

VARIAÇÃO DO RENDIMENTO EM CELULOSE SULFATO
AO LONGO DO TRONCO DO *Eucalyptus grandis*
HILL EX MAIDEN E *E. saligna* SMITH

VAIL MANFREDI

Orientador: Prof. LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1985

A meus pais,
esposa
e filhos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Luiz Ernesto George Barrichelo, pela orientação e dedicação.

 - À Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz e ao Departamento de Silvicultura pela oportunidade.

 - À Duraflores, Silvicultura e Comércio Ltda pelo fornecimento da madeira utilizada no trabalho e pelo auxílio prestado durante a amostragem do material.

 - À Ripasa S.A. Papel e Celulose, em especial ao Eng^o Silvio Rachid pelo apoio.
- Aos funcionários do Setor de Química, Celulose e energia do Departamento de Silvicultura, pelo auxílio durante a parte experimental do trabalho.
- Aos funcionários do Centro de Pesquisas e Tecnologia da Aracruz Celulose S.A., pelo auxílio durante a parte experimental do trabalho.

 - Ao Dr. Ergilio Claudio-da-Silva Jr. pelo apoio e colaboração.

- À equipe do Centro de Processamento de Dados da Aracruz Celulose S.A., em especial a Cícero Avelino da Silva pelo auxílio durante a análise dos resultados.
- À Antonio Cesar Campos Tackla e equipe pela realização dos serviços gráficos do trabalho.
- À Rosely Azeredo Gusella que com dedicação e paciência da tilografou o trabalho.
- À Aracruz Celulose S.A. pelo apoio
- À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	<u>página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1. Material	16
4.2. Métodos	17
4.2.1. Seleção de árvores	17
4.2.2. Caracterização da madeira	18
4.2.3. Obtenção de celulose	19
4.2.4. Ensaaios na celulose obtida	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1. Densidade Básica da Madeira	23
5.2. Teor de Holocelulose da Madeira	27
5.3. Teor de Lignina da Madeira	32
5.4. Rendimento do Cozimento	34
5.4.1. Cozimento com 14,0% de Na ₂ O ativo	35
5.4.2. Cozimento com 17,5% de Na ₂ O ativo	39
5.5. Correlações Entre o Rendimento Depurado e as Características da Madeira	46
6. CONCLUSÕES	49
7. LITERATURA CITADA	52
APÊNDICE	62

VARIAÇÃO DO RENDIMENTO EM CELULOSE SULFATO
AO LONGO DO TRONCO DO *Eucalyptus grandis*
HILL ex MAIDEN E *E. saligna* SMITH

Autor: VAIL MANFREDI

Orientador: LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO

RESUMO

Este estudo foi desenvolvido com a finalidade de determinar as variações de rendimento em celulose sulfato não branqueada ao longo do tronco do *Eucalyptus* spp, de modo a permitir a identificação da região do tronco que maximiza este rendimento.

Foram utilizadas árvores de *E. grandis* e *E. saligna*, pertencentes a três classes de DAP com casca e amostradas em um mesmo povoamento comercial. Para cada classe de diâmetro foram amostradas vinte e cinco árvores, sendo de cada uma delas retirados dez discos a intervalos regulares da altura total e a partir da base.

Os cozimentos foram realizados em digestor rotativo equipado com cento e cinquenta cápsulas de tela de aço inoxidável, de forma a permitir o cozimento simultâneo de todas as amostras de uma mesma espécie.

Além do rendimento em celulose depurada, ca da posição no tronco foi analisada quanto aos seus teores de holocelulose e lignina, além da determinação de densida de básica, o que permitiu a identificação dos modelos de va riação no sentido longitudinal para o rendimento e princi pais características da madeira.

Os resultados obtidos mostraram que para o *E. grandis* o rendimento pode ser maximizado com a utiliza ção da região compreendida entre 10 e 60% da altura total das árvores, enquanto que para o *E. saligna* os limites des sa região variam em função da classe de diâmetro das árvo res.

Para o *E. grandis* o rendimento mostrou-se al tamente correlacionado com a densidade básica, enquanto que para o *E. saligna* a melhor correlação ocorreu para o teor de lignina da madeira. Nas duas espécies o teor de holocelulose mostrou-se diretamente correlacionado com o rendi mento depurado,

Os modelos de variação longitudinal para as características da madeira estudadas, bem como para o ren dimento depurado, obedecem a modelos quadráticos, sendo os maiores rendimentos observados para as regiões de maior te or de holocelulose e menor teor de lignina.

VARIATION OF KRAFT PULPING YIELD
ALONG THE *Eucalyptus grandis* HILL
ex MAIDEN E E. *saligna* SMITH

Author: VAIL MANFREDI

Adviser: LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO

SUMMARY

The purpose of this work was to determine the region along the stem highest kraft pulping yield. *E. grandis* and *E. saligna* trees of three fixed diameter classes were used.

For both species, twenty-five trees of each diameter were sectioned into ten disks. They were taken at regular intervals along the longitudinal axis, starting at the base of the tree.

Experimental cooks were performed in a rotating laboratory digester. The digester held one hundred and fifty stainless steel screen boxes, providing the same cooking conditions for all samples from a given species.

Each stem position was analysed for the yield, specific gravity, holocellulose and lignin contents. The variations in these parameters were compared relatively to

species and diameter classes.

For the *E. grandis*, the region of greatest yield is found between 10 and 60% of the total height. For *E. saligna*, the position is dependent of the tree diameter.

A positive correlation between the yield and the, holocellulose content for both species was found, the same holding true for the relation between yield and specific gravity for *E. grandis*, and the inverse with the lignin content for *E. saligna*.

The models for variations of all parameters studied fit a second order equation model. The highest yields were obtained in the regions with the smallest lignin content and greatest holocellulose content.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria celulósico-papeleira apresentou significativo desenvolvimento a partir da utilização da madeira de eucalipto, situando o País entre os maiores produtores mundiais e transformando-o no principal exportador de celulose de fibra curta.

As espécies mais utilizadas têm sido o *Eucalyptus grandis* e o *E. saligna*, para as quais muitos estudos relacionando as características de suas madeiras com a qualidade da celulose produzida e parâmetros de processamento já foram desenvolvidos.

Estes estudos tem gerado informações de grande importância prática para o melhoramento genético e para a exploração comercial dos povoamentos disponíveis.

De forma a garantir o suprimento de matéria prima, as indústrias de celulose investem maciçamente na im

plantação de florestas, que estão sujeitas às pressões econômicas diversas, dentre elas a valorização da madeira para outras utilizações.

Além da produção de celulose, a madeira do eucalipto também é empregada em larga escala para chapas de fibra, aglomerados, carvão siderúrgico e energia, sendo que para estas finalidades também foram implantadas grandes áreas de reflorestamento.

Atualmente no Brasil, com poucas exceções, povoamentos inteiros destinam-se a uma única utilização da madeira.

Quanto ao melhoramento genético destes povoamentos, é de fundamental importância o conhecimento da variabilidade individual das características da madeira, bem como das relações existentes entre tais características e os parâmetros de processamento e com a qualidade do produto final.

Tais conhecimentos permitem que o melhoramento seja concentrado sobre as características da madeira de real importância prática, possibilitando resultados mais expressivos.

Desta forma, a identificação da região de máximo rendimento em celulose ao longo do tronco, bem como das

características que o condiciona, pode contribuir para uma exploração mais eficiente das florestas existentes.

Tal exploração permitiria o aumento da produção de celulose, possibilitando a liberação da madeira excedente para utilizações nas quais suas características sejam favoráveis, aumentando-se o rendimento e lucratividade de das florestas de *Eucalyptus* spp.

2. OBJETIVOS

Determinar a região, ao longo do tronco de árvores de *E. grandis* e de *E. saligna*, que maximiza a produção de celulose sulfato não branqueada, em função do rendimento depurado do cozimento e da classe de DAP das árvores do povoamento.

Caracterizar a variação longitudinal da densidade básica, teor de holocelulose e teor de lignina para as espécies estudadas, correlacionando-as com o rendimento depurado do cozimento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

O consumo mundial de madeira para as principais utilizações em 1.980 e a demanda prevista para as próximas décadas são apresentados na Figura 1.

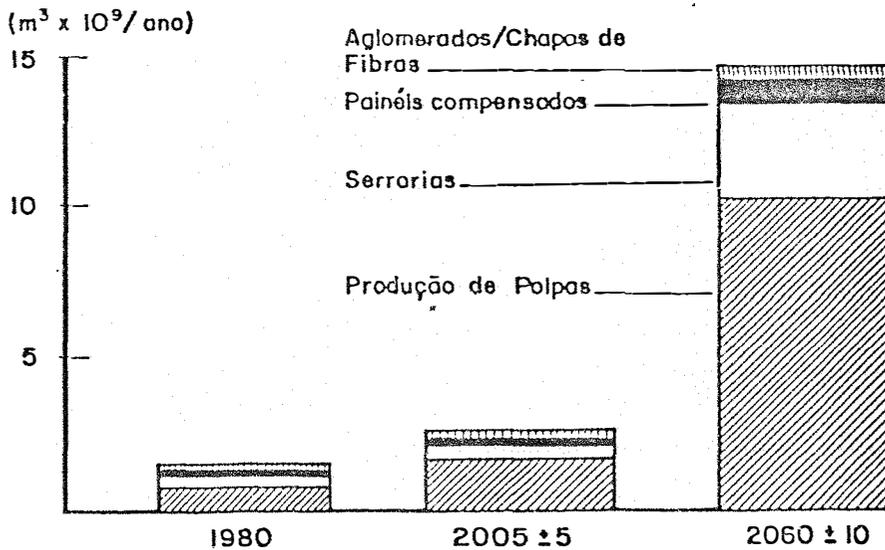


Figura 1. Consumo Mundial de Madeira em 1.980 e Previsto Para as Próximas Décadas (KULP, 1.983).

Estima-se que o aumento da demanda no período 1.980 - 2.005 possa ser suprido pela utilização racional de florestas já existentes e pelo aumento de produtividade das florestas localizadas em latitudes temperadas (KULP, 1.983).

A partir de 2.005, segue o autor, a demanda deve ser quase ou totalmente suprida por investimentos nas latitudes tropicais, tanto pela implantação de novas florestas como pelo aumento de produtividade das florestas existentes.

A demanda brasileira projetada para os principais setores que utilizam matéria prima madeira é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Demanda Brasileira de Madeiras por Setor (em milhões de metros cúbicos sólidos)

Ano	Desdobro	Lenha e Carvão	Celulose e Papel	Total
1.980	23,09	156,7	18,82	198,61
1.985	29,44	157,6	29,05	216,09
1.990	36,43	167,1	43,09	244,52
1.995	44,15	173,1	63,31	280,56
2.000	53,38	182,4	89,10	324,88

Fonte: IBDF citado por SIMÕES *et alii* (1.980)

Observa-se através dos dados constantes da tabela 1, que o maior aumento no consumo de madeira deve ocorrer no setor de celulose e papel, seguido pelo processamento mecânico. As áreas reflorestadas ganham a cada dia maior importância no fornecimento de madeira devido ao constante afastamento das florestas naturais dos grandes centros consumidores, o que se reflete principalmente no desdobro e uso de carvão siderúrgico, onde a contribuição dos reflorestamentos tende a ser cada vez mais acentuada (GARLIPP, BERGER e PINTO JUNIOR, s.i.), justificando o desenvolvimento de estudos visando o múltiplo aproveitamento das áreas reflorestadas.

Todas as espécies de madeira apresentam características comuns que as diferenciam dos demais materiais, além de características exclusivas que as diferenciam entre si. Por outro lado, mesmo as características próprias apresentam variações em função da idade, local de crescimento, procedência das sementes e posição na árvore.

As variações apresentadas entre espécies são decorrentes de um complexo sistema de interação de fatores que modificam os processos fisiológicos envolvidos na formação da madeira (PANSIN e DE ZEEUW, 1.970). Dessa maneira, em uma mesma espécie, as variações são devidas aos fatores que afetam seu crescimento (TOMAZELLO FILHO e FERRAZ, 1.978; KEITH e KELLOGS, 1.981).

De um modo geral, as variações das características da madeira associam-se à modificações de fatores genéticos, idade de câmbio e disponibilidade de nutrientes e água (PANSHIN e DE ZEEUW, 1.970; RAVEN, EVERT e CURTIS, 1.978 e KRAMER e KOZLOWSKI, 1.971).

A qualidade da madeira, ou seja, sua adequação para um determinado uso, está ligada a um ou mais dentre os fatores que afetam sua estrutura e, portanto, suas propriedades físicas e químicas (PANSHIN e DE ZEEUW, 1.970 e FOELKEL, 1.978).

Dentre estas características, a densidade básica é a mais estudada por correlacionar-se, em diferentes níveis, com todas as utilizações da madeira. Para utilizações específicas destacam-se outras características relacionadas com a proporção e dimensões dos elementos anatómicos, composição química, presença de cerne, caracterização física e química da casca, ângulo fibrilar nas paredes celulares e resistências físico-mecânicas da madeira.

A densidade básica varia entre diferentes espécies, árvores de uma mesma espécie e diferentes regiões de uma mesma árvore, sendo uma característica complexa, dependente da composição química e anatômica da madeira (ZOBEL, 1.965; HILLIS, 1.972; FOELKEL e BARRICHELO, 1.975 e SCURFIELD, 1.976).

A densidade é o mais simples e utilizado índice de determinação da qualidade da madeira, correlacionando-se com suas propriedades físicas e produção de madeira em peso.

Segundo GARONE e MARTON (1.979), existe uma relação linear entre a densidade básica da madeira e sua resistência, com uma constante de proporcionalidade para cada característica. De um modo geral, madeiras menos densas são também menos resistentes (HALE, 1.969).

HIGGINS *et alii* (1.973) e BARRICHELO, BRITO E BAZANELLI (1.983) citam a existência de relação entre densidade e dimensões fundamentais e proporções dos elementos anatômicos da madeira. Segundo BROWNING (1.963), dentro de uma mesma espécie a densidade da madeira é afetada basicamente pela espessura da parede celular, pois a proporção dos tecidos presentes é mais ou menos constante.

A densidade básica também é influenciada pelo teor de extrativos da madeira, principalmente para árvores mais velhas (HIGGINS, 1.970 e ZOBEL, 1.981). Para árvores de *Eucalyptus saligna*, com nove anos de idade, FOELKEL *et alii* (1.982) observaram que o teor de extrativos removíveis em solventes orgânicos pouco afetou a densidade, tanto para madeiras de cerne como de alburno.

BARRICHELO e BRITO (1.977) estudando madeiras de *Eucalyptus grandis*, com seis anos de idade, encontraram correlação positiva entre o teor de lignina e a densidade básica e correlação negativa desta com o teor de h_olocelulose.

Ao longo do tronco a densidade varia no sentido medula-casca e com a altura, apresentando modelos de variação que diferem em função do gênero ou mesmo da espécie considerada (BARRICHELO e BRITO, 1.979).

Trabalhando com cinco espécies de eucalipto, BATCHELOR, CRAWFORD e TURNER (1.970), observaram diferentes modelos para a variação longitudinal da densidade. Para as espécies *E. obliqua*, *E. viminalis* e *E. amygdalina* houve um rápido incremento de densidade até 30% da altura comercial, quando o incremento passou a ser menor. A espécie *E. regnans* apresentou um incremento linear da base até o topo enquanto que o *E. delegatensis* apresentou pequena redução no valor da densidade a partir de 40% da altura comercial.

BARRICHELO, BRITO e MIGLIORINI (1.982) apresentam diversos modelos de variação longitudinal para o eucalipto, variando desde acentuadamente decrescente da base para o topo até crescente com alternância ou não de valores decrescentes. Estudando *E. grandis*, de diversas idades, BARRICHELO *et alii* (1.983) observaram que a densidade

apresentou valores máximos na base e entre 50 e 75% da altura comercial. Para o *E. saligna*, FERREIRA (1.968) relata um aumento linear da densidade a partir do DAP até 10.0 m de altura.

O efeito do ritmo de crescimento sobre a densidade é relatado por diversos autores, dentre eles, PANSIN *et alii* (1.962) citam a redução da densidade com o aumento da taxa de crescimento; FERREIRA (1.968) e CARPIN *et alii* (1.983) citam o aumento da densidade com o vigor das árvores de *E. saligna* e FERREIRA (1.972) cita o aumento da densidade com o vigor das árvores de *E. grandis*.

De acordo com FERREIRA e KAGEYAMA (1.978), o efeito do ritmo de crescimento sobre a densidade básica da madeira do *Eucalyptus spp*, citado por diversos autores, é função da variabilidade individual dentre das populações.

CARPIM e BARRICHELO (1.983), estudando três procedências de *E. grandis*, observaram que para a procedência Salto a densidade aumentou com o aumento do DAP, apresentando comportamento inverso na procedência África do Sul e não existindo correlação para a procedência África do Sul Especial. No entanto, independente da procedência, os maiores valores de densidade foram determinados para a região compreendida entre 75 e 100% da altura comercial.

Assim como a densidade básica, a composição química varia com a altura no tronco e com o afastamento da medula (BROWNING, 1.963). A composição química da madeira de *Eucalyptus spp* apresenta consideráveis variações, mesmo dentro de uma mesma árvore (MORUD, 1.972; HALL, HANSEN e RUDRA, 1.973 e STONIS, 1.975).

BARRICHELO *et alii* (1.983) encontraram para diferentes idades de *E. grandis*, teores crescentes de holocelulose na madeira da base até 75% da altura comercial, onde situaram-se os maiores rendimentos em celulose sulfato.

Valores crescentes para a densidade no sentido base-topo para árvores de *E. grandis* são citados por BARRICHELO e BRITO (1.977) acompanhados por teores decrescentes de lignina da base até o meio do tronco comercial, permanecendo praticamente inalterado em direção ao topo, ocorrendo o inverso para a holocelulose.

