

**LEVANTAMENTO DA QUALIDADE DA MADEIRA EM PLANTAÇÕES ARTIFICIAIS
DE "PINUS ELLIOTTII" NOS ESTADOS DO SUL DO BRASIL.**

João Carlos Moreschi

SUMMARY

A precise knowledge of the physical and mechanical properties of wood are of major importance for civil engineering, the wood industry and individual users of wood and its products.

The specific gravity of a wood species is closely related most mechanical and the other physical properties. Consequently any means of accurately estimating this property will be of great benefit to the users and will generally enable them to classify a wood species giving preference to certain criteria which greatly influence specific gravity such as genetic origin, age of tree, growth site etc.

By combining precise estimates of whole-tree specific gravity and corresponding volume the consumer will be able to correlate the volume of acquired raw material with the volume and weight of the processed product (pulp and paper, particle and fibre board etc.), thus offering an extremely useful tool for planning raw material input in relation to product output.

Similarly, sound estimates of late wood and early wood percentage and wood extracts content, determined from samples extracted at DBH, could probably be utilized to some extent in predicting and influencing certain qualities of the final product.

The principal observations of this thesis can be outlined as follows:

a. Regression Equations

- a.a. By introducing only those independent variables which can be determined in the field without major difficulties as far as time and cost are concerned, the multiple regression equations for the whole-tree specific gravity show excellent correlation coefficients (above $R = 0.90$) except for trees from the Tres Barras National Forest, where the correlation coefficient of $R = 0.81$ still can be considered satisfactory.
- a.b. Similarly the regression equations developed for the commercial volume of the tree by introducing only the easily determined independent variables, proved to be highly accurate (above $R = 0.90$).
- a.c. Although estimates of late wood percentage and wood extracts content variables, based on samples from DBH, cannot be adjusted to the described curve by the regression equations with as much ease as in the case of a.a. and a.b. nevertheless the results may be considered useful where decisions with regard to wood processing and quality of the end product are involved.

b. Analyses of Variance

- b.a. Satisfactory results have been obtained for the variation with age, of height increments, volume and DBH. The same holds true for the ratio between the height of the tree where the specific gravity representative for the whole tree occurs, over total height ($\frac{\text{height spec. grav.}}{\text{total height}}$).

This aspect is still under active investigation. Other variables such as tree specific gravity, late wood percentage and wood extracts content could not be related equally well, thus making it impossible to prove how one variable depends on the others. However, sufficient information could be collected in order to identify the differences which occur due to differences between various age groups and/or sites.

- b.b. Fibre dimensions including length, diameter and cell wall thickness were highest for 12 and 13 year old trees from the Irati National Forest, possibly as a consequence of the higher late wood percentage observed for these trees. Due to the great variation encountered within the same age group, or site investigated, no significant correlations could be established for the fibre dimensions, apart from the determination of maximum and minimum values for each site and age group.

C A P I T U L O I

INTRODUÇÃO

As indústrias papeleiras plantaram no Brasil até o mês de dezembro de 1972, um total de 224.500 ha., sendo 33,35% para o *Pinus spp.*,¹ e as estimativas de produção relativas a este ano, com o uso da "Araucaria angustifolia" e *Pinus spp.* foram de 329.828 toneladas, correspondendo a um consumo de 1.905.302m³ estéreos.

Uma outra fonte de informações² revela que os projetos de reflorestamento aprovados pela lei nº 5.106 e Decreto Lei nº 1.134 até o mês de dezembro de 1973, foram de 1.206.715 hectares para todo o País, e através do Programa Nacional de Celulose e Papel (Brasília — 1974), foi planejado o plantio de 200.000 ha/ano, somente para garantir o crescimento previsto da indústria de papel e celulose.

Relatórios de levantamentos recentes³ informam que no período de 1967 a 1973, foram realmente reflorestados no Estado do Paraná, 237.001,67 ha., para a "Araucaria angustifolia", *Eucalyptus spp* e *Pinus spp*, tendo uma produção estimada através destes povoamentos já estabelecidos de 100.605,41m³ estéreos para o *Pinus spp*, que corresponde a 70,7% do total para as três espécies.

