente das demais espécies.

A densidade básica de E. cloeziana diferiu significativamente da das demais espécies.

As densidades básicas médias de E. microcorys e E. pellita não apresentaram diferenças significativas entre si, entretanto, diferiram significativamente das demais espécies.

A densidade básica média de E. quadrangulata diferiu significativamente da das demais espécies.

Embora se saiba que algumas hemiceluloses podem ser solubilizadas em água, o tratamento da madeira com esse solvente, para a maioria dos pesquisadores, indica os teores de extrativos facilmente removíveis existentes na madeira. O conhecimento das quantidades de extrativos na constituição química da madeira é de fundamental importância para a produção de celulose e papel, em razão, principalmente de:

a - gasto de reagente químico;

b - perda de rendimento;

c - inibição de reações;

d - incrustação de materiais na polpa e nos equipamentos;

e - corrosão;

g - dificuldade no branqueamento;

g - possibilidade de produção de subprodutos valiosos.

O tratamento da madeira com água a frio visa a determinar açúcares, amido, gomas, substâncias pécticas, mucilagens, taninos (uma parte) e pigmentos coloridos (uma parte).

Os resultados apresentados no Quadro 10 permitem observar que a solubilidade das madeiras em água fria ficou dentro dos padrões normais para as espécies nas idades ensaiadas, com exceção do E. cloeziana, que se caracterizou pela elevada per-

centagem de substâncias solubilizadas. Valores relativamente baixos foram encontrados para E. andrewsii, E. pellita, E. saligna, E. camaldulensis, E. quadrangulata e E. pilularis, que apresentaram teores de substâncias solúveis variáveis, de 0,56% a 1,66%. E. grandis, E. deanei, E. urophylla, E. tereticornis e E. microcorys mostraram teores de substâncias solubilizadas dentro da faixa de 2,42% a 2,88%.

E. propinqua e E. cloeziana apresentaram teores de substâncias solubilizadas iguais a 3,59% e 5,03%.

A análise da variância dos resultados de solubilidade das madeiras em água fria, apresentada no Quadro II, revelou que havia diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade.

A determinação da diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, mostrou que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. andrewsii, E. pellita, E. saligna, E. grandis, E. deanei, E. microcorys, E. propinqua e E. cloeziana diferiram significativamente entre si.

As referidas espécies também diferiram significativamente das demais.

Não houve diferença significativa entre E. camaldulensis, E. quadrangulata e E. pilularis, que, porém, diferiram significativamente das demais espécies. E. urophylla e E. tereticornis não apresentaram diferenças significativas entre si, no entanto, diferiram estatisticamente das demais espécies.

O tratamento da madeira com água quente visa a determinar, com maior intensidade de remoção, os mesmos extrativos possíveis de solubilização com o tratamento com água fria. Entretanto, quando se efetua a solubilização da madeira com água quente, em geral se hidrolisa também uma fração dos polissacarídios, sobretudo hemiceluloses. Ocorre a formação de ácido acético pela hidrólise dos grupos acetil das hemiceluloses, o que propicia a

hidrólise da cadeia, e resulta, geralmente, em percentagens de material solubilizado superiores às obtidas com o tratamento com água fria.

Com base nos resultados do Quadro 10, pode-se observar que a solubilidade das madeiras em água quente ficou dentro dos padrões previstos. Todas as espécies apresentaram teores de madeira solubilizada em água quente superiores aos teores obtidos com o tratamento com água fria. E. cloeziana destacou-se dos demais pela elevada percentagem de madeira solubilizada em água quente.

E. pellita, E. andrewsii, E. quadrangulata e E. deanei apresentaram as menores percentagens de madeira solubilizada em água quente, com teores de 1,66% a 2,96%. Teores de 3,00 a 3,90% foram anotados para E. grandis, E. urophylla, E. saligna, E. microcorys, E. pilularis, E. camaldulensis e E. tereticornis. E. propinqua e E. cloeziana apresentaram teores de madeira solubilizada iguais a 4,82% e 5,97%, respectivamente.

A análise de variância dos resultados de solubilidade das madeiras em água quente, apresentada no Quadro 11, mostrou que havia diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade.

Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. pellita, E. andrewsii, E. camaldulensis, E. tereticornis, E. propinqua e E. cloeziana diferiram significativamente entre si, bem como das demais espécies.

E. quadrangulata diferiu significativamente, ao nível de 1% de todas as espécies à exceção de E. deanei.

E. deanei, E. grandis e E. urophylla não apresentaram diferenças significativas entre si.

E. saligna, E. microcorys e E. pilularis também não diferiram estatisticamente entre si.

O tratamento das madeiras com solvente álcool-benzeno visa a solubilizar ceras, graxas, resinas, polifenóis e parte dos compostos solúveis em água. Os resultados apresentados no Quadro 10 estão dentro dos padrões normais para as espécies, nas idades consideradas.

E. andrewsii, E. quadrangulata, E. pellita e E. pilularis, apresentaram teores de substâncias solúveis em álcool-benzeno, em percentagem, de 1,15% a 1,47%. Por outro lado, teores de 2,04% a 2,74% foram encontrados para E. grandis, E. urophylla, E. microcorys, E. propinqua, E. saligna, E. camaldulensis, E. cloeziana, E. tereticornis e E. deanei. E. andrewsii apresentou o mais baixo teor de madeira solubilizada em álcool-benzeno, enquanto o E. deanei apresentou o mais alto.

A análise de variância dos resultados de solubilidade das madeiras em álcool-benzeno, apresentada no Quadro 11, revelou a existência de diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade.

Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, verificou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. andrewsii e E. quadrangulata não apresentaram diferença significativa entre si, porém diferiram estatisticamente das demais espécies.

E. pellita, E. pilularis e E. grandis diferiram significativamente entre si, assim como das demais espécies. Não houve diferença significativa entre E. tereticornis e E. deanei que, porém, diferiram significativamente das demais espécies.

Não houve diferenças significativas entre E. urophylla, E. microcorys e E. propinqua, nem E. propinqua e E. saligna, E. saligna e E. camaldulensis, E. camaldulensis e E. cloeziana.

A determinação da solubilidade da madeira em NaOH 1% é normalmente associada ao teor de hemiceluloses e ao grau de ataque da madeira por fungos ou outros agentes de deterioração. O

material removido da madeira por solução a quente de NaOH 1% inclui, além da parte de extrativos, carboidratos de baixo grau de polimerização. A realização dessa análise é importante no estudo da madeira para a produção de celulose e papel, em razão, principalmente, da idéia que se obtém, por meio dos resultados, dos teores de hemiceluloses que serão removidos da madeira por ocasião do cozimento.

Os resultados do Quadro 10 mostram que os teores de material removido da madeira por solução de NaOH 1% estão dentro dos padrões normais para as espécies, nas idades ensaiadas, com exceção do E. cloeziana, que apresentou valor superior ao encontrado por Barrichelo e Brito (5).

E. andrewsii apresentou a mais baixa percentagem de material removido por NaOH 1%, enquanto E. cloeziana apresentou o mais alto. E. andrewsii, E. pellita, E. camaldulensis apresentaram percentagens de material removido de 11,52% até 13,92%. Valores de 14,02% a 15% foram encontrados em E. tereticornis, E. pilularis, E. microcorys, E. grandis e E. propinqua. Valores relativamente altos foram apresentados por E. deanei, E. saligna, E. quadrangulata, E. urophylla e E. cloeziana, de 16,41% a 19,43%.

A análise de variância dos resultados de solubilidade da madeira em NaOH 1%, apresentada no Quadro 11, revelou que havia diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade.

A determinação da diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, mostrou que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si. E. andrewsii e E. pellita não apresentaram diferenças significativas entre si, entretanto, diferiram significativamente das demais espécies.

Situação semelhante ocorreu com E. camaldulensis e E. tereticornis.

E. pilularis e E. cloeziana (+) diferiram significativamente entre si, assim como das demais espécies.

Não apresentaram diferenças significativas entre si E. microcorys e E. grandis, E. grandis e E. propinqua, que diferiram, porém, significativamente de E. microcorys e E. propinqua (+).

E. deanei, E. saligna, E. quadrangulata e E. urophylla não apresentaram diferenças significativas entre si, porém diferiram significativamente das demais espécies.

O termo pentosana é aplicado às hemiceluloses cujas unidades monoméricas têm apenas 5 carbonos. São polissacarídios não-celulósicos presentes na madeira e consistem principalmente, em xilanas e arabanas. Essas duas substâncias contribuem com maior percentagem para a constituição das hemiceluloses das folhosas.

Por esse motivo, a determinação do teor de pentosanas na madeira de folhosas tem sido de grande valia para a obtenção de uma estimativa do teor de hemicelulose.

Sabe-se que as hemiceluloses são constituintes desejáveis nas celuloses, aumentando o rendimento e apresentando efeitos benéficos na ligação interfibras e na resistência da celulose. Em virtude de suas qualidades desejáveis, a maior parte dos processos de obtenção de celulose procura remover o mínimo possível de hemiceluloses.

Numa análise geral dos resultados do Quadro 10, observou-se elevado teor de pentosanas nas espécies ensaiadas.

A madeira de E. pellita caracterizou-se pelo menor valor (15,27%), enquanto E. quadrangulata apresentou o maior percentual (21,90%). E. cloeziana e E. propinqua mostraram valores aproximados, 17,1% e 17,24%, respectivamente.

Valores de 18,14% a 18,81% foram apresentados por E. camaldulensis, E. andrewsii, E. microcorys, E. urophylla, E. grandis, E. pilularis e E. saligna.

E. deanei e E. tereticornis apresentaram valores relativamente altos, 19,03% e 19,0%, respectivamente.

Provavelmente, esses elevados teores de pentosanas nas madeiras propiciarão a obtenção de celuloses com alta capacidade de ligação interfibras.