Tanto o rendimento quanto a qualidade da celulose produzida a partir de um determinado tipo de madeira dependem de fatores associados ao processo de conversão e à madeira utilizada.

De um modo geral, os principais parâmetros da madeira de eucalipto ligados à produção de celulose são a densidade básica e o teor de extrativos (HIGGINS, 1.970; HILLIS, 1.972; DAVIDSON, 1.973; FOELKEL e BARRICHELO, 1.975

e HIGGINS, 1.978).

A densidade relaciona-se com o rendimento do processo, velocidade de impregnação dos cavacos, energia de refino, propriedades de resistência físico-mecânicas da celulose e papel e consumo de reagentes durante o cozimento (DADSWELL e WARDROP, 1.959; SCURFIELD, 1.976 e BARRICHELO e BRITO, 1.979). É o fator mais importante na determinação da densidade aparente dos cavacos, afetando não só o rendimento volumétrico do cozimento mas também, a capacidade de armazenamento e movimentação dos cavacos (BUBLITZ, 1.980).

BATCHELOR, PRENTICE e TURNER (1.971), observaram que para um mesmo número kappa obtido pelo processo soda, o rendimento em polpa ao longo do tronco comercial aumentou da base até 30 a 40% da altura comercial, acompanhando o aumento de densidade. Acima de 40% da altura, o rendimento apresentou-se decrescente até o topo, enquanto a densidade continuou a crescer, embora mais suavemente. Neste trabalho foram utilizadas cinco espécies de eucalipto, a saber: *E. obliqua*, *E. viminalis*, *E. amygdalina*, *E. regnans* e *E. delegatensis*.

Trabalhando com *E. grandis*, com idades variando de 5 a 10 anos, BARRICHELO *et alii* (1.983) não encontraram correlação entre o teor de holocelulose ou rendimento depurado com a densidade básica média da árvore.

BATCHELOR, CRAWFORD e TURNER (1.970) e BATCHELOR, PRENTICE e TURNER (1.971), observaram que para as cinco espécies estudadas, o teor de extrativos decresceu acentuadamente da base até 40% da altura comercial das árvores, continuando a crescer suavemente em direção ao topo. Para esta região - 30 a 40% da altura - o teor de lignina foi o menor em toda a árvore, enquanto o teor de pentosanas aumentou em direção ao topo.

Segundo os autores, estas variações na composição química podem explicar o maior rendimento, menor consumo de reagentes e maior necessidade de energia de refinamento para a celulose produzida entre 30 e 50% da altura comercial.

Segundo Nelson *et alii* (1.961) citados por DINWOODIE (1.965); McELWEE, TOBIAS e GREGORY (1.970); BARRICHELLO *et alii* (1.983) e DuPLOOY (1.980) o rendimento em celulose apresenta-se correlacionado com o teor de holocelulose da madeira.

As principais variáveis do cozimento que influenciam o rendimento e a qualidade da celulose produzida são citados por CLAYTON (1.969); RYDHOLM (1.965) e SWARTZ e MacDONALD (1.980), como sendo a temperatura, tempo e pressão de cozimento; concentração de reagentes, pH e sulfidez do licor.

Segundo DIAS e CORREA (1.980), para madeiras de *E. grandis*, o rendimento do cozimento é mais afetado pela carga de álcali ativo, proporção licor : madeira e tempo de cozimento.

No que se refere à qualidade da celulose, esta será, em função do uso a que se destinar, definida pelo grau de deslignificação, viscosidade, alvura, reversão de alvura, opacidade e resistências físico-mecânicas (FOELKEL, 1.978).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

A madeira utilizada no trabalho foi amostrada em povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, procedência África do Sul e de *Eucalyptus saligna* Smith, procedência Itatinga, ambos implantados no município de Lençóis Paulista, Estado de São Paulo, e com sete anos e meio de idade.

A altitude média da região de plantio é 670 metros e as coordenadas geográficas aproximadas são 22°48' Sul e 48°55' Oeste. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, com temperatura média anual de 20,0 °C, sendo a média do mês mais frio (julho) igual a 17,0 °C e a média do mês mais quente (janeiro) de 24,0 °C. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.200 mm, predominando no semestre mais quente. O solo do local é um Latos

solo Vermelho-amarelo, fase arenosa e o relevo caracteriza-se por ser levemente ondulado.

Os povoamentos foram implantados em espaçamento 3,0 m x 1,5 m, tendo recebido, na ocasião do plantio, adubação NPK de 400,0 kg/ha (10:26:6) mais boro e zinco. Os tratamentos culturais realizados foram o combate à formiga - anterior ao plantio - e coroamento e capina durante os três primeiros anos de plantio.

4.2. Métodos

4.2.1. Seleção de árvores

Para cada espécie foram selecionadas setenta e cinco árvores distribuídas em três classes de DAP (diâmetro à altura do peito) medido com casca, de acordo com o apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Distribuição das Classes de DAP Para as Espécies Utilizadas.

Classe	DAP (em cm)	Espécie
A	9,0 a 11,0	<i>E. grandis</i> <i>E. saligna</i>
B	19,0 a 21,0 29,0 a 31,0	<i>E. grandis</i> <i>E. saligna</i> <i>E. grandis</i>
C	26,0 a 28,0	<i>E. saligna</i>

A amostragem foi iniciada no centro dos talhões ampliando-se de forma a cobrir uma área circular. As árvores pertencentes a cada uma das classes de DAP foram identificadas, e posteriormente abatidas 25 árvores por classe.

Para cada árvore abatida foram medidos os valores de DAP com casca e as alturas total e comercial, considerando o diâmetro mínimo de 6,0 cm com casca, sendo amostrados, a partir da base, dez discos a intervalos regulares da altura total.

4.2.2. Caracterização da madeira

Todos os discos foram caracterizados com relação à densidade básica da madeira através do método da balança hidrostática, segundo a Norma ABCP M 14/70.

Para o cálculo dos volumes total e comercial das árvores, feitos de acordo com o Método de Cubagem Rigorosa de Smallian (HUSCH; MILLER e BEERS, 1.972), foram tomadas medidas perpendiculares dos diâmetros dos discos, sendo considerada a média aritmética das leituras. Para os discos onde o contorno diferiu da elipse ou da circunferência, os diâmetros foram estimados através da técnica da área equivalente, que consiste em transferir, por sobreposição, a área a ser determinada para uma folha de papel de gramatura conhecida. Esta técnica é descrita a seguir:

Determinação do Diâmetro Equivalente.

Esta técnica consiste em transferir, por sobreposição, a área a ser determinada no disco para uma folha de papel de gramatura conhecida. Após recortadas, as folhas são aclimatadas e pesadas. A área é determinada pela equação (a). Após determinada a área, o diâmetro equivalente será determinado através da expressão (b).

$$(a) \quad A = f \times R$$

onde: A = área incôgnita (cm²)

f = peso da folha recortada (g)

R = 10.000 ÷ gramatura em g/m² (cm²/g)

$$(b) \quad d_e = \sqrt{A \div 0,7854}$$

onde: d_e = diâmetro equivalente (cm)

A = área da folha (cm²)

Os teores de lignina (Norma ABCP M 10/71) e de holocelulose na madeira (segundo MOORE e JOHNSON, 1.967) foram determinados em amostras compostas obtidas pelo agrupamento de cavacos obtidos a uma percentagem da altura em cada uma das classes de DAP.

4.2.3. Obtenção de celulose

Os cozimentos experimentais foram realizados em digestor rotativo, com 20 litros de capacidade, e utilizando cápsulas de tela de aço inoxidável, conforme descrito por BARRICHELO e BRITO (1.979). Foram utilizadas cento e cinquenta cápsulas, permitindo o cozimento simultâneo das cinquenta amostras compostas para cada classe de DAP. As amostras compostas foram formadas pelo agrupamento de cavacos de cinco em cinco árvores, por posição no tronco e por classe de DAP.

Foram realizados cozimentos separados para as duas espécies, sendo que para cada uma delas foram utilizadas duas dosagens diferentes de reagentes, caracterizando dois grupos de cozimentos, conforme apresentado na Tabela 3.

Os cavacos utilizados nos cozimentos foram obtidos manualmente a partir dos discos. Para a determinação de umidade dos cavacos, as cápsulas com cavacos foram

Tabela 3. Condições Operacionais Utilizadas para os Cozimentos Experimentais

Condições	Cozimentos	
	I	II
Na ₂ O (% base madeira a.s.)	17,5	14,0
Sulfidez do licor (%)	25	25
Temperatura máxima (°C)	170	170
Tempo até temperatura máxima (min)	120	120
Tempo à temperatura máxima (min)	30	30
Relação licor : madeira (ℓ/kg)	5:1	5:1

aclimatadas juntamente com uma amostra composta. Durante a aclimação dez cápsulas tiveram seu peso úmido acompanhado diariamente e os cozimentos foram realizados somente após as cápsulas testemunhas não mais apresentarem variação de peso úmido. A umidade determinada para a amostra composta após a aclimação foi considerada para todas as cápsulas.

4.2.4. Ensaio na celulose obtida

Para a determinação do rendimento do cozimento, os cavacos em cada uma das cápsulas utilizadas foram desagregados em liquidificador sob condições padronizadas de velocidade e tempo. A polpa resultante foi recolhida

da em papel de filtro e colocada para aclimação.

Após ter sido atingido o equilíbrio, as polpas foram pesadas permitindo a determinação do rendimento bruto para cada cápsula. A umidade da polpa foi determinada a partir de amostra composta formada por pequenos pedaços de todas as polpas.

Após a determinação do rendimento bruto, as polpas foram agrupadas de acordo com a percentagem de altura nas árvores e por classe de DAP. As amostras compostas para cada espécie estudada foram depuradas em classificador de fibras Brecht & Holl utilizando-se peneira de fendas de 0,2 mm de abertura. Após a depuração a polpa foi recolhida e pesada visando a determinação do rendimento depurado do cozimento. A depuração não foi necessária para os cozimentos do grupo I pois as polpas não apresentaram rejeitos ao final dos cozimentos.

As polpas depuradas foram utilizadas para a determinação do número de permanganato segundo a Norma ABCP C 4 /71.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido ao grande número de tabelas apresentando os resultados obtidos durante o estudo e os resumos das análises estatísticas dos mesmos, estas são apresentadas no item Apêndice.

5.1. Densidade Básica da Madeira

A densidade mostrou-se influenciada pela espécie, classe de diâmetro das árvores e posição ao longo do tronco, conforme apresentado nas Tabelas 5 a 7 e ilustrado pelas Figuras 2 e 3.

Para as duas espécies estudadas foram observados efeitos significativos da posição no tronco para cada classe de diâmetro considerada.

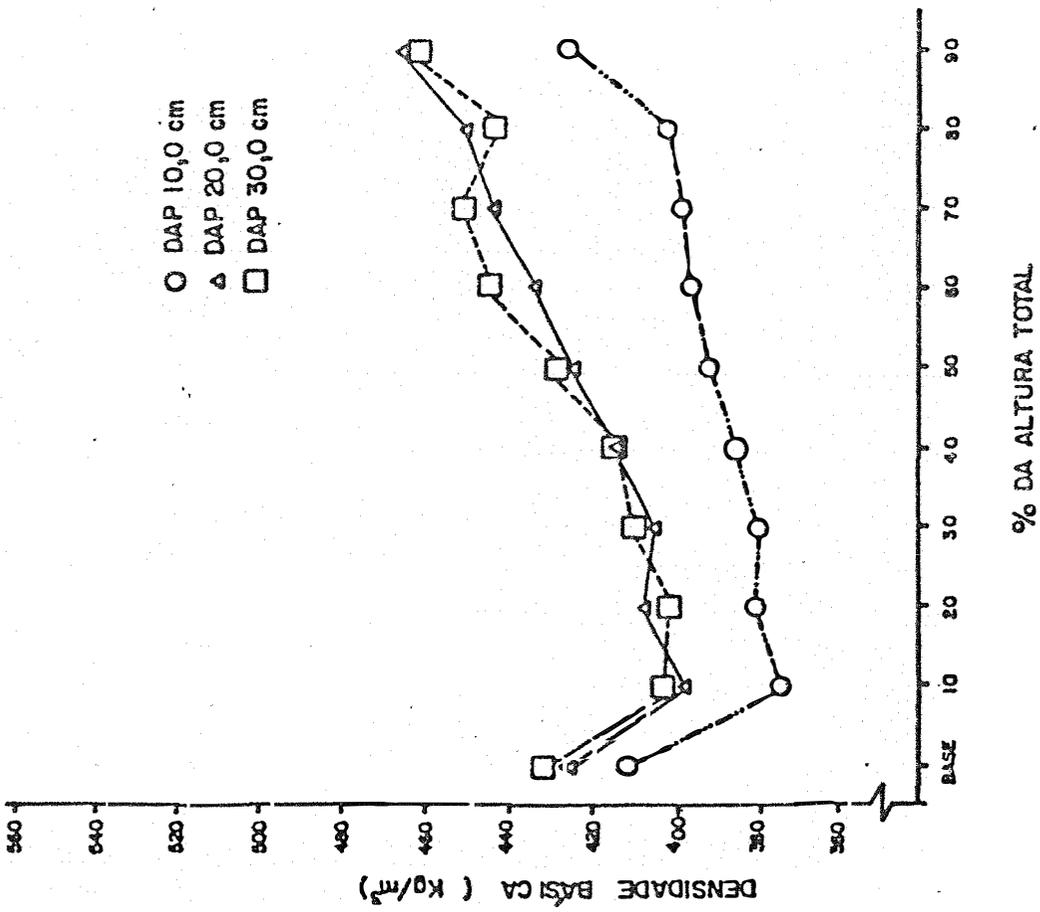


FIGURA 2. Variação Longitudinal da Densidade Básica para o *E. grandis*.

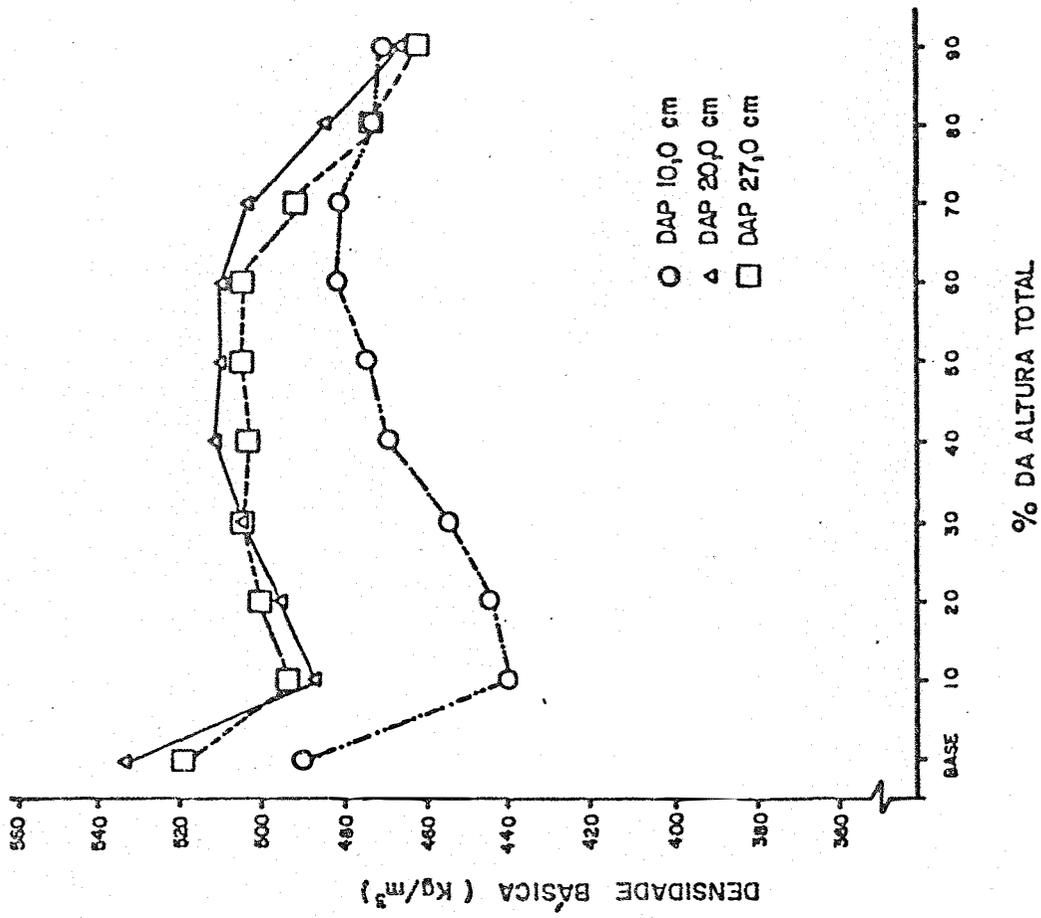


FIGURA 3. Variação Longitudinal da Densidade Básica para o *E. saligna*.

Dentro de uma mesma espécie, as menores densidades ocorreram para as árvores de menor diâmetro, não sendo detectadas diferenças significativas entre as árvores com DAP de 20,0 e 27,0/30,0 cm.

É importante ressaltar que a maior parte dos estudos relacionando densidade básica com o vigor das árvores foi desenvolvida utilizando-se povoamentos diferentes. Para um mesmo povoamento, como é o caso deste estudo, CARPIM *et alii* (1.983) concluíram que a densidade e o incremento médio anual parecem ser pouco dependentes, podendo ocorrer certa relação em função da espécie, procedência das sementes e local de plantio.

De acordo com BROWNING (1.963), PANSHIN e DE ZEEUW (1.970) e TAYLOR (1.973), para uma mesma espécie a densidade é influenciada principalmente pela espessura da parede celular, pois a proporção dos tecidos é mantida mais ou menos constante. Segundo Larson (1.964), citado por SIDDIQUI (1.972), a espessura da parede celular é influenciada pelo ritmo de crescimento, pois o desenvolvimento da parede secundária é dependente da atividade fotossintética.