O "*Pinus elliottii*" vem sendo introduzido em maior escala entre todas as outras essências florestais plantadas na região sul do Brasil, pelo seu alto crescimento e boa adaptação ao meio, garantindo assim rendimentos sobre o capital investido num menor prazo de tempo, e por esta razão, pode-se dizer que com o passar dos anos, esta espécie florestal venha ser a substituta para as nativas que foram e veem sendo exploradas nos tempos atuais. Até o momento, a madeira do "*Pinus elliottii*" proveniente de desbastes, tem sido usada em sua maioria pela indústria papeleira, justificando-se pelo pequeno porte das árvores abatidas e pela falta de uma adaptação tecnológica para outras indústrias ligadas ao campo ma-

deireiro. Em contrapartida, com a devastação progressiva de nossas matas nativas, é de grande importância um desenvolvimento tecnológico imediato, visto que grande parte das indústrias madeireiras passarão obrigatoriamente a utilizar a madeira desta essência exótica como principal matéria-prima.

Até os dias atuais, existem poucas pesquisas que de alguma forma foram desenvolvidas para investigar a qualidade da madeira de espécies florestais introduzidas no Brasil. Especialmente para o "*Pinus elliottii*", as investigações já existentes limitam-se a pequenas áeras, não proporcionando valores utilizáveis para toda a amplitude de adaptação da espécie. Reconhece-se a importância do peso específico na avaliação da qualidade da madeira, pela alta correlação com as suas propriedades de resistência, que no campo tecnológico são utilizadas para a determinação de um aproveitamento adequado, combinando-as a outros fatores como o estético, o de susceptibilidade a microorganismos, etc., compatíveis a cada tipo de produto a ser industrializado.

Por outro lado, a indústria papeleira tem grande interesse na relação existente entre o peso específico da madeira e a produção de polpa, que através dela procura estimar os seus rendimentos médios, o consumo e a disponibilidade de matéria-prima em função da espécie, idade, e outras características de baixos custos de identificação. O peso específico é uma característica complexa da madeira, além de ser um excelente índice de quantidade de substância lenhosa contida num pedaço de madeira, em termos anatômicos, é uma função da proporção entre o volume das paredes celulares e o volume de seus lumens, que consequentemente é afetada pelas suas dimensões médias, pela quantidade de extractivos da madeira, e outros componentes não fibrosos, tal como os raios e o tecido medula.

Um levantamento da qualidade da madeira dos povoamento artificiais existentes, pode proporcionar a Instituições

1. Associação Paulista dos Fabricantes de Papel e Celulose — 1972.

2. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal.

3. Estudo das Alternativas Técnicas, Econômicas e Sociais do Setor Florestal do Paraná — Sub-programa "Materia-Prima".

Federais, Estaduais e Privadas, valiosas informações referentes ao seu peso específico, aos produtos extractivos inclusos na madeira, à porcentagem de lenho outonal e outros fatores diretamente correlatos a qualidade dos produtos industrializáveis, bem como a valores indispensáveis para a estimativa da matéria-prima disponível e a ser consumida.

O objetivo principal deste trabalho, é o de investigar a qualidade da madeira, adaptando-se métodos de amostragens e análises de laboratório a esta essência florestal. Como um trabalho pioneiro neste campo de investigação, espera-se sobretudo que as indústrias interessadas nestes resultados e os pesquisadores dedicados à tecnologia da madeira, procurem aperfeiçoar a metodologia desenvolvida, otimizando-a em função das áreas plantadas, do tipo e qualidade exigida do produto a industrializar, dos custos e rendimentos de produção.

C A P I T U L O VII

1. CONCLUSÃO

1.1. Equações de Regressão Para a Estimativa do Peso Específico e do Volume da Madeira (para toda a árvore)

As equações de regressão desenvolvidas e consideradas como mais importantes para a "utilização da madeira", tiveram bons resultados, possuindo grande utilidade nas estimativas de qualidade e volume da madeira de "*Pinus elliotii*", produzida nas áreas florestais e idades levantadas. Para estas equações (Quadros nº 3 e nº 4) relacionam-se abaixo as seguintes apreciações a serem consideradas:

A) A metodologia utilizada possibilitou desenvolver equações de regressão que satisfazem plenamente a precisão esperada, salvo num dos casos, para a área da Floresta Nacional de Três Barras, e podem ser observadas através dos desvios padrão residual, erro padrão das médias e dos coeficientes de correlação múltipla, calculados para cada variável dependente em cada área florestal.

