

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA FLORESTAL**

**MORFOMETRIA, QUALIDADE DO TRONCO E DA  
COPA DE *Peltophorum dubium* (Spreng.)Taub. EM  
POVOAMENTO EXPERIMENTAL NO ESTADO DO  
RIO GRANDE DO SUL**

**Dissertação de Mestrado**

**Lorenzo Teixeira de Melo da Silva**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2007**

**MORFOMETRIA, QUALIDADE DO TRONCO E DA  
COPA DE *Peltophorum dubium* (Spreng.)Taub. EM  
POVOAMENTO EXPERIMENTAL NO ESTADO DO  
RIO GRANDE DO SUL**

por

**Lorenzo Teixeira de Melo da Silva**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Florestal.**

**Orientador: Prof. Dr. Frederico Dimas Fleig**

**Santa Maria, RS, Brasil 2007**

Silva, Lorenzo Teixeira de Melo, 1978-

S586m

Morfometria, qualidade do tronco e da copa de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. em povoamento experimental no estado do Rio Grande do Sul / por Lorenzo Teixeira de Melo Silva ; orientador Frederico Dimas Fleig . – Santa Maria, 2007.

76 f. ; il.

1. Engenharia florestal 2. Canafistula 3. Experimento fatorial 4. Análise de dados categóricos I. Fleig Frederico Dimas, orient. II. Título

CDU: 630\*5

---

© 2007

É permitida a reprodução de partes ou do todo deste trabalho com a devida citação da fonte.  
Endereço Eletrônico: tiradentesenzo@hotmail.com

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**MORFOMETRIA, QUALIDADE DO TRONCO E DA  
COPA DE *Peltophorum dubium* (Spreng.)Taub. EM  
POVOAMENTO EXPERIMENTAL NO ESTADO DO  
RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por  
**Lorenzo Teixeira de Melo da Silva**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Florestal**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Frederico Dimas Fleig, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

---

**Fabio Luiz Fleig Saidelles, Dr. (FEPAGRO)**

---

**César Augusto Guimarães Finger, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 31 de Julho de 2007.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao ser supremo verdadeiro e único ser da natureza, qualquer que seja ele, por proporcionar que eu acordasse todos os dias sempre, podendo enxergar e ouvir todos que me rodeiam, assim como podendo falar com todos;

A meu pai Cláudio da Silva, pelos incansáveis dias de trabalho esforçado, buscando sempre o melhor para toda a família, e à minha mãe, Moema Teixeira de Melo da Silva, pela paciência e pelos incontáveis conselhos por mim contestados, porém sempre lembrados nas horas de introspecção;

Ao meu orientador Dr. Frederico Dimas Fleig, pelo esforço em se fazer entender nas minhas explanações e pela sempre presente disposição a estudar, trabalhar e ensinar os conhecimentos florestais necessários para uma sólida formação;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realização deste trabalho;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Ensino – CNPq, pela bolsa de estudo que propiciou a concretização desta pesquisa;

À Fepagro Florestas Boca do Monte – Santa Maria, pela disponibilidade da área de estudos e pelos conselhos e ensinamentos técnicos de seus funcionários;

Aos amigos Fabiano Fortes, Edison Perrando, Felipe Munaretto, Bruna Denardin, Diognes Cabral, Veridiana Padoin, Magda Lea Bolzan Zanon, pelo companheirismo e paciência que tiveram comigo na vida acadêmica e pela força na pesquisa feita no mato, durante a coleta de dados;

Ao povo chileno e, em especial, ao Dr. Guillermo Trincado, que me acolheu como um verdadeiro filho no período em que vivi naquele país, algo importante para a minha formação técnica e pessoal.

Muito obrigado!!!

*Respeite o conhecimento dos mais  
novos que eles respeitarão sua  
sabedoria.*

(Lorenzo Teixeira de Melo da Silva)

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria

### **MORFOMETRIA, QUALIDADE DO TRONCO E DA COPA DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. EM POVOAMENTO EXPERIMENTAL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

Autor: LORENZO TEIXEIRA DE MELO DA SILVA

Orientador: Frederico Dimas Fleig

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 31 JULHO de 2007

Devido à necessidade do conhecimento do crescimento da canafístula, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., em plantio homogêneo, na idade adulta (24 anos), foi analisado um experimento bifatorial de espaçamento inicial de plantio (2 m x 2 m, 2 m x 3 m, 2 m x 4 m) e tipos de mudas (raiz nua, embalada) no arranjo de blocos ao acaso. Quantificaram-se variáveis qualitativas como retitude de fuste, simetria de copa e longitude de fuste conjuntamente com variáveis morfométricas, como o diâmetro à altura do peito (d), a altura total (h), o número de árvores por hectare (N), a altura dominante de Assmann ( $h_{100}$ ), a área basal por hectare (G) e a relação hipsométrica para a espécie (h/d). Os dados qualitativos foram analisados pelo teste de Qui-quadrado, através das tabelas de contingência, testando-se a dependência e a homogeneidade entre as variáveis qualitativas e o diâmetro das árvores. As variáveis morfométricas foram analisadas pela análise de variância e covariância sob os fatores muda, espaçamento, blocos, número de árvores por hectare e classe de altura dominante. Os resultados demonstraram que: o uso do modelo matemático, para um experimento bifatorial, no delineamento em blocos ao acaso, com fatores muda e espaçamento, após um período de 24 anos, apresenta limitações na análise devido às diferenças na sobrevivência. O uso do número de árvores por hectare e classes de altura dominante, como fatores explicativos para as variáveis morfométricas, apresentam boas estimativas para a população. O diâmetro médio, assim como a área basal por hectare, são significativamente influenciados pelas variações de densidade e classe de altura dominante, apresentando médias distintas somente entre as densidades extremas de 1250 e 2500 árvores por hectare. Já em relação a  $Ch_{100}$ , o diâmetro médio e G diferenciam-se significativamente para todas as classes, tendo maiores diâmetros na classe de 1250 árvores por hectare e maior G nas classes de 2500 árvores por hectare. A altura média e a altura de fuste tiveram comportamento similar em relação aos fatores analisados. Elas foram bastante afetadas apenas pelas classes de  $h_{100}$ , sendo que, quanto maior a classe de  $h_{100}$ , maior é a altura média e a altura de fuste. A relação hipsométrica para canafístula é significativamente influenciada pelas classes de número de árvores por hectare e classes de altura dominante, apresentando somente diferenças de inclinação para as classes de

altura dominante, onde curvas mais íngremes são encontradas nas classes superiores de altura dominante. As classes de número de árvores por hectare determinam apenas variações de níveis para a relação hipsométrica, sendo que, quanto maiores as densidades, menores são os níveis das curvas da relação hipsométrica, diferindo estatisticamente apenas na menor classe de altura dominante. Variáveis qualitativas de canafístula, como a retitude de fuste e o comprimento de fuste apresentam dependência pelo teste Qui-quadrado, mas com fraca associação. As copas simétricas apresentam maiores proporções para fustes compridos e retos, já quanto maiores são os diâmetros, maiores são as proporções de copas simétricas, fustes retos e longos.

Palavras-chave: Canafístula, experimento, análise de dados categóricos

## ABSTRACT

Master's thesis  
Post-Graduation Program in Forest Engineer  
Federal University of Santa Maria

### **MORPHOMETRICAL, QUALITY OF THE STEM AND THE CROW OF *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. IN EXPERIMENTAL STAND IN THE STATE OF THE RIO GRANDE DO SUL**

Author: LORENZO TEIXEIRA DE MELO DA SILVA

Adviser: Frederico Dimas Fleig

Date and Place of the Defense: Santa Maria, 31 JULI<sup>th</sup>, 2007.

With the necessity of knowledge of the growth of canafistula, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., in homogeneous stands, in the adult age (24 years), it was analyzed a bifactorial experiment with initial spacing of the plants (2 m x 2 m, 2 m x 3 m, 2 m x 4 m) and seedling types (nude root and packaged root) using blocks at random. It was quantified qualitative variables as stem rectitude, crow symmetry and the stem length with morphometric variables as the diameter at the breast height (d), total height (h), number of trees per hectare (N), Assmann dominate height ( $h_{100}$ ), basal area per hectare (G) and the hypsometric relation for the species (h/d). The qualitative data was analyzed using the Chi-Square test by contingency tables, testing the dependency and the homogeneity among the qualitative variables and tree diameters. The morphometric variables were analyzed by variance and covariance analyzes using the factors: seedling, spacing, blocks, number of trees per hectare and dominate high class. The results shown that: the use of mathematical model in a bifactorial experiment using the random blocks delineation, with spacing and seedling factors, after 24 years show limitations in the analyze because of the surviving differences. The use of the number of trees per hectare and dominate high class as explicative factors to the morphometric variables show good estimatives for the stand. The medium diameter, as the basal area per hectare, were significantly influenced by the density variations and dominate high class, showing different medians only for extreme densities of 1250 and 2500 trees per hectare. For the  $h_{100}$ , the medium diameter and G were significantly different in all the classes, showing bigger diameters in the class of 1250 trees per hectare and bigger G in the class of 2500 trees per hectare. The median height and the stem height showed similar behavior to the analyzed factors, being significantly affected only for the  $h_{100}$  classes. As bigger the  $h_{100}$  class as bigger is the median height and the steam height. The hypsometric relation for canafistula was significantly influenced by classes of number of trees per hectare and dominate high classes, showing differences of inclination only for dominate high classes, in which the curves more accentuated are found in the superior classes of dominant height. The classes of number of trees per hectare determine only variation of levels to hypsometric relation, such that how

much bigger the densities lesser were the levels to the hypsometric relation, granting by the statistic just in the minor classes of dominant height. Qualitative variables of canafistula, as stem rectitude and stem length showing that there were dependence by Chi-Square test, but with weak association, being that crow symmetry showing bigger ratios for long and straight steams. And how much bigger the diametric, bigger are the ratios of pantries symmetrical, straight and long steams.