Visto que as árvores dominadas apresentam

menor taxa de fotossíntese (KOZLOWSKI, 1.971 e KRAMER e KOZLOWSKI, 1.979), a menor disponibilidade de carboidratos pode ter sido a causa determinante da menor densidade básica das árvores de menor diâmetro.

Reforçando a idéia do efeito da dominância na densidade, VITAL, PEREIRA e LUCIA (1.981) citam que para o *E. grandis*, aos 30 meses de idade, não foram observados efeitos dos fatores ambientais, no caso espaçamento sobre a densidade básica.

Para a variação base-topo, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou para as árvores de *E. saligna*, enquanto que o modelo linear apresentou bom ajuste para as árvores de *E. grandis* (Figuras 2 e 3). De uma forma geral, estes resultados confirmam os apresentados anteriormente por BARRICHELO, BRITO e MIGLIORINI (1.982); BARRICHELO *et alii* (1.983 e 1.984) e CARPIM e BARRICHELO (1.983).

Para o *E. grandis*, independentemente da classe de DAP considerada, os valores de densidade decrescem acentuadamente da base até a região compreendida entre 10 e 20% da altura total, apresentando a seguir, aumento praticamente linear até o topo, onde os valores de

densidade foram os maiores de todo o tronco.

No caso do *E. saligna*, os maiores valores foram observados para a base das árvores, com os modelos de variação base-topo sendo dependentes da classe de diâmetro considerada.

Nas árvores de menor diâmetro, as menores densidades foram observadas para a região compreendida entre 10 e 40% da altura total, crescendo em direção à região superior do tronco, quando as densidades tendem a uma estabilização, nos mesmos valores da base, apresentando ligeira redução a partir de 80% da altura total.

Para as árvores das classes B e C, os modelos de variação longitudinal são semelhantes, com as menores densidades básicas para a região do topo das árvores e valores máximos para a base e região central do tronco.

5.2. Teor de Holocelulose na Madeira

A análise de variância (Tabela 10) acusou diferenças significativas nos teores de holocelulose entre as espécies e as classes de diâmetro das árvores. A

análise por espécie mostrou efeito significativo da posição no tronco apenas para o *E. saligna*.

Os menores teores foram encontrados para o *E. saligna* e, dentro de cada espécie, para as classes de maior diâmetro, não tendo sido observada diferença significativa entre as árvores das classes A e B. Em cada classe de diâmetro, a posição no tronco leva à diferenças significativas no teor de holocelulose da madeira, como apresentado nas Tabelas 11 e 12.

Os modelos para a variação longitudinal diferiram em função da espécie e da classe de DAP, conforme pode ser observado nas Figuras 4 e 5, embora o modelo quadrático seja o que melhor se ajustou para as duas espécies.

Nas árvores de *E. grandis*, os menores teores de holocelulose foram determinados para a região da base dos troncos, com os teores máximos diferindo com o diâmetro das árvores.

Para as árvores de menor diâmetro (classe A) os maiores teores foram encontrados para a região superior a 40% da altura total, apresentando tendências para

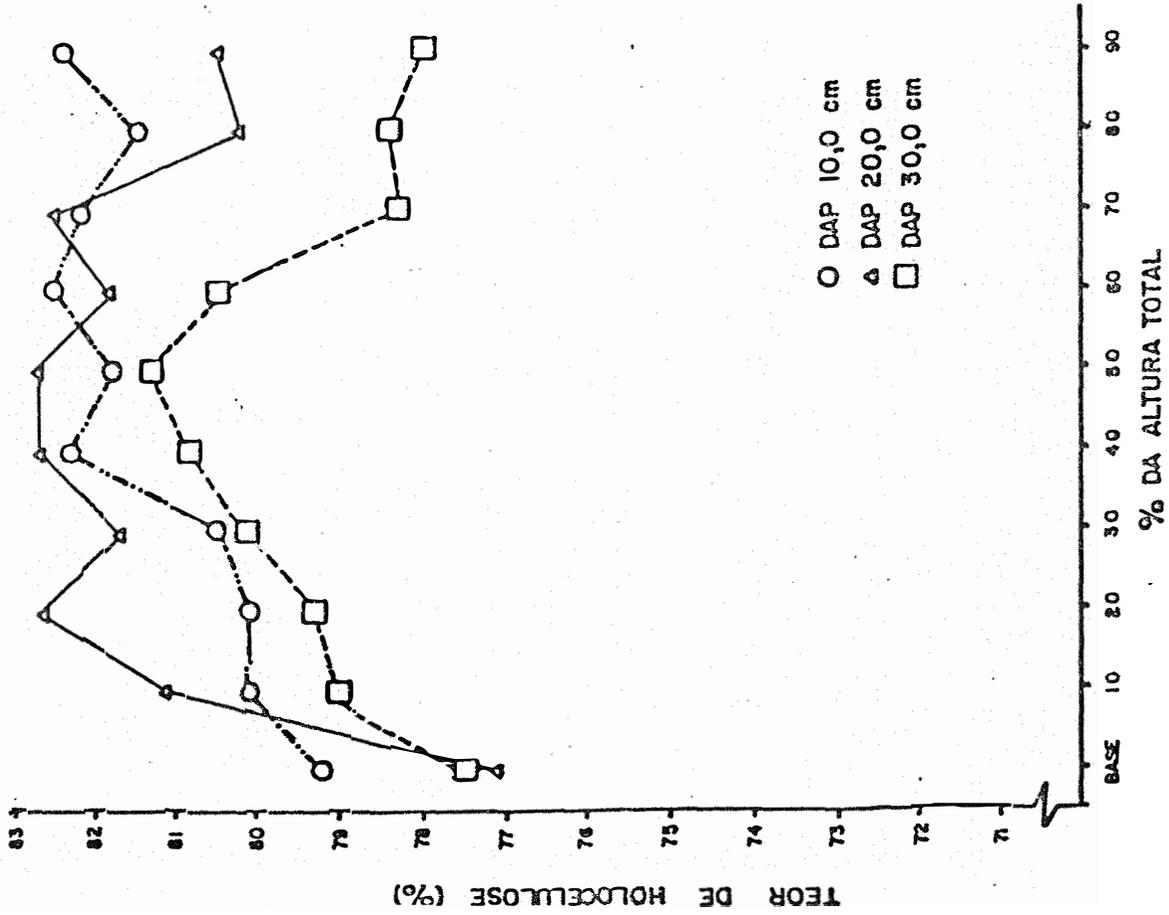


FIGURA 4. Variação Longitudinal do Teor de Holocelulose na Madeira de *E. grandis*

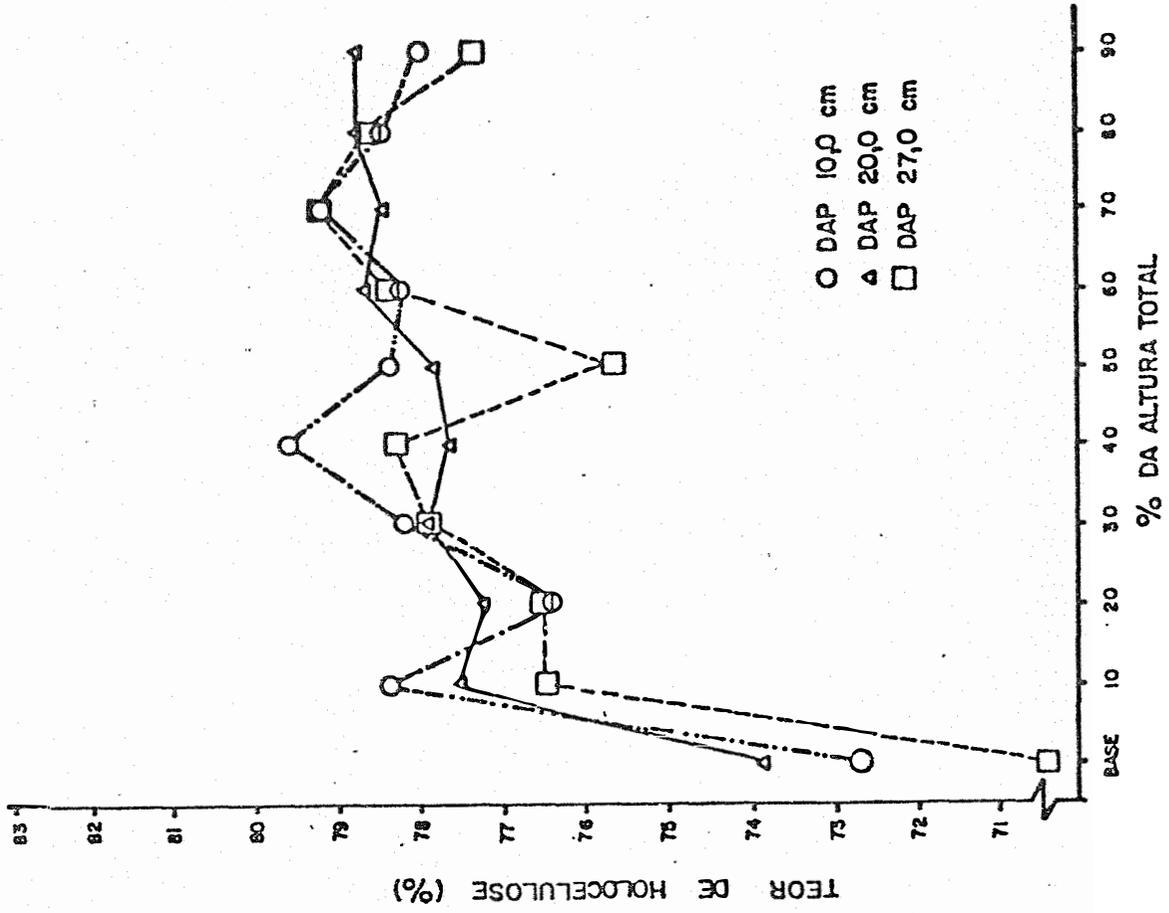


FIGURA 5. Variação Longitudinal do Teor de Holocelulose na Madeira de *E. saligna*

a redução no topo das árvores (Tabela 25).

Nas árvores da classe B, os maiores teores foram encontrados para a região compreendida entre 20 e 70% da altura total (Tabela 26).

Para as árvores de maior diâmetro (classe C), os maiores teores foram observados para a região compreendida entre 30 e 60% da altura total (Tabela 27).

Desta forma, o modelo de variação longitudinal é caracterizado pelo rápido aumento do teor de holocelulose da base em direção a região central, ocorrendo ligeira redução em direção ao topo para as árvores das classes B e C e permanecendo praticamente inalterado para as árvores da classe A. De um modo geral, os modelos de variação observados estão de acordo com os descritos por BARRICHELO *et alii* (1.983).

Para o *E. saligna*, os menores teores de holocelulose foram observados para a região da base das árvrees, ficando os modelos de variação longitudinal influenciados pelo diâmetro das árvores (Figura 5).

Nas árvores de menor diâmetro, os maiores

teores foram encontrados nas posições 40, 70 e 80% da altura total (Tabela 28).

Os resultados obtidos para as árvores da classe B (Tabela 29) mostram os teores mais elevados para a região superior a 30% da altura total, com exceção da posição 40%.

Para as árvores da classe C (27,0 cm de DAP), os maiores teores foram determinados para a região compreendida entre 60 e 80% da altura total (Tabela 30).

Com base nos resultados obtidos, pode-se dizer que a variação longitudinal para o teor de holocelulose na madeira obedece a um modelo de segundo grau, com os menores teores para a base, com rápido incremento em direção à região central do tronco. Para as árvores da classe B o incremento continua em direção ao topo, porém de forma mais suave, enquanto que para as árvores das classes A e C ocorre suave redução do teor de holocelulose a partir de 70 a 80% da altura total. De um modo geral, os resultados obtidos estão de acordo com os modelos de variação apresentados por BARRICHELO e BRITO (1.977) e BARRICHELO *et alii* (1.983).

Com relação aos valores relatados para os

teores de holocelulose, MOORE e JOHNSON (1.967) citam que, devido ao ponto final de reação com a mistura clorito-ácido acético não ser totalmente conhecido, pode restar ao final do tratamento certa quantidade de lignina residual junto à holocelulose. Segundo os autores, este teor pode variar de 2 a 9% do resultado final, o que justifica valores superiores a 100% quando da soma dos teores de lignina e de holocelulose para algumas posições no tronco.

5.3. Teor de Lignina na Madeira

A análise de variância para o teor de lignina na madeira, apresentada na Tabela 14, mostra a existência de diferenças significativas em função da espécie, classe de diâmetro e posição no tronco.

Os maiores teores de lignina foram determinados para as madeiras de *E. saligna* e, dentro de cada espécie, pelas árvores de maior diâmetro (classe C), não existindo diferenças entre as classes A e B, como mostram as Figuras 6 e 7.

Para cada classe de diâmetro, a posição no tronco tem efeito significativo (Tabelas 15 e 16) sobre o teor de lignina na madeira.

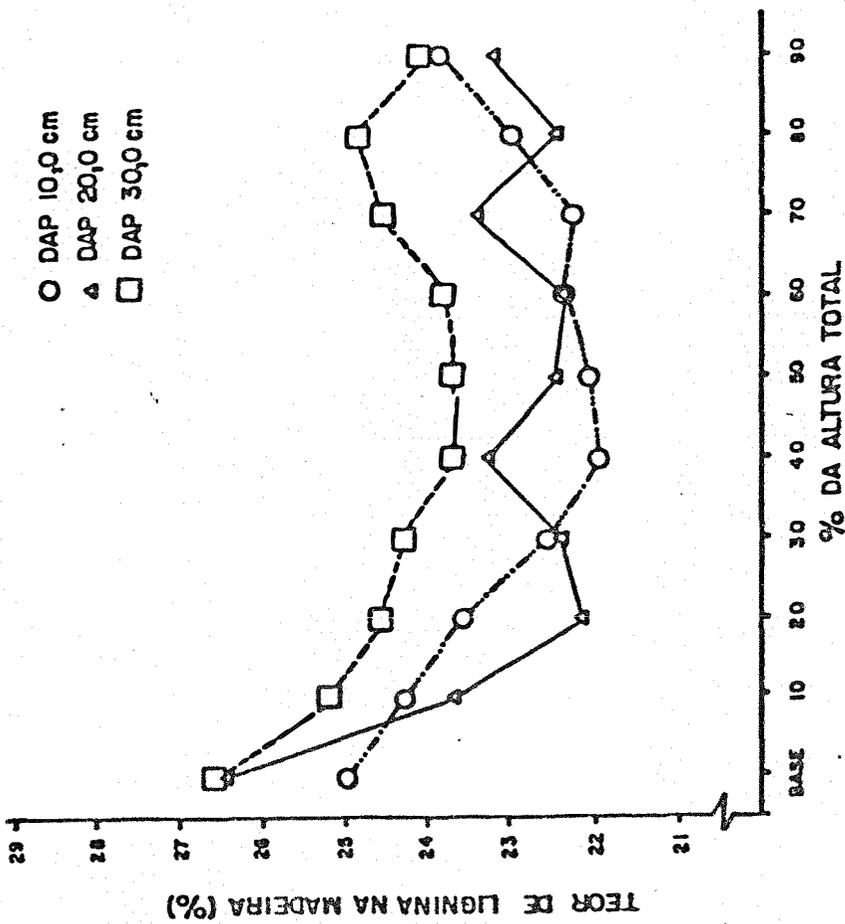


FIGURA 6. Variação Longitudinal do Teor de Lignina na Madeira de *E. grandis*.

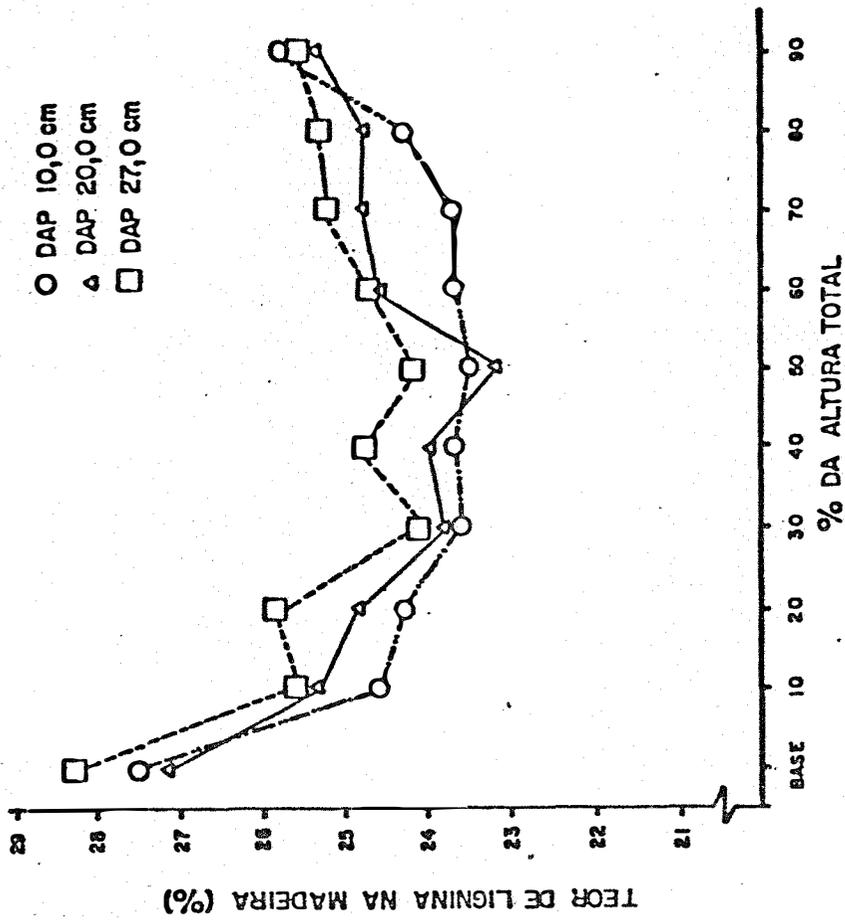


FIGURA 7. Variação Longitudinal do Teor de Lignina na Madeira de *E. saligna*.