B) Avaliam-se como aceitáveis os coeficientes de correlação múltipla, de-

terminados para o peso específico e volume comercial da árvore. O fato de que o coeficiente de correlação múltipla da Floresta Nacional de Três Barras não assegure igual ajustamento para o peso específico da árvore como os determinados nas outras áreas florestais, não invalida sua utilidade, dando uma segurança de 80,8% nos valores a serem estimados.

C) Em comparação às equações de regressão desenvolvidas nos Estados Unidos, para o peso específico de árvores de "*Pinus ellottii*" (04,21), os coeficientes de correlação múltipla alcançados garantem uma maior precisão nas estimativas para as árvores da Indústria Klabin, de Irati e de São Francisco de Paula, com respectivamente de 91,69%, 96,43% e 97,68%, e precisão aproximadamente igual para a da Floresta Nacional de Três Barras, com 80,85%. O menor coeficiente de correlação múltipla verificado para a equação de Três Barras, foi originado pela baixa correlação entre as variáveis independentes obtidas por meio do incremento de trado e o peso específico representativo à toda a árvore, comprovando existir pouca afinidade entre os pesos específicos das secções do incremento, do incremento total ou da média ponderada entre as secções, com o peso específico da árvore.

D) É de grande interesse que se investigue com mais detalhes as correlações de outras variáveis, como o peso específico das secções interna e externa, do incremento total e a média ponderada entre as secções, ambos após processo de extração, como também a qualidade do solo, fatores metereológicos, época e métodos de desbastes, etc., com o peso específico representativo a toda a árvore, não só com a finalidade de melhorar o coeficiente de correlação múltipla alcançado para a Floresta Nacional de Três Barras, mas também procurando identificar os efeitos que causa esta má correlação, e a má correlação entre a madeira interna e externa produzida pela mesma árvore.

E) Todas as variáveis independentes que participam das equações de regressão são de fácil obtenção, sendo que X3, X4, e X6 (DAP, Altura total e DAP Médio das 5 árvores medidas por ponto

de amostragem) são variáveis tomadas diretamente por medições de campo, X7 representa a idade da árvore pelo ano de plantio e X11, X12, X13 e X14 são referentes às análises de laboratório sobre o peso específico do incremento de trado, utilizadas somente para a estimativa do peso específico da árvore. As outras variáveis independentes que participam das equações, são apenas relações entre as já apresentadas.

F) As variáveis independentes, peso específico da secção externa e média ponderada entre o Peso Específico das secções interna e externa do incremento, observadas como os melhores coeficientes de correlação ao peso específico aparente básico representativo a toda a árvore, qualificam-se como de grande importância para tais estimativas, e consequentemente confirmam as informações de outras pesquisas já desenvolvidas (2, 3, 4, 5, 7, 13, 16, 18, 21, 23), quanto a utilização de variáveis obtidas por meio do incremento de trado. Por outro lado, as variáveis independentes DAP e altura total da árvore, qualificam-se como indispensáveis no desenvolvimento de equações de regressão para a estimativa do volume comercial da árvore, também pelos altos coeficientes de correlação apresentados, sendo o DAP a melhor variável independente para as equações da Klabin, de Três Barras e de São Francisco de Paula, e a altura total para a equação de Irati.

G) Sendo o peso específico aparente básico, uma característica altamente correlata com as propriedades de resistência da madeira e com a quantidade de material lenhoso num pedaço de madeira, com a existência de equações para a estimativa do volume comercial das árvores, poder-se-á estimar com segurança em função da área florestal e variáveis independentes, a quantidade e qualidade de produtos de madeira maciça a industrializar, a quantidade de madeira necessária para determinada produção de polpa e papel, a quantidade de matéria-prima disponível de plantações próprias (atualmente madeira de desbastes), a avaliação de preço e quantidade de matéria-prima a ser comprada de terceiros, etc.