Key-words: canafistula, experiment, class data analysis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Locais identificados de ocorrência natural de canafístula no Brasil, Fonte (CARVALHO, 2003).....	21
Figura 2 – Arranjo e dimensões das unidades experimentais e blocos para o experimento com canafístula. ....	33
Figura 3 – Esquema do perfil vertical e transversal para a categorização da abrangência da copa de canafístula.....	38
Figura 4 – Variações na sobrevivência, em povoamento de canafístula, em função dos diferentes espaçamentos e dos tipos de mudas, após 24 anos. ....	44
Figura 5 - Número atual de árvores por hectare em função dos espaçamentos iniciais. ....	45
Figura 6 – Comportamento do diâmetro em função das classes de N e Ch100 para povoamento homogêneo de canafístula, aos 24 anos. ....	49
Figura 7 – Comportamento da altura em função das classes de N e Ch <sub>100</sub> para povoamento, homogêneo de canafístula, aos 24 anos. ....	53
Figura 8 – Modelos de relação hipsométrica obtidos pelo procedimento stepwise para povoamento experimental de <i>Peltophorum dubium</i> , aos 24 anos, para Santa Maria, RS. ....	55
Figura 9 – Curvas hipsométricas, das classes de altura dominante, para povoamento experimental de canafístula, aos 24 anos. ....	57
Figura 10 - Curvas hipsométricas, das classes de número de árvores por hectare, para povoamento experimental de canafístula, aos 24 anos. ....	59
Figura 11 - Comportamento da área basal por hectare (G) em função das classes de N e Ch <sub>100</sub> para povoamento, homogêneo de canafístula, aos 24 anos .....	61
Figura 12 – Associação entre as variáveis retitude de fuste e simetria de copa.....	66
Figura 13 – Gráfico da associação entre as variáveis retitude de fuste e simetria de copa V-Cramer = 0.27.....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis dos fatores e composição dos tratamentos empregados no povoamento experimental com <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub., para a região de Santa Maria, RS.....	33
Tabela 2 – Variáveis utilizadas na construção e seleção de modelos na análise da relação hipsométrica para canafístula. ....	35
Tabela 3 – Análise de variância da função $SV = \mu + mud + esp + mud*esp + bloco + \varepsilon$ , em povoamento homogêneo de <i>Peltophorum dubium</i> , aos 24 anos.....	43
Tabela 4 – Análise de variância da função $N = \mu + mud + esp + mud*esp + bloco + \varepsilon$ , em povoamento homogêneo de <i>Peltphorum dubium</i> , aos 24 anos. ....	44
Tabela 5 – Análise de variância da função $h_{100} = \mu + mud + esp + mud*esp + bloco + \varepsilon$ , em povoamento homogêneo de <i>Peltphorum dubium</i> , aos 24 anos.....	47
Tabela 6 – Distribuição do número de unidades experimentais por classes de N e de $h_{100}$ ....	48
Tabela 7 – Análise de variância da função $d = \mu + Ch_{100} + CN + Ch_{100}*CN + \varepsilon$ , em povoamento homogêneo de <i>Peltphorum dubium</i> , aos 24 anos. ....	50
Tabela 8 – Teste de médias para o diâmetro médio (d) de canafístula sob as diferentes classes de CN e $Ch_{100}$ . ....	50
Tabela 9 – Análise de variância da função $h = \mu + Ch_{100} + CN + Ch_{100}*CN + \varepsilon$ , em povoamento homogêneo de <i>Peltphorum dubium</i> , aos 24 anos. ....	51
Tabela 10 – Teste de médias para a altura média (h) de canafístula sob as diferentes classes de CN e $Ch_{100}$ .....	53
Tabela 11 – Modelos de relação hipsométrica para canafístula e respectivas estatísticas associadas. ....	54
Tabela 12 – Análise de covariância do modelo $lnh = a + Ch_{100} + CN + a*Ch_{100} + a*CN + \varepsilon$ para povoamento homogêneo de <i>Peltphorum dubium</i> , aos 24 anos.....	56
Tabela 13 – Análise de covariância do modelo $ln h = a + Ch_{100} + CN + \varepsilon$ para povoamento homogêneo de <i>Peltphorum dubium</i> , aos 24 anos. ....	58
Tabela 14 – Análise de variância da função $G = \mu + Ch_{100} + CN + Ch_{100}*CN + \varepsilon$ , em povoamento homogêneo de <i>Peltphorum dubium</i> , aos 24 anos. ....	60
Tabela 15 – Teste de médias para a área basal por hectare (G) de canafístula sob as diferentes classes de CN e $Ch_{100}$ .....	61

Tabela 16 – Análise de variância da função $hf = \mu + Ch_{100} + CN + Ch_{100}*CN + \varepsilon$ em povoamento homogêneo de <i>Peltphorum dubium</i> , aos 24 anos. ....	62
Tabela 17 – Teste de médias para a altura de fuste (hf) de canafístula sob as diferentes classes de CN e Ch <sub>100</sub> .....	63
Tabela 18 – Tabela de contingência para o teste de independência entre as variáveis qualitativas do fuste de canafístula .....	64
Tabela 19 – Tabela de contingência para o teste de homogeneidade entre a variável qualitativa de comprimento de fuste e a variável qualitativa simetria de copa .....	65
Tabela 20 – Tabela de contingência para o teste de homogeneidade entre a variável qualitativa retitude de fuste e a variável qualitativa simetria de copa. ....	67
Tabela 21 – Tabela de contingência para o teste de homogeneidade entre as variáveis qualitativas de canafístula e as classes de dap.....	68

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ha</b>	Hectare
<b>R<sup>2</sup><sub>Aj</sub></b>	Coefficiente de determinação ajustado
<b>CV%</b>	Coefficiente de variação em percentagem
<b>P-Value</b>	Probabilidade de significância para F
<b>d</b>	Diâmetro à altura do peito
<b>u.e.</b>	Unidade experimental
<b>SAS</b>	Sistema de Análise Estatístico
<b>h</b>	Altura total
<b>N</b>	Número de árvores por hectare
<b>h<sub>100</sub></b>	Altura dominante de Assmann
<b>h/d</b>	Relação hipsométrica
<b>G</b>	Área basal por hectare
<b>s%</b>	Sobrevivência
<b>FEPAGRO</b>	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>cm</b>	Centímetro
<b>m</b>	Metros
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>S<sub>xy</sub>%</b>	Erro padrão da estimativa
<b>SQR</b>	Soma dos quadrados da regressão
<b>IFCRGS</b>	Inventário Florestal Contínuo do Estado do Rio Grande do sul

<b>SPSS</b>	Statistical Package for Social Sciences
<b>ANACOVA</b>	Análise de covariância
$\chi^2$	Qui-quadrado
<b>hf</b>	Altura de fuste
<b>CN</b>	Classe de número de árvores por hectare
<b>Ch<sub>100</sub></b>	Classe de altura dominante de Assmann

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>5</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>12</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>14</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
2.1 A ESPÉCIE CANAFÍSTULA.....	20
2.2 FATORES QUE AFETAM O CRESCIMENTO EM PLANTAGENS FLORESTAIS .....	22
2.2.1 <i>Densidade</i> .....	22
2.2.2 <i>Qualidade de muda</i> .....	23
2.2.3 <i>Competição</i> .....	25
2.2.4 <i>Capacidade produtiva local</i> .....	26
2.3 VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS.....	27
2.4 QUALIDADE DAS ÁRVORES .....	29
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	32
3.2 EXPERIMENTO.....	32
3.3 COLETA DE DADOS .....	34
3.4 VARIÁVEIS OBSERVADAS.....	34
3.4.1 <i>Variáveis quantitativas</i> .....	34
3.4.2 <i>Variáveis qualitativas</i> .....	36
3.5 ANÁLISE DOS DADOS .....	38
3.5.1 <i>Variáveis quantitativas</i> .....	38
3.5.2 <i>Variáveis qualitativas</i> .....	40
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>42</b>

4.1	CARACTERIZAÇÃO ATUAL DO EXPERIMENTO .....	42
4.2	VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS .....	48
4.2.1	<i>Diâmetro à altura do peito (d)</i> .....	48
4.2.2	<i>Altura total (h)</i> .....	51
4.2.3	<i>Relação hipsométrica (h/d)</i> .....	53
4.2.4	<i>Área basal por hectare (G)</i> .....	60
4.2.5	<i>Altura do fuste (h<sub>f</sub>)</i> .....	62
4.3	VARIÁVEIS QUALITATIVAS .....	64
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>69</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A espécie *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub, conhecida vulgarmente como canafístula, foi uma das 15 espécies florestais madeiráveis que dominou o comércio de nativas para serraria na Região Sul do Brasil (RUCHEL, 2003). Ela é considerada como uma das espécies de maior potencial para reflorestamentos no sul do Brasil, sendo indicada para plantios homogêneos (SHIMIZU, 1987; MARCHIORI, 1997). Além de possuir alta aplicabilidade nos diversos setores da indústria madeireira, apresenta elevados níveis de sobrevivência, crescimento e acumulação de biomassa, quando comparada a outras espécies nativas (BARTH, 2006; MORAES, 2003; BACKES et al., 2001).

A grande maioria dos trabalhos desenvolvidos com essa espécie aborda temas relacionados à qualidade, à germinação e ao vigor de sementes (OLIVEIRA, 2005; PEREZ, 2001). Igualmente, esses estudos abordam tipos de explante e estabelecimento in vitro (BASSAN, 2006), necessidade nutricional, comportamento das mudas em relação à nutrição controlada, em idades iniciais, (MENEGHELLO, 2004; MORAES, 2003; VENTURIN, 1999) e o desempenho inicial de mudas a campo (PORTELA, 2001). Esses estudos são de grande relevância para a implantação e estabelecimento de povoamentos, porém são poucas as pesquisas relacionadas ao crescimento e rendimento dessa espécie, em idades adultas, quando é possível ser observado o seu real potencial produtivo.

Dentre os estudos publicados, que abordam o crescimento das árvores de canafístula, a maior parte trata da sua periodicidade de crescimento, da fenologia e da influência das copas nas características de solo, em floresta nativa (MARIA, 2002; DIAS, 2006). Em plantios mistos, foram estudadas as potencialidades da espécie como recuperadora de áreas degradadas e o seu desempenho produtivo, em sistemas agroflorestais, comparado a outras espécies,

como *Caesalpineia ferrea*, *Tabebuia avellanedae* e *Tabebuia alba* (AMADOR, 1998; DURIGAN, 1999, FARIA, 1997; PINTO, 2001; BARTH, 2006).

Pesquisas realizadas nos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, avaliaram o potencial produtivo da espécie em plantios homogêneos. Nesses, a canafístula demonstrou elevada sobrevivência, bom crescimento em altura e diâmetro e forma irregular das árvores (KAGEYAMA et al., 1990; CARVALHO, 2003; EMBRAPA, 2007).

Mesmo a canafístula sendo considerada uma das espécies de grande valor econômico no estado do Rio Grande do Sul, é inexpressiva a existência de informações sobre o crescimento e a qualidade dessa espécie em plantios homogêneos com a finalidade de se obter o conhecimento de seu potencial produtivo nessa região.

Devido à necessidade de conhecimento do crescimento da espécie em plantio homogêneo, na idade adulta (24 anos), sob um delineamento experimental com os fatores espaçamento inicial de plantio e tipos de muda, é que se desenvolveu esta pesquisa. Nesse estudo, analisaram-se variáveis morfométricas medidas e estimadas, como: diâmetro à altura do peito (d), altura total (h), altura de fuste (hf), número de árvores por hectare (N), altura dominante de Assman ( $h_{100}$ ), área basal por hectare (G) e relação hipsométrica para a espécie (h/d). Também foram analisadas algumas variáveis qualitativas referentes à forma do fuste e à forma da copa das árvores.