O modelo de variação longitudinal é comum para as espécies e classes de diâmetro estudadas, com os maiores teores sendo determinados para a região da base e os menores para a região central dos troncos (Figuras 6 e 7 e Tabelas 25 a 29), apresentando modelo de variação inverso ao do teor de holocelulose, confirmando as observações de BARRICHELO e BRITO (1.979).

5.4. Rendimento do Cozimento

o rendimento do cozimento, expresso em percentagem de celulose depurada baseada na madeira absolutamente seca, mostrou-se influenciado pela dosagem de reagentes (em percentagem de Na_2O base madeira a.s.). As Figuras 8 a 11 mostram que o aumento da dosagem acarretou em redução do rendimento depurado.

Para uma mesma dosagem, o rendimento foi influenciado pela espécie, classe de diâmetro e posição no tronco, conforme mostram as Tabelas 18 e 22.

A análise de variância para as classes de DAP isoladamente (Tabelas 19, 20, 23 e 24), mostram o efeito significativo da posição no tronco sobre o rendimento depurado.

As tabelas 17 e 21 mostram que, independentemente da dosagem utilizada, o rendimento depurado é maior para o *E. grandis*, sendo que a diferença se acentua com o aumento da dosagem.

O modelo de variação longitudinal do rendimento depurado é comum para as duas espécies estudadas (Figuras 8 a 11), sendo os maiores rendimentos observados para a região central dos troncos, confirmando os resultados apresentados por BARRICHELO *et alii* (1.983).

Os resultados apresentados mostram que a região do tronco que maximiza o rendimento depurado é função da espécie, classe de diâmetro e dosagem de reagentes empregadas.

5.4.1. Cozimentos com 14,0% de Na₂O ativo

Para o *E. grandis*, a região do tronco onde foram obtidos os maiores rendimentos depurados variou em função do diâmetro das árvores, estando localizada entre 10 e 60% da altura total para as árvores das classes B e C e entre 10 e 70%, para as árvores da classe A (Tabelas 25, 26 e 27).

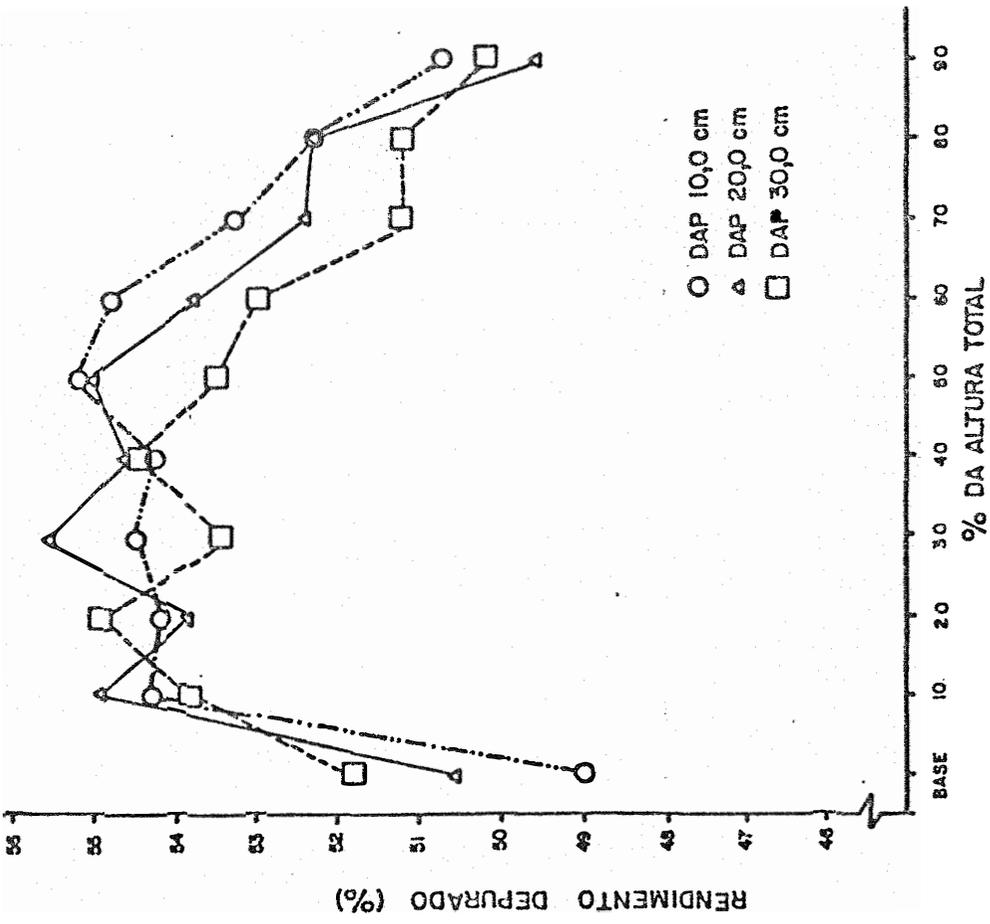


FIGURA 8. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado para *E. grandis* em Cozimentos com 14,0 % de Na₂O ativo.

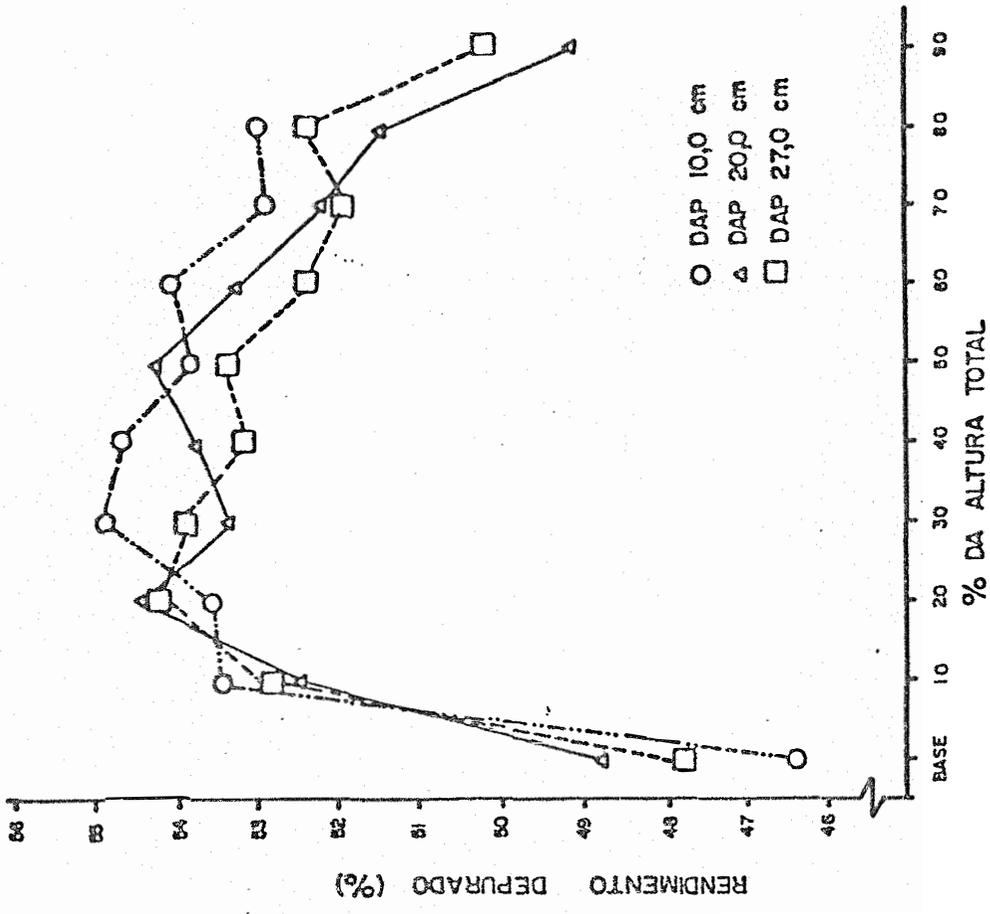


FIGURA 9. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado para *E. saligna* em Cozimentos com 14,0 % de Na₂O ativo.

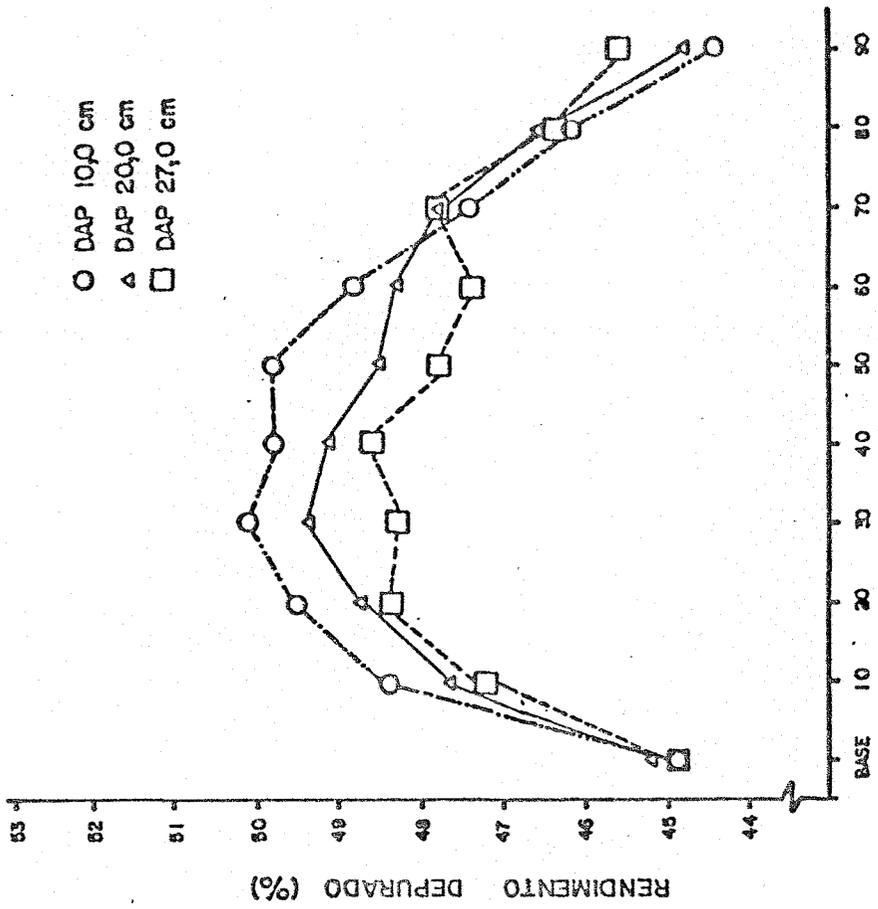


FIGURA 11. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado para *E. saligna* em Cozimentos com 17,5 % de Na₂O ativo.

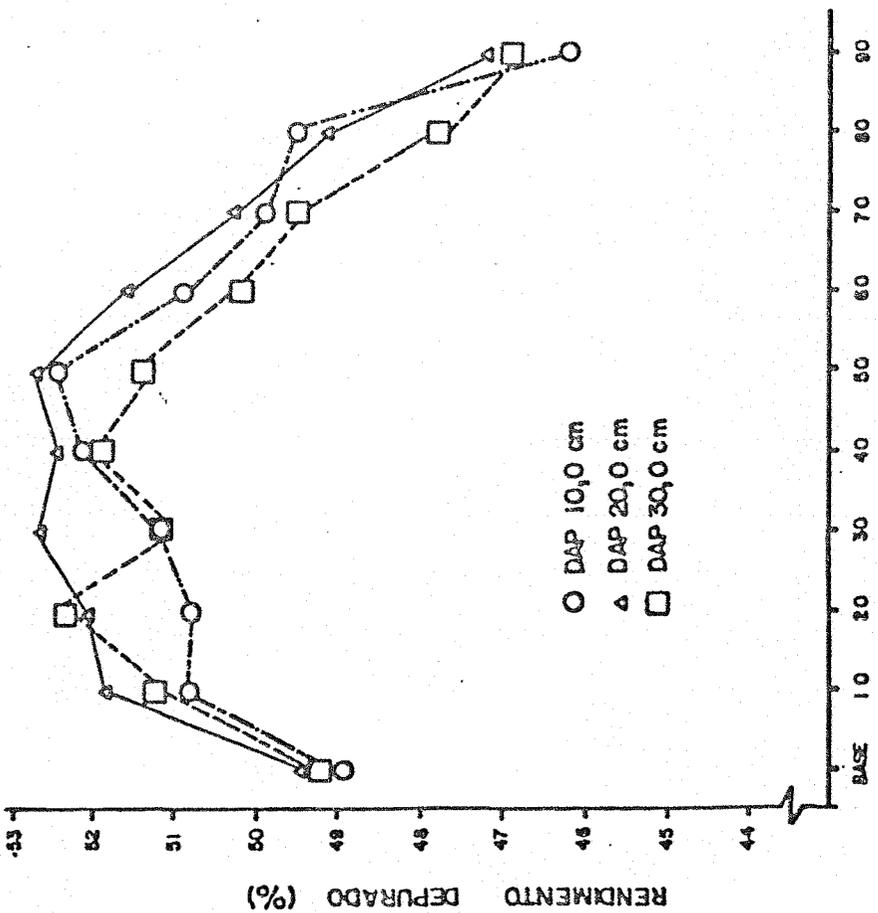


FIGURA 10. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado para *E. grandis* em Cozimentos com 17,5 % de Na₂O ativo.

FIGURA 11. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado para *E. saligna* em Cozimentos com 17,5 % de Na₂O ativo.

FIGURA 10. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado para *E. grandis* em Cozimentos com 17,5 % de Na₂O ativo.

Como a altura comercial das árvores de menor diâmetro (classe A) está localizada a 54% da altura total, podemos considerar que, para o *E. grandis*, independente da classe de diâmetro, a região que maximiza o rendimento depurado está compreendida entre 10 e 60%.

As diferenças observadas entre os pontos de rendimentos mínimo e máximo variaram em função da classe de DAP, sendo de 5,3% base madeira a.s. para a classe A, 6% para a classe B e de 5,7% para a classe C, mostrando a possibilidade de aumento do rendimento de cozimento pela utilização de secções definidas - as de maior rendimento - do tronco.

Os valores máximos de rendimento foram observados a 50% da altura (classe A), 30% da altura (classe B) e 20% da altura (classe C) o que, curiosamente, representa uma região definida entre 7,0 e 9,0 metros de altura, independente da classe de DAP estudada. Esta região, ou estrato de rendimento máximo, não é reportada na literatura e deve estar associada a fatores de crescimento, o que não foi possível identificar durante este trabalho.

Para o *E. saligna*, a região onde foram obtidos os melhores rendimentos depurados variou, assim como

para o *E. grandis*, em função da classe de diâmetro das árvores, estando localizada entre 10 e 80% da altura total para as classes A e C e entre 10 e 60% para a classe B (Tabelas 28, 29, 30).

Uma vez que a altura comercial das árvores da classe A localiza-se a 50% da altura total, os limites das regiões onde o rendimento do cozimento é máximo, fica dependente da classe de DAP, sendo de 10 a 50% da altura para a classe A, de 10 a 60% da altura para a classe B e de 10 a 80% da altura para a classe C.

As diferenças observadas entre os pontos de rendimento mínimo e máximo variaram em 5,6% base madeira a.s. para a classe B, em 6,4% para a classe C e em 8,5% para a classe A, sendo que para o *E. saligna* também foi identificado um estrato de máximo rendimento entre 5,0 e 6,0 metros de altura no povoamento.

5.4.2. Cozimentos com 17,5% de Na₂O ativo

Os modelos de variação longitudinal do rendimento não diferiram dos modelos apresentados para os cozimentos com 14,0% de Na₂O ativo (Figuras 12 a 17), exceto

que os rendimentos foram cerca de 3,0% base madeira a.s. inferiores para o *E. grandis* e cerca de 4,5% inferiores para o *E. saligna*.

A redução do rendimento com o aumento da dosagem ocorreu de modo mais ou menos unânime ao longo do tronco, tendo sido mais acentuado nas regiões superiores, principalmente para o *E. saligna*, como mostram as Figuras 12 e 17.

A maior redução do rendimento nas regiões superiores deve estar associada à maior proporção de tecidos vivos nesta região, devido a maior proximidade da região de crescimento apical.

O aumento da dosagem levou a uma ampliação, em direção ao topo, da região que maximiza o rendimento exceto para as árvores de maior diâmetro (classe C), onde a maior distância entre as posições no tronco devido à maior altura das árvores, deve ter camuflado a variação.

A exceção das árvores de *E. grandis* pertencentes à classe A, o aumento da dosagem reduziu a diferença dos rendimentos entre os pontos de mínimo e máximo rendimentos. Para o *E. saligna*, as diferenças variaram de

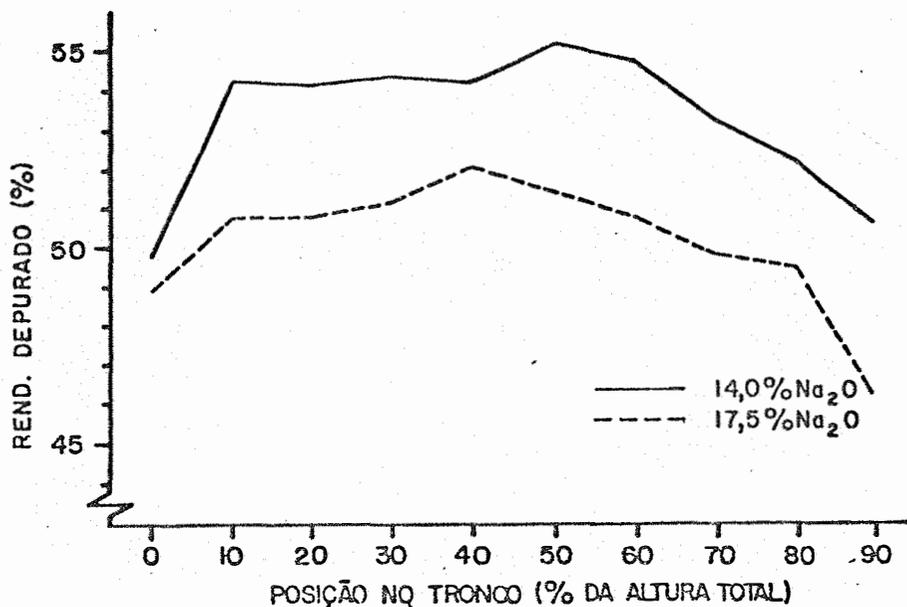


FIGURA 12. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado em função da Dosagem de Álcali Ativo - *E. grandis* DAP = 10,0 cm.