7.2. Equações de Regressão para a Estimativa da Porcentagem de Lenho Outonal e do Conteúdo de Extrativos das Amostras de Trado (ao nível do DAP das árvores).

As equações de regressão desenvolvidas para as estimativas da porcentagem de lenho outonal e conteúdo de extrativos da madeira (Quadros nº 5 e nº 6), ambos tomados ao nível do DAP das árvores, poderão ser de grande importância, pelo conhecimento de prováveis valores indicativos a serem utilizados no controle da qualidade do papel, na otimização da quantidade de produtos químicos empregados para a eliminação do excesso de resina no processo industrial, e também, na extração comercial da resina. As seguintes apreciações devem ser consideradas:

A) De um modo geral, a metodologia utilizada não tornou possível determinar graus de ajustamento como os encontrados para o peso específico e volume comercial da árvore, tendo somente para um dos casos (na equação de regressão para a estimativa do conteúdo de extrativos na área de Três Barras), o coeficiente de correlação múltipla com o valor de 0,936, eu com um ajustamento de 93,6%.

B) Apesar de que os outros coeficientes de correlação múltipla determinados serem inferiores a 0,900, tanto para a porcentagem de lenho outonal como para o conteúdo de extrativos as equações podem ser utilizadas praticamente, assegurando uma precisão nas estimativas em porcentagens, iguais aos coeficientes de correlação todos pelos Quadros nº 5 e nº 6, para cada equação de regressão desenvolvida.

C) A possibilidade de eliminação da variável independente X18 (peso da madeira dos 5 incrementos de trado coletados por ponto de amostragem), sem muita perda no coeficiente de correlação múltipla das equações de regressão, não é verificada para nenhuma das áreas florestais em que se pretenda estimar a porcentagem de lenho outonal e o conteúdo de extrativos da madeira, uma vez que para a Floresta Nacional de Irati, mesmo não havendo ganho em precisão para a estimativa da porcentagem de lenho outonal, com a exclusão desta variável X18

e suas sucessoras, haverá uma perda no coeficiente de correlação múltipla atingido, em 5,93%. Nas outras áreas florestais, ocorrerão perdas no coeficiente de correlação múltipla das equações de regressão, para a estimativa da porcentagem de lenho outonal e conteúdo de extractivos da madeira respectivamente, de 3,03% e 2,13% para a área florestal da Indústria Klabin, de 21,18% e 3,75%, para a Floresta Nacional de Três Barras, e de 12,87% e 52,63% para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula.

D) Pela alta heterogeneidade do conteúdo de extractivos da madeira (com significância a 99% de probabilidade), os coeficientes de correlação múltipla alcançados e a ordem das variáveis independentes que formam as equações de regressão, tiveram muita variação entre regiões.

E) Para a porcentagem de lenho outonal ao nível do DAP das árvores, todas as variáveis independentes selecionadas como mais correlatas, foram as de peso específico e peso da madeira (X12, X14 e X18), comprovando a influência da porcentagem de lenho outonal no peso específico da madeira, e consequentemente na sua qualidade.

F) Pelos motivos acima citados (itens D e E), sugere-se que outras equações de regressão sejam desenvolvidas, com o uso das variáveis independentes: peso específico aparente básico das secções do incremento, do incremento total ou da média ponderada entre estas secções, após submetê-las ao tratamento de extração das substâncias lixiviáveis, procurando melhorar o ajustamento das equações de regressão para as estimativas da porcentagem de lenho outonal e do próprio extrativo lixiviado.

G) Pelas equações de regressão já desenvolvidas, a porcentagem de lenho outonal e o conteúdo de extractivos como variáveis dependentes podem ser estimados respectivamente com precisões de 77,29% e 33,34% para a área florestal da Indústria Klabin, com 85,44% e 78,09% para a Floresta Nacional de Irati, com 69,37% e 93,60% para a Floresta Nacional de Três Barras e com 79,45% e 89,45% para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula.