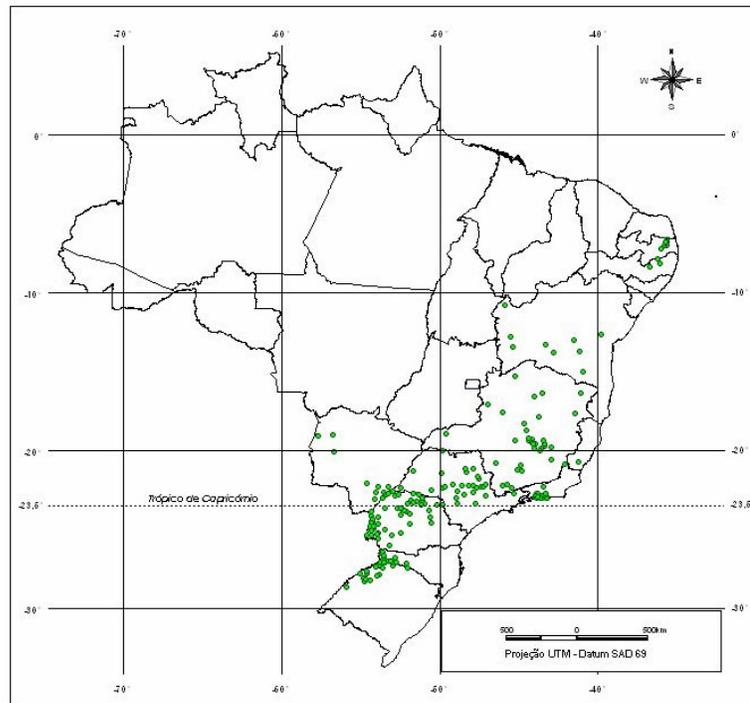
Os objetivos principais, nessa pesquisa, foram (1) verificar a viabilidade de uso do modelo matemático para experimento bifatorial no delineamento blocos ao acaso, após o período de 24 anos, (2) avaliar o comportamento das variáveis morfométricas d, h, hf e da relação hd sob os fatores o N e  $h_{100}$ , (3) testar a dependência entre as variáveis qualitativas de fuste, (4) testar a homogeneidade das variáveis qualitativas de fuste, retitude e longitude, para a variável qualitativa simetria de copa e (5) testar a homogeneidade das variáveis qualitativas retitude de fuste, longitude de fuste e simetria de copa para as diferentes classes de diâmetro.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A espécie Canafístula

Segundo Carvalho (2003), *Peltophorum dubium* é conhecida também, dentre os muitos nomes vulgares, como canafístula, ibirá e angico-amarelo. Pertence à família das Caesalpinaceae (leguminosae: Caesalpinioideae), sendo sua forma biológica descrita como espécie caducifólia, que perde todas as folhas no inverno, podendo atingir 40 m de altura e 300 cm de dap na idade adulta. Ela possui tronco cilíndrico, chegando a obter fustes retos de até 15 m de comprimento. Sua copa é ampla, umbeliforme, larga e achatada, suas folhas são compostas bipinadas com cerca de 25 cm de largura por 50 cm de comprimento, com flores amarelo-vivas ou alaranjadas, ramificação dicotômica cimoso e sistema sexual hermafrodita.

A ocorrência natural dessa espécie vai desde o litoral norte brasileiro, região da Paraíba, até o noroeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). É uma espécie secundária, mas com algumas características de pioneira. Em florestas nativas onde há sua ocorrência, geralmente, existem poucos indivíduos, porém, esses são sempre de grande porte, quase sempre ocupando o dossel dominante na floresta primária. Em relação ao crescimento e à produção, essa espécie apresenta crescimento rápido, sendo sua produtividade volumétrica máxima registrada de  $19,60\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ . Seu crescimento é limitado, sobretudo, por fortes geadas (CARVALHO 2003).



Locais identificados de ocorrência natural de canafístula (*Peltophorum dubium*), no Brasil.

Figura 1 – Locais identificados de ocorrência natural de canafístula no Brasil, Fonte (CARVALHO, 2003).

O plantio da canafístula é recomendado puro e a pleno sol. Na grande maioria, ela apresenta valores de cerca de 80% de sobrevivência, contudo, com heterogeneidade no crescimento em altura, diâmetro e forma (EMBRAPA, 2007). A dicotomia presente em canafístula, caracterizada pela ocorrência de múltiplas gemas apicais, pode ser manipulada em virtude da prática de desrama regular, definindo-se, dessa maneira, melhores fustes às árvores, agregando maior valor à madeira e às qualidades do povoamento (CARVALHO, 2003).

Em reflorestamento misto de espécies florestais nativas a pleno sol, foi verificado que a canafístula, comparada com ipê-roxo, ipê-amarelo e pau-ferro, apresenta os melhores resultados quanto à altura total, ao dap e ao volume. O volume médio da espécie é superior se ela for plantada em linhas homogêneas (PINTO, 2001).

A canafístula é muito utilizada como tutora de espécies secundárias-clímax, sombreadora e quebra-vento em pastagens. Igualmente, é utilizada como espécie apta a projetos de urbanização e paisagismo. Em geral, sua madeira é utilizada para carpintaria, marcenaria e construção civil. Essa espécie possui alto valor econômico na indústria moveleira (BACKES

et al, 2002; CARVALHO, 2003).

Ruchel (2003), em estudo sobre a evolução do uso e valorização de espécies madeiráveis, da floresta estacional decidual do Alto Uruguai, classificou a canafístula como uma das 15 árvores de valor madeirável com maior densidade na floresta, sendo uma das 16 espécies de madeira com maior uso. Esse pesquisador também a classificou como uma espécie dentre as 8 de maior classe de valor para a madeira serrada.

## **2.2 Fatores que afetam o crescimento em plantações florestais**

### **2.2.1 Densidade**

Densidade ou espaçamento de plantio é provavelmente uma das principais técnicas silviculturais utilizadas para a obtenção de madeira de qualidade e produtividade de matéria-prima florestal. Em geral, é definida em função dos objetivos futuros da floresta (AMBIENTE BRASIL, 2006).

O espaçamento é de grande importância para o desenvolvimento das árvores, sob aspectos produtivos tecnológicos, silviculturais e econômicos, influenciando diretamente a morfologia e o crescimento, determinando como ótimo aquele espaçamento que resulta no maior volume com a qualidade esperada (SOUZA, 2004).

Menores densidades de plantio acarretam menor produção volumétrica por hectare, porém determinam um maior volume individual, sendo a madeira proveniente desse tipo de sistema disponível para fins mais nobres, como serraria e laminação. Entretanto, em espaçamentos mais densos, o diâmetro do material é menor, existindo muitas árvores dominadas, contudo, nesse caso, obtém-se maior produção de volume total, independentemente da idade de avaliação (GOMES, 1997; BERGER, 2002).

Em estudo sob o efeito do espaçamento inicial de plantio em *Pinus sp*, para a obtenção de fustes livres de nós, Sanquetta (2003) observou que menores densidades de plantio proporcionam um significativo aumento de dap e de todas as variáveis diretamente

correlacionadas a ele. Ainda, percebeu que, quanto menor a densidade de plantio, menor é a obtenção de fuste livre de galhos.

Souza (2004), analisando o crescimento da espécie nativa Ipê felpudo, sob seis diferentes densidades iniciais de plantio, 5030, 2500, 1666, 1249, 1001 e 835, verificou que menores densidades resultam em maiores diâmetros, maiores rendimentos individuais das árvores e maiores alturas.

Experimentos realizados com canafístula, sob diferentes densidades de plantio, demonstram a alta plasticidade do incremento médio anual em volume sólido sem casca para a espécie, variando de  $2,9 \text{ m}^3\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , em espaçamento 3 x 2, aos 7 anos, na localidade de Assis no estado de São Paulo, até a produtividade máxima registrada para a espécie de  $19,6 \text{ m}^3\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , na localidade de Luiz Antônio, estado de São Paulo, em espaçamento 3 x 2, também aos 7 anos de idade (CARVALHO, 2003). Segundo esse autor, em experimento realizado com a espécie, no estado de Santa Catarina, município de Concórdia, o baixo crescimento observado, nos 4 anos do experimento, ocorreu em função das fortes geadas.

É necessário lembrar que a densidade inicial geralmente é determinada antes da implantação, sendo possível que, durante o desenvolvimento do povoamento, o número de árvores varie, alterando a densidade inicial.

Em povoamento de bracatinga, o número de árvores por hectare remanescente está diretamente relacionado à qualidade do sítio, ao espaço vital e à idade (SCHNEIDER, 2005).

O número de árvores por hectare remanescente também é um indicador de densidade muito utilizado, de medição simples e objetiva. Em povoamentos artificiais, esse índice tem grande valor por retratar bem a distribuição espacial das árvores no terreno (SCHNEIDER, 1993).

### **2.2.2 Qualidade de muda**

O êxito de um povoamento florestal igualmente depende da qualidade e do tipo de muda (SANTOS, 1998). Espera-se que o desenvolvimento dessas apresente-se satisfatório para a obtenção da padronização, uniformidade e vigor no crescimento dos povoamentos florestais,

sob as condições mais adversas possíveis, sendo refletido, em último momento, na produtividade do povoamento (BALLONI, 1980).

Os diferentes sistemas de produção de mudas determinam diretamente a formação das raízes das plantas, utilizando-se, geralmente, em espécies nativas, mudas embaladas (DANIEL, 2006). Todavia, o uso de mudas embaladas apresenta vantagens apenas para o manuseio a campo, já que, em geral, o uso de diferentes tipos de recipientes não acarreta variação no desenvolvimento de certas variáveis morfométricas a campo (OLIVEIRA, 2004).

Quase sempre, o efeito do tipo de muda é refletido diretamente na sobrevivência dos indivíduos, em especial, por apresentarem, na formação das raízes, diferenças em função dos recipientes.

Em plantio experimental com palmitreiro, mudas com raiz nua apresentaram percentagens em torno de 83,5%, para a sobrevivência a campo, pois possuem sistema radicular mais desenvolvido que mudas embaladas (NODARI, 1988). É possível a obtenção de até 100% de sobrevivência para algumas espécies quando são utilizadas mudas com raiz nua (DANIEL, 2006).

Mudas grandes de canafístula, com altura em torno de 2 a 3 m, produzidas com raiz nua, demonstram bom desenvolvimento a campo (MAIXNER & FERREIRA, 1976). Alguns estudos enfatizam o plantio de canafístula por meio de sementes (MENEGHELLO, 2004). Nesses, foram observados valores, para sobrevivência, de até 75%, possibilitando o estabelecimento de sistemas florestais com menor custo de implantação (MATTEI, 2002).

O ritmo de crescimento das árvores, em função do tipo de muda, é diferenciado significativamente logo após o plantio e nos anos iniciais. Mudas de maior altura, em comparação às de menor altura, sofrem uma diminuição no ritmo de crescimento após o plantio. Em geral, tal diferença deixa de ser significativa quando o povoamento chega à fase adulta, mesmo quando utilizados diferentes tipos de mudas (RAMOS, 1981; CARNEIRO, 1995).

### 2.2.3 Competição

As árvores que crescem em maciços florestais, de alta densidade, estão em constante competição, tanto no espaço aéreo como no espaço terrestre, sendo aquelas que conseguem manter uma maior atividade fisiológica as que determinarão a supressão dos indivíduos menos vigorosos (KRAMER, 1960).

De acordo com Scheeren (2003), à medida que as árvores crescem, suas copas e raízes necessitam progressivamente de maior espaço para dar continuidade ao crescimento em diâmetro. Não havendo mais espaço disponível para o crescimento, instala-se o processo de concorrência entre indivíduos, o qual, caso não haja nenhuma intervenção silvicultural, resultará na morte dos indivíduos dominados.

A competição ou concorrência, em um povoamento, é, então, o resultado da interação dos diversos fatores do meio com as árvores, sendo a luz e a água variáveis determinantes no estabelecimento dessa competição. Aqueles indivíduos que apresentam maior atividade fisiológica são os que melhor se estabelecem quando pressionados pelo meio, determinando, assim, dominância sobre os outros indivíduos da população. Quando fatores como umidade do solo e sombreamento atuam como limitantes no crescimento, mudanças bruscas e acentuadas em um deles determinam a tolerância fisiológica das espécies, sendo o indivíduo de maior tolerância o mais apto à dominância (KRAMER, 1960).

É sabido que, em povoamentos florestais, quanto maior a densidade, maior é a competição. Schneider (1993) ressalta que, em povoamentos com alta densidade os nutrientes, água e a luz não serão suficientes para todos os indivíduos do povoamento, gerando uma maior competição. No entanto, a realização de desbastes regulariza a densidade dos povoamentos florestais, alterando e diminuindo, de certa forma, a competição entre os indivíduos remanescentes (SCHNEIDER, 1993).