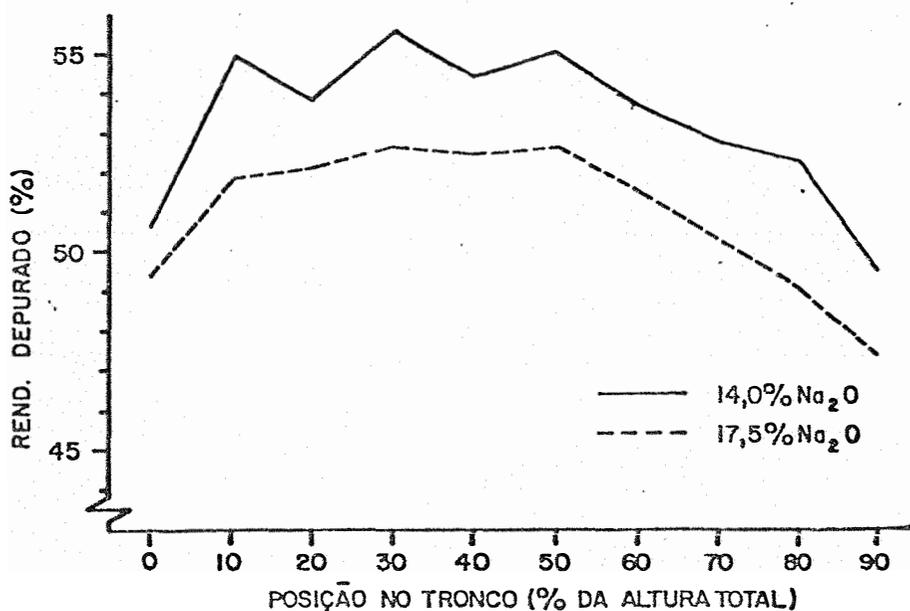


FIGURA 13. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado em Função da Dosagem de Álcali Ativo - *E. grandis* DAP = 20,0 cm.

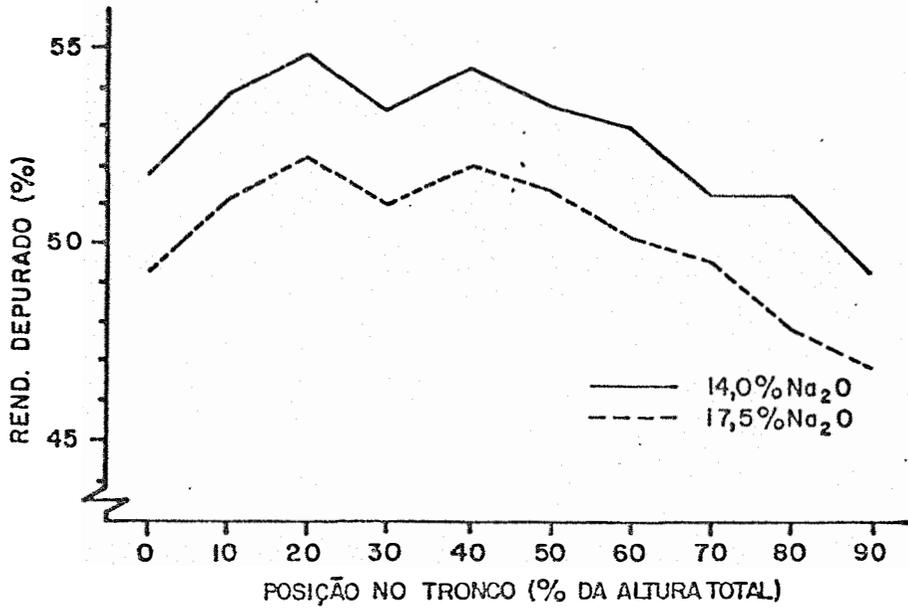


FIGURA 14. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado em Função da Dosagem de Álcali Ativo - *E. grandis* DAP = 30,0 cm.

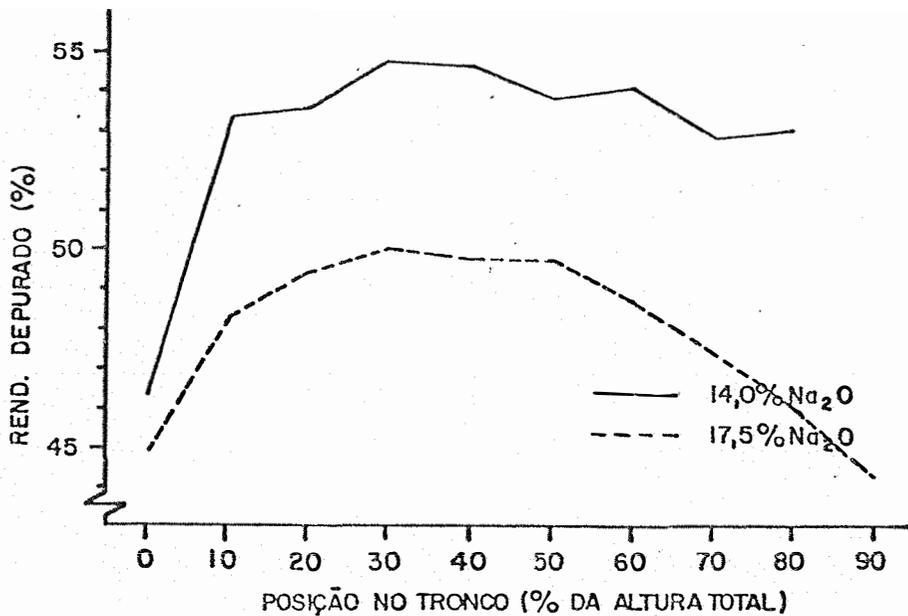


FIGURA 15. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado em Função da Dosagem de Álcali Ativo - *E. saligna* DAP = 10,0 cm

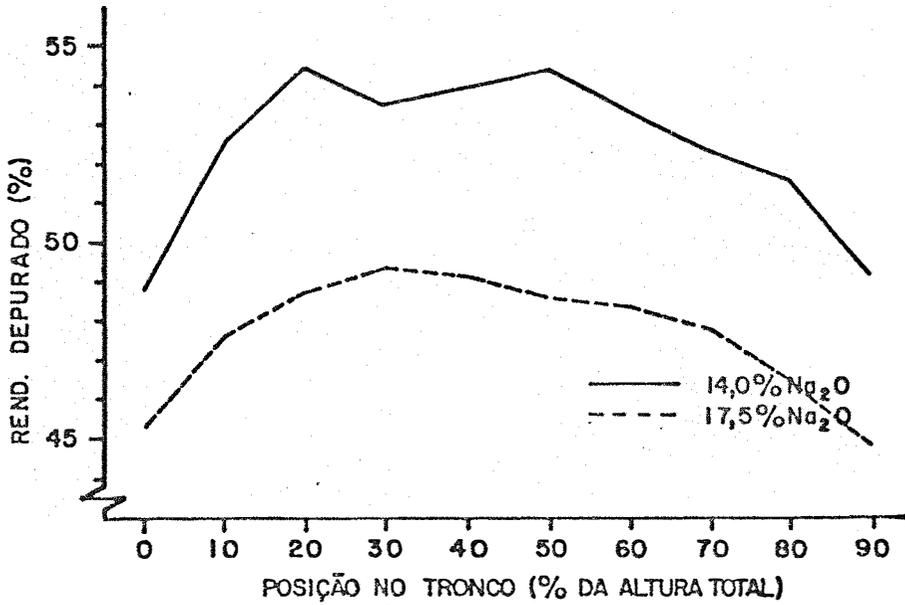


FIGURA 16. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado em Função da Dosagem de Álcali Ativo - *E. saligna* DAP = 20,0 cm.

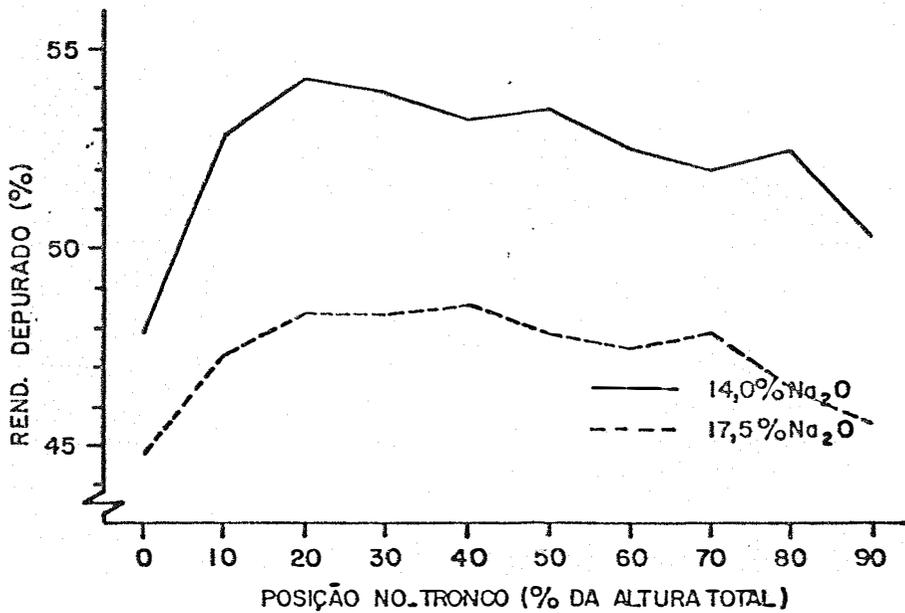


FIGURA 17. Variação Longitudinal do Rendimento Depurado em Função da Dosagem de Álcali Ativo - *E. saligna* DAP = 27,0 cm.

3,8% base madeira a.s. para a classe C a 5,7% para a classe A e para o *E. grandis* variaram de 5,1% base madeira a.s. para a classe C a 5,9% para a classe A.

Embora a região que maximiza o rendimento tenha sido ampliada com o aumento da dosagem, as posições onde foram obtidos os maiores rendimentos não se alteraram entre os cozimentos.

De um modo geral, a variação longitudinal do rendimento pode ser descrita por um modelo de segundo grau, sendo os menores rendimentos observados para a base e topo das árvores e os maiores rendimentos na região compreendida entre 20 e 50% da altura total, confirmando a possibilidade de aumentar o rendimento do cozimento pela utilização de regiões selecionadas do tronco das árvores dos povoamentos.

Embora as diferenças entre as regiões de rendimento máximo e mínimo atinjam valores expressivos, variando de 5,3 a 8,5% base madeira a.s., em condições industriais os ganhos em rendimentos não chegariam a níveis tão elevados pois seria inviável a utilização de discos de posições definidas.

Considerando as posições ao longo do tronco como extremos de toretes utilizados industrialmente, e considerando o rendimento médio ponderado em cada torete, os aumentos de produção em celulose são da ordem de 1,05 a 2,42% quando são utilizadas apenas toretes das regiões selecionadas. A Tabela 4 apresenta os aumentos em rendimento base madeira a.s. e produção de celulose que são conseguidos com a utilização da madeira selecionada para cada classe de DAP e espécie estudada.

Tabela 4. Aumento do Rendimento Depurado do Cozimento com 14,0% de Na₂O ativo Para as Três Classes de Diâmetro.

Espécie	Classe de DAP	Aumento do Rendimento Depurado*	
		% base madeira	% de celulose
<i>E. grandis</i>	A	0,67	1,21
	B	0,67	1,55
	C	0,57	1,05
<i>E. saligna</i>	A	1,31	2,42
	B	0,92	1,71
	C	0,73	1,36

* Comparação entre o tronco comercial e as regiões selecionadas ao longo do tronco total.

Embora os aumentos de produção não atinjam valores altamente expressivos, é interessante ressaltar que este não é o único benefício da utilização de regiões selecionadas do tronco, visto que, com este procedimento, a região da base do tronco e a região de topo, que apresentam maior teor de lignina e extrativos e maior proporção de tecidos vivos, respectivamente, não serão alimentados ao digestor, sendo esperada a redução da dosagem de reagentes para se produzir polpa de mesmo número de permanganato.

5.5. Correlações Entre o Rendimento Depurado e as Características da Madeira.

A Tabela 31 apresenta as equações de regressão para o rendimento e a densidade básica e teores de lignina e holocelulose da madeira. Para a obtenção das equações foram utilizados os dados referentes aos cozimentos com 14,0% de Na_2O ativo, pois os resultados de número de permanganato (Apêndice II) situaram-se os mais próximos aos resultados obtidos industrialmente.

A densidade da madeira mostrou o maior coeficiente de correlação para o *E. grandis*, não se correlacionando com o rendimento depurado para o *E. saligna*, sendo que o aumento da densidade levou à redução do rendimento depurado.

Embora os aumentos de produção não atinjam valores altamente expressivos, é interessante ressaltar que este não é o único benefício da utilização de regiões selecionadas do tronco, visto que, com este procedimento, a região da base do tronco e a região do topo, que apresentam maior teor de lignina e extrativos e maior proporção de tecidos vivos, respectivamente, não serão alimentadas ao digestor, sendo esperada a redução da dosagem de reagentes para se produzir polpa de mesmo número de permanganato.

5.5. Correlação Entre o Rendimento Depurado e as Características da Madeira

Para as análises de regressão linear entre o rendimento e as características da madeira foram utilizados os dados referentes aos cozimentos com 14,0% de Na_2O ativo, pois os resultados para o número de permanganato das polpas (Tabela 38) situaram-se os mais próximos dos resultados obtidos industrialmente. A Tabela 31 apresenta as equações de regressão entre o rendimento depurado e a densidade básica e teores de lignina e holocelulose da madeira.

A densidade básica apresentou alta correlação negativa com o rendimento depurado para as árvores de *E. grandis*, não apresentando correlação significativa, ao nível de 95% de probabilidade, para as árvores de *E. saligna*, embora a tendência observada tenha sido a redução do rendimento com o aumento da densidade.

O aumento do teor de holocelulose permitiu maiores rendimentos depurados, principalmente para o *E. saligna*, confirmando resultados anteriores (Du PLOOY, 1.980 e BARRICHELO *et alii* 1.983).

O teor de lignina na madeira apresentou correlação negativa com o rendimento depurado, com um elevado coeficiente de correlação para o *E. saligna*, sendo nesta espécie o fator preponderante na determinação do rendimento depurado ao longo do tronco.

6. CONCLUSÕES

6.1. Aumento do Rendimento pela Utilização de Secções Definidas do Tronco.

Os resultados mostraram ser possível o aumento do rendimento depurado do cozimento sulfato a partir da utilização de secções definidas do tronco. O aumento variou, neste estudo, em função da espécie e classe de diâmetro das árvores, de 1,05 a 2,42% base celulose depurada.

Para o *E. saligna*, os limites da região de rendimento máximo variaram em função do diâmetro das árvores, sendo de 10 a 60% da altura total para as árvores com 10,0 e 20,0 cm de DAP e de 10 a 80% da altura para as árvores com 30,0 cm de DAP.

Para o *E. grandis*, independente do diâmetro

das árvores, os limites da região que maximiza o rendimento estão a 10 e 60% da altura total.

6.2. Correlações Entre as Características da Madeira e o Rendimento Depurado do Cozimento.

A densidade básica da madeira apresentou alta correlação linear negativa com o rendimento depurado para o *E. grandis*, e sem nenhuma correlação para o *E. saligna*.

O teor de holocelulose da madeira mostrou-se diretamente correlacionado com o rendimento, com maior coeficiente de correlação para o *E. saligna*.

O teor de lignina da madeira mostrou-se alta e inversamente correlacionado com o rendimento depurado, principalmente para o *E. grandis*.

A região do tronco que maximiza o rendimento depurado é caracterizada por apresentar os maiores teores de holocelulose e os menores teores de lignina.

6.3. Variação das Características da Madeira

A variação da densidade básica no sentido base-topo é dependente da espécie, não sendo influenciada pela classe de diâmetro das árvores e, obedece a um modelo de segundo grau.

Os teores de holocelulose e de lignina na madeira, variam no sentido base-topo de acordo com um modelo de segundo grau, sendo a variação da lignina inversa à variação da holocelulose.

As árvores dominadas apresentaram menores densidades básicas, não existindo diferenças significativas entre as árvores dominantes e co-dominantes.

As árvores dominantes apresentaram maiores teores de lignina e de holocelulose, não existindo diferenças significativas entre as árvores co-dominantes e dominadas.

De um modo geral, as árvores de *E. grandis* apresentaram menor densidade básica, maior teor de holocelulose, menor teor de lignina e maior rendimento depurado que as árvores de *E. saligna*.

7. LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, São Paulo.
Normas de ensaio.

BARRICHELO, L.E.G. e J.O. BRITO, 1.977. Variação das características da madeira de *Eucalyptus grandis* e suas correlações com a produção de celulose, In: X Congresso Anual da ABCP, São Paulo, Assoc. Téc. Bras. de Celulose e Papel, p. 41-46.

BARRICHELO, L.E.G. e J.O. BRITO, 1.979. A utilização da Madeira na Produção de Celulose. Piracicaba, IPEF. 16p (circular Técnica, nº 68).

BARRICHELO, L.E.G.; J.O. BRITO e A.J. MIGLIORINI, 1.982. Estudo da Variação Longitudinal da Densidade Básica de *Eucalyptus* spp. *Silvicultura*, São Paulo, 6 (28): 726-731.