A interpretação estatística dos resultados referentes aos teores de pentosanas nas madeiras revelou que havia diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade.

Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, verificou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. pellita e E. quadrangulata (+) diferiram significativamente entre si, assim como das demais espécies.

Não houve diferença significativa entre E. cloeziana e E. propinqua, que, porém, se diferenciaram significativamente das demais espécies.

Não houve diferenças significativas entre E. camaldulensis, E. andrewsii, E. microcorys, E. urophylla, E. grandis e E. pilularis, ao passo que, à exceção de E. camaldulensis, as citadas no parágrafo anterior não diferiram significativamente de E. saligna.

Não houve diferença significativa entre E. saligna, E. deanei e E. tereticornis.

As demais relações não mencionadas diferenciaram-se significativamente.

A lignina é um constituinte considerado indesejável para a produção de celuloses químicas. As operações de cozimento e branqueamento visam a remover a maior parte possível, sem causar dano apreciável às fibras.

Entretanto, a existência de um residual ótimo de lignina na pasta não-branqueada concorre para que a fibra se torne mais rígida, o que resulta em celuloses com boas propriedades de resistência. Por outro lado, madeiras com alto teor de lignina, normalmente, exigem maior carga de produtos químicos para su-

deslignificação.

Com referência aos resultados dos teores de lignina, apresentados no Quadro 10, pode-se observar que as espécies ensaiadas apresentaram altos valores, com exceção das madeiras de E. quadrangulata e E. grandis, com 22,41% e 23,38%, respectivamente. A madeira de E. camaldulensis caracterizou-se pelo mais alto teor de lignina (29,21%). Valores intermediários, de 26,00% a 26,81%, foram encontrados para E. andrewsii, E. microcorys, E. pilularis, E. saligna e E. urophylla.

E. deanei, E. pellita, E. propinqua, E. tereticornis e E. cloeziana apresentaram valores relativamente altos, que variaram de 27,22% a 28,38%.

A análise de variância apresentada no Quadro 11, mostrou que havia diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade.

A determinação da diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, revelou que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

Observou-se que não houve diferença estatística entre E. quadrangulata e E. grandis, que diferiram estatisticamente das demais espécies.

E. andrewsii diferiu significativamente de E. quadrangulata (-), E. grandis (-), E. propinqua (+), E. tereticornis (+), E. cloeziana (+) e E. camaldulensis (+).

E. microcorys diferiu significativamente de E. quadrangulata (-), E. grandis (-), E. cloeziana (+) e E. camaldulensis (+).

E. pilularis diferiu significativamente de E. quadrangulata (-), E. grandis (-), E. cloeziana (+) e E. camaldulensis (+).

E. saligna diferiu significativamente de E. quadrangulata (-), E. grandis (-) e E. camaldulensis (+).

E. urophylla diferiu significativamente de E. quadrangulata (-), E. grandis (-) e E. camaldulensis (+).

E. deanei diferiu significativamente de E. quadrangulata (-), E. grandis (-) e E. camaldulensis (+).

E. pellita diferiu significativament de E. quadrangulata (-) e E. grandis (-).

E. propinqua diferiu significativamente de E. quadrangulata (-), E. grandis (-) e E. andrewsii (-).

E. tereticornis diferiu significativamente de E. quadrangulata (-), E. grandis (-) e E. andewsii (-)

E. cloeziana diferiu significativamente de E. quadrangulata (-), E. grandis (-), E. andrewsii (-), E. microcorys (-) e E. pilularis (-).

E. camaldulensis diferiu significativamente de E. quadrangulata (-), E. grandis (-), E. andrewsii (-), E. microcorys (-), E. pilularis (-), E. saligna (-), E. urophylla (-) e E. denaei (-).

O termo holocelulose é aplicado à fração da madeira constituída por celulose de hemicelulose. A celulose é o principal constituinte da polpa, determinando a maioria das propriedades da polpa e do papel. Exerce influência na resistência da fibra individual e nas ligações entre as fibras e, associada com as hemiceluloses, determina as características da pasta celulósica, em termos de rendimento e de resistência.

Em conseqüência dos elevados teores de lignina encontrados nas madeiras ensaiadas, as percentagens de holoceluloses, apresentadas no Quadro 10, podem ser consideradas relativamente baixas. A madeira de E. quadrangulata caracterizou-se pelo maior teor de holoceluloses (75,21%), enquanto a de E. camaldulensis apresentou o menor valor (70,95%). Valores de 70,97% a 72,78% foram encontrados para E. pilularis, E. deanei e E. pellita. As madeiras de E. urophylla, E. andrewsii, E. grandis e E. microcorys apresentaram valores que variaram de 74,10% a 74,83%.

A análise de variância apresentada no Quadro 11 mostrou que havia diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre as espécies ensaiadas. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. camaldulensis diferiu significativamente de E. grandis (+), E. microcorys (+) e E. quadrangulata (+).

E. pilularis diferiu significativamente de E. grandis (+), E. microcornys (+) e E. quadrangulata (+).

E. grandis diferiu significativamente de E. camaldulensis (-) e E. pilularis (-).

E. microcorys diferiu significativamente de E. camaldulensis (-) e E. pilularis (-).

E. quadrangulata diferiu significativamente de E. camaldulensis (-) e E. pilularis (-).

4.4. Resultados Referentes à Deslignificação das Madeiras e Características das Polpas Produzidas

Os resultados referentes a rendimento bruto e depurado em celulose, expresso em percentagem, teores de rejeitos, expressos em percentagens, viscosidade das celuloses, expressa em centipoises, alvura, expressa em percentagem, solubilidade das celuloses em NaOH 5%, 8%, 10% e 18%, expressa em percentagem, e consumo específico de madeira, expresso em m^3 sólido/tonelada de celulose depurada, bem como suas análises estatísticas, encontram-se nos Quadros 12 e 13.

Os resultados referentes ao rendimento em celulose, apresentados no Quadro 12, mostram diferenças marcantes no aspecto econômico.

A madeira de E. tereticornis caracterizou-se pelo menor rendimento bruto, ao passo que, em ordem crescente, E. quadrangulata, E. andrewsii, E. pellita, E. grandis e E. pilularis

apresentaram os redimentos mais altos.

Baixos rendimentos foram também encontrados para E. propinqua, E. cloeziana, E. camaldulensis e E. deanei, os quais variaram de 46,1% a 47,8%. E. urophylla, E. microcorys e E. saligna apresentaram valores acima da média, no intervalo de 48,9% a 49,8%.

A análise de variância apresentada no Quadro 13 mostra que não há diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre as espécies estudadas. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. tereticornis diferiu significativamente das demais espécies.

E. propinqua não diferiu significativamente apenas de E. cloeziana.

E. cloeziana não diferiu significativamente apenas de E. propinqua e E. camaldulensis.

E. camaldulensis não diferiu significativamente apenas de E. cloeziana e E. deanei.

E. deanei não diferiu significativamente apenas de E. camaldulensis.

E. urophylla diferiu significativamente das demais espécies.

E. microcorys não diferiu significativamente apenas de E. saligna, E. quadrangulata e E. andrewsii.

E. saligna não diferiu significativamente apenas de E. microcorys, E. quadrangulata e E. andrewsii.

E. quadrangulata não diferiu significativamente apenas de E. microcorys, E. saligna e E. andrewsii.

E. andrewsii não diferiu significativamente somente de E. microcorys, E. saligna, e E. quadrangulata.

E. pellita, E. grandis e E. pilularis não apresentaram diferença significativa entre si, no entanto, diferiram significa

tivamente das demais espécies.

Em termos de rendimento em celulose depurada, os resultados apresentados no Quadro 12 permitem observar que E. tereticornis mostrou o menor valor, ao passo que, em ordem crescente, E. andrewsii, E. quadrangulata, E. pellita, E. pilularis e E. grandis apresentaram os valores mais altos.

Comparando valores de rendimento depurado com valores de rendimento bruto, observou-se que houve uma inversão de posição entre E. microcorys e E. saligna, E. quadrangulata e E. andrewsii, E. grandis e E. pilularis. Essa troca de posição é atribuída à diferenças nos teores de rejeitos e propiciou ao E. grandis aparecer como a espécie que forneceu maior rendimento em celulose depurada.

Baixos rendimentos foram encontrados para E. propinqua, E. cloeziana, E. camaldulensis e E. deanei: de 45,9% a 47.5%. E. urophylla, E. saligna e E. microcorys apresentaram valores acima da média, no intervalo de 48,5% a 49,4%.

A análise de variância apresentada no Quadro 13 mostrou que havia diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade entre as espécies estudadas. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. tereticornis diferiu significativamente das demais espécies.

E. propinqua diferiu significativamente de E. tereticornis (-), E. urophylla (+), E. saligna (+), E. microcorys (+) E. andrewsii (+), E. quadrangulata (+), E. pellita (+), E. pilularis (+) e E. grandis (+).

E. cloeziana diferiu significativamente de E. tereticornis (-), E. urophylla (+), E. saligna (+), E. microcorys (+), E. andrewsii (+), E. quadrangulata (+), E. pellita (+), E. pilularis (+) e E. grandis (+).