Sabe-se que a competição influencia o desenvolvimento da copa das árvores, sendo a massa foliar um dos principais fatores que determina o crescimento do câmbio, fazendo a dimensão da copa determinar o crescimento do fuste das árvores (SPIECKER, 1981).

## 2.2.4 Capacidade produtiva local

A capacidade produtiva local, para povoamentos florestais, está relacionada com os fatores que determinam o crescimento das árvores (técnicos ou ambientais). As relações entre esses fatores, em conjunto com a espécie estudada, determinam a capacidade produtiva local para a espécie, sendo a capacidade produtiva o resultado da interação dos fatores do meio com a comunidade local.

Comumente, o desenvolvimento das árvores é influenciado, sobretudo, por três grupos de fatores: genéticos, ecológicos (sítio) e tratamentos aplicados pelo homem. O conhecimento da qualidade e produtividade dos sítios são objetivos importantíssimos, já que determinam o peso das intervenções nos povoamentos em função do regime de crescimento desses, sendo importantes para a execução de trabalhos de pesquisa, desbastes, manutenções, limpezas e seleção de espécies aptas ao sítio determinado (SCHNEIDER, 1993).

Brum (1979) relata que a qualidade produtiva do sítio pode ser modificada em virtude dos tratamentos silviculturais que são aplicados ao povoamento durante o período de condução desses. Para esse autor, parece lógico que, à medida que o povoamento se desenvolve, o sítio também sofre mudanças em consequência das interações ocorridas entre ambos. Isso foi, da mesma forma, relatado por Dias (2006), quando ele observou a influência das copas de canafístula nas características de solo, em floresta nativa.

De acordo com Jones (1969), a avaliação da capacidade produtiva pode ser definida em três categorias: avaliação da qualidade do lugar pela vegetação indicadora, avaliação por fatores climáticos, edáficos fisiográficos e bióticos e avaliação por meio da relação altura dominante e idade, com a definição de índice de sítio local.

Para Tonini et al. (2001), os atributos ou fatores de sítio têm sido menos precisos como indicadores do crescimento potencial que predições baseadas em fatores de crescimento, devido à complexidade e ao grande número de variáveis que envolvem esse tipo de levantamento. Devido a isso, a grande maioria das avaliações segue o caminho dos métodos indiretos, ou seja, métodos em que se estima a qualidade do sítio por meio de parâmetros obtidos na própria vegetação.

Schneider (1993) relata que a altura dominante de ASSMANN é muito utilizada para indicar a capacidade produtiva local, por ser pouco influenciada pelos desbastes e por possuir

alta correlação com a produção total do povoamento. Finger (1992) afirma que a altura dominante, como a de ASSMANN ( $h_{100}$ ), determinada pela altura média aritmética das cem árvores mais grossas por hectare, é influenciada diretamente pela capacidade produtiva local.

### 2.3 Variáveis morfométricas

A produtividade de um povoamento está ligada diretamente ao comportamento de suas variáveis morfométricas, como o diâmetro, a altura do peito à altura total e o número de árvores por hectare (GLUFKE, 1997).

Segundo Schneider (1993), o diâmetro médio aritmético é o melhor elemento para explicar a distribuição de frequência dos indivíduos do povoamento, sendo necessário o conhecimento desse tipo de média para se obterem, com maior precisão, as estimativas das variáveis.

Dentre algumas variáveis morfométricas estimadas por meio do diâmetro, tem-se: a área basal ( $g$ ) individual das árvores, que representa a superfície de área transversal ocupada pela árvore, e a área basal por hectare ( $G$ ), a qual é obtida pela multiplicação do número de árvores, por unidade de área ( $N$ ), pelo diâmetro da árvore de área basal média ( $dg$ ) do povoamento (FINGER, 1992).

Para Glufke (1997), a área basal é uma das mais importantes variáveis morfométricas na determinação da produtividade, pois está relacionada, diretamente, ao volume e à capacidade local, em função das dimensões das árvores e da densidade populacional.

A área basal por hectare é usada como um indicador de densidade, estando relacionada, de forma direta, com o volume. Em geral, essa área é utilizada para a prescrição de desbastes (SCHNEIDER, 1993).

Machado (2002) verificou, em bracingais, que a área basal por hectare é, e modo significativo, influenciada pela densidade de plantio, sendo o sítio um fator determinante do volume final por hectare, visto que o volume é bastante influenciado pela altura, que é afetada diretamente pela capacidade produtiva do sítio.

Na prática florestal, a altura das árvores ( $h$ ) é utilizada para auxiliar na classificação de

sítios, nos cálculos de volume e na verificação da produtividade. Ainda, é usada para se obterem estatísticas biológicas e em pesquisas de procedências. (SCHNEIDER, 1993).

Dentre os diversos tipos de altura, cabe ressaltar, dentre as mais utilizadas, a altura total, a altura comercial e a altura dominante. Essas são importantíssimas para o manejo florestal, por traduzirem em si as respostas do crescimento das árvores segundo os fatores do meio em que vegetam (FINGER, 1992).

Uma importante relação entre variáveis deve ser considerada: a relação entre o diâmetro e altura (BATISTA, 2001). A relação (hd), conhecida como relação hipsométrica, é comprovadamente um dos instrumentos que viabiliza a minimização dos custos de inventário, sendo eficiente na obtenção das alturas estimadas. A variação da relação é função de fatores como a posição sociológica das árvores, o sítio, a idade, a densidade, a variação genética, o sistema de amostragem e os tratos silviculturais (PLÁCIDO & BARTOSZECK, 2004).

O ajuste da relação hipsométrica é obtido, em geral, por uma parábola de segundo grau, porém utilizam-se também funções logarítmicas, entre outras. Obtém-se o ajuste da relação hipsométrica pela determinação dos valores médios dos intervalos das classes diamétricas com a sobreposição da curva média da altura e diâmetro (FINGER, 1992). Entretanto, esse método gera estimativas não muito precisas. O método dos mínimos quadrados, no qual se ajustam equações selecionadas entre um conjunto de equações testadas, é considerado o que gera menores erros (SCHNEIDER, 1993).

Diversas estatísticas podem ser utilizadas para a seleção dos modelos da relação hipsométrica. Schneider (1998) relata que alguns parâmetros, como o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{ajus}$ ), o erro-padrão da estimativa em percentagem ( $S_{xy}\%$ ), o Índice de Furnival (IF), a soma dos quadrados dos resíduos (SQR) e a distribuição gráfica dos valores residuais, por classe de variável independente, são ótimos critérios para a seleção de equações.

Drescher (2004), em estudo de crescimento e produção com *Tectona grandis*, em povoamentos jovens de duas regiões do estado do Mato Grosso do Sul, testou dez modelos de relação hipsométrica, utilizando, para a seleção do modelo matemático, o erro-padrão da estimativa ( $S_{xy}$ ), o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{ajus}$ ), a estatística F (F) e a significância do modelo matemático ( $Prob>1$ ), obtendo, como melhor modelo,

$\sqrt{h} = b_0 + b_1.d + b_2.\ln^2 d$ , com estimativas para o ( $R^2_{\text{ajus}}$ ) de 0,9 e um ( $S_{xy}\%$ ) de 4,8.

Em estudo dendrométrico com as espécies nativas Castanha-do-pará, Ipê-roxo, Andiroba e Jatobá, em plantios homogêneos, o modelo de Prodan  $\frac{d^2}{\sqrt{h}-1,3} = b_0 + b_1d + b_2d^2$  foi o que obteve, segundo Drescher, as melhores estimativas de  $R^2_{\text{ajus}}$ ,  $S_{xy}\%$  e Índice de Furnival (TONINI, 2005). O autor ainda ressalta que o resultado indica que uma mesma equação pode ser utilizada em testes com diferentes espécies, sendo necessário apenas o ajuste em separado.

Outra variável importante, principalmente em se tratando de espécies nativas, é a altura comercial ou altura de fuste. No entanto, essa não muito estudada. É possível que isso ocorra pelo fato de que a grande maioria das nativas apresenta desenvolvimento dicotômico ortotrópico do meristema apical, determinando fustes curtos.

Mattos (2003) afirma que, em espécies nativas, é comum a presença de fustes tortuosos e de bifurcações, sendo reflexo disso a produção de fustes curtos e de baixo aproveitamento. Entretanto, a altura do fuste torna-se importante, à medida que seu comportamento acaba determinando o valor das árvores, pois a baixa altura, muitas vezes em função da presença de galhos, degrada suas características tecnológicas, reduzindo o aproveitamento da madeira.

## 2.4 Qualidade das árvores

De acordo com Murillo (2000), a determinação das características qualitativas e quantitativas das árvores fornece uma melhor caracterização dos níveis de retorno econômico, bem como uma melhor planificação da colheita e abastecimento de matéria-prima. O uso de metodologias que associem variáveis qualitativas, na análise das árvores e dos povoamentos, é uma prática já utilizada em países com tradição florestal. Em meados dos anos 90, países como a Costa Rica já desenvolviam metodologias para avaliar as qualidades das árvores, bem como dos povoamentos.

A qualidade de uma árvore em pé está relacionada com determinadas características qualitativas, tais como a posição sociológica da árvore, a sanidade, a retidão do fuste, a ausência de bifurcações, a simetria da copa, o diâmetro dos galhos e o comprimento do fuste.

Muitas vezes, o conjunto dessas variáveis qualitativas é o que determina a qualidade total do indivíduo (MURILLO, 2000; BADILLA, 2000).

O fuste representa, dentre as partes comerciáveis da árvore, a que possui maior atribuição econômica do ponto de vista produtivo geral do indivíduo, sendo suscetível de ser industrializado (ÁRVORES DE IRATI, 2007).

Segundo Mattos (2003), características como a forma dos troncos, a altura do fuste livre de galhos e as bifurcações determinam o valor das árvores. As presenças de tais características indesejadas degradam os aspectos tecnológicos da madeira, reduzindo seu aproveitamento.

Pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de descrever, de forma otimizada, a classificação dos fustes das árvores segundo sua qualidade, dimensões e possibilidades de utilização, garantindo, além da classificação física, uma melhor remuneração da madeira, com a destinação de toras de diversas bitolas ao mercado específico (MULLER, 2005).

Murillo (2002) propôs índices de qualidade baseados nas características qualitativas das árvores, como o comprimento de fuste, sendo adotada, para a classificação dos fustes das árvores, a medida mínima de 2,5 m. No entanto, esse índice é válido somente para povoamentos com altura de fuste média de 10 m.

Sharma (2002), estudando características qualitativas de fuste e copa para *Pinus*, verificou que o efeito da retangularidade dos espaçamentos sobre as formas das árvores, determinou copas mais assimétricas em espaçamentos retangulares, resultando em fustes mais assimétricos.

Para o gênero *Eucalyptus*, a variável de forma de fuste das árvores não apresenta qualquer variação significativa em função das diferentes retangularidades nos espaçamentos. Já em povoamentos de *Bétula pendula*, a variação da retangularidade nos espaçamentos alterou significativamente o comportamento das árvores (GERRAND NEILSEN, 2000; NIEMISTO, 1995).

Amateis (2004), ao estudar as variáveis qualitativas do fuste de *Pinus taeda*, detectou, pelas tabelas de contingência, que o número potencial de fustes independe da retangularidade dos espaçamentos, porém o dap apresenta heterogeneidade em função da orientação das linhas de plantio.