H) As estimativas da porcentagem de lenho outonal e do conteúdo de extractivos da madeira tomada ao nível do DAP das árvores, devem ser usadas como variáveis independentes para novas pesquisas, a serem desenvolvidas para cada área florestal, tendo como variáveis dependentes, a qualidade do papel industrializado e respectivamente, a quantidade necessária dos produtos químicos utilizados na eliminação do excesso de resina contido na madeira do "Pinus elliottii".

7.3. Observações Referentes aos Dados Árvores

7.3.1 Por meio de análises de variância e de aplicações do teste de Tukey, pode-se verificar a existência ou não de tendências entre os dados das árvores, que foram observadas separadamente em quatro etapas distintas:

7.3.1.1 Para a altura total, diâmetro a altura do peito (DAP) e volume comercial da árvore.

Estas variáveis apresentam-se dentro das expectativas esperadas, com incrementos descrevendo tendências diretamente proporcionais às idades dentro de cada região analisada, e dentro das idades de 8, 10 e 12 anos não verifica-se nenhuma tendência entre as áreas florestais. As considerações a serem levadas em conta relacionanam-se como:

A) Com validade somente para as idades das árvores utilizadas neste estudo, entre as variáveis analisadas, a altura da árvore é a que mais se desenvolve em crescimento, e consecutivamente, o volume comercial da árvore e o DAP.

B) Nas comparações dentro das idades, tanto as diferenças encontradas como as diferenças correspondentes esperadas que não se evidenciaram entre as regiões florestais, provavelmente sejam justificadas pelos graus de precisão estabelecidos nas análises de variância, pelas injúrias causadas por ocorrência de incêndios florestais, pelas diferentes práticas silviculturais utilizadas no manejo florestal, pelos diferentes fatores de meio ambiente, etc., impossibilitando qualquer afirmação neste sentido, pela insuficiência de dados que permita uma clara interpretação.

7.3.1.2 Para o peso específico aparente básico de toda a madeira produzida pela árvore, e para a porcentagem de lenho outonal ao nível do DAP.

Pelo estudo entre estas variáveis não existe possibilidade em afirmar qualquer tendência acusada, justificando-se pela falta de frequência nas relações encontradas entre o peso específico da árvore e a porcentagem de lenho outonal ao nível do DAP, e pela possível casualidade de ocorrerem diferenças entre as mesmas idades para as duas variáveis testadas.

7.3.1.3 Para o conteúdo de extractivos da madeira, obtido de amostras de trado coletadas ao nível do DAP das árvores.

As áreas florestais que apresentaram médias entre idades com diferenças significantes (Floresta Nacional de Irati e de Três Barras), mostram um decréscimo no conteúdo de extractivos com o aumento na idade das árvores em que coletaram-se os incrementos de trado, contudo, por observações dos valores médios em todas as árvores (Quadro nº 9), verifica-se que tais características são incompatíveis e não definem nenhuma tendência.

As diferenças significantes acusadas dentro das idades (tratamentos e, f e g do Quadro nº 7) mostram que a variação do conteúdo de extractivos na madeira obtida ao nível do DAP, não está somente em função da situação geográfica das árvores, envolvendo outros fatores não estudados neste trabalho e que devem ser investigados em pesquisas futuras.

7.3.1.4 Para a relação entre a altura de ocorrência do peso específico representativo a toda a árvore e sua altura total

$$\begin{array}{c} \text{Alt. P. E.} \\ (\overbrace{}^{}) \\ \text{Alt. total} \end{array}$$

Por apresentar um único caso de diferença entre médias e que provavelmente seja consequência das condições de crescimento das árvores, pode-se dizer que com excessão do valor médio encontrado para as árvores com 11 anos de idade da

Floresta Nacional de Irati (valor identificado como diferente), todas as outras relações possuem médias iguais, estando entre 0,208 e 0,263 (Quadro nº 9). Estas relações poderão ser facilmente utilizadas na coleta de amostras mais representativas, para o desenvolvimento de pesquisas no campo da tecnologia da madeira, de melhoramento florestal ou outros campos correlatos, pela identificação entre os valores médios das relações obtidas para cada área florestal e em cada idade, simplesmente com o uso das alturas totais das árvores que estejam na mesma área florestal e tenham idades correspondentes.