BARRICHELO, L.E.G.; J.O. BRITO e A.V. BAZANELLI, 1.983 Densidade básica e características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis*. In: XVI Congresso Anual da ABCP, São Paulo, Soc. Téc. Bras. Celulose e Papel, VI p. 113-125.

BARRICHELO, L.E.G.; J.O. BRITO; H.T.Z. COUTO e E. CAMPINHOS JÚNIOR, 1.983. Densidade Básica, Teor de Holocelulose e Rendimento em Celulose de Madeiras de *Eucalyptus gran*dis. *Silvicultura*. São Paulo, 7 (32): 802-808.

BARRICHELO, L.E.G.; A.H. NARIYOSHI; O. BEIG e A. S. DINIZ, 1.984. Variação das características da madeira de eucalipto para diferentes espécies, idades e locais. In: XVII Congresso Anual da ABCP, São Paulo, Assoc. Téc. Bras. de Celulose e Papel, VI p. 385-399.

BATCHELOR, B.K.; I.A. CRAWFORD e C.H. TURNER, 1.970. The Assessment of a Forest for Pulping. *APPITA*. Parkville, 24 (1): 27-44.

BATCHELOR, B.K.; F.J. PRENTICE e C.H. TURNER, 1.971. The Assessment of a Forest for Pulping - Part II. *APPITA*. Parkville, 24 (4): 253-260.

BROWNING, B.L., 1.963. *The Chemistry of Wood*. New York, Interscience Publishers, 680p.

BUBLITZ, W.J., 1.980. Pulpwood. In: CASEY J.P. Ed. *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology*, 3 ed. New York, John Wiley & Sons, p. 113-159 vI.

CARPIM, M.A.; L.E.G. BARRICHELO e Colaboradores, 1.983. Variabilidade da densidade de madeira de *Eucalyptus* spp. In: XVI Congresso Anual da ABCP, São Paulo, Assoc. Téc. Bras. de Celulose e Papel, vI p. 127-137.

CARPIM, M.A. e L.E.G. BARRICHELO, 1.983. Densidade Básica, casca e fibras de *Eucalyptus grandis*. 90p. (enviado para publicação, XVII Congresso Anual da ABCP).

CLAYTON, D.W., 1.969. The chemistry of alkaline pulping. In: MAC DONALD, R. e J.N. FRANKLIN Coord. *Pulp and Paper Manufacture - The Pulping of wood*. New York, Mc. Graw-Hill Co. vI p. 347-438.

DADSWELL, H.E. e A.B. WARDROP. 1.959. Growing Trees With Desirable Properties for Paper Manufacture. *APPITA*. Parkville, 12 (4): 129-136.

DAVIDSON, J., 1.973. The association between wood basic density and some measurable wood parameters and possibilities of growing wood of optimum density in tropical plantations of *Eucalâptus deglupta*. In: IUFRO, Capetown. 21p.

DIAS, R.L.V. e S.A. CORREA, 1.980. Contribuição para o efeito de variáveis de cozimento em propriedades de polpa de *E. grandis*. In: XIII Congresso Anual da ABCP, São Paulo, Assoc. Téc. Bras. de Celulose e Papel. p. 5-18.

DINWOODIE, J.M. 1.965. The Relationship Between Fiber Morphology and Paper Properties - A review of Literature. TAPPI, Atlanta, 48 (8): 440-446.

DU PLOOY, A.B.J., 1.980. The Relationship Between Wood and Pulp Properties of *E. grandis* (Hill ex-Maiden) Grown in South Africa. APPITA, Parkville, 33 (4): 257-264.

FERREIRA, M., 1.968. Estudo da Variação da Densidade Básica da Madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Smith. Piracicaba, ESALQ. 72p. (Tese de Douto-ramento).

FERREIRA, M., 1.972. Variação da Densidade Básica da Madeira de Povoamentos Comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden nas Idades de 11, 12, 13, 14 e 16 Anos. IPEF. Piracicaba. (4): 65-89.

FERREIRA, M. e P. Y. KAGEYAMA, 1.978. Melhoramento genético da densidade da madeira de eucalipto. In: III Congresso Florestal Brasileiro, Manaus, Soc. Bras. de Silvicultura. p. 148-152.

FOELKEL, C.E.B. e L.E.G. BARRICHELO, 1.975. *Tecnologia de Celulose e Papel*. Piracicaba, ESALQ/CALQ. 207p.

FOELKEL, C.E.B., 1.978. Madeira do Eucalipto - da Floresta ao Digestor. IPEF [Boletim Informativo]. Piracicaba, 6 (20): E1-E25.

FOELKEL, C.E.B.; C.A. BUSNARDO; C. DIAS; C. SCHIMIDT; R.M. R. SILVA e J.B.V. VESZ. 1.982. Variabilidade radial de madeira de *Eucaliptus saligna*. In: IV Congresso Florestal Brasileiro, Belo Horizonte, Soc. Bras. de Silvicultura. p. 782-791.

- GARLIPP, R.C.D.; R. BERGER e J.E. PINTO JR., s.i. Recursos Florestais Brasileiros. TPEF [Circular Técnica], Piracicaba. 14p.
- GARONE, M.J. e R. MARTON, 1.979. Influência de la Morfologia de la Madera em el Pulpado Termomecânico. ATIPCA. Buenos Aires, 18 (3): 26-33.
- HALE, J.D., 1.969. Structural and physical properties of pulpwood. In: MAC DONALD, R.G. e J.N. FRANKLIN Coord. *Pulp and Paper Manufacture - The Pulping of Wood*. New York; Mc Graw-Hill Co. vI p.1-32.
- HALL, M.J.; N.W. HANSEN e A.B. RUDRA, 1.973. The effect of species, Age and Wood Characteristics on Eucalypt Kraft Pulp Quality. APPITA, Parkville, 26 (5): 348-354.
- HIGGINS, H.G., 1.970. Technical Assessment of Eucalypt Pulps in the Papermaking Economy. APPITA, Parkville, 23 (6): 417-426.
- HIGGINS, H.G.; J. de YONG; V. BALODIS; F.H. PHILLIPS e J. COLLEY, 1.973. The Density and Structure of Hardwoods in Relation to Paper Surface Characteristics and Other Properties. TAPPI, Atlanta, 56 (8): 127-131.

HIGGINS, H.G. 1.978. Pulp and Paper. In: HILLIS, W.E. e A. G. BROWN Coord. *Eucalyptus for Wood Production*. Australia, CSIRO. p. 290-316.

HILLIS, W.E., 1.972. Properties of Eucalypt Wood of Importance to the Pulp and Paper Industry. *APPITA*. Parkville. 26 (2): 113-122.

HUSCH, B.; C.I. MILLER e T. W. BEERS, 1.972. *Forest Measurement*. 2nd. ed. New York, Ronald Press.

KEITH, C.T. e R.M. KELLOGG, 1.981. The structure of wood. In: MULLINS, E.J. e T.S. McKNIGHT Coord. *Canadian Wood, their Properties and Uses*, 3rd. ed. Toronto University Press, p. 41-70.

KOZLOWSKI, T.T. 1.971. *Growth and Development of trees*, New York, Academic Press. VII 514p.

KRAMER, P.I. e T.T. KOZLOWSKI, 1.971. *Fisiologia das Árvores*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 745p.

KULP, J.L. 1.983. Integration of Forest and Products Research. *Svensk Papperstidning*. Stockholm, 86 (11): 25-38.

- McELWEE, R.L.; R.C. TOBIAS e A.H. GREGORY, 1.970. Wood Characteristics of Three Southern Hardwood Species and Their Relationship to Pulp Properties. TAPPI. Atlanta, 53 (10): 1882-6
- MOORE, W.E. e D.B. JOHNSON, 1.967. *Procedures for the Chemical Analysis of Wood Products*. Madison, F.P.L. 8p.
- MORUD, B., 1.972. Papermaking Properties of Hardwood Pulps. *Norsk Skogindustri*. Oslo, 26 (2): 30-32.
- PANSHIN, A.J.; E.S. HARRAR; J.S. BETHEL e W.J. BAKER, 1.962. *Forest Products: Their Sources Production and Utilization*. New York, McGraw-Hill Co. 538p.
- PANSHIN, A.J. e C. DE ZEEUW, 1.979. *Textbook of Wood Technology*. 3rd. ed. New York, McGraw-Hill Co. 705p.
- RAVEN, P.H.; R.F. EVERT e H. CURTIS, 1.978. *Biologia Vegetal*, 2a. ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara-Dois. 724p.
- RYDHOLM, S.A., 1.965. *Pulping Process*. New York, Interscience Publishers. 1,269p.

SCURFIELD, G., 1.976. Structural Features of Hardwood and Their Influence on Paper Properties. TAPPI. Atlanta, 59 (7): 110-113.

SIDDIQUI, K.M., 1.972. Influence of Fertilization on the Ultrastructure and Chemical Composition of Wood. Syracuse S.U.C.F. at Syracuse University. 151p. (Tese de Doutoramento).

SIMÕES, J.W.; A.S.R. COELHO; H.A. MELLO e H. T. Z. COUTO, 1.980. Crescimento e Produção de Madeira de Eucalipto. IPEF, Piracicaba, (20); 77-97.

STONIS, A., 1.975. Eucaliptos para a fabricação de Celulose. In: Seminário de Integração Floresta - Indústria, Piracicaba, ESALQ/ABCP, p. 165-172.

SWARTZ, J. N. e R.C. Mac DONALD, 1.980. Obtención de pulpas alcalinas. In: LIBBY, G.E, Coord. *Ciencia y Tecnología Sobre Pulpa y Papel - Pulpa*, 8a. ed. Ciudad del Mexico, C.E. Continental, VI p, 209-300.

TAYLOR, F.W. 1.973. Variations in the Anatomical Properties of South African - grown *Eucalyptus grandis*. APPITA. Parkville, 27(1): 171-178.

- TOMAZELLO FILHO, M. e E.S.B. FERRAZ, 1.978. Uso de M^étodos Nucleares no Estudo da Qualidade da Madeira. IPEF [Boletim Informativo], Piracicaba, 6 (20): F1-F31.
- VITAL, B.R.; A.R. PEREIRA e R.M.D. LUCIA, 1.981. Influência do Espaçamento na Qualidade da Madeira de *Eucalyptus grandis*, aos 30 Meses de Idade, *Revista Árvore*. Viçosa, 5 (2): 210-217.
- WARDROP, A.B. 1.964. The reaction anatomy of arborescent angiosperms. In: ZIMMERMANN, M. H. Coord. *The Formation of Wood in Forest Trees*. New York, Academic Press. p. 405-456.
- ZOBEL, B., 1.965. Inheritance of fiber characteristics and specific gravity in hardwoods - a review. In: IUFRO, Capetown.
- ZOBEL, B., 1.981. Wood Quality from Fast-Grown Plantations. TAPPI. Atlanta, 64 (1): 71-74.

APÊNDICE

Tabela 5. Densidade Básica da Madeira em kg/m³ *

Espécie	Classe de	Posição no Tronco - % da Altura Total										
		DAP	BASE	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<i>E. grandis</i>	A	416 ± 16	374 ± 13	380 ± 14	380 ± 14	380 ± 15	385 ± 14	392 ± 15	396 ± 16	398 ± 13	403 ± 19	426 ± 18
	B	426 ± 16	399 ± 16	409 ± 21	408 ± 20	416 ± 19	425 ± 18	434 ± 19	443 ± 19	443 ± 19	452 ± 19	468 ± 18
	C	432 ± 21	403 ± 19	403 ± 15	410 ± 17	417 ± 15	428 ± 18	445 ± 20	452 ± 16	444 ± 14	464 ± 16	
<i>E. saligna</i>	A	491 ± 23	440 ± 22	446 ± 21	456 ± 22	471 ± 26	476 ± 21	483 ± 22	482 ± 21	475 ± 17	470 ± 16	
	B	535 ± 30	489 ± 28	497 ± 30	507 ± 27	512 ± 29	511 ± 31	511 ± 26	504 ± 24	486 ± 21	467 ± 21	
	C	520 ± 32	496 ± 28	500 ± 27	505 ± 33	504 ± 26	505 ± 29	505 ± 22	493 ± 19	477 ± 20	463 ± 21	

* Intervalo de confiança ao nível de 99% de probabilidade.

Tabela 6. Análise de Variância para Densidade Básica da Madeira - Análise Conjunta e por Espécie

Análise	Causas de Variação	GL	QM	F
Conjunta	Espécie	1	384706,8	1415,9 **
	Classe DAP	2	34623,7	127,4 **
	Posição no Tronco	9	3844,2	14,2 **
	Espécie x Classe DAP	2	415,3	1,5 ns
	Espécie x Classe DAP x Posição no Tronco	45	1302,0	4,8 **
	Resíduo	240	271,7	
	Total	299		
<i>E. grandis</i>	Classe DAP	2	19086,8	114,0 **
	Posição no Tronco	9	5466,0	32,6 **
	Classe DAP x Posição no Tronco	18	248,7	1,5 ns
	Resíduo	120	167,4	
	Total	149		
<i>E. saligna</i>	Classe DAP	2	15952,2	42,4 **
	Posição no Tronco	9	2983,3	7,9 **
	Classe DAP x Posição no Tronco	18	703,9	1,9 *
	Resíduo	120	376,1	
	Total	149		

ns - Não significativo ao nível de 95% de probabilidade.

* - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

** - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Tabela 7. Análise de Variância para Densidade Básica da Madeira - Análise por Classe de DAP - (*E. grandis*)

Classe DAP	Causas de Variação	GL	QM	F
A	Posição no Tronco	9	1.362,4089	9,18 **
	Resíduo	40	148,4500	
	Total	49		
B	Posição no Tronco	9	2.320,4089	10,86 **
	Resíduo	40	213,7500	
	Total	49		
C	Posição no Tronco	9	2.280,4800	16,29 **
	Resíduo	40	139,9600	
	Total	49		

** Significativo ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 8. Análise de Variância para Densidade Básica da Madeira - Análise por Classe de DAP - (*E. saligna*)

Classe DAP	Causas de Variação	GL	QM	F
A	Posição no Tronco	9	1.357,9911	3,99 *
	Resíduo	40	340,4700	
	Total	49		
B	Posição no Tronco	9	1.694,9444	4,84 *
	Resíduo	40	350,4500	
	Total	49		
C	Posição no Tronco	9	1.338,1689	3,06 *
	Resíduo	40	437,3400	
	Total	49		

* Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Tabela 9. Resultados da Determinação do Teor de Holocelulose na Madeira em % *

Espécie	Classe de	Posição no Tronco - % da Altura Total									
		BASE	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<i>E. grandis</i>	A	79,2	80,1	80,1	80,5	82,3	81,8	82,5	82,2	81,5	82,4
	B	77,1	81,1	82,7	81,7	82,7	82,7	81,9	82,5	80,2	80,5
	C	77,6	79,0	79,3	80,0	80,8	81,3	80,5	78,3	78,4	78,0
<i>E. saligna</i>	A	72,7	78,4	76,4	78,2	79,6	78,4	78,2	79,2	78,5	78,0
	B	73,9	77,6	77,3	77,8	77,7	77,9	78,7	78,5	78,7	78,8
	C	70,4	76,5	76,5	77,9	78,2	75,6	78,4	79,2	78,6	77,4

* Determinações em duplicata.

Tabela 10. Análise de Variância para Teor de Holocelulose na madeira - Análise Conjunta e por Espécie

Análise	Causas de Variação	GL	QM	F
	Espécie	1	304,6772	2526,34 **
	Classe DAP	2	25,8644	214,46 **
	Posição no Tronco	9	25,7784	213,75 **
Conjunta	Espécie x Classe DAP	2	4,2563	35,29 **
	Espécie x Classe DAP x Posição no Tronco	45	2,2305	18,49 **
	Resíduo	60	0,1206	
	Total	119		
	Classe DAP	2	25,4752	152,18 **
	Posição no Tronco	9	8,4404	0,94 ns
<i>E. grandis</i>	Classe DAP x Posição no Tronco	18	1,9400	11,59 **
	Resíduo	30	0,1674	
	Total	59		
	Classe DAP	2	4,6454	63,72 **
	Posição no Tronco	9	22,0925	303,05 **
<i>E. saligna</i>	Classe DAP x Posição no Tronco	18	1,2598	17,28 **
	Resíduo	30	0,0729	
	Total	59		

ns - Não significativo ao nível de 95% de probabilidade

** - Significativo ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 11. Análise de Variância para Teor de Holocelulose na Madeira - Análise por Classe de DAP (*E. grandis*)

Classe DAP	Causas de Variação	GL	QM	F
A	Posição no Tronco	9	2,8647	11,64 **
	Resíduo	10	0,2460	
	Total	19		
B	Posição no Tronco	9	6,1421	39,68 **
	Resíduo	10	0,1548	
	Total	19		
C	Posição no Tronco	9	3,3116	32,69 **
	Resíduo	10	0,1013	
	Total	19		

** Significativo ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 12. Análise de Variância para Teor de Holocelulose na Madeira - Análise por Classe de DAP (*E. saligna*)

Classe DAP	Causas de Variação	GL	QM	F
A	Posição no Tronco	9	7,7362	111,63 **
	Resíduo	10	0,0693	
	Total	19		
B	Posição no Tronco	9	4,1670	56,77 **
	Resíduo	10	0,0734	
	Total	19		
C	Posição no Tronco	9	12,7088	166,78 **
	Resíduo	10	0,0762	
	Total	19		

** Significativo ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 13. Resultados da Determinação do Teor de Lignina na Madeira em % *

Espécie	Classe de	Posição no Tronco - % da Altura Total									
		DAP	BASE	10	20	30	40	50	60	70	80
E. grandis	A	25,0	24,3	23,6	22,6	22,0	22,1	22,4	22,3	23,0	23,9
	B	26,5	23,7	22,2	22,4	23,3	22,5	22,4	23,4	22,5	23,2
	C	26,6	25,2	24,6	24,4	23,7	23,7	23,8	24,6	24,9	24,1
E. saligna	A	27,4	24,6	24,3	23,6	23,6	23,6	23,7	23,7	24,3	25,8
	B	27,2	25,5	24,9	23,8	24,0	23,2	24,6	24,8	24,8	25,4
	C	28,4	25,6	25,9	24,1	24,8	24,2	24,7	25,2	25,3	25,6

* Determinações em duplicata.