QUADRO 12 - Resultados Referentes às Deslignificações das Madeiras e Análises das Polpas

Parâmetros / Espécies	Rendimento em celulose		Teor de Rejeitos (%)	Análises das Polpas						Consumo Específico de Madeira (m^3 sólido/t de celulose depurada)
						Solubilidade				
	Rendimento bruto (%)	Rendimento depurado (%)		Viscosidade (cP)	Alvura (%)	NaOH 5% (%)	NaOH 8% (%)	NaOH 10% (%)	NaOH 18% (%)	
E. saligna	49,8 f	49,1 cd	0,7 ab	46,1 gh	36,9 b	13,44 de	15,84 de	15,63 ghi	10,90 cde	4,00 d
E. unophylla	48,9 e	48,5 cd	0,4 ab	46,2 gh	40,4 cd	14,39 e	17,26 e	16,07 hi	12,41 ef	4,52 f
E. grandis	51,9 g	51,7 h	0,2 a	41,3 fg	42,1 de	14,87 e	12,13 ab	14,64 fgh	12,00 ef	4,22 e
E. microcorys	49,8 f	49,4 df	0,4 ab	34,9 de	39,4 c	12,00 cd	12,54 b	12,40 bcde	12,16 ef	3,43 b
E. camaldulensis	47,2 cd	46,8 b	0,4 ab	32,9 cd	39,4 c	10,28 ab	12,30 b	11,10 abc	8,41 ab	3,95 cd
E. tereticornis	43,7 a	43,5 a	0,3 ab	19,9 a	40,3 cd	10,70 bc	13,54 bc	13,69 defg	9,67 bc	4,56 f
E. pilularis	51,9 g	51,6 gh	0,4 ab	44,9 gh	40,1 cd	14,15 e	17,02 e	16,91 i	13,19 f	4,26 e
E. cloeziana	46,8 bc	46,5 b	0,3 ab	27,7 b	32,9 a	10,68 bc	12,31 b	9,91 a	7,23 a	3,82 c
E. propinqua	46,1 b	45,9 b	0,2 a	31,3 bcd	39,4 c	8,74 a	10,58 a	10,54 ab	8,13 ab	3,99 b
E. pellita	51,4 g	51,0 fgh	0,4 ab	28,4 bc	40,7 cd	10,24 ab	12,05 ab	10,05 a	6,96 a	3,26 a
E. deanei	47,8 d	47,5 bc	0,3 ab	36,0 de	38,6 bc	12,28 cd	14,48 cd	12,91 cdef	10,03 bcd	4,00 d
E. quadrangulata	50,2 f	50,0 dfg	0,3 ab	48,4 h	43,8 ef	17,01 f	16,47 e	12,14 bcd	9,47 bc	3,20 a
E. andrewsii	50,5 f	49,7 df	0,8 bc	39,0 ef	45,9 f	11,56 bc	14,42 cd	14,24 efgh	11,84 def	4,03 d

Na mesma coluna, médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tuckey, ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 13 - Análise da Variância das Características das Polpas

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios									
		R. bruto em celulose	R. depurado em celulose	Teor de rejeitos	Viscosidade	Alvura	Solubilidade				Consumo Específico de madeira
							NaOH 5%	NaOH 8%	NaOH 10%	NaOH 18%	
Espécie	12	18,35**	16,02**	0,10**	222,49**	29,64**	16,1767**	14,1632**	16,6330**	12,9206**	0,5538**
Resíduo	26	0,05	0,21	0,03	2,18	0,39	0,2272	0,2145	0,3362	0,2958	0,0020
Total	38	18,40	16,23	0,13	224,67	30,03	16,4039	14,3777	16,9692	13,2164	0,5558

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

E. camaldulensis diferiu significativamente de E. tereticornis (-), E. urophylla (+), E. saligna (+), E. microcorys (+), E. andrewsii (+), E. quadrangulata (+), E. pellita (+), E. pilularis (+) e E. grandis (+).

E. deanei diferiu significativamente de E. tereticornis (-), E. microcornys (+), E. andrewsii (+), E. quadrangulata (+), E. pellita (+), E. pilularis (+) e E. grandis (+).

E. urophylla diferiu significativamente de E. tereticornis (-), E. propinqua (-), E. cloeziana (-), E. camaldulensis (-), E. pellita (+), E. pilularis (+) e E. grandis (+).

E. saligna diferiu significativamente de E. tereticornis (-), E. propinqua (-), E. cloeziana (-), E. camaldulensis (-), E. pellita (+), E. pilularis (+) e E. grandis (+).

E. microcorys diferiu significativamente de E. tereticornis (-), E. propinqua (-), E. cloeziana (-), E. camaldulensis (-), E. deanei (-), E. pilularis (+) e E. grandis (+).

E. andrewsii diferiu significativamente de E. tereticornis (-), E. propinqua (-), E. cloeziana (-), E. camaldulensis (-), E. deanei (-), E. pilularis (+) e E. grandis (+).

E. quadrangulata diferiu significativamente de E. tereticornis (-), E. propinqua (-), E. cloeziana (-), E. camaldulensis (-), E. deanei (-) e E. grandis (+).

E. pellita não diferiu significativamente somente de E. microcorys, E.andrewsii, E.quadrangulata, E. pellita e E. grandis.

E. pilularis não diferiu significativamente apenas de E. quadrangulata, E. pellita e E. grandis.

E. grandis não diferiu significativamente somente de E. pellita e E. pilularis.

Os resultados apresentados no Quadro 1a permitem observar que a madeira que mais rejeitos forneceu foi a de E. andrewsii. Esse fato é uma conseqüência do baixo álcali ativo usado no cozimento, uma vez que essa madeira foi a que exigiu me-

nor carga alcalina para atingir a faixa de kappa preestabelecida. As madeiras de E. propinqua e E. grandis caracterizaram-se pelos menores teores de rejeitos. Teores de rejeitos entre 0,3 e 0,4% foram fornecidos pelas madeiras de E. tereticornis, E. deanei, E. quadrangulata, E. cloeziana, E. camaldulensis, E. pilularis, E. microcorys e E. urophylla. A madeira de E. saligna forneceu alto teor de rejeitos, embora inferior ao da madeira de E. andrewsii.

A análise de variância apresentada no Quadro 13, revelou diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade entre as espécies estudadas. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. andrewsii diferiu significativamente de E. propinqua (-) e E. grandis (-).

A viscosidade da polpa celulósica é um excelente índice de controle de qualidade, pois, associando-se ao peso molecular, indica o grau de degradação das cadeias de carboidratos e, por extensão, relaciona-se com a resistência da polpa.

Os resultados apresentados no Quadro 12 permitem observar que as condições de cozimento adotadas na deslignificação das madeiras não degradaram excessivamente os carboidratos, de modo que foram obtidas polpas celulósicas com razoável viscosidade.

Altas percentagens de álcali ativo no início dos cozimentos contribuíram para a obtenção de menores viscosidades polpa final. Foi o caso das madeiras de E. terticornis e E. cloeziana, cujos álcalis ativos iniciais foram de 16,5% e 17,0%, respectivamente, e resultaram em celuloses de viscosidade mais baixa. E. tereticornis caracterizou-se pela menor viscosidade, enquanto E. quadrangulata apresentou o valor mais alto.

Depois de E. tereticornis, as espécies que apresentaram as menores viscosidades, em ordem crescentes, foram E. cloe-

ziana, E. pellita, E. propinqua e E. camaldulensis. Valores intermediários foram apresentados por E. microcorys, E. deanei e E. andrewsii.

Depois de E. quadrangulata, E. grandis, E. pilularis, E. saligna e E. urophylla foram as espécies que mais se destacaram, apresentando viscosidades de 41,3 a 46,2 cP.

A análise de variância apresentada no Quadro 13 mostrou que havia diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre as espécies estudadas. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. tereticornis diferiu significativamente das demais espécies.

E. cloeziana não diferiu significativamente apenas de E. pellita e E. propinqua.

E. pellita não diferiu significativamente apenas de E. cloeziana, E. propinqua e E. camaldulensis.

E. propinqua não diferiu significativamente apenas de E. cloeziana, E. pellita, E. camaldulensis, E. microcorys e E. deanei.

E. camaldulensis não diferiu significativamente apenas de E. pellita, E. propinqua, E. microcorys e E. deanei.

E. microcorys não diferiu significativamente apenas de E. propinqua, E. camaldulensis, E. deanei e E. andrewsii.

E. deanei não diferiu significativamente apenas de E. propinqua, E. camaldulensis, E. microcorys e E. andrewsii.

E. andrewsii não diferiu significativamente apenas de E. microcorys, E. deanei e E. grandis.

E. grandis não diferiu significativamente apenas de E. andrewsii, E. pilularis, E. saligna e E. urophylla.

E. pilularis não diferiu significativamente de E. grandis, E. saligna, E. urophylla e E. quadrangulata.

E. saligna não diferiu significativamente de E. pilularis, E. urophylla, E. quadrangulata e E. grandis.

E. urophylla não diferiu significativamente de E. pilularis, E. saligna, E. quadrangulata e E. grandis.

E. quadrangulata não diferiu significativamente apenas de E. pilularis, E. saligna e E. urophylla.

Mesmo trabalhando com celuloses com graus de deslignificação semelhantes, observou-se que diferenças mínimas não significativas de número kappa refletiram-se em valores de alvuras diferentes. Entretanto, é de supor que, mesmo com essas diferenças, essa propriedade poderá ser melhorada, até a igualdade com as demais, por ocasião do processo de branqueamento.

A análise de variância apresentada no Quadro 13 permite observar que houve diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies apresentaram diferenças significativas entre si.

E. cloeziana diferiu significativamente das demais espécies.

E. saligna não diferiu significativamente somente de E. deanei.

E. deanei diferiu significativamente de E. cloeziana (-), E. grandis (+), E. quadrangulata (+) e E.andrewsii (+).

E. camaldulensis diferiu significativamente de E. cloeziana (-), E. saligna (-), E. grandis (+), E. quadrangulata (+) e E. andrewsii (+).

E. microcorys diferiu significativamente de E. cloeziana (-), E. saligna (-), E. grandis (+), E. quadrangulata (+) e E. andrewsii (+).

E. propinqua diferiu significativamente de E. cloeziana (-), E. saligna (-), E.grandis (+), E. quadrangulata (+) e E. andrewsii (+).