7.3.2 Pelos cálculos de variância, verificou-se apenas para a relação entre a altura de ocorrência do peso específico representativo a toda a árvore e sua altura total, que a heterogeneidade acusada entre variâncias, dentro do tratamento para a área florestal da Indústria Klabin. Foi causada por efeitos não identificados, unicamente pelos indivíduos com 12 anos de idade (Quadro nº 48).

7.3.3 Pelas médias aritméticas dos dados das árvores (apresentadas no Quadro nº 9), o peso específico para as árvores da Indústria Klabin foi de maior valor em relação aos das outras áreas florestais (por comparação entre as idades de 10 anos), e consecutivamente na ordem decrescente, os das Florestas Nacionais de Irati, de Três Barras e de São Francisco de Paula, com os valores de 0,375, 0,354, 0,348 e 0,316 g/cm³ respectivamente. Em idênticas comparações, a porcentagem de lenho outonal apresentou-se com valores médios decrescendo paralelamente aos de peso específico, para toda a árvore em função das áreas florestais, com 31,5%, 31,3%, 28,9% e 20,5% respectivamente, porém não observam-se tendências compatíveis quando fixada a idade de 8 anos para mesma comparação.

Os valores médios para o volume comercial das árvores com 10 anos de idade, e para o conteúdo de extractivos da madeira ao nível do DAP⁷, apresentam-se de-

7. Ao conteúdo de extractivos referido neste trabalho, se faz necessário mencionar que trata-se apenas do material não volatilizado pelos processos de secagem e extração da madeira, ou lixiviado pelos pré-vios tratamentos de saturação de umidade para a determinação do peso específico das secções ou do incremento total.

sordenadamente entre si e aos obtidos para o peso específico em função das áreas florestais, possuindo respectivamente 0,084768m³ e 2,9% para a Klabin, 0,144256 m³ e 3,7% para Irati, 0,142270 m³ e 2,8% para Três Barras e, 0,127732 m³ e 2,5% para São Francisco de Paula. As demais médias referentes aos dados das árvores não são de grande importância dentro deste item, e também encontram-se no Quadro nº 9 para qualquer comparação além das já executadas através das análises de variância.

O peso da madeira seca a 0% de umidade (Peso 0% u), avaliado pela multiplicação entre as médias aritméticas do P.E. árvore (g/cm³), volume da árvore (m³) e a constante 1.000, tornou possível comparar superficialmente entre as áreas florestais, o peso médio em quilogramas a 0% u, representativo a cada um dos indivíduos que formam os grupos de árvores de mesma idade e mesma procedência, bem como dar uma idéia aos industriais interessados que utilizam-se da espécie florestal analisada, para a identificação das procedências mais convenientes na utilização industrial, no que diz respeito ao volume de matéria-prima a ser adquirida e o volume de produto final.

Pelas comparações executadas, verifica-se que somente dentro da área florestal da Indústria Klabin ocorreu uma desproporcionalidade entre as idades de 12 e 14 anos, com 103,8 kg/árvore e 99,8 kg/árvore respectivamente (Quadro nº 66), causada pela variação do volume médio das árvores, sendo provavelmente uma variação do solo em que um dos povoados foi implantado, visto que para a menor média em peso representativo por unidade de árvore, corresponde maior valor médio em peso específico aparente básico.

A comparação entre áreas florestais dentro da idade de 10 anos, mostra que o peso da madeira seca a 0% u que destacou-se em maior valor médio em relação aos demais, foi o da Floresta Nacional de Irati com 51,1kg/árvore, decrescendo com os valores médios de 49,5 kg/árvore para a Floresta Nacional de Três Barras, de 40,4 kg/árvore para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula, e de 31,8 kg/árvore para a área florestal da Indústria

Klabin. Em contrapartida, observa-se que quando a comparação é feita dentro da idade de 8 anos, os resultados não apresentam compatibilidade quanto a ordem encontrada, entre áreas florestais para a idade de 10 anos, indicando haver prováveis alterações pela qualidade de solo de cada povoamento florestal, pelas diferentes características genéticas que cada grupo de árvore possui, ou pelo próprio desenvolvimento da árvore em função da idade e da variação geográfica.