Variáveis qualitativas relacionadas à forma das árvores, bem como à sua simetria, estão relacionadas à espécie, pois apresentam comportamentos distintos para os mesmos fatores de estudo.

Conforme Mattos (2003), a melhora nas qualidades das árvores, como o fuste, pode ser obtida mediante os tratamentos silviculturais e técnicas de manejo, sendo possível conseguir fustes melhores e maiores em qualquer espécie florestal. A técnica silvicultural da desrama artificial ou poda, feita em árvores jovens, é uma prática eficiente para a condução das árvores.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Área de estudo

A área de estudos está localizada na Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa de Recursos Florestais (FEPAGRO), Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. O Centro de Pesquisas se encontra entre as coordenadas geográficas 29°41'25", de latitude sul, e 53°48'42" de longitude oeste, altitude média de 130 m e clima subtropical úmido, com a temperatura média anual de 19,2°C e a precipitação pluvial de 1708 mm, (MALUF, 2000; MORENO, 1961). O solo da área é classificado como Argissolo vermelho-amarelo, distrófico (STRECK, 2002).

A formação vegetal natural característica dessa região é a Floresta Estacional Semidecidual. A queda foliar das espécies dessa região atinge de 20% a 50% da cobertura vegetal superior da floresta (IFCRGS 2007). Dentre outras espécies nativas de interesse comercial, têm-se *Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbride, *Cedrela fissilis* (Vell) e *Cabraela canjerana* (Vell) Mart. (RUCHEL, 2003).

### 3.2 Experimento

O plantio foi realizado no inverno (Agosto) de 1982, com área total do experimento de 1,75 ha. Os tratamentos seguiram o arranjo bifatorial com dois níveis de mudas e três níveis de espaçamentos iniciais de plantio (Tabela 1), sendo os níveis do fator espaçamento locados

nos níveis do fator muda. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com o estabelecimento de 12 blocos

Tabela 1 – Níveis dos fatores e composição dos tratamentos empregados no povoamento experimental com *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., para a região de Santa Maria, RS.

Tratamentos	Descrição	
	Mudas	Espaçamento (m)
T1	Embalada	2x2
T2	Embalada	2x3
T3	Embalada	2x4
T4	Raiz Nua	2x2
T5	Raiz Nua	2x3
T6	Raiz Nua	2x4

Cada bloco foi formado pela aleatorização dos seis tratamentos, sendo cada tratamento formado por sete árvores, nas colunas, com 2 m entre cada planta, e cinco árvores, nas linhas, com 2 m, 3 m ou 4 m, completando um total de 35 árvores por parcela (Figura 3).

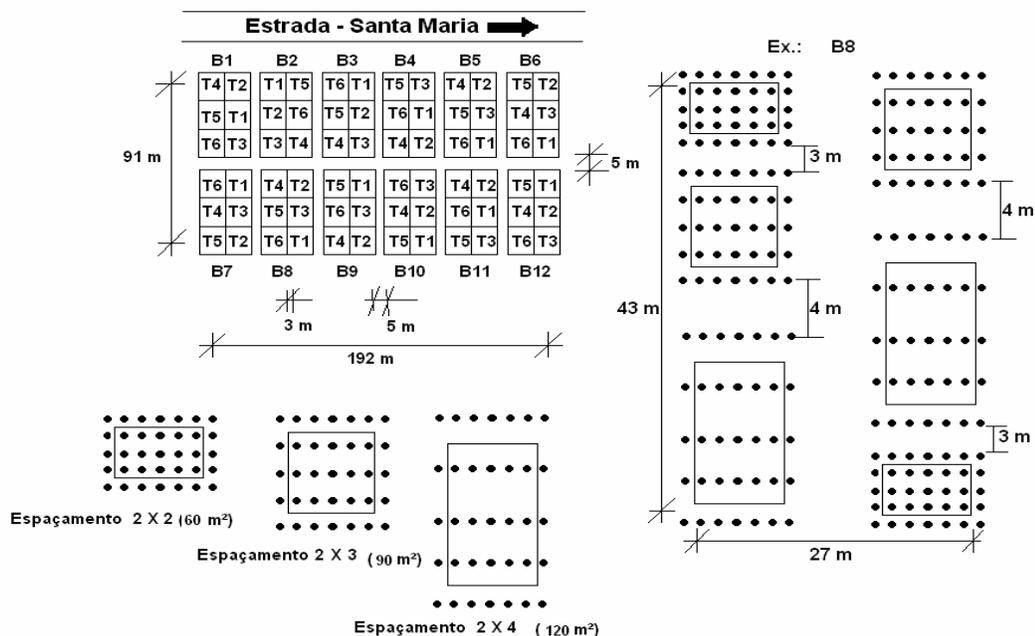


Figura 2 – Arranjo e dimensões das unidades experimentais e blocos para o experimento com canafístula.

### 3.3 Coleta de dados

Todos os dados foram coletados na idade de 24 anos, no período de inverno (agosto e setembro) do ano de 2006. Quantificaram-se variáveis do tipo quantitativas e qualitativas e utilizaram-se somente as árvores contidas no interior de cada parcela, eliminando-se, dessa maneira, os efeitos de bordadura.

### 3.4 Variáveis observadas

#### 3.4.1 Variáveis quantitativas

##### 3.4.1.1 Diâmetro (d)

Os diâmetros dos troncos (d), tomados a 1,3 m do solo, com suta dendrométrica com precisão de 0,5, foram medidos fazendo-se duas medições cruzadas, opostas em um ângulo de 90°, obtendo-se o diâmetro médio das árvores.

##### 3.4.1.2 Altura (h)

A determinação da altura das árvores foi realizada pelo processo indireto, com o auxílio do hipsômetro eletrônico Vertex, com precisão de 0,10 m.

##### 3.4.1.3 Altura de fuste ( $h_f$ )

A altura de fuste foi definida como a parte do caule das árvores desprovida de ramos e compreendida entre o solo e as ramificações principais. A medição da altura de fuste foi realizada com Vertex, com precisão de 0,10 m, para alturas acima de 2 m, e com régua graduada para alturas menores que 2 m, com precisão de 0,10 m.

##### 3.4.1.4 Sobrevivência (s%)

A sobrevivência, em porcentagem, foi determinada pela diferença entre o número de árvores esperadas na área útil da parcela e o número de árvores existentes na área útil da

parcela, na idade de medição 24 anos:

$$s\% = \frac{n_i}{15} * 100$$

Sendo:  $s\%$  = sobrevivência em percentagem;  $n_i$  = número de árvores vivas na parcela no momento da medição.

#### 3.4.1.5 Relação hipsométrica (hd)

Para o estudo da relação hipsométrica, testaram-se modelos genéricos, ajustados pela técnica de regressão linear simples, por meio do procedimento stepwise, nas diversas transformações das variáveis altura (h) e diâmetro à altura do peito (d).

Tabela 2 – Variáveis utilizadas na construção e seleção de modelos na análise da relação hipsométrica para canafístula.

Variáveis	
Dependentes	Independentes
$h, 1/h, \ln h, h^2,$	$= f(dap, dap^2, \log dap, \ln dap, 1/dap^2, 1/dap)$

#### 3.4.1.6 Número de árvores por hectare (N)

O número de árvores por hectare foi estimado pela equação:

$$N = \frac{10000.n_i}{a_i}$$

Sendo:  $n$  = número de árvores por hectare;  $n_i$  = número de árvores vivas na parcela “i” no momento da medição;  $a_i$  = área da parcela “i” em  $m^2$  (FLORIANO, 2004).

#### 3.4.1.7 Área basal por hectare (G)

Obteve-se área basal individual das árvores pela seguinte fórmula (FINGER, 1992):

$$g_i = \frac{\pi.d_i^2}{4}$$

Sendo:  $g_i$  = área basal;  $d$  = diâmetro ao nível do dap.

A área basal média das árvores, na unidade experimental, foi obtida pela divisão do

somatório das áreas basais da unidade experimental pelo número de árvores da unidade experimental:

$$\bar{g}_i = \frac{\sum g_i}{n_i}$$

Sendo:  $\bar{g}_i$  = área basal média da unidade experimental;  $\sum g_i$  = somatório das áreas basais da unidade experimental;  $n_i$  = número de árvores na unidade experimental.

A área basal por hectare, por unidade experimental simbolizada por ( $G_i$ ), foi determinada pela multiplicação da área basal média individual ( $\bar{g}_i$ ) das árvores da parcela  $i$  pelo número de árvores por hectare da unidade experimental:

$$G_i = \bar{g}_i * N_i$$

Sendo:  $G_i$ = área basal por hectare por parcela;  $\bar{g}_i$  = área basal média da unidade experimental;  $N_i$ = número de árvores por hectare da unidade experimental.

#### 3.4.1.8 Altura dominante ( $h_{100}$ )

A altura dominante utilizada neste estudo foi definida como a altura média aritmética das cem árvores mais grossas por hectare, também conhecida como altura dominante de Assmann ( $h_{100}$ ). Seu uso foi determinado em virtude de sua altura indicar a capacidade produtiva do sítio (FINGER, 1992; SCHNEIDER, 1993).

### 3.4.2 Variáveis qualitativas

#### 3.4.2.1 Qualidade do Fuste

A qualidade do fuste foi determinada por meio de duas categorias de forma: retitude de fuste e comprimento de fuste. Cada categoria de forma de fuste apresentava dois níveis, retitude (fuste reto ou fuste sinuoso) e comprimento (fuste comprido e fuste curto). O estabelecimento dos níveis das categorias de forma de fuste é descrito da seguinte maneira:

- Fuste reto: quando se desenvolve seguindo uma só direção,

perpendicular ao plano do solo;

- Fuste sinuoso: quando não obedece à retidão caracterizada pela forma anteriormente citada, desenvolve-se também sobre outros planos do solo;
- Fuste comprido: quando a altura do fuste é igual ou maior que 2 m;
- Fuste curto: quando a altura de fuste é menor que 2 m.

A altura de 2 m, para a diferenciação dos níveis da categoria de comprimento de fuste, foi estabelecida diante da normativa da Secretaria de Estado de Receita e Controle do Estado do Mato Grosso do Sul, segundo a Portaria/SAT n. 165, que determina a altura mínima comercial de 2 m para canafístula.

#### 3.4.2.2 Qualidade da copa

A qualidade da copa foi baseada nas colocações feitas por Sharma (2002), sendo determinado, para o perfil horizontal da copa, quatro categorias de simetria, descritas da seguinte maneira:

- Simétrica: recebe o valor (4), quando a copa, em um perfil transversal, abrange os quadrantes projetados partindo do eixo central da árvore;
- Assimétrica baixa: recebe o valor (3), quando a copa, em um perfil transversal, abrange apenas três quadrantes projetados partindo do eixo central da árvore;
- Assimétrica média: recebe o valor (2), quando a copa, em um perfil transversal, abrange apenas dois quadrantes projetados partindo do eixo central da árvore;
- Assimétrica alta: recebe o valor (1), quando a copa, em um perfil transversal, abrange apenas um quadrante projetado partindo do eixo central da árvore.

Analisando-se a Figura 3, é possível se visualizar melhor a aplicação do método de categorização das copas, pela observação da simetria da copa nos quadrantes.