E. tereticornis diferiu significativamente de E. cloeziana (-), E. saligna (-), E. quadrangulata (+) e E. andrewsii (+).

E. pilularis diferiu significativamente de E. cloeziana (-), E. saligna (-), E. quadrangulata (+) e E. andrewsii (+).

E. urophylla diferiu significativamente de E. cloeziana (-), E. saligna (-), E. quadrangulata (+) e E. andrewsii (+).

E. pellita diferiu significativamente de E. cloeziana (-), E. saligna (-), E. quadrangulata (+) e E. andrewsii (+).

E. grandis não diferiu significativamente de E. tereticornis, E. pilularis, E. urophylla, E. pellita e E. quadrangulata.

E. quadrangulata não diferiu significativamente de E. grandis e E. andrewsii.

E. andrewsii não diferiu significativamente apenas de E. quadrangulata.

Embora a solubilidade de hemiceluloses em álcali a frio (20°C) seja uma determinação mais apropriada para polpas solúveis, seu uso em polpas tipo papel vem sendo incrementado, graças às valiosas informações que essas análises oferecem das hemiceluloses residuais nas polpas produzidas. As reações das hemiceluloses com as soluções alcalinas favorecem sua fragmentação e dissolução na solução, mesmo em condições suaves. Entretanto, as extrações não são homogêneas e dependem fundamentalmente da concentração e do tipo de álcali empregado.

Com base nesses dados, a realização de tratamentos das polpas produzidas com NaOH, em várias condições, forneceu informações do comportamento da madeira das várias espécies nas condições de cozimentos utilizadas.

A observação do Quadro 12 permite observar valores marcantes da extração de hemiceluloses com o tratamento a frio com NaOH 5%.

A celulose referente a E. propingua caracterizou-se pe

lo menor valor (8,74%), enquanto E. quadrangulata apresentou o maior valor (17,01%). Certamente, as características físico-mecânicas das folhas correspondentes à madeira de E. quadrangulata deverão ser bastante beneficiadas pela presença de maior teor de hemicelulose.

As celuloses referentes a E. pellita, E. camaldulensis, E. cloeziana e E. tereticornis mostraram valores aproximados, de 10,34% a 10,70%. Valores entre 11,56% e 12,28% foram encontrados para E. andrewsii, E. microcorys e E. deanei. E. saligna, E. pilularis, E. urophylla e E. grandis apresentaram valores relativamente altos, de 13,44% a 14,87%.

A interpretação estatística dos resultados referentes à solubilidade em NaOH5% das celuloses produzidas revelou que havia diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, verificou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. propinqua não diferiu significativamente apenas de E. pellita e E. camaldulensis.

E. pellita diferiu significativamente de E.microcorys (+), E. deanei (+), E. saligna (+), E. pilularis (+), E. urophylla (+), E. grandis (+) e E. quadrangulata (+).

E. camaldulensis diferiu significativamente de E. microcorys (+), E. deanei (+), E. saligna (+), E. pilularis (+),E. urophylla (+), E. grandis (+) e E. quadrangulata (+).

E. cloeziana diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. saligna (+), E. pilularis (+), E. urophylla (+), E. grandis (+) e E. quadrangulata (+).

E. tereticornis diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. saligna (+), E. pilularis (+), E. urophylla (+), E. grandis (+) e E. quadrangulata (+).

E. andrewsii diferiu significativamente de E. propinqua (-), E.saligna (+), E. pilularis (+), E. urophylla (+), E.

grandis (+) e E. quadrangulata (+).

E. microcorys diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. pellita (-), E. camaldulensis (-), E. pilularis (+), E. urophylla (+), E. grandis (+) e E. quadrangulata (+).

E. deanei diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. camaldulensis (-), E. pilularis (+), E. urophylla (+), E. grandis (+) e E. quadrangulata (+).

E. saligna diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. pellita,(-), E. camaldulensis (-), E. cloeziana (-), E. tereticornis (-), E. andrewsii (-) e E. quadrangulata (+).

E. pilularis diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. pellita (-), E. camaldulensis (-), E. cloeziana (-), E. tereticornis (-), E.andrewsii (-), E. microcorys (-), E. deanei (-) e E. quadrangulata (+).

E. urophylla diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. pellita (-), E. camaldulensis (-), E. cloeziana (-), E. tereticornis (-), E. andrewsii (-), E. microcorys (-), E. deanei (-) e E. quadrangulata (+).

E. grandis diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. pellita (-), E. camaldulensis (-), E. cloeziana (-), E. tereticornis (-), E.andrewsii (-), E. microcorys (-), E. deanei (-) e E. quadrangulata (+).

E. quadrangulata diferiu significativamente das demais espécies.

No Quadro 12, é possível observar que a extração alcalina das polpas foi mais eficiente quando o tratamento foi efetuado com a solução de NaOH8%. À exceção de duas espécies, E. grandis e E. quadrangulata, as demais apresentaram maiores valores de material extraído com NaOH8%, quando relacionado com os tratamentos realizados com concentrações de NaOH5%, 10% e 18%. Provavelmente, o tratamento com NaOH8% foi o que mais se relacionou com o teor de hemiceluloses residuais da pasta química.

Com esse tratamento, E. quadrangulata, E. pilularis e E. urophylla caracterizaram-se pelos maiores teores de hemiceluloses residuais. Uma característica importante, que deve ser considerada, dessas espécies é a resistência das hemiceluloses à ação do álcali ativo por ocasião do cozimento. Propriedade completamente contrária é observada em E. tereticornis, que apresentou elevado teor de pentosanas na madeira natural e, no entanto, após o cozimento, sua polpa mostrou baixo teor de hemiceluloses residuais extraíveis com NaOH 8%.

E. propinqua e E. pellita apresentaram os menores teores de hemiceluloses residuais na polpa. Esses resultados eram esperados, uma vez que essas espécies mostraram baixos teores de pentosanas na madeira natural.

Valores intermediários, variando de 12,13% a 13,54%, foram apresentados por E. grandis, E. camaldulensis, E. cloeziana, E. microcorys e E. tereticornis.

E. andrewsii, E. deanei e E. saligna apresentaram valores de 14,48% a 15,84%.

E. propinqua não diferiu significativamente apenas de E. pellita e E. grandis.

E. pellita diferiu significativamente de E. andrewsii (+), E. deanei (+), E. saligna (+), E. quadrangulata (+), E. pilularis (+) e E. urophylla (+).

E. grandis diferiu significativamente de E. andrewsii (+), E. deanei (+), E. saligna (+), E. quadrangulata (+), E. pilularis (+) e E. urophylla (+).

E. camaldulensis diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. andrewsii (+), E. deanei (+), E. saligna (+), E. quadrangulata (+), E. pilularis (+) e E. urophylla (+).

E. cloeziana diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. andrewsii (+), E. deanei (+), E. saligna (+), E. quadrangulata (+), E. pilularis (+) e E. urophylla (+).

E. microcorys diferiu significativamente de E. pro-

pingua (-), E. andrewsii (+), E.deanei (+), E. saligna (+), E. quadrangulata (+), E. pilularis (+) e E. urophylla (+).

E. tereticornis diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. saligna (+), E. quadrangulata (+), E. pilularis (+) e E. urophylla (+).

E. andrewsii diferiu significativamente de E. quadrangulata (+), E. pilularis (+), E. urophylla (+), E. propinqua (-), E. pellita (-), E. grandis (-), E. camaldulensis (-), E. cloeziana (-) e E. microcorys (-).

E. deanei diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. pellita (-), E. grandis (-), E. camaldulensis (-), E. cloeziana (-), E. microcorys (-), E. quadrangulata (+), E. pilularis (+) e E. urophylla (+).

E. saligna diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. pellita (-), E. grandis (-), E. camaldulensis (-), E. cloeziana (-), E. microcorys (-) e E. tereticornis (-).

E. quadrangulata diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. pellita (-), E. grandis (-), E. camaldulensis (-), E. cloeziana (-), E. microcorys (-), E. tereticornis (-), E. andrewsii (-) e E. deanei (-).

E. pilularis diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. pellita (-), E.grandis (-), E. camaldulensis (-), E. cloeziana (-), E. microcorys (-), E. tereticornis (-), E. andrewsii (-) e E. deanei (-).

E. urophylla diferiu significativamente de E. propinqua (-), E. pellita (-), E. grandis (-),E. camaldulensis (-), E. cloeziana (-), E. microcorys (-) , E. tereticornis (-), E. andrewsii (-) e E. deanei (-).

Os resultados apresentados no Quadro 12 mostram claramente que o aumento da concentração de NaOH no tratamento de polpas alcalinas não se relaciona diretamente com a remoção das hemiceluloses residuais. Isso se confirma quando se verifica que os valores de material extraído com NaOH 8% superam, na maioria

das espécies, os valores obtidos na extração com NaOH 10%.

Com o tratamento com solução de NaOH 10%, as polpas de E. cloeziana, E. pellita, E. propinqua e E. camaldulensis caracterizaram-se pelos menores teores de material extraído, 9,91%, 10,05%, 10,54% e 11,10%, respectivamente.

Valores intermediários foram encontrados para E. quadrangulata, E. microcorys, E. deanei e E. tereticornis, de 12, 14% a 13,69%.

E. andrewsii, E. grandis, E. saligna, E. urophylla e E. pilularis foram as que apresentaram os mais altos teores de material extraído, valores que variaram de 14,24% a 16,91%.

A interpretação estatística dos resultados referentes às solubilidade em NaOH 10% das polpas produzidas mostrou que havia diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, verificou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. cloeziana não diferiu significativamente apenas de E. pellita, E. propinqua e E. camaldulensis.

E. pellita não apresentou diferenças significativas a penas com relação a E. cloeziana, E. propinqua e E. camaldulensis.

E. propinqua não diferiu significativamente apenas de E. cloeziana, E. pellita, E. camaldulensis, E. quadrangulata e E. microcorys.

E. camaldulensis não diferiu significativamente apenas de E. cloeziana, E. pellita, E. propinqua, E. quadrangulata, E. microcorys e E. deanei.