Tabela 14. Análise de Variância para Teor de Lignina da Ma
deira - Análise Conjunta e por Espécie.

Análise	Causas de Variação	GL	QM	F
	Espécie	1	46,7002	1098,83 **
	Classe DAP	2	16,0689	378,09 **
	Posição no Tronco	9	13,1854	310,24 **
Conjunta	Espécie x Classe DAP	2	1,5562	36,62 **
	Espécie x Classe DAP x Posição no Tronco	45	0,4351	10,24 **
	Resíduo	60	0,0425	
	Total	119		
	Classe DAP	2	13,1908	272,54 **
	Posição no Tronco	9	5,6689	117,13 **
<i>E. grandis</i>	Classe DAP x Posição no Tronco	18	0,6115	12,63 **
	Resíduo	30	0,0484	
	Total	59		
	Classe DAP	2	4,4344	121,49 **
	Posição no Tronco	9	7,9887	218,87 **
<i>E. saligna</i>	Classe DAP x Posição no Tronco	18	0,2400	6,57 **
	Resíduo	30	0,0365	
	Total	59		

** Significativo ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 15. Análise de Variância para Teor de Lignina da Madeira - Análise por Classe de DAP (*E. grandis*)

Classe DAP	Causas de Variação	GL	QM	F
A	Posição no Tronco	9	2,0943	50,46 **
	Resíduo	10	0,0415	
	Total	19		
B	Posição no Tronco	9	3,2358	47,24 **
	Resíduo	10	0,0685	
	Total	19		
C	Posição no Tronco	9	1,5619	44,50 **
	Resíduo	10	0,0351	
	Total	19		

** Significativo ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 16. Análise de Variância para Teor de Lignina da Madeira - Análise por Classe de DAP (*E. saligna*)

Classe DAP	Causas de Variação	GL	QM	F
A	Posição no Tronco	9	3,2123	121,22 **
	Resíduo	10	0,0265	
	Total	19		
B	Posição no Tronco	9	2,3689	55,48 **
	Resíduo	10	0,0265	
	Total	19		
C	Posição no Tronco	9	2,8875	71,30 **
	Resíduo	10	0,0405	
	Total	19		

** Significativo ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 17. Rendimento Depurado para os Cozimentos com 14% de Na₂O ativo, em % base madeira a.s.

Espécie	Classe de DAP	Posição no Tronco - % da Altura Total									
		BASE	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<i>E. grandis</i>	A	49,9±2,4*	54,3±4,1	54,2±2,7	54,5±2,5	54,3±2,6	55,2±2,5	54,8±2,0	53,3±2,5	52,3±2,2	50,7±4,9
	B	50,6±1,5	55,0±1,4	53,9±4,2	55,6±4,2	54,5±1,9	55,1±3,5	53,8±3,8	52,4±2,6	52,3±2,8	49,6±1,9
	C	51,8±3,7	53,8±2,8	54,9±3,0	53,4±2,6	54,5±5,6	53,5±2,7	53,0±3,0	51,2±1,4	51,2±4,2	49,2±2,8
<i>E. saligna</i>	A	46,4±2,9	53,4±1,7	53,6±2,8	54,9±3,8	54,7±2,3	53,9±5,3	54,1±2,6	52,9±2,2	53,0±3,3	-
	B	48,8±3,4	52,5±2,4	54,4±1,2	53,4±2,4	53,8±2,9	54,3±1,1	53,3±0,6	52,2±1,2	51,5±2,4	49,1±1,4
	C	47,8±1,5	52,8±3,3	54,2±4,6	53,9±2,0	53,2±5,2	53,4±4,7	52,4±2,5	51,9±2,4	52,4±2,4	50,2±2,2

* Intervalo de confiança ao nível de 99% de probabilidade.

Tabela 18. Análise de Variância para Rendimento Depurado
(Cozimento II) - Análise Conjunta e por Espécie

Análise	Causas de Variação	GL	QM	F
	Espécie	1	26,3171	13,83 **
	Classe DAP	2	13,1904	6,93 **
	Posição no Tronco	9	102,4471	53,86 **
Conjunta	Espécie x Classe DAP	2	1,7161	0,90 ns
	Espécie x Classe DAP x Posição no Tronco	44	3,6734	1,93 **
	Resíduo	236	1,9021	
	Total	294		
	Classe DAP	2	7,4186	4,04 *
	Posição no Tronco	9	46,8863	25,52 **
<i>E. grandis</i>	Classe DAP x Posição no Tronco	18	2,1879	1,19 ns
	Resíduo	120	1,8372	
	Total	149		
	Classe DAP	2	8,3843	4,24 *
	Posição no Tronco	9	62,5389	31,64 **
<i>E. saligna</i>	Classe DAP x Posição no Tronco	17	2,7243	1,38 ns
	Resíduo	116	1,9763	
	Total	144		

ns - Não significativo ao nível de 95% de probabilidade

* - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

** - Significativo ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 19. Análise de Variância para Rendimento Depurado (cozimento II) - Análise por Classe de DAP (*E. grandis*)

Classe DAP	Causas de Variação	GL	QM	F
A	Posição no Tronco	9	16,1864	9,62 **
	Resíduo	40	1,6831	
	Total	49		
B	Posição no Tronco	9	20,5930	12,34 **
	Resíduo	40	1,6686	
	Total	49		
C	Posição no Tronco	9	15,7428	7,36 **
	Resíduo	40	2,1395	
	Total	49		

** Significativo ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 20. Análise de Variância para Rendimento Depurado (cozimento II) - Análise por Classe de DAP (*E. saligna*)

Classe DAP	Causas de Variação	GL	QM	F
A	Posição no Tronco	8	33,3730	13,97 **
	Resíduo	36	2,3893	
	Total	44		
B	Posição no Tronco	9	19,5140	19,76 **
	Resíduo	40	0,9877	
	Total	49		
C	Posição no Tronco	9	18,5060	7,14 **
	Resíduo	40	2,5933	
	Total	49		

** Significativo ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 21. Rendimento Depurado para os Cozimentos com 17,5% de Na₂O ativo, em % base madeiraa.s.

Espécie	Classe de DAP	Posição no Tronco - % da Altura Total									
		BASE	10	20	30	40	50	60	70	80	90
E. grandis	A	49,0±5,0*	50,8±3,2	50,8±0,5	51,2±2,1	52,1±2,5	51,5±3,3	50,9±2,9	49,9±1,8	49,5±1,1	46,2±1,3
	B	49,4±2,5	51,9±1,4	52,1±2,0	52,7±2,5	52,5±2,2	52,7±2,2	51,6±2,1	50,3±1,0	49,1±2,1	47,2±2,1
	C	49,3±1,2	51,2±0,7	52,3±3,4	51,1±2,9	52,0±2,3	51,4±4,0	50,2±1,2	49,5±1,5	47,8±3,9	46,9±1,3
E. saligna	A	44,9±3,7	48,4±1,9	49,5±3,5	50,1±2,7	49,8±1,3	49,8±2,9	48,8±2,0	47,4±3,4	46,1±3,1	44,4±1,9
	B	45,2±2,9	47,6±1,0	48,7±2,0	49,3±2,7	49,1±1,9	48,5±1,7	48,3±1,0	47,8±3,2	46,5±1,7	44,8±1,0
	C	44,8±2,2	47,2±3,5	48,4±3,4	48,3±3,1	48,6±1,2	47,8±2,9	47,4±2,0	47,8±2,2	46,4±1,8	46,6±1,2

* Intervalo de confiança ao nível de 99% de probabilidade.

Tabela 22. Análise de Variância para Rendimento Depurado
(Cozimento I) - Análise Conjunta e por Espécie

Análise	Causas de Variação	GL	QM	F
	Espécie	1	602,6501	391,48 **
	Classe DAP	2	7,8667	5,11 **
	Posição no Tronco	9	81,6568	53,04 **
Conjunta	Espécie x Classe DAP	2	8,3360	5,41 **
	Espécie x Classe DAP x Posição no Tronco	45	1,7780	1,15 ns
	Resíduo	240	1,5394	
	Total	299		
	Classe DAP	2	10,4217	6,91 **
	Posição no Tronco	9	45,3870	30,08 **
<i>E. grandis</i>	Classe DAP x Posição no Tronco	18	1,3169	0,87 ns
	Resíduo	120	1,5090	
	Total	149		
	Classe DAP	2	5,7811	3,68 *
	Posição no Tronco	9	39,5667	25,20 **
<i>E. saligna</i>	Classe DAP x Posição no Tronco	18	1,4797	0,94 ns
	Resíduo	120	1,5698	
	Total	149		

ns - Não significativo ao nível de 95% de probabilidade

* - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

** - Significativo ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 23. Análise de Variância para Rendimento Depurado
(cozimento I) - Análise por Classe de DAP (*E. grandis*)

Classe DAP	Causas de Variação	GL	QM	F
A	Posição no Tronco	9	14,8276	8,60 **
	Resíduo	40	1,7245	
	Total			
B	Posição no Tronco	9	17,4002	13,66 **
	Resíduo	40	1,2735	
	Total	49		
C	Posição no Tronco	9	15,7930	10,33 **
	Resíduo	40	1,5291	
	Total	49		

** Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Tabela 24. Análise de Variância para Rendimento Depurado
(cozimento I) - Análise por Classe de DAP (*E. saligna*)

Classe DAP	Causas de Variação	GL	QM	F
A	Posição no Tronco	9	22,1646	12,23 **
	Resíduo	40	1,8118	
	Total	49		
B	Posição no Tronco	9	12,3191	8,76 **
	Resíduo	40	1,4057	
	Total	49		
C	Posição no Tronco	9	8,0424	5,39 **
	Resíduo	40	1,4919	
	Total	49		

** Significativo ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 25. Comparação entre % da Altura - Teste Tukey (95% de probabilidade)

E. grandis - DAP = 10,0 cm

% H	Densidade Básica (kg/m ³)		Teor de Holocelulose (% base mad. a.s.)		Teor de Lignina (% base mad. a.s.)		Rendimento (17,0% Na ₂ O) (% base mad. a.s.)		Rendimento (14,5% Na ₂ O) (% base mad. a.s.)	
	Média	Código	Média	Código	Média	Código	Média	Código	Média	Código
base	415,6	A B	79,2	D	25,0	A	49,0	B C	49,9	D
10	374,2	D	80,1	C D	24,3	A B	50,9	A B	54,3	A B
20	380,4	C D	80,1	C D	23,6	B C	50,8	A B	54,2	A B
30	380,0	C D	80,5	B C D	22,6	D E	51,2	A B	54,5	A B
40	385,4	C D	82,3	A B	22,0	E	52,1	A	54,3	A B
50	392,0	B C D	81,8	A B C	22,1	E	51,5	A	55,2	A
60	396,2	B C D	82,5	A	22,4	D E	50,9	A B	54,8	A B
70	397,8	B C D	82,2	A B	22,3	D E	49,9	A B	53,3	A B C
80	402,8	A B C	81,5	A B C	23,0	C D	49,5	A B	52,3	B C D
90	426,4	A	82,4	A B	23,9	B	46,2	C	50,7	C D

* Dentro de uma mesma coluna letras iguais indicam que não há diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade.

Tabela 26. Comparação entre % da Altura - Teste Tukey (95% de probabilidade)

E. grandis - DAP = 20,0 cm

% H	Densidade Básica (kg/m ³)		Teor de Holocelulose (% base mad. a.s.)		Teor de Lignina (% base mad. a.s.)		Rendimento (17,0% Na ₂ O) (% base mad. a.s.)		Rendimento (14,5% Na ₂ O) (% base mad. a.s.)	
	Média	Código	Média	Código	Média	Código	Média	Código	Média	Código
base	425,6	B C D E	77,1	E	26,5	A	49,4	B C D	50,6	D E
10	399,0	E	81,1	B C D	23,7	B	51,9	A	55,0	A B
20	409,0	D E	82,7	A	22,2	D	52,1	A	53,9	A B C
30	407,8	D E	81,7	A B C D	22,4	C D	52,7	A	55,6	A
40	415,8	C D E	82,7	A	23,3	B C	52,5	A	54,5	A B C
50	425,4	B C D E	82,7	A	22,5	C D	52,7	A	55,1	A
60	433,8	B C D	81,9	A B C	22,4	C D	51,6	A B	53,8	A B C
70	443,4	A B C	82,5	A B	23,4	B C	50,3	A B C	52,4	B C D
80	451,8	A B	80,2	D	22,5	C D	49,1	C D	52,3	C D E
90	467,6	A	80,5	C D	23,2	B C D	47,2	D	49,6	E

* Dentro de uma mesma coluna letras iguais indicam que não há diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade.

Tabela 27. Comparação entre % da Altura - Teste Tukey (95% de probabilidade)

E. grandis - DAP = 30,0 cm

% H	Densidade Básica (kg/m ³)		Teor de Holocelulose (% base mad. a.s.)		Teor de Lignina (% base mad. a.s.)		Rendimento (17,0% Na ₂ O) (% base mad. a.s.)		Rendimento (14,5% Na ₂ O) (% base mad. a.s.)	
	Média	Código	Média	Código	Média	Código	Média	Código	Média	Código
base	431,6	B C	77,5	F	26,6	A	49,6	B C	51,8	C D
10	403,4	D E	79,0	C D E	25,2	B	51,0	A B	53,8	A B C
20	402,6	E	79,3	B C D	24,6	B C	52,3	A	54,9	A
30	410,4	C D E	80,1	A B C	24,4	C D	51,1	A B	53,4	A B C
40	416,8	C D E	80,8	A	23,7	D	52,0	A B	54,5	A B
50	428,2	B C D	81,3	A	23,7	D	51,4	A B	53,5	A B C
60	445,2	A B	80,5	A B	23,8	D	50,2	A B C	53,0	A B C
70	451,6	A B	78,3	D E F	24,6	B C	49,5	B C D	51,2	C D
80	444,2	A B	78,4	D E F	24,9	B C	47,8	C D	51,2	C D
90	464,4	A	78,0	E F	24,1	C D	46,9	D	49,2	D

* Dentro de uma mesma coluna letras iguais indicam que não há diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade.

Tabela 28. Comparação entre % da Altura - Teste Tukey (95% de probabilidade)

E. saligna - DAP = 10,0 cm

% H	Densidade Básica (kg/m ³)		Teor de Holocelulose (% base mad. a.s.)		Teor de Lignina (% base mad. a.s.)		Rendimento (17,0% Na ₂ O) (% base mad. a.s.)		Rendimento (14,5% Na ₂ O) (% base mad. a.s.)	
	Média	Código	Média	Código	Média	Código	Média	Código	Média	Código
base	491,0	A	72,7	E	27,5	A	44,9	C D	46,4	B
10	440,2	C	78,4	B C	24,6	C	48,5	A B	53,4	A
20	445,6	B C	76,4	D	24,3	C D E	49,5	A	53,6	A
30	456,4	A B C	78,2	B C	23,6	F	50,1	A	54,9	A
40	470,6	A B C	79,6	A	23,7	F	49,8	A	54,7	A
50	475,8	A B C	78,4	B C	23,5	F	49,8	A	53,9	A
60	482,6	A B	78,2	B C	23,7	D E F	48,8	A B	54,1	A
70	481,6	A B	79,2	A B	23,7	E F	47,4	A B C	52,9	A
80	474,6	A B C	78,5	A B C	24,3	C D	46,1	B C D	53,0	A
90	470,0	A B C	78,0	C	25,8	B	44,4	D	-	-

* Dentro de uma mesma coluna letras iguais indicam que não há diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade.

Tabela 29. Comparação entre % da Altura - Teste Tukey (95% de probabilidade)

E. saligna - DAP = 20,0 cm

% H	Densidade Básica (kg/m ³)		Teor de Holocelulose (% base mad. a.s.)		Teor de Lignina (% base mad. a.s.)		Rendimento (17,0% Na ₂ O) (% base mad. a.s.)		Rendimento (14,5% Na ₂ O) (% base mad. a.s.)	
	Média	Código	Média	Código	Média	Código	Média	Código	Média	Código
base	535,2	A	73,9	E	27,2	A	45,2	C D	48,8	D
10	489,2	B C	77,6	C D	25,3	B	47,6	A B C	52,5	A B C
20	497,4	A B C	77,3	D	24,9	B	48,7	A B	54,4	A
30	507,0	A B C	77,8	A B C D	23,8	C D	49,3	A	53,4	A B C
40	512,2	A B	77,7	B C D	24,0	C D	49,1	A	53,8	A B
50	511,0	A B	77,9	A B C D	23,2	D	48,5	A B	54,3	A B
60	511,4	A B	78,7	A B	24,6	B C	48,3	A B	53,3	A B C
70	504,4	A B C	78,5	A B C	24,8	B	47,8	A B	52,2	B C
80	485,8	B C	78,7	A B	24,8	B	46,5	B C D	51,5	C
90	467,4	C	78,8	A	25,4	B	44,8	D	49,1	D

* Dentro de uma mesma coluna letras iguais indicam que não há diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade.