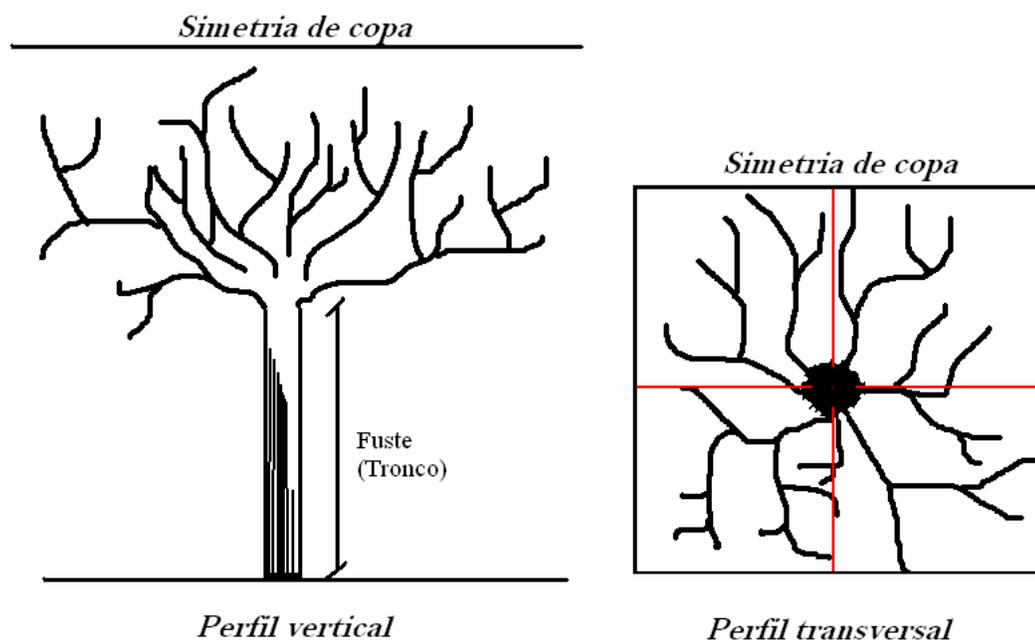


Figura 3 – Esquema do perfil vertical e transversal para a categorização da abrangência da copa de canafístula.

### 3.5 Análise dos dados

As análises do experimento foram realizadas com o auxílio do Software Statistical Analysis System (SAS), versão 9.1 (SAS Institute Inc. 1999), e do Software SPSS. Todas as provas estatísticas se realizaram considerando um nível de significância de 5% ( $\alpha = 0,05$ ). As variáveis quantitativas e qualitativas estudadas foram consideradas como as de influência direta sobre o aproveitamento do fuste.

#### 3.5.1 Variáveis quantitativas

Para a caracterização e estudo da viabilidade do modelo matemático, para o experimento bifatorial no delineamento blocos ao acaso, foi utilizada a análise de variância (ANOVA). Empregaram-se os valores médios das variáveis observadas, sendo utilizado o seguinte

modelo matemático para as análises (HINKELMANN et al., 1994):

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + \varepsilon_{ijk}$$

*Sendo que:  $y_{ijk}$  é a observação no bloco  $k$  ( $k=1,\dots,12$ ), referente ao tratamento nível  $i$  ( $i=1,2$ ) do fator tipo de muda com o nível  $j$  ( $j=1,2,3$ ) do fator espaçamento,  $\mu$  é a média geral do experimento;  $\alpha_i$  é o efeito do nível  $i$  do fator tipo de muda;  $\beta_j$  é o efeito do nível  $j$  do fator espaçamento;  $(\alpha\beta)_{ij}$  é o efeito da interação do nível  $i$  do fator tipo de muda com o nível  $j$  do fator espaçamento;  $\rho_k$  é o efeito aleatório do bloco  $k$  e  $\varepsilon_{ijk} \sim (\mu, \sigma^2)$ . Conjuntamente, realizaram-se as análises múltiplas de médias pelo teste de Tukey (COCHRAN, 1957).*

### 3.5.1.1 Análise de variância

Na análise de variância (ANOVA), para as variáveis contínuas, d, h, hf, e G, foram utilizados o N e o h<sub>100</sub>, como fatores de estudo, sendo determinadas classes para o número de árvores por hectare e altura dominante.

Para o estudo do comportamento da relação hipsométrica, empregou-se a análise de covariância. As classes de altura dominante e as classes de número de árvores por hectare foram os co-fatores.

Nesse tipo de análise, utilizam-se conjuntamente os conceitos de análise de variância e regressão, em que estão relacionadas duas ou mais variáveis medidas, chamadas de variáveis independentes, nas quais não se exerceu um controle exato sobre elas (STEEL & TORRIE, 1960). Primeiramente, testa-se a diferença de inclinação, ou seja, se existe interação significativa entre o fator independente e a covariável para o comportamento da variável dependente. Se não existir evidência de diferença de inclinação, a hipótese de não-diferença de níveis é testada.

Schneider (1998) utiliza o valor de “F” da interação da covariável com a variável dependente estimada ( $\hat{y}$ ) para cada fator, calculada pela soma de quadrados de produtos corrigidos, com o objetivo de comparar as diferenças entre as inclinações. Esse autor também utiliza o valor de “F”, calculado para a covariável por meio da soma de quadrados de produtos corrigidos do modelo sem interação, para verificar a diferença entre níveis quando não há

diferença entre inclinações. No SAS System, as somas de quadrados são obtidas pela opção SS1 da declaração MODEL do procedimento GLM (SAS Institute, 1985). O CN e o Ch<sub>100</sub> foram definidos como sendo fatores na verificação das inclinações e níveis para a relação hipsométrica.

Conjuntamente ao valor de “F”, a opção SS1, do procedimento GLM do SAS, fornece a probabilidade de significância dos fatores utilizados na análise da variável dependente estimada ( $\hat{y}$ ), sendo esse valor definido como o utilizado para as análises e interpretações estatísticas de covariância.

A seleção das equações testadas, na obtenção do modelo para a relação hipsométrica e posterior análise de covariância, foi feita com base nos seguintes parâmetros: coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{ajus}$ ) e coeficiente de variação em percentagem (CV%).

### 3.5.2 Variáveis qualitativas

Por meio da técnica de análise de variáveis categóricas (AGRESTI, 1996), analisaram-se as relações existentes entre as variáveis categóricas de fuste e copa, em conjunto com as classes de diâmetro. A primeira análise realizada foi o teste de homogeneidade, durante o qual se considerou a hipótese (1)  $H_0$ : variáveis qualitativas apresentam homogeneidade entre si e entre as classes de diâmetro. Essa análise é baseada no teste Qui-quadrado ( $\chi^2$ ).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{(n_{ij} - \mu_{ij})^2}{\mu_{ij}} \quad , 0 \leq \chi^2 \leq n(\min(I, J) - 1)$$

*Sendo,  $n_{ij}$  = frequência observada e  $\mu_{ij}$  = frequência esperada na  $i$ -ésima linha ( $i = 1, \dots, I$ ) e  $j$ -ésima coluna ( $j = 1, \dots, J$ ) e  $n$  é o tamanho da amostra. A hipótese de homogeneidade é rejeitada quando o valor de  $\chi^2_{calculado} > \chi^2_{tabelado}$ .*

A segunda análise realizada foi o teste de independência entre as variáveis qualitativas de fuste (retitude e longitude). Nessa análise, empregou-se o teste  $\chi^2$ , sendo considerada a hipótese (2)  $H_0$ : variáveis qualitativas de fuste são independentes. A hipótese de

independência se rejeita quando o valor de  $\chi^2_{\text{calculado}} > \chi^2_{\text{tabelado}}$ , com graus de liberdade  $df = (I, J-1)$ . Verificou-se o grau de associação entre as variáveis por meio da estatística de Cramer (FREEMAN, 1987):

$$V = \sqrt{\frac{\varphi^2}{\min(I, J) - 1}}, \quad 0 \leq V \leq 1$$

Sendo  $\varphi^2$  o coeficiente de contingência média quadrática de Pearson definido como:

$$\varphi^2 = \frac{\chi^2}{n}, \quad 0 \leq \varphi^2 \leq 1$$

Sendo:  $n$  o tamanho da amostra. Em caso de perfeita associação entre as variáveis, o valor de  $V = 1$ .

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização atual do experimento

Um experimento implantado segundo um delineamento bifatorial de blocos ao acaso, em que os fatores se modificam no tempo, pode não apresentar respostas concisas quando utilizadas as características iniciais dos fatores como forma de justificar o comportamento das variáveis observadas.

Quando o espaçamento é utilizado como fator, a modificação temporal é crucial, pois dificilmente o número de árvores inicial mantém-se constante. Tal diferença deve-se, principalmente, às variações na sobrevivência, possibilitando que diferentes densidades iniciais de plantio apresentem um mesmo número de árvores, após certos períodos.

Alguns autores relatam que a sobrevivência é, quase sempre, determinada por fatores como os tipos de mudas e espaçamentos, sendo que, em função do tipo de muda, a sobrevivência apresenta maior variação nos povoamentos jovens (NODARI, 1988; DANIEL, 2006).

À medida que o povoamento cresce e o processo de competição é instalado, agravado pela maior densidade, a sobrevivência é determinada em função dos espaçamentos entre as árvores (SCHEEREN, 2004; RAMOS, 1981; CARNEIRO, 1995). No caso em análise, após 24 anos da implantação, tal comportamento foi evidenciado, à proporção que foram observados os efeitos na sobrevivência causados pela significância do fator tipo de muda e espaçamento e não significância da interação de ambos (Tabela 3).

Parcelas implantadas com mudas de raiz embalada apresentaram menor sobrevivência,

em média 65%, que parcelas de raiz nua (77% de sobrevivência). À medida que os espaçamentos iniciais aumentaram, notou-se uma maior sobrevivência, pois o espaçamento 2 m x 3 m teve sobrevivência de 72%, não diferindo estatisticamente dos espaçamentos 2 m x 2 m, com sobrevivência de 65%, e do espaçamento 2 m x 4 m, com sobrevivência de 77%. Os espaçamentos extremos foram significativamente distintos quanto à variável sobrevivência.

Tabela 3 – Análise de variância da função  $SV = \mu + mud + esp + mud*esp + bloco + \varepsilon$ , em povoamento homogêneo de *Peltophorum dubium*, aos 24 anos.

Fatores	SQ I	GL	QM	F	Prob.>F
Modelo corrigido	4613,500	4	1153,375	5,56	0,0006
Tipo de muda	2693,780	1	2693,780	12,98	0,0006
Espaçamento	1712,435	1	1712,435	8,25	0,0055
mud x esp	45,825	1	45,825	0,22	0,6400
Blocos	161,460	1	161,460	0,78	0,3810
Erro	13909,318	67	207,601		
Total corrigido	18522,819	71			

Sendo: SV = Sobrevivência;  $\mu$  = média; *mud* = Tipo de muda; *esp* = Espaçamento SQ I = soma de quadrados; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

Deve-se destacar que esse comportamento não foi evidenciado na Figura 4, uma vez que, apesar da não significância da interação, o efeito da competição foi observado somente no caso de mudas embaladas, já que as de raiz nua apresentaram menor sobrevivência no maior espaçamento. Os dois fatores, inicialmente propostos, sofreram modificações em seus níveis, devido ao comportamento significativo para com a sobrevivência. A utilização do modelo matemático, para o experimento bifatorial, no delineamento blocos ao acaso limitado, pode ter apresentado ruídos que impossibilitaram uma correta interpretação dos efeitos dos fatores para com as variáveis morfométricas observadas.