E. quadrangulata não diferiu significativamente apenas de E. propinqua, E. camaldulensis, E. microcorys, E. deanei e E. tereticornis.

E. microcorys não diferiu significativamente apenas de E. camaldulensis, E. quadrangulata, E. deanei, E. tereticornis, E. propinqua e E. andrewsii.

E. deanei não diferiu significativamente de E. quadrangulata, E. microcorys, E. tereticornis, E. andrewsii, E. camaldulensis e E. grandis.

E. tereticornis não diferiu significativamente apenas de E.quadrangulata, E. microcorys, E. deanei, E. andrewsii, E. grandis e E. saligna.

E. andrewsii não diferiu significativamente apenas de E. deanei, E. tereticornis, E. grandis, E. saligna, E. microcorys e E. urophylla.

E. grandis não diferiu significativamente de E. tereticornis, E. andrewsii, E. saligna, E. urophylla e E. deanei.

E. saligna não diferiu significativamente de E. andrewsii, E. grandis, E. urophylla, E. pilularis e E. tereticornis.

E. urophylla não diferiu significativamente de E. grandis, E. saligna, E. urophylla, E. pilularis e E. andrewsii.

E. pilularis não diferiu significativamente apenas de E. saligna e E. urophylla.

Os resultados apresentados no Quadro 12 permitem observar que, para o tratamento de polpas alcalinas com NaOH 18%, embora seja relativamente drástico, as reações ocorrem de modo que se extrair menor percentagem de material orgânico.

As polpas de E. pellita, E. cloeziana, E. propinqua e E. camaldulensis caracterizaram-se pelos menores teores de material orgânico extraído com tratamento em NaOH 18%. Essas espécies mostraram valores que variaram de 6,96% a 8,41%. Teores de material orgânico extraído de 9,47% a 10,90% foram encontrados para E. quadrangulata, E. tereticornis, E. deanei e E. saligna. E. andrewsii, E. grandis, E. microcorys, E. urophylla e E. pilularis apresentaram valores de 11,84% a 13,19%.

A interpretação estatística dos resultados referentes à solubilidade em NaOH 18% nas polpas produzidas mostrou que havia diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1%

de probabilidade. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, verificou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. pellita não diferiu significativamente apenas de E. cloeziana, E. propinqua e E. camaldulensis.

E. cloeziana não diferiu significativamente apenas de E. pellita, E. propinqua e E. camaldulensis.

E. propinqua não diferiu significativamente de E. pellita, E. cloeziana, E. camaldulensis, E. quadrangulata, E. tereticornis e E. deanei.

E. camaldulensis não diferiu significativamente de E. pellita, E. cloeziana, E. propinqua, E. quadrangulata, E. tereticornis e E. deanei.

E. quadrangulata não diferiu significativamente de E. propinqua, E. camaldulensis, E. tereticornis, E. deanei e E. saligna.

E. tereticornis não diferiu significativamente de E. propinqua, E. camaldulensis, E. quadrangulata, E. deanei e E. saligna.

E. deanei não diferiu significativamente de E. grandis, E. tereticornis, E. saligna, E. propinqua e E. andrewsii.

E. saligna não diferiu significativamente de E. grandis, E. tereticornis, E. deanei, E. andrewsii, E.quadrangulata, E. microcorys e E. urophylla.

E. andrewsii não diferiu significativamente de E. saligna, E. grandis, E. microcorys, E. urophylla, E. pilularis e E. deanei.

E. grandis não diferiu significativamente de E. saligna, E. andrewsii, E. microcorys, E. urophylla e E. pilularis.

E. microcorys não diferiu significativamente de E. saligna, E. andrewsii, E. grandis, E. urophylla e E. pilularis.

E. urophylla não diferiu significativamente de E. saligna, E. andrewsii, E. grandis, E. microcorys e E. pilularis.

E. pilularis não diferiu significativamente de E. andrewsii, E. grandis, E. microcorys e E. urophylla.

Com os rendimentos em celulose depurada e respectivas densidades das madeiras, podem-se calcular as necessidades, em m^3 sólido, de madeira descascada para a produção de 1 tonelada de celulose não-branqueada (seca em estufa).

Os resultados de consumo específico em madeira, apresentados no Quadro 12, permitem observar que E. quadrangulata, E. pellita e E. microcorys, mesmo apresentando um rendimento em celulose depurada inferior ao de E. grandis, pelo fato de terem maior densidade, requerem menores volumes sólidos de madeiras para a produção de 1 tonelada de celulose kraft não-branqueada.

Por outro lado, E. urophylla e E. tereticornis foram as que necessitaram de maiores quantidades de madeira para a produção de 1 tonelada de celulose, ou seja, 4.5% e 4,56m^3 sólido/tonelada de celulose s.e., respectivamente.

Valores relativamente baixos de consumo específico de madeira foram ainda encontrados para E. cloeziana, E. camaldulensis e E. propinqua, de 3,8% a 3,99 m^3 sólido/tonelada de celulose depurada.

Valores intermediários, de 4,00 a 4,26 m^3 sólido/tonelada de celulose, foram encontrados para E. saligna, E. deanei, E. andrewsii, E. grandis e E. pilularis,

A análise de variância apresentada no Quadro 13, permite observar que houve diferença significativa entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies apresentaram diferenças significativas entre si.

E. quadrangulata e E. pellita não apresentaram diferenças significativas entre si, porém diferiram significativamente das demais espécies.

E. microcorys diferiu significativamente das demais espécies.

E. cloeziana não diferiu significativamente apenas de E. camaldulensis.

E. camaldulensis não diferiu significativamente apenas de E. cloeziana, E. propinqua, E. saligna, E. deanei e E. andrewsii.

E. propinqua não diferiu significativamente apenas do E. camaldulensis, E. saligna, E. deanei e E. andrewsii.

E. saligna não diferiu significativamente apenas de E. camaldulensis, E. propinqua, E. deanei e E. andrewsii.

E. deanei não diferiu significativamente apenas de E. camaldulensis, E. propinqua, E. saligna e E. andrewsii.

E. grandis e E. pilularis não diferiram significativamente entre si, porém apresentaram diferenças significativas com relação às demais espécies.

E. urophylla e E. tereticornis não diferiram significativamente entre si, porém diferiram significativamente das demais espécies.

4.5. Resultados Referentes às Características dos Licores Residuais.

Os resultados de pH e densidade a 20°C, expressos em g/cm^3 e °Bé, teores de matéria orgânica e inorgânica, base sólidos expressos em percentagem, teores de sólidos, expressos em percentagem, viscosidade a 25°C e a 20°Bé, expressos em centipoises, álcali ativo residual, expresso em g/l, e álcali ativo consumido, base madeira, expresso em percentagem, bem como as respectivas análises estatísticas, encontram-se nos Quadros 14 e 15.

QUADRO 14 - Análises dos Licores Residuais

Parâmetros / Espécies	pH	Densidade g/cm³	Densidade °Bé	Teor de Matéria Orgânica base Sólidos (%)	Teor de Matéria inorgânica Base Sólidos (%)	Teor de sólidos (%)	Viscosidade a 20°Bé e 25°C (cP)	Álcali Ativo (g/l)	Álcali ativo Consumido, Base Madeira (%)
E. saligna	12,7 b	1,065 a	8,9 a	62,19	37,81	13,86 ab	15,0 d	10,27 bcd	8,86 abc
E. urophylla	13,0 c	1,067 ab	9,2 ab	62,46	37,54	13,97 abc	13,5 c	11,06 def	9,32 bcde
E. grandis	12,6 b	1,065 a	8,8 a	60,08	39,92	13,29 a	12,0 b	9,33 ab	9,57 cde
E. microcorys	12,8 bc	1,068 ab	9,3 ab	60,71	39,29	13,82 ab	20,5 g	10,80 cde	8,94 abcd
E. camaldulsenis	13,0 c	1,075 c	10,2 c	65,62	34,38	14,92 cd	16,9 cd	11,75 efg	8,55 ab
E. tereticornis	13,2 d	1,081 d	10,9 d	63,57	36,43	14,91 cd	12,4 b	15,56 h	9,93 e
E. pilularis	12,2 a	1,065 a	8,8 a	60,10	39,90	13,14 a	11,4 a	8,89 a	9,76 de
E. cloeziana	13,1 d	1,082 d	11,0 d	57,70	42,30	15,09 d	13,9 c	14,23 h	11,04 f
E. propinqua	13,0 c	1,070 b	9,5 b	63,08	36,92	14,34 bcd	20,8 g	12,62 g	8,64 ab
E. pellita	13,0 c	1,065 a	8,9 a	64,11	35,89	13,75 ab	17,9 f	11,27 defg	8,26 a
E. deanei	13,0 c	1,068 ab	9,3 ab	61,51	38,49	13,83 ab	16,9 e	12,25 fg	8,81 abc
E. quadrangulata	12,3 a	1,066 ab	8,9 ab	62,26	37,74	13,72 ab	17,2 e	9,47 abc	9,51 cde
E. andrewsii	12,3 a	1,065 a	8,9 ab	64,30	35,70	13,92 abc	11,4 a	9,11 ab	8,76 abc

Na mesma coluna, médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 15 - Análise da Variância das Características dos Licores Residuais

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios						
		pH	Densidade		Teor de sólidos (%)	Viscosidade a 20°Bé e 25°C (cP)	Álcali ativo (g/l)	Álcali ativo consumido base madeira (%)
			g/cm³	°Bé				
Espécies	12	0,3158**	0,000109**	1,86**	1,1093**	31,86**	12,2121**	0,7631**
Resíduo	26	0,0049	0,000002	0,03	0,0835	0,03	0,1469	0,0567
Total	38	0,3207	0,000111	1,89	1,1928	31,89	12,3590	0,8198

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Normalmente, o licor negro kraft apresenta pH em torno de 11-13, porquanto certa quantidade de álcali deve permanecer como resíduo.