Quadro nº 66 Peso médio da madeira produzida pela árvore, seca a 0% de umidade

Área Florestal	Idade	Kg/Árvore
Klabin	10	31,8
	12	103,8
	14	99,8
	15	146,9
Irati	8	21,9
	9	37,5
	10	51,0
	11	75,6
	12	79,7
Três Barras	8	28,3
	10	49,5
S. Francisco	8	25,4
	10	40,4

7.4. Observações Referentes às Dimensões das Fibras

7.4.1 Quanto às diferenças entre idades e áreas florestais, excetuando-se para o tratamento da espessura da parede celular entre as idades de 8, 9 e 10 anos, dentro da Floresta Nacional de Três Barras, todos os outros acusaram ter pelo menos uma média diferente às demais e, pela grande variação entre os valores médios dentro dos tratamentos, relacionam-se apenas as seguintes ocorrências:

A) Pela repetição das idades que possuem as maiores médias em comprimento, diâmetro e espessura da parede celular, verifica-se que as diferenças acusadas são principalmente causadas pelas fibras obtidas em árvores de 13 e

15 anos da Indústria Klabin, de 12 e 13 anos da Floresta Nacional de Irati, e de 13 anos da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, não existindo possibilidade de comparações para a Floresta Nacional de Três Barras pelo pouco número de idades analisadas.

B) Considerando-se as idades de 12 e 13 anos dentro do tratamento para a Floresta Nacional de Irati, não só como as que mais se destacaram com diferenças entre as médias, as significâncias com maiores médias em comprimento e espessura da parede da fibra e com a menor média em diâmetro, é explicada pela maior porcentagem de lenho outonal para as árvores em que se coletou o material para a maceração (ver Quadro nº 11).

C) Nos tratamentos feitos dentro das idades de 9 e 10 anos entre as áreas florestais, observa-se que as Florestas Nacionais de Irati e de Três Barras possuem fibras de maior comprimento e de paredes mais espessas que as da Indústria Klabin e da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, e que somente para a Floresta Nacional de Irati, o diâmetro destacou-se como maior para as duas idades (ver Quadro nº 64).

D) A grande variação existente entre as idades, dentro das áreas florestais, certamente foi provocada pela diferença em qualidade de solo em que as árvores foram plantadas e/ou, pela qualidade genética das sementes utilizadas, visto tal ocorrência, ser consequência da variação de no máximo duas espécies dentro de cada área florestal analisada.

7.4.2 Quanto às estimativas das médias para as dimensões das fibras, o nível de probabilidade comparado (com 99%) mostra valores proporcionais aos com 95% e 99,9%, diminuindo ou aumentando seus intervalos de confiança com o grau de precisão estabelecido. Com base nas comparações feitas com 99% de probabilidade de serem verdadeiras (Quadro 65), as dimensões das fibras mostram que segundo a classificação de Runkel, todos os intervalos pertencem aos grupos I e II ($R \leq 0,5$), indicando que a madeira de qualquer uma das procedências analisadas po-

de ser utilizada na produção de polpa e papel de "boa qualidade".

O coeficiente de rigidez das fibras, utilizado como um indicador da provável porcentagem de achatamento das fibras pelo efeito de colapso, define a qualidade do papel industrializado quanto a resistência a tração e ao estouro, e destaca-se como melhor ao nível de 99% de probabilidade, para a madeira da Floresta Nacional de São Francisco de Paula (entre 79,8% e 81,9%), correspondendo às posteriores qualificações para a madeira da Indústria Klabin (entre 76,8% e 79,1%), da Floresta Nacional de Irati (entre 73,4% e 79,4%) e respectivamente a da Floresta Nacioial de Três Barras (entre 73,7% e 73,9%).