Diante da verificação de que a sobrevivência foi influenciada pelas diferentes densidades iniciais de plantio e pelo tipo de muda, espera-se que, aos 24 anos, para uma particular combinação dos fatores, o número de árvores apresente ampla variação.

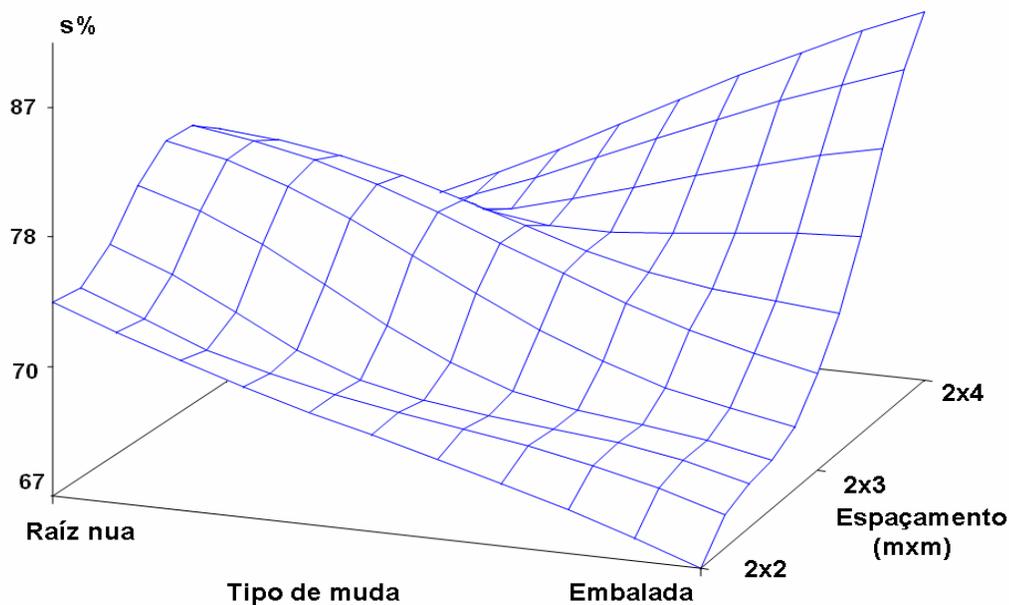


Figura 4 – Variações na sobrevivência, em povoamento de canafístula, em função dos diferentes espaçamentos e dos tipos de mudas, após 24 anos.

Pela ANOVA apresentada na Tabela 4, observou-se que a interação dos fatores tipo de muda e espaçamento, para N, não foi significativa, ao nível de 5% de erro, assim como o efeito de blocos foi similar ao comportamento da sobrevivência em função dos mesmos fatores.

Tabela 4 – Análise de variância da função  $N = \mu + mud + esp + mud*esp + bloco + \epsilon$ , em povoamento homogêneo de *Peltphorum dubium*, aos 24 anos.

Fatores	SQ I	GL	QM	F	Prob.>F
Modelo corrigido	6325837,27	4	1581459,32	18,03	0,0001
Tipo de muda	822277,01	1	822277,01	9,37	0,0032
Espaçamento	5389017,92	1	5389017,92	61,43	0,0001
mud x esp	24451,88	1	24451,88	0,28	0,5993
Blocos	90090,43	1	90090,43	1,03	0,3145
Erro	5877746,71	67	87727,56		
Total corrigido	12203583,97	71			

Sendo: N = Número de árvores/ ha;  $\mu$  = média; mud = Tipo de muda; esp = Espaçamento; SQ I = soma de quadrados; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

O número de árvores por unidade de área, em experimentos que utilizam tipos de muda e espaçamentos de plantio como fator, está relacionado com a sobrevivência observada em dada idade. No experimento bifatorial em blocos ao acaso, feito nesse trabalho, a sobrevivência foi bastante influenciada pelo tipo de muda e espaçamento. Inicialmente, os tipos de muda apresentavam o mesmo número de árvores por hectare, entretanto, em virtude das diferenças observadas na sobrevivência, o número de árvores por hectare, aos 24 anos, mostrou-se distinto (Figura 5), apresentando, em média, 1165 N para mudas embaladas e 1378 N para as de raiz nua.

O espaçamento intermediário 2m x 3m, com média de 1208 N, não diferiu significativamente dos espaçamentos extremos 2m x 2m e 2m x 4m, com médias respectivas de 1638 N e 968 N. Já os espaçamentos extremos diferiram de forma significativa. Essa constatação gerou a seguinte suposição: os espaçamentos iniciais podem representar, na atualidade, as diferentes densidades, contudo, ao se observar a Figura 5, verifica-se que algumas unidades experimentais mudaram muito de densidade, apresentando, na atualidade, semelhante número de árvores por hectare para os diferentes espaçamentos iniciais.

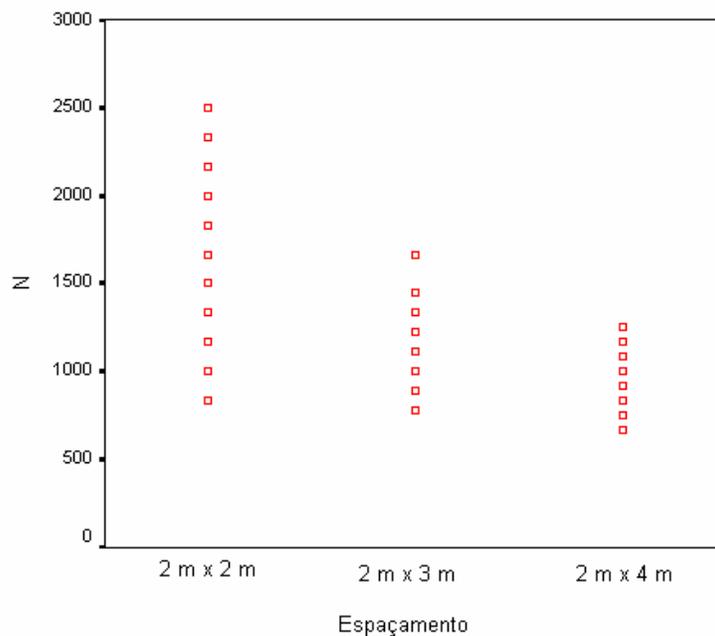


Figura 5 - Número atual de árvores por hectare em função dos espaçamentos iniciais.

Tal comportamento refletirá diretamente nas variáveis morfométricas, pois a densidade influencia a altura de fuste, a altura total e o volume (SOUZA, 2004; SANQUETTA, 2003; ERNANI, 2003), sendo que maiores densidades resultam em árvores mais finas, no entanto, com volume total maior (FISHWICK, 1976; GOMES, 1997; BERGER, 2002). Assim, fez-se necessário o uso de um fator e/ou variável que explicasse com maior precisão o comportamento das árvores em função das variações de densidade observadas aos 24 anos, no povoamento. O fator de densidade escolhido foi o número de árvores por hectare (N).

Segundo Schneider (1993), em povoamentos artificiais, o uso do N como índice tem um maior significado na medida em que retrata a distribuição das árvores no terreno. O número de árvores por hectare é um índice de densidade simples, podendo ser obtido de forma direta. Ele indica o espaço médio ocupado por todos os indivíduos do povoamento.

Para facilitar os experimentos, o fator espaçamento foi convertido em densidade, sendo as densidades iniciais os limites superiores das classes de densidade atual, representadas por 1250 N, 1667 N e 2500 N.

Para uma mesma densidade, os fatores ambientais é que determinam o comportamento médio das variáveis morfométricas. Em estudos florestais, as variações ambientais evidenciadas pelo efeito de blocos são geralmente caracterizadas como sítio (MORALES, 2005).

O bloco é um conjunto de unidades experimentais homogêneas, mas tal homogeneidade foi perdida, na medida em que os efeitos dos fatores tipo de muda e espaçamentos descaracterizaram as unidades experimentais, apresentando uma grande amplitude no número de árvores.

Conforme Finger (1992) e Schneider (1993), a altura dominante, em povoamentos de mesma idade e não desbastados, sofre influência tão somente de fatores ambientais, como os relacionados aos sítios florestais, podendo, dessa maneira, ser utilizada como ferramenta de prognose e classificação de sítios (SCHNEIDER, 1993; FINGER, 1992).

Fez-se o uso da altura dominante de ASSMANN, como fator, para verificar o comportamento das variáveis morfométricas em função de possíveis variações na capacidade produtiva local. Verificou-se que  $h_{100}$ , como esperado, não apresentou interação e efeito significativo para os fatores tipo de muda e espaçamento, mas efeitos significativos para

blocos (Tabela 5), possibilitando seu uso na análise das variáveis morfométricas, como fator de variação ambiental.

Tabela 5 – Análise de variância da função  $h_{100} = \mu + mud + esp + mud*esp + bloco + \epsilon$ , em povoamento homogêneo de *Peltophorum dubium*, aos 24 anos.

Fatores	SQ I	GL	QM	F	Prob.>F
Modelo corrigido	85,62	4	21,40	5,16	0,0011
Tipo de muda	1,83	1	1,83	0,44	0,5080
Espaçamento	2,75	1	2,75	0,66	0,4180
muda x esp	5,81	1	5,81	1,40	0,2480
Bloco	75,22	1	75,22	18,13	0,0001
Erro	277,91	67	4,14		
Total corrigido	363,53	71			

Sendo:  $h_{100}$  = altura dominante de ASSMANN;  $\mu$  = média; *mud* = Muda; *esp* = Espaçamento; SQ I = soma de quadrados; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; Esp. =espaçamento.

A definição da amplitude de classes, para a altura dominante, teve por princípio não ser inferior a 2,5m pela característica de crescimento em altura da espécie. Como o menor valor observado, para  $h_{100}$ , foi 7,1m, arbitraram-se os valores 9,5 e 12,0 como limites superiores das duas primeiras classes. Na maior classe de  $h_{100}$ , o limite superior foi mais amplo por não existir número suficiente de unidades experimentais. Na Tabela 6, é possível se perceber que, à medida que as classes de altura dominante e número de árvores aumentaram, o número de unidades experimentais diminuiu, contudo, apresentando número suficiente de unidades experimentais, as quais possibilitaram a realização das análises posteriores.

Tabela 6 – Distribuição do número de unidades experimentais por classes de N e de  $h_{100}$ .

Classes de $h_{100}$		Classes de N			%
		Limites			
Limites		Inferior-Superior	Inferior-Superior	Inferior-Superior	
Inferior	Superior	667-1250	1333-1667	1833-2500	
7,1	9,5	16	8	5	40,28
9,6	12,0	17	7	7	43,06
12,3	19,5	8	2	2	16,67
%		56,94	23,61	19,44	72UE

Sendo: EU = Unidades experimentais.

## 4.2 Variáveis morfométricas

Para a análise do comportamento das variáveis morfométricas  $d$ ,  $h$ ,  $h_f$ ,  $h/d$  e  $G$ , utilizaram-se classes dos fatores  $h_{100}$  e  $N$ , gerando o seguinte modelo para a análise e interpretação:

$$y = \mu + CN + Ch_{100} + CN * Ch_{100} + \varepsilon$$

Sendo:  $\mu$  = média;  $y$  = valor observado referente à variável dependente;  $CN$  = classes de número de árvores por hectare;  $Ch_{100}$  = classes de altura dominante de ASSMANN;  $\varepsilon \sim (\mu, \sigma^2)$ .