Tabela 30. Comparação entre % da Altura - Teste Tukey (95% de probabilidade)

E. saligna - DAP = 27,0 cm

% H	Densidade Básica (kg/m ³)		Teor de Holocelulose (% base mad. a.s.)		Teor de Lignina (% base mad. a.s.)		Rendimento (17,0% Na ₂ O) (% base mad. a.s.)		Rendimento (14,5% Na ₂ O) (% base mad. a.s.)	
	Média	Código	Média	Código	Média	Código	Média	Código	Média	Código
base	520,2	A	70,4	F	28,3	A	44,8	C	47,8	C
10	496,4	A B	76,5	D E	25,6	B C	47,2	A B C	52,8	A B
20	500,2	A B	76,5	D E	25,9	B	48,4	A	54,2	A
30	505,2	A B	77,9	B C	24,1	E	48,3	A	53,9	A
40	503,8	A B	78,2	B C	24,8	C D E	48,6	A	53,2	A B
50	505,2	A B	75,6	E	24,2	E	47,8	A B	53,4	A B
60	504,8	A B	78,4	A B C	24,7	D E	47,4	A B	52,4	A B
70	492,6	A B	79,2	A	25,2	B C D	47,8	A B	51,9	A B
80	476,6	A B	78,6	A B	25,3	B C D	46,4	A B C	52,4	A B
90	462,6	B	77,4	C D	25,6	B C	45,6	B C	50,2	B C

* Dentro de uma mesma coluna letras iguais indicam que não há diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade.

Tabela 31. Equações de Regressão para Rendimento Depurado, em Função da Densidade Básica, Teor de Holocelulose e Teor de Lignina da Madeira. *E. grandis* e *E. saligna* - cozimentos com 14,0% de Na₂O ativo.

Variável Independente	Espécie	Rend. = a + b . x				
		a	b	r ²	F	GL
Densidade Básica da Madeira	<i>E. grandis</i>	73,1	-0,05	0,46	84,35	(1,28)
	<i>E. saligna</i>	62,0	-0,02	0,04	1,21	(1,27)
Teor de Holo <u>c</u> elulose na Madeira	<i>E. grandis</i>	5,2	0,60	0,29	11,63	(1,28)
	<i>E. saligna</i>	1,4	0,70	0,42	19,93	(1,27)
Teor de Lignina na Madeira	<i>E. grandis</i>	70,5	-0,70	0,24	9,08	(1,28)
	<i>E. saligna</i>	89,8	-1,59	0,77	92,98	(1,27)

Rend. = rendimento depurado (% base madeira a.s.)

GL = graus de liberdade para a regressão (modelo, resíduo)

Densidade Básica em kg/m³

Teor de Holocelulose em % base madeira a.s.

Teor de Lignina em % base madeira a.s.

Tabela 32. Resumo dos Cálculos para Densidade Básica e Rendimento Depurado Médios Ponderados - *E. grandis* (DAP = 10,0 cm) - Cozimentos com 14,0% de Na₂O ativo

Secção	Diâmetro Médio (cm)	Volume (m ³)	Densidade Básica (kg/m ³)	Madeira (kg a.s.)	Rendimento Depurado (%)	Celulose (kg a.s.)
90-100	2,40	0,00029	426,0	0,123	50,7	0,062
80- 90	2,95	0,00131	414,5	0,543	51,5	0,280
70- 80	3,95	0,00234	400,5	0,937	52,8	0,495
60- 70	4,90	0,00360	397,0	1,429	54,1	0,773
50- 60	5,80	0,00505	394,0	1,990	55,0	1,094
40- 50	6,65	0,00663	388,5	2,576	54,7	1,409
30- 40	7,50	0,00838	382,5	3,205	54,4	1,743
20- 30	8,30	0,01033	380,0	3,925	54,3	2,131
10- 20	9,00	0,01215	377,0	4,581	54,2	2,483
0- 10	10,20	0,01561	395,0	6,165	52,1	3,212
TOTAL		0,06569		25,474		13,682

Altura Total = 19,10 metros

Altura Comercial = 10,32 metros

- a) Árvore Inteira : volume = 0,06569 m³
 peso = 25,474 kg a.s.
 densidade básica = 387,79 kg/m³
 celulose não branqueada = 13,682 kg a.s.
 rendimento depurado = 53,71 %
- b) Árvore Comercial : volume = 0,05512 m³
 peso = 21,248 kg a.s.
 densidade básica = 385,48 kg/m³
 celulose não branqueada = 11,416 kg a.s.
 rendimento depurado = 53,72 %
- c) Região Seleccionada : volume = 0,04614 m³
 peso = 17,706 kg a.s.
 densidade básica = 383,74 kg/m³
 celulose não branqueada = 9,633 kg a.s.
 rendimento depurado = 54,40 %

Tabela 33 . Resumo dos Cálculos para Densidade Básica e Rendimento Depurado Médios Ponderados - *E. grandis*
(DAP = 20,0 cm) - Cozimentos com 14,0% de Na₂O ativo

Secção	Diâmetro Médio (cm)	Volume (m ³)	Densidade Básica (kg/m ³)	Madeira (kg a.s.)	Rendimento Depurado (%)	Celulose (kg a.s.)
90-100	4,40	0,00159	468,0	0,744	49,6	0,369
80- 90	5,65	0,00786	460,0	3,616	50,9	1,840
70- 80	7,95	0,01557	448,0	6,975	52,3	3,648
60- 70	9,95	0,02438	439,0	10,703	53,1	5,683
50- 60	11,70	0,03372	429,5	14,483	54,4	7,879
40- 50	13,30	0,04357	420,5	18,321	54,8	10,040
30- 40	14,80	0,05395	412,0	22,227	55,1	12,247
20- 30	16,20	0,06464	408,5	26,405	54,7	14,443
10- 20	17,45	0,07499	404,0	30,296	54,4	16,481
0- 10	20,30	0,10150	417,0	42,325	52,8	22,348
TOTAL		0,42177		176,095		94,978

Altura Total = 31,36 metros

Altura Comercial = 26,30 metros

a) Árvore Inteira : volume = 0,42177 m³
 peso = 176,095 kg a.s.
 densidade básica = 417,51 kg/m³
 celulose não branqueada = 94,978 kg a.s.
 rendimento depurado = 53,94 %

b) Árvore Comercial : volume = 0,41531 m³
 peso = 173,109 kg a.s.
 densidade básica = 416,82 kg/m³
 celulose não branqueada = 93,468 kg a.s.
 rendimento depurado = 54,00 %

c) Região Selecionada : volume = 0,27087 m³
 peso = 111,732 kg a.s.
 densidade básica = 412,49 kg/m³
 celulose não branqueada = 61,090 kg a.s.
 rendimento depurado = 54,67 %

Tabela 34 . Resumo dos Cálculos para Densidade Básica e Rendimento Depurado Médios Ponderados - *E. grandis* (DAP = 30,0 cm) - Cozimentos com 14,0% de Na₂O ativo

Secção	Diâmetro Médio (cm)	Volume (m ³)	Densidade Básica (kg/m ³)	Madeira (kg a.s.)	Rendimento Depurado (%)	Celulose (kg a.s.)
90-100	5,40	0,00802	464,0	3,721	49,2	1,831
80- 90	7,55	0,01568	454,0	7,119	50,2	3,574
70- 80	11,50	0,03638	448,0	16,298	51,2	8,344
60- 70	14,60	0,05864	448,5	26,300	52,1	13,702
50- 60	17,20	0,08139	436,5	35,527	53,2	18,900
40- 50	19,75	0,10732	422,5	45,342	54,0	24,485
30- 40	22,00	0,13316	413,5	55,062	53,9	29,678
20- 30	23,95	0,15781	406,5	64,150	54,2	34,769
10- 20	25,85	0,18384	403,0	74,087	54,3	40,229
0- 10	30,20	0,25092	417,5	104,759	52,8	55,313
TOTAL		1.03316		432,365		230,825

Altura Total = 35,03 metros

Altura Comercial = 30,73 metros

a) Árvore Inteira : volume = 1,03316 m³
 peso = 432,365 kg a.s.
 densidade básica = 418,49 kg/m³
 celulose não branqueada = 230,825 kg a.s.
 rendimento depurado = 53,39 %

b) Árvore Comercial : volume = 1,02153 m³
 peso = 427,007 kg a.s.
 densidade básica = 418,00 kg/m³
 celulose não branqueada = 228,172 kg a.s.
 rendimento depurado = 53,43 %

c) Região Seleccionada : volume = 0,66352 m³
 peso = 274,168 kg a.s.
 densidade básica = 413,20 kg/m³
 celulose não branqueada = 148,061 kg a.s.
 rendimento depurado = 54,00 %

Tabela 35. Resumo dos Cálculos para Densidade Básica e Rendimento Depurado Médios Ponderados - *E. saligna* (DAP = 10,0 cm) - Cozimentos com 14,0% de Na₂O ativo

Secção	Diâmetro Médio (cm)	Volume (m ³)	Densidade Básica (kg/m ³)	Madeira (kg a.s.)	Rendimento Depurado (%)	Celulose (kg a.s.)
90-100	2,40	0,00028	470,0	0,132	-	-
80- 90	2,95	0,00128	472,5	0,605	53,0	0,320
70- 80	3,90	0,00224	478,5	1,072	52,9	0,567
60- 70	4,80	0,00339	482,5	1,636	53,5	0,875
50- 60	5,75	0,00487	479,5	2,335	54,0	1,261
40- 50	6,60	0,00641	473,5	3,035	54,3	1,648
30- 40	7,40	0,00806	463,5	3,736	54,8	2,047
20- 30	8,15	0,00978	451,0	4,411	54,2	2,391
10- 20	8,80	0,01140	443,0	5,050	53,5	2,702
0- 10	10,30	0,01562	465,5	7,271	49,9	3,628
TOTAL		0,06333		29,283		15,439

Altura Total = 18,75 metros

Altura Comercial = 9,38 metros

a) Árvore Inteira : volume = 0,06333 m³
 peso = 29,283 kg a.s.
 densidade básica = 460,30 kg/m³
 celulose não branqueada = 15,439 kg a.s.
 rendimento depurado = 52,96 %

b) Árvore Comercial : volume = 0,05127 m³
 peso = 23,503 kg a.s.
 densidade básica = 458,42 kg/m³
 celulose não branqueada = 12,416 kg a.s.
 rendimento depurado = 52,83 %

c) Região Seleccionada : volume = 0,04743 m³
 peso = 21,880 kg a.s.
 densidade básica = 461,31 kg/m³
 celulose não branqueada = 8,788 kg a.s.
 rendimento depurado = 54,14 %

Tabela 36 . Resumo dos Cálculos para Densidade Básica e Rendimento Depurado Médios Ponderados - *E. saligna* (DAP = 20,0 cm) - Cozimentos com 14,0% de Na₂O ativo

Secção	Diâmetro Médio (cm)	Volume (m ³)	Densidade Básica (kg/m ³)	Madeira (kg a.s.)	Rendimento Depurado (%)	Celulose (kg a.s.)
90-100	4,12	0,00119	467,0	0,556	49,1	0,273
80- 90	5,57	0,00636	467,5	2,973	50,3	1,495
70- 80	8,15	0,01396	495,0	6,910	51,8	3,579
60- 70	10,13	0,02157	507,5	10,947	52,7	5,769
50- 60	11,73	0,02892	511,0	14,778	53,8	7,950
40- 50	13,19	0,03656	511,5	18,700	54,1	10,117
30- 40	14,63	0,04498	509,5	22,917	53,7	12,306
80- 30	15,95	0,05347	502,0	26,842	53,9	14,468
10- 20	17,16	0,06188	493,0	30,507	53,4	16,291
0- 10	20,13	0,08516	512,0	43,602	50,7	22,106
TOTAL		0,35405		178,732		94,354

Altura Total = 26,76 metros

Altura Comercial = 22,83 metros

- a) Árvore Inteira : volume = 0,35405 m³
 peso = 178,732 kg a.s.
 densidade básica = 504,82 kg/m³
 celulose não branqueada = 94,354 kg a.s.
 rendimento depurado = 52,79 %
- b) Árvore Comercial : volume = 0,34988 m³
 peso = 176,782 kg a.s.
 densidade básica = 505,264 kg/m³
 celulose não branqueada = 93,380 kg a.s.
 rendimento depurado = 52,82 %
- c) Região Selecionada : volume = 0,22581 m³
 peso = 113,744 kg a.s.
 densidade básica = 503,72 kg/m³
 celulose não branqueada = 61,132 kg a.s.
 rendimento depurado = 53,74 %

Tabela 37. Resumo dos Cálculos para Densidade Básica e Rendimento Depurado Médios Ponderados - *E. saligna* (DAP = 27,0 cm) - Cozimentos com 14,0% de Na₂O ativo

Secção	Diâmetro Médio (cm)	Volume (m ³)	Densidade Básica (kg/m ³)	Madeira (kg a.s.)	Rendimento Depurado (%)	Celulose (kg a.s.)
90-100	4,60	0,00479	463,0	2,218	50,2	1,113
80- 90	6,55	0,00971	470,0	4,564	51,3	2,341
70- 80	10,05	0,02286	485,0	11,087	52,1	5,776
60- 70	12,80	0,03709	499,0	18,508	52,1	9,643
50- 60	15,10	0,05161	505,0	26,063	52,9	13,787
40- 50	17,10	0,06619	504,5	33,393	53,3	17,798
30- 40	18,80	0,08000	504,5	40,360	53,5	21,593
20- 30	20,45	0,09466	502,5	47,567	54,0	25,686
10- 20	22,10	0,11055	498,0	55,054	53,5	29,454
0- 10	25,90	0,15184	508,0	77,135	50,3	38,799
TOTAL		0,62930		315,949		165,990

Altura Total = 28,82 metros

Altura Comercial = 24,86 metros

- a) Árvore Inteira : volume = 0,62930 m³
 peso = 315,949 kg a.s.
 densidade básica = 502,06 kg/m³
 celulose não branqueada = 165,990 kg a.s.
 rendimento depurado = 52,54 %
- b) Árvore Comercial : volume = 0,61732 m³
 peso = 310,354 kg a.s.
 densidade básica = 502,74 kg/m³
 celulose não branqueada = 163,140 kg a.s.
 rendimento depurado = 52,56 %
- c) Região Seleccionada : volume = 0,47267 m³
 peso = 236,596 kg a.s.
 densidade básica = 500,55 kg/m³
 celulose não branqueada = 126,078 kg a.s.
 rendimento depurado = 53,29 %

Tabela 38. Número de Permanganato da Celulose Depurada - Cozimento com 14,0% de Na₂O

Ativo. *

Espécie	Classe de DAP	Posição no Tronco - % da Altura Total									
		BASE	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<i>E. grandis</i>	A	14,8	14,5	13,6	13,3	12,9	13,3	13,0	13,9	12,4	14,0
	B	16,1	14,7	15,4	13,8	13,4	13,6	13,6	14,6	14,3	13,7
	C	17,4	15,6	15,3	14,9	14,2	14,2	13,3	12,9	13,7	13,4
<i>E. saligna</i>	A	19,6	16,4	15,4	16,8	15,4	15,2	15,4	14,0	15,3	-
	B	19,0	16,1	15,4	15,0	14,9	14,9	15,7	15,2	15,2	15,5
	C	18,4	17,6	16,9	16,5	16,9	16,6	16,3	15,4	15,6	15,4

* Determinações em duplicata.

Tabela 39. Número de Permanganato da Celulose Depurada - Cozimentos com 17,5% de Na₂O

Ativo. *

Espécie	Classe de	Posição no Tronco - % da Altura Total									
		BASE	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<i>E. grandis</i>	A	12,7	12,2	11,5	12,2	11,1	11,4	11,1	10,6	11,3	11,6
	B	12,6	12,3	11,8	11,4	12,0	11,5	11,5	11,4	11,3	11,2
	C	13,0	12,7	12,8	11,3	12,9	12,5	11,9	10,9	12,2	11,4
<i>E. saligna</i>	A	12,1	12,4	11,3	11,6	10,4	11,0	10,6	10,9	10,5	11,0
	B	12,3	11,1	9,9	10,2	9,8	9,8	10,3	10,1	10,5	10,7
	C	12,3	11,3	10,9	11,0	11,1	10,4	10,5	10,5	9,9	11,4

* Determinações em duplicata.

Tabela 40. Diâmetros Sem Casca (cm)

Espécie	Classe de DAP	Posição no Tronco - % da Altura Total									
		BASE	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<i>E. grandis</i>	A	11,1±0,6*	9,3±0,4	8,7±0,4	7,9±0,4	7,1±0,4	6,2±0,4	5,4±0,4	4,4±0,3	3,5±0,3	2,4±0,2
	B	22,6±0,8	18,0±0,3	16,9±0,3	15,5±0,4	14,1±0,3	12,5±0,4	10,9±0,3	9,0±0,3	6,9±0,3	4,4±0,3
	C	33,6±1,2	26,8±0,6	24,9±0,6	23,0±0,7	21,0±0,6	18,5±0,6	15,9±0,5	13,3±0,4	9,7±0,5	5,4±0,6
<i>E. saligna</i>	A	11,5±0,3	9,1±0,3	8,5±0,3	7,8±0,3	7,0±0,3	6,2±0,3	5,3±0,3	4,3±0,3	3,5±0,3	2,4±0,3
	B	22,5±0,8	17,8±0,3	16,5±0,2	15,5±0,3	13,9±0,3	12,5±0,3	11,0±0,3	9,3±0,4	7,0±0,4	4,1±0,4
	C	28,9±1,0	22,9±0,5	21,3±0,6	19,6±0,8	18,0±0,8	16,2±0,7	14,0±0,7	11,6±0,8	8,5±0,8	4,6±0,6

* Intervalos de confiança ao nível de 99% de probabilidade

Tabela 41. Resultados Médios para Altura Total e Altura Comercial das Árvores.

Espécie	Classe de DAP	Altura total (m)	Altura Comercial (m)
<i>E. grandis</i>	A	19,10 ± 1,18*	10,32 ± 0,91*
	B	31,36 ± 0,65	26,73 ± 0,80
	C	35,03 ± 0,82	30,73 ± 0,74
<i>E. saligna</i>	A	18,75 ± 1,05	9,38 ± 1,32
	B	26,76 ± 0,61	22,83 ± 0,56
	C	28,82 ± 0,91	24,86 ± 0,91

* Intervalo de confiança ao nível de 99% de probabilidade.