As madeiras das espécies que exigiram maiores quantidades de produtos químicos para a deslignificação corresponderam aos tratamentos que apresentaram maiores valores de pH nos licores negros residuais. Foi o caso de E. cloeziana e E. tereticornis, que exigiram maiores álcalis ativos nos cozimentos (17% e 16,5%, respectivamente), e, consequentemente, resultaram nos mais altos pHs dos licores negros residuais (13,1 e 13,2, respectivamente). Nesse caso específico, é possível que outras condições de cozimento, com maior tempo e/ou temperatura e menor álcali ativo, poderiam resultar em valores de deslignificação semelhantes ao preestabelecido.

E. pilularis, E. quadrangulata e E. andrewsii caracterizaram-se pelos menores pHs, 12,2, 12,3 e 12,3, respectivamente.

Valores de 12,6 a 12,8 foram encontrados para E. grandis, E. saligna e E. microcorys. Valor de pH igual a 13 foi encontrado para E. urophylla, E. camaldulensis, E. propinqua, E. pellita e E. deanei.

A análise da variância do pH, apresentada no Quadro 15, mostrou que havia diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre as espécies. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

Não houve diferença significativa entre E. pilularis, E. quadrangulata e E. andrewsii, que, entretanto, diferiram significativamente das demais espécies.

E. grandis e E. saligna não diferiram significativamente entre si nem de E. microcorys. Entretanto, diferiram significativamente das demais espécies.

E. **microcorys** diferiu significativamente de E. pilularis (-), E. quadrangulata (-), E. andrewsii (-), E. cloeziana (+) e E. tereticornis (+).

E. urophylla diferiu significativamente de E. pilularis (-), E. quadrangulata (-), E. andrewsii (-), E. grandis (-), E. saligna (-), E. cloeziana (+) e E. tereticornis (+).

E. camaldulensis diferiu significativamente de E. pilularis (-), E. quadrangulata (-), E. andrewsii (-), E. grandis (-), E. saligna (-), E. cloeziana (+) e E. tereticornis (+).

E. propinqua diferiu significativamente de E. pilularis (-), E. quadrangulata (-), E. andrewsii (-), E. grandis (-), E. saligna (-), E. cloeziana (+) e E. tereticornis (+).

E. pellita diferiu significativamente de E. pilularis (-), E. quadrangulata (-), E. andrewsii (-), E. grandis (-), E. saligna (-), E. cloeziana (+) e E. tereticornis (+).

E. deanei diferiu significativamente de E. pilularis (-), E. quadrangulata (-), E. grandis (-), E. saligna (-), E. cloeziana (+) e E. tereticornis (+).

E. cloeziana e E. tereticornis não diferiram significativamente entre si, porém apresentaram diferenças significativas com relação às demais espécies.

As densidades de licores negros residuais após cozimento estão diretamente relacionadas com a remoção de constituintes da madeira e álcali ativo residual.

Os resultados da densidade dos licores residuais, apresentados no Quadro 14, mostraram elevados valores para E. tereticornis e E. cloeziana, (1,081 e 1,082 g/cm^3) enquanto E. andrewsii, E. pellita, E. pilularis, E. grandis e E. saligna apresentaram valores iguais a 1,065 g/cm^3. Valores de 1,066 a 1,068 g/cm^3 foram encontrados para E. quadrangulata, E. urophylla, E. deanei e E. microcorys. Densidades relativamente altas foram encontradas para E. propinqua e E. camaldulensis, 1,070 e 1,075 g/cm^3, respectivamente.

A análise da variância da densidade, apresentada no Quadro 15, mostrou que havia diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre as espécies. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. andrewsii, E. pellita, E. pilularis, E. grandis, E. saligna, E. quadrangulata, E. urophylla, E. deanei e E. microcorys não apresentaram diferenças significativas entre si.

E. propinqua não diferiu significativamente apenas de E. quadrangulata, E. urophylla, E. deanei e E. microcorys.

E. camaldulensis diferiu significativamente das demais espécies.

E. tereticornis e E. cloeziana não diferiram significativamente entre si, porém diferiram significativamente das demais espécies.

Assim como a densidade, o grau Paumé de licores negros residuais após cozimento está diretamente relacionados com a remoção de constituintes da madeira e álcali ativo residual.

Os resultados de °Bé, apresentados no Quadro 14 mostraram que os licores residuais de E. tereticornis e E. cloeziana caracterizam-se pelos maiores valores, 10,9 e 11,0, respectivamente. E. grandis e E. pilularis foram aquelas cujos licores residuais apresentaram os menores °Bé (8,8). Valores de 8,9 a 9,2 foram apresentados por E. pellita, E. saligna, E. andrewsii, E. quadrangulata e E. urophylla. E. deanei, E. microcorys, E. propinqua e E. camaldulensis, apresentaram valores relativamente altos, 9,3 a 10,2.

A análise da variância do °Bé, apresentada no Quadro 15, mostrou que havia diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre as espécies. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. grandis diferiu significativamente de E. propinqua (+), E. camaldulensis (+), E. tereticornis (+) e E. cloeziana (+).

E. pilularis diferiu significativamente de E. propinqua (+), E. camaldulensis (+), E. tereticornis (+) e E. cloeziana (+).

E. pellita diferiu significativamente de E. propinqua (+), E.camaldulensis (+), E. tereticornis (+) e E. cloeziana (+).

E. saligna diferiu significativamente de E. camaldulensis (+), E. tereticornis (+) e E. cloeziana (+).

E. andrewsii diferiu significativamente de E. camaldulensis (+), E. tereticornis (+) e E. cloeziana (+).

E. quadrangulata diferiu significativamente de E. camaldulensis (+), E. tereticornis (+) e E. cloeziana (+).

E. urophylla diferiu significativamente de E. camaldulensis (+), E. tereticornis (+) e E. cloeziana (+).

E. deanei diferiu significativamente de E. camaldulensis (+), E. tereticornis (+) e E. cloeziana (+).

E. microcorys diferiu significativamente de E. camaldulensis (+), E. tereticornis (+) e E. cloeziana (+).

E. propinqua diferiu significativamente de E. grandis (-), E. pilularis (-), E. pellita (-), E, camaldulensis (+), E. tereticornis (+) e E. cloeziana (+).

E.camaldulensis diferiu significativamente das demais espécies.

E. tereticornis e E. cloeziana não apresentaram diferenças significativas entre si, entretanto, diferiram significativamente das demais espécies.

Em conseqüência de serem os resultados referentes aos teores de matéria orgânica e matéria inorgânica expressos em percentagem e seus cálculos baseados nos sólidos totais dos licores residuais, os efeitos dos tratamentos não aparecem quando os resultados dos respectivos parâmetros são apresentados. Por esse mo

tivo, julgou-se prudente não efetuar as análises estatísticas. Os resultados do Quadro 14, assim, servem apenas como informações complementares.

Normalmente, madeiras de espécie cujo cozimento resulta em baixo rendimento ou requer alto álcali ativo proporcionam elevados teores de sólidos no licor negro residual. Essas ocorrências podem ser observadas no Quadro 14. E. tereticornis, E. camaldulensis e E. cloeziana, quer pelo baixo rendimento, quer pelo alto álcali ativo aplicado, apresentaram os maiores valores de teores de sólidos. Por outro lado, E. pilularis e E. grandis, cujos rendimentos em celulose foram altos, apresentaram os menores teores de sólidos. As demais espécies apresentaram valores intermediários, de 13,72% a 14,34%.

A análise da variância dos teores de sólidos, apresentada no Quadro 15, mostrou que havia diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram entre si.

E. pilularis diferiu significativamente de E. propinqua (+), E. tereticornis (+), E. camaldulensis (+) e E. cloeziana (+).

E. grandis diferiu significativamente de E. propinqua (+), E. tereticornis (+), E. camaldulensis (+) e E. cloeziana (+).

E. quadrangulata diferiu significativamente de E. tereticornis (+), E. camaldulensis (+) e E. cloeziana (+).

E. pellita diferiu significativamente de E. tereticornis (+), E. camaldulensis (+) e E. cloeziana (+).

E. microcorys diferiu significativamente de E. tereticornis (+), E. camaldulensis (+) e E. cloeziana (+).

E. deanei diferiu significativamente de E. tereticornis (+), E. camaldulensis (+) e E. cloeziana (+).

E. saligna diferiu significativamente de E. tereticornis (+), E. camaldulensis (+) e E. cloeziana (+).

E. andrewsii diferiu significativamente de E. cloeziana (+).

E. urophylla diferiu significativamente de E. cloeziana (+).

E. propinqua diferiu significativamente de E. pilularis (-) e E.grandis (-).

E. tereticornis não diferiu significativamente apenas de E. andrewsii, E. urophylla, E. propinqua, E. camaldulensis e E. cloeziana.

E. camaldulensis não diferiu significativamente apenas de E. andrewsii, E. urophylla, E. propinqua, E. tereticornis e E. cloeziana.

E. cloeziana não diferiu significativamente apenas de E. propinqua, E. tereticornis e E. camaldulensis.

A determinação da viscosidade dos licores negros residuais após a descarga do digestor é bastante imprecisa, uma vez que as diferenças nos teores de sólidos acarretam largas diferenças de viscosidade. Por esse motivo, antes da determinação viscosidade, os licores foram acondicionados em recipientes apropriados e colocados em banho-maria, até que houvesse, para todos, uma evaporação da água suficiente para que se obtivesse licor com grau Baumé igual a 20. Realizado esse procedimento, determinou-se a viscosidade dos licores, e os resultados, apresentados no Quadro 14, permitiram observar que havia diferenças acentuadas entre algumas das espécies.