O coeficiente de flexibilidade das fibras, não só utilizado como um indicador das resistências a tração e ao estouro do papel, condiciona também estimar sua resistência ao rasgo, sendo que os resultados por ele obtidos, mostram uma proporcionalidade direta em função das áreas florestais, às resistências à tração e ao estouro já determinadas pelo coeficiente de rigidez, e inversa para a resistência ao rasgo, às determinadas pelo coeficiente de rigidez e pelo próprio coeficiente de flexibilidade. Os valores determinados dispõe-se ordenadamente em função das maiores resistências à tração e ao estouro, e das áreas florestais correspondentes, com intervalos de 34,1 a 64,3 para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula, de 39,1 a 77,6 para a Indústria Klabin, de 52,4 a 80,1 para a Floresta Nacional de Irati e de 49,0 a 93,7 para a Floresta Nacional de Três Barras.

RESUMO

As propriedades físicas e mecânicas da madeira são critérios de maior importância para o Engenheiro Civil, para a Indústria Madeireira e para os consumidores que a adquirem de terceiros.

Com meios que possibilitem estimar o peso específico da madeira, os interessados terão condições de qualificá-la de uma maneira geral, podendo dar preferência pela espécie, procedência e idade das árvores, visto que esta propriedade possui grande afinidade com a maioria

das propriedades mecânicas, tecnológicas e propriedades físicas restantes.

A combinação das estimativas do peso específico de toda a árvore e do seu volume correspondente, determinados com graus de precisão satisfatórios, permite ao consumidor relacionar com facilidade e precisão, o volume da matéria-prima a ser adquirida para a produção de determinados volumes e pesos de madeira processada (polpa e papel, chapas aglomeradas e de fibras, etc.).

Analogamente, as estimativas da porcentagem dos lenhos outonal e primaveril, e da porcentagem de extrativos da madeira amostrada ao nível do DAP das árvores, possivelmente possam ser utilizadas para predizer a da qualidade do produto final.

As principais observações feitas neste trabalho relacionam-se em duas etapas, sendo:

a. Para as equações de regressão:

a.a. Apenas com a utilização de variáveis independentes de fácil determinação, as equações de regressão múltipla desenvolvidas para as estimativas do peso específico aparente básico de toda a madeira produzida pela árvore, atingiram excelentes coeficientes de correlação múltipla (acima de 90% de probabilidade), salvo para árvores da Floresta Nacional de Três Barras, com 81% de probabilidade, coeficiente plenamente utilizável.

a.b. Também com variáveis independentes de simples determinação, as equações de regressão desenvolvidas para a estimativa do volume comercial da madeira produzida pela árvore, atingiram graus de precisão elevados (acima de 90% de probabilidade).

a.c. Mesmo não havendo bons graus de ajustamento, entre as variáveis independentes com as curvas descritas pela

maioria das equações de regressão, as estimativas da porcentagem de lenho outonal e do conteúdo de extrativos da madeira tomada ao nível do DAP das árvores, podem possuir grande validade para determinações quanto ao processamento da madeira e à qualidade do produto final.

b. Para as análises de variâncias.

b.a. Observam-se resultados satisfatórios quanto ao incremento em altura total, volume e DAP da árvore em função da idade, e na validade de utilização em futuras pesquisas, da relação entre a altura de ocorrência do peso específico representativo a toda árvore e sua altura

$$\text{total} \left(\frac{\text{alt. PE}}{\text{alt. total}} \right).$$

Outras variáveis analisadas, como o peso específico da árvore, porcentagem de lenho outonal e o conteúdo de extrativos da madeira, não se mostraram com valores proporcionalmente relacionados em todos os casos, impossibilitando qualquer informação quanto a influência de uma variável sobre a outra, mas proporcionando identificar as diferenças que ocorrem entre idades/ou áreas florestais distintas.

b.b. Para as dimensões das fibras, observou-se maior comprimento, diâmetro e espessura da parede celular para as idades de 12 e 13 anos, obtidas de árvores da Floresta Nacional de Irati, como consequência da maior porcentagem de lenho outonal na madeira. Outras comparações, permitiram unicamente individualizar as maiores e menores dimensões a cada área florestal e/ou idade correspondente, pelo alto grau de variação encontrado dentro de uma mesma idade ou área florestal testada.