Com base nos resultados apresentados no Quadro 14, observou-se que os licores negros residuais de E. pilularis e E. andrewsii caracterizaram-se pela menor viscosidade, ou seja, 11,4 cP. Por outro lado, E. microcorys e E. propinqua apresentaram os valores mais elevados, ou seja, 19,2 e 20,8 cP, respectivamente. Valores de 12,0 a 15,0 cP foram mostrados pelos licores negros residuais de E. grandis, E. tereticornis, E. urophylla, E. cloeziana e E. saligna. E. deanei, E.camaldulensis, E. grandis e E. pel-

lita apresentaram valores de 16,9 a 17,9 cP.

A análise de variância apresentada no Quadro 15 mostrou que havia diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre as espécies estudadas. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram estatisticamente entre si.

E. pilularis e E. andrewsii não apresentaram diferenças significativas entre si, porém diferiram significativamente das demais espécies.

E. grandis e E. tereticornis não apresentaram diferenças significativas entre si, porém diferiram significativamente das demais espécies.

E. urophylla e E. cloeziana não diferiram significativamente entre si, porém diferiram singificativamente das demais espécies.

E. saligna diferiu significativamente das demais espécies.

E. deanei, E. camaldulensis e E. quadrangulata não apresentaram diferenças significativas entre si, porém diferiram significativamente das demais espécies.

E. pellita diferiu significativamente das demais espécies.

E. microcorys e E. propinqua não apresentaram diferenças significativas entre si, porém diferiram significativamente das demais espécies.

As condições de tempo e temperatura preestabelecidas para os cozimentos exigiram diferentes quantidades de produtos químicos iniciais para a obtenção de semelhança na deslignificação das madeiras, o que resultou em diferentes álcalis ativos residuais no licor negro. No Quadro 14, observa-se que E. cloeziana e E. tereticornis caracterizaram-se pelos maiores valores de álcalis ativos residuais, 14,23 e 15,56 g/l, respectivamente. Por outro la-

do, E. pilularis e E. andrewsii destacaram-se com os menores valores, 8,89 e 9,11 g/l, respectivamente. E. grandis, E. quadrangulata, E. saligna, E. microcorys e E. urophylla apresentaram valores que variaram de 9,33 a 11,06 g/l. Valores relativamente altos foram encontrados para E. pellita, E. camaldulensis, E. deanei e E. propinqua, cujos álcalis ativos residuais variaram de 11,27 a 12,62 g/l.

A análise de variância apresentada no Quadro 15 mostrou a ocorrência de diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade. Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram entre si.

E. pelularis não diferiu significativamente apenas de E. andrewsii, E. grandis e E. quadrangulata.

E. andrewsii não diferiu significativamente apenas de E. grandis, E. quadrangulata, E. saligna e E. pilularis.

E. grandis não diferiu significativamente apenas de E. pilularis, E. andrewsii, E. quadrangulata e E. saligna.

E. quadrangulata não diferiu significativamente apenas de E. pilularis, E.andrewsii, E. grandis, E. saligna e E. microcorys.

E. saligna não diferiu significativamente apenas de E. andrewsii, E. grandis, E. quadrangulata, E. microcorys, E. urophylla e E. pellita.

E. microcorys não diferiu significativamente apenas de E. quadrangulata, E. saligna, E. urophylla, E. pellita e E. camaldulensis.

E. urophylla não diferiu significativamente apenas de E. saligna, E. microcorys, E. pellita, E. camaldulensis e E. deanei.

E. pellita não diferiu significativamente apenas de E. saligna, E. microcorys, E. urophylla e E. camaldulensis, E. deanei e E. propinqua.

E. camaldulensis não diferiu significativamente de E. microcorys, E. urophylla, E. pellita, E. deanei e E. propinqua.

E. deanei não diferiu significativamente apenas de E. urophylla, E. pellita, E. camaldulensis e E. propinqua.

E. propinqua não diferiu significativamente apenas de E. pellita, E. camaldulensis e E. deanei.

E. cloeziana não diferiu significativamente apenas de E. tereticornis.

E. tereticornis não diferiu significativamente apenas de E. cloeziana.

O consumo de produtos químicos na deslignificação da madeira é um parâmetro de grande importância econômica na fabricação de celulose. Os resultados, apresentados no Quadro 14 permitem observar que o consumo de álcali ativo, base madeira, variou conforme a composição química da madeira. Em razão de elevado teor de lignina e da maior percentagem de extrativos de sua madeira, o E. cloeziana apresentou o maior consumo de álcali ativo, 11,04%. Por outro lado, a espécie que apresentou menor consumo foi E. pellita (8,26%). Valores que variaram de 8,55% a 8,94% foram encontrados para E. camaldulensis, E. propinqua, E. deanei, E. andrewsii, E. saligna e E. microcorys. E. urophylla, E. quadrangulata, E. grandis, E. pilularis e E. tereticornis apresentaram valores de 9,32 a 9,93%.

A análise de variância apresentada no Quadro 15 mostrou que havia diferenças significativas entre as espécies, ao nível de 1% de probabilidade.

Quando se determinou a diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey, observou-se que algumas espécies diferiram entre si.

E. pellita diferiu significativamente de E. urophylla, E. quadrangulata, E. grandis, E. pilularis, E. tereticornis e E. cloeziana.

E. camaldulensis diferiu significativamente de E. qua-

drangulata, E. grandis, E. pilularis, E. tereticornis e E. cloeziana.

E. propinqua diferiu significativamente de E. quadrangulata, E. grandis, E. pilularis, E. tereticornis e E. cloeziana.

E. andrewsii diferiu significativamente de E. pilularis, E. tereticornis e E. cloeziana.

E. deanei diferiu significativamente de E. pilularis, E. tereticornis e E. cloeziana.

E. saligna diferiu significativamente de E. pilularis, E. tereticornis e E. cloeziana.

E. microcorys diferiu significativamente de E. tereticornis e E. cloeziana.

E. urophylla diferiu significativamente de E. pellita e E. cloeziana.

E. quadrangulata diferiu significativamente de E. cloeziana, E. pellita, E. camaldulensis e E. propinqua.

E. grandis diferiu significativamente de E. cloeziana, E. pellita, E. camaldulensis e E. propinqua.

E. pilularis diferiu significativamente de E. cloeziana, E. pellita, E. camaldulensis, E. propinqua, E. andrewsii, E. deanei e E. saligna.

E. tereticornis diferiu significativamente de E. pellita, E. camaldulensis, E. propinqua, E. andrewsii, E. deanei, E. saligna e E. microcorys.

E. cloeziana diferiu significativamente das demais espécies.

5 - RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho, executado em condições de laboratório, teve por finalidade analisar a qualidade e a produção de celulose kraft não-branqueada a partir de madeiras de E. saligna, E. urophylla, E. grandis, E. microcorys, E. camaldulensis, E. tereticornis, E. pilularis, E. cloeziana, E. propinqua, E. pellita, E. deanei, E. quadrangulata e E. andrewsii, espécies introduzidas na região de Viçosa, Estado de Minas Gerais. Para a realização do experimento foi efetuado um levantamento estatístico do diâmetro e altura das árvores, o que possibilitou a coleta de duas árvores representativas por espécie.

Abatidas as árvores, foram amostrados discos a partir da base até um diâmetro mínimo de 6cm, nas secções correspondentes às seguintes posições: base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial.

Com os resultados do estudo silvicultural foram determinados os seguintes parâmetros: fator de forma, teor de casca, teor de cerne, teor de alburno e incremento médio anual.

Os discos foram transformados em cavacos com dimensões aproximadas de 2 a 3mm de espessura, 2 a 2,5cm de largura e ± 2,5cm de comprimento. Amostras representativas dos cavacos foram coletadas e transformadas em serragens, para que se pudesse analisadas a composição química das madeiras: solubilidade em água fria, água quente, álcool-benzeno e NaOH1%, teor de holocelulose e teor de lignina. Outra amostra de cavacos foi separada e mace-

rada, determinando-se as seguintes características anatômicas: comprimento das fibras, largura das fibras, diâmetro do lúmen, espessura da parede de fibras, largura dos vasos, índice de enfeltramento, coeficiente de flexibilidade, fração parede, índice de Runkel e distribuição de freqüência das dimensões das fibras e dos vasos. Também foi coletada uma amostra de cavacos para a determinação da densidade básica da madeira.

O processo utilizado na produção de celulose foi o kraft, e as condições de cozimentos foram preestabelecidas, com exceção do álcali ativo, que sofreu alterações conforme o número kappa das polpas produzidas, fixado em $19,5 \pm 1,5$.

Foram determinados os seguintes parâmetros: rendimento, bruto e depurado, em celulose, teor de rejeitos, viscosidade da celulose, alvura da celulose, consumo específico de madeira, solubilidade das celuloses em NaOH 5%, 8%, 10% e 18%, pH dos licores residuais, densidade dos licores residuais, teor de matéria orgânica nos licores residuais, teor de matéria inorgânica nos licores residuais, teor de sólidos nos licores residuais, viscosidade, a 20°C, dos licores residuais, a 20°Bé, álcali ativo residual nos licores residuais e álcali ativo consumido, base madeira.

Nas condições do presente trabalho, os resultados propiciaram as seguintes conclusões:

1 - *E. grandis* e *E. saligna*, mesmo com baixas densidades básicas, são as melhores espécies para o abastecimento de madeira na indústria de celulose, visto que seus incrementos médios, em m^3/ha/ano, foram muito superiores aos das outras espécies, de modo que os elevados volumes de madeira produzida por hectare compensam as menores densidades e propiciam os maiores valores de matéria-seca por ha/ano.

2 - *E. grandis* e *E. saligna* são as fontes de madeira mais viáveis, pois apresentaram menores percentagens de casca.

3 - E. quadrangulata, E. pellita e E. microcorys apresentaram os maiores valores de densidade básica, fração parede e índice de Runkel, o que faz crer que um melhoramento genético dessas espécies, para aumentar o comprimento médio de suas fibras, associado a um manejo florestal com vistas ao aumento do incremento médio ha/ano, torná-las-ia bastante viáveis para o abastecimento de madeira na indústria de celulose, visto que seus rendimentos em celulose depurada são perfeitamente admissíveis. Com essas características, é possível antever boa opacidade, porosidade e volume específico aparente para o papel com elas produzidos.

4 - Quando o objetivo do processo for a obtenção de celulose solúvel, provavelmente E. pellita será a mais aconselhável, pois, além de apresentar o menor teor de pentosanas, foi uma das que apresentou maior rendimento em celulose depurada.

5 - Considerando apenas o "rendimento em celulose depurada", E. grandis, seguida de E. pilularis, E. pellita e E. quadrangulata, seria a espécie economicamente mais viável, pois superou as demais.

6 - Considerando a mesma faixa de número kappa, as celuloses de E. andrewsii, E. quadrangulata e E. grandis apresentaram maiores alvuras, evidenciando adequação para a fabricação de papéis não-branqueados.

7 - E. tereticornis, E. propinqua, E. cloeziana e E. camaldulensis apresentaram baixo rendimento em celulose depurada, sendo, portanto, pouco recomendadas para a indústria de celulose.

8 - Maiores percentagens de álcali ativo inicial são necessárias para a deslignificação das madeiras de E. cloeziana e E. tereticornis, o que reforça a conclusão número 7.

9 - Álcali ativo inicial relativamente baixo pode ser usado na deslignificação da madeira de E. andrewsii, E. pellita e E. saligna sem que haja elevados teores de rejeitos nas polpas

produzidas, o que é mais uma vantagem dessas espécies.

10 - O menor consumo de álcali ativo, base madeira, foi obtido para E. pellita, o que evidencia menor gasto com produtos químicos com a deslignificação de sua madeira.

11 - As celuloses das madeiras de E. quadrangulata, E. urophylla, E. saligna, E. pilularis e E. grandis mostraram maiores valores de viscosidade, indicando sua potencialidade para a produção de papéis com boas características de resistência.

12 - As celuloses das madeiras de E. tereticornis, E. cloeziana, E. propinqua e E. camaldulensis apresentaram os menores valores de viscosidade, evidenciando, portanto, possíveis baixos valores para características de resistência do produto final.

13 - São necessárias menores quantidades de madeira para a produção de uma tonelada de celulose não-branqueada a partir de E. quadrangulata, E. pellita, E. microcorys e E. cloeziana, enquanto menor número de árvores para a mesma produção é conseguido a partir de E. grandis e E. saligna.

14 - De modo geral, a associação das características florestais às qualidades das madeiras, seu comportamento na deslignificação, as propriedades das polpas kraft obtidas, excetuando as propriedades físico-mecânicas, permitem concluir que as melhores espécies para conversão em celulose foram Eucalyptus grandis e Eucalyptus saligna. Além dessas, mostraram bom potencial Eucalyptus pellita, E. pilularis, E. andrewsii, E. quadrangulata e E. microcorys. Para essas, uma programação bem dirigida de pesquisas de melhoramento, quer genético, quer de manejo florestal, certamente proporcionará desenvolvimento de qualidade de florestas e de produtos e torna-las-á excelentes alternativas para a indústria de celulose.

6 - LITERATURA CITADA

1. ANDRADE, E.N. de. O eucalipto. 2 ed. Jundiaí, Cia. Paulista de Estradas de Ferro, 1961. 667 p.

2. ANGEJO, J.L.M. e BARBADILLO. Pastas de eucaliptos espanhóis: seu emprego na fabricação de papel. In: CONVENÇÃO ANUAL DA ABCP, 1., São Paulo, 1958. 11 p.

3. BARRICHELO, L.E.G. O uso da madeira de Eucalyptus saligna - Smith na obtenção de celulose pelo processo bissulfito - base magnésio. Piracicaba, ESALQ, 1971. 85 p. (Tese Doutoramento).

4. BARRICHELO, L.E.G. e BRITO, J.O. Variações das características da madeira de Eucalyptus grandis e suas correlações com a produção de celulose. 4 Congresso Anual da ABCP. (Trabalhos para o I Congresso de Eucalipto). O papel, São Paulo. 41-46, nov. 1977.

5. BARRICHELO, L.E.G. e BRITO, J.O. Potencialidade de espécies tropicais de eucalipto para produção de celulose sulfato - branqueada. IPEF, Piracicaba, (13): 9-37, 1976.

6. BARRICHELO, L.E.G. e BRITO, J.O. A madeira das espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel. Brasília, PRODEPEF, 1976. 145 p. (Série Divulgação, 13).

7. BLAKELY, W.E. A Key to the eucalypts. 2 ed. Canberra, Forestry and Timber Bureau, 1965. 359 p.

8. BRASIL, M.A.M. e FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de Eucalyptus alba Reinw, Eucalyptus saligna Smith e Eucalyptus grandis Hill ex Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. IPEF, Piracicaba, 2/3 : 139-148, 1971.

9. BRASIL, M.A.M. e FERREIRA, M. Variação da densidade básica e das características das fibras em Eucalyptus grandis Hill ex Maiden ao nível do DAP. IPEF. Piracicaba, (5): 81-90, 1972.

10. BUSNARDO, C.A. et alii. Estudo comparativo da qualidade da madeira de três procedências de Eucalyptus saligna introduzida na região de Guaíba - RS, entregue para publicação na revista O Papel.

11. BUSNARDO, C.A.; FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C.; KAJIYA, S. e ALVES, E.E. Estudo comparativo da qualidade da madeira de algumas espécies de Eucaliptus tropicais. Belo Oriente, CENIBRA, 1978. 27 p. (CENIBRA). Pesquisa, 67).

12. CASTRO, N.S. Aproveitamento industrial da madeira de Gmelina arborea Roxb. para a produção de celulose. Viçosa, U.F.V./ Imprensa Universitária, 1973. 124 p. (Tese M.S.).

13. CORAIOLA, R. Estudo comparativo entre várias espécies de eucalipto. S.l., Klabin do Paraná, Centro de Pesquisas e Controle de Qualidade, 1975. 1½ p. (Relatório Técnico, CPC-004,75).

14. FOELKEL, C.E.B. e BARRICHELO, L.E.G. Tecnologia de celulose e papel. Piracicaba, ESALQ, 1975. 207 p.

15. FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G. e MILANEZ, A.F. Estudo comparativo das madeiras de Eucalyptus saligna, Eucalyptus paniculata, E. citriodora, E. maculata e E. tereticornis para a produção de celulose sulfato. IPEF, Piracicaba, (10): 17-37, ago. 1975.

16. FOELKEL, C.E.B. et alii. Melhoramento genético das qualidades celulósico - papeleiras da madeira do Eucalyptus saligna. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 15; São Paulo, 1982. Semana do Papel.

17. FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C.; ANDRADE, J. e MEDEIROS, S. J. Eucaliptos tropicais na produção de celulose kraft. Belo Oriente, CENIBRA, 1978. 31 p. (CENIBRA - Pesquisa, 68).

18. FOELKEL, C.E.B. Rendimentos em celulose sulfato de Eucalyptus spp em função do grau de deslignificação e da densidade da madeira. IPEF, Piracicaba, (9): 61-77, dez. 1974.

19. FOELKEL, C.E.B. e BARRICHELO, L.E.G. Avaliação das madeiras para produção de celulose através de suas características estruturais: uma referência especial para o gênero Eucalyptus. In: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. In: SEMINÁRIO DE INTEGRAÇÃO FLORESTA-INDÚSTRIA, Piracicaba, 1975. p. 5-33.

20. FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M. e BARRICHELO, L.E.G. MÉTODOS para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. IPEF, Piracicaba, (2/3): 65-74, 1971.

21. FOELKEL, C.E.B.; BUSNARDO, C.A.; ZVINAKEVICIUS, C. e BONSSATO, M.F.B. Guaíba, RIOCELL, 1980. 33p. (CELULOSE E PAPEL EM PESQUISA, 2).

22. GOLFARI, L. Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento. Belo Horizonte, Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1975. 65 p. (PNUD/FAO/IBDF - BRA/71/545. Série técnica, 3).

23. GOMES, J.M., BRANDI, R.M.; CÂNDIDO, J.F. e OLIVEIRA, L.M. Estudo da competição de espécies e procedências de eucalipto na região de Viçosa, Minas Gerais. Revista Árvore, Viçosa, 1 (2): 72-88, 1977.

24. GONZAGA, J.V. et alii. Caracterização da qualidade da madeira de procedências de Eucalyptus grandis introduzidas na região de Guaíba - RS, In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 15. São Paulo, 1982. Semana do Papel.

25. HILLIS, W. Properties of eucalypt wood of importance the to the pulp and paper industry. Appita, 26 (2): 117, Sept.1972.

26. HILLIS, W. e BROWN, A.G. Wood quality and utilization. In: Eucalypts for Wood Productions. ed. Australia, p. 260-290, 1978.

27. MARQUES, A.R. Otimização da relação tempo-temperatura na produção de celulose kraft de Eucalyptus urophylla de origem híbrida. Viçosa, U.F.V./Imprensa Universitária, 1979. 53 p. (Tese M.S.).

28. PACINI, P. Cozimento - processo sulfato, de eucalipto no Brasil. O papel, São Paulo, 42: 35-40, jul. 1978.

29. PEREIRA, A.A.G. Estudo comparativo das propriedades físico-mecânicas da celulose sulfato de madeira de Eucalyptus saligna Smith., E. alba Reinw e E. grandis Hill ex Maiden. Piracicaba. ESALQ, 1969. 129 p. (Tese Doutoramento).

30. QUEIROZ, M.G. Comportamento de várias espécies de eucalipto na obtenção de pastas sulfato. O papel, São Paulo, 33 (3): 51-56, mar. 1972.