### 4.2.1 Diâmetro à altura do peito (d)

Na Figura 6, nota-se que, à medida que a classe de altura dominante aumentou e a classe de número de árvores por hectare diminuiu, o diâmetro médio tendeu a apresentar maiores valores. Observa-se, no entanto, que existe uma diferença na tendência quando observado o comportamento do diâmetro na classe de  $CN$  (1250). Verifica-se que, quando se chega à classe  $Ch_{100}$  (19,5), ocorre uma queda no diâmetro médio.

Detectou-se, ao se realizar a análise de variância do diâmetro, em função das classes das variáveis,  $CN$  e  $Ch_{100}$ , que a variável foi significativamente afetada pelos efeitos dos fatores

isolados. Também se percebeu que a interação não determina médias distintas a 95% de probabilidade de confiança (Tabela 7), sendo o comportamento do diâmetro, na classe 19,5, na Figura 6, um efeito não explicado pelos fatores.

Maiores densidades resultam em árvores mais finas. Entretanto, o volume total é maior por causa da maior superfície ocupada pelas árvores (FISHWICK 1976; GOMES 1997; BERGER 2002). Carvalho (2003) evidenciou, no caso da canafístula, que menores médias para o diâmetro estão diretamente relacionadas com as maiores densidade.

Em relação às classes de altura dominante, sabe-se que, quanto maior a capacidade produtiva local, maior será a altura dominante de uma determinada espécie, em uma determinada idade índice.

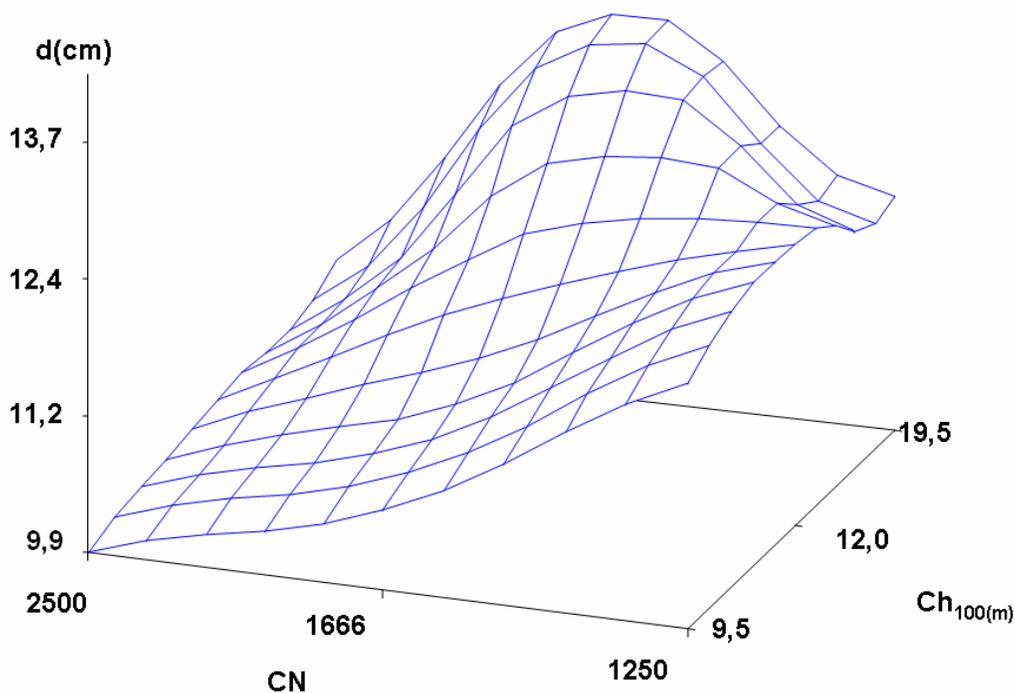


Figura 6 – Comportamento do diâmetro em função das classes de N e Ch100 para povoamento homogêneo de canafístula, aos 24 anos.

Tabela 7 – Análise de variância da função  $d = \mu + Ch_{100} + CN + Ch_{100}*CN + \epsilon$ , em povoamento homogêneo de *Peltphorum dubium*, aos 24 anos.

Fatores	SQ I	GL	QM	F	Prob.>F
Modelo	141,1063	8	17,6382	7,71	0,0001
Ch <sub>100</sub>	85,3066	2	42,6533	18,63	0,0001
CN	50,6634	2	25,3317	11,07	0,0001
Ch <sub>100</sub> *CN	5,1361	4	1,2840	0,56	0,6918
Erro	144,2187	63	2,2891		
Total	285,3251	71			

Sendo: d = diâmetro;  $\mu$  = média; Ch<sub>100</sub> = classe de altura dominante de ASSMANN; CN = classe de número de árvores por hectare, SQ I = soma de quadrados; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

Finger (1992) afirma que a capacidade produtiva local está diretamente relacionada à altura dominante, como a de ASSMANN, sendo muito utilizada para a identificação e a classificação de sítios florestais. Carvalho (2003) descreve que a canafístula apresenta bom crescimento em solos de alta fertilidade, bem drenados e com textura, em geral, franco argilosa.

A análise de médias, pelo teste de Tukey, apresentou as maiores médias para o diâmetro nas classes superiores de Ch<sub>100</sub> e nas classes de CN, as quais possuem o menor número de árvores por hectare, convergindo com a literatura e com o que se esperava para a variável (Tabela 8).

Tabela 8 – Teste de médias para o diâmetro médio (d) de canafístula sob as diferentes classes de CN e Ch<sub>100</sub>.

Fator			
CN	Médias* (cm)	Ch <sub>100</sub>	Médias* (cm)
1250	12,1 <sup>a</sup>	9,5	10,4 <sup>a</sup>
1666	11,1 <sup>ab</sup>	12,0	11,6 <sup>b</sup>
2500	9,8 <sup>b</sup>	19,5	13,6 <sup>c</sup>

\* Níveis do fator com médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de Tukey (5%)

Percebeu-se que os maiores valores para o diâmetro estão diretamente relacionados com as maiores classes de altura dominante, assim como as menores densidades. Para as classes de número de árvores por hectare, somente variações extremas, representadas pelas classes (1250) e (2500), determinaram médias significativamente distintas para o diâmetro, sendo

maior o diâmetro à medida que menor era o número de árvores por hectare. Já em relação às diferentes classes de altura dominante, o diâmetro mostrou-se maior à medida que os níveis das classes de  $Ch_{100}$  eram maiores, sendo apresentadas médias distintas para cada nível, evidenciando-se que, quanto maior a classe de altura dominante, maior é diâmetro médio.

#### 4.2.2 Altura total (h)

Somente o fator  $Ch_{100}$  foi significativo no comportamento da variável altura média (Tabela 9). A interação conjunta com as classes de número de árvores por hectare não foi significativa, assim como o efeito isolado do fator CN. As variações encontradas na altura média determinada ocorreram tão somente pelos diferentes níveis do fator classe de altura dominante.

Tabela 9 – Análise de variância da função  $h = \mu + Ch_{100} + CN + Ch_{100}*CN + \varepsilon$ , em povoamento homogêneo de *Peltphorum dubium*, aos 24 anos.

Fatores	SQ I	GL	QM	F	Prob.>F
Modelo	91,5073	8	11,4384	13,39	0,0001
$Ch_{100}$	86,2632	2	43,1316	50,48	0,0001
CN	3,2949	2	1,6474	1,93	0,1539
$Ch_{100}*CN$	1,9492	4	0,4872	0,57	0,6851
Erro	53,8287	63	0,8544		
Total	145,3361	71			

Sendo:  $h$ = altura total;  $\mu$  = média;  $Ch_{100}$  = classe de altura dominante de ASSMANN;  $CN$  = classe de número de árvores por hectare, SQ I = soma de quadrados; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro;  $R^2$ = coeficiente de determinação do modelo.

O efeito do fator classe de altura dominante, na altura média, mostrou-se bastante significativo, principalmente, por se tratar de um fator que, em povoamentos homogêneos e não desbastados, é influenciado diretamente pelas qualidades locais, como solo e relevo, e muito pouco por variações de densidade.

Ao se observar a altura, em função das classes de altura dominante, verificou-se uma

enorme discrepância gráfica entre a altura média das árvores situadas na menor classe de altura dominante e aquelas situadas na maior classe (Figura 7).

Carvalho (2003) afirma que o solo pode ser um fator que altera a altura média das árvores de canafístula, já que a referida espécie cresce melhor em solos bem drenados e com alta fertilidade, geralmente os solos de textura franco argilosa.

Segundo Gurgel Filho (1982) e Carvalho (2003), a canafístula apresenta diferenças significativas para a altura, em função de variações na densidade, já a partir do sexto ano, sendo que sua altura total tende a ser maior à medida que a densidade aumenta.

Detectou-se, com base na Figura 7, que existe uma leve variação da altura em função das diferenças de densidade, mas que tal efeito não é significativo a 5% de erro. Possivelmente, esse comportamento esteja relacionado às modificações na densidade ocorridas em função das variações na sobrevivência, não determinando variações significativas para a altura.

Em povoamentos de eucalipto, espécie que apresenta crescimento monopodial, os fatores relacionados à densidade e a variações ambientais são significativos no desenvolvimento da altura das árvores (SCHEEREN, 2004). No caso da canafístula, esse comportamento da densidade torna-se menos evidente. É bem provável que isso ocorra em função de características morfofisiológicas da espécie, como o tipo de ramificação dicotômica ortotrópica, que determina uma maior ramificação e, em conseqüência, uma diminuição da altura em função do menor crescimento monopódico.

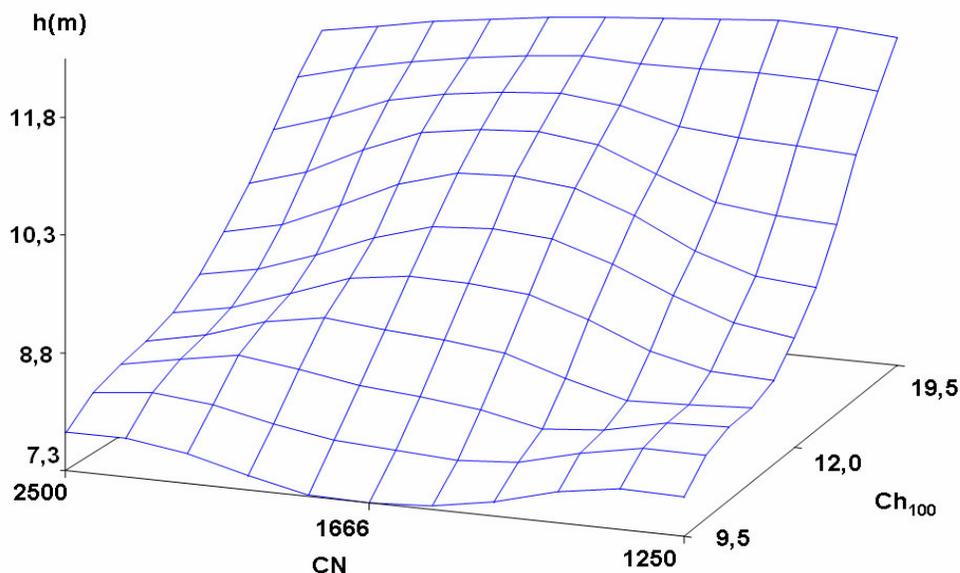


Figura 7 – Comportamento da altura em função das classes de N e Ch<sub>100</sub> para povoamento homogêneo de canafístula, aos 24 anos.

Pelo teste de médias, observou-se, quanto maior a altura média, maior a classe de altura dominante. Como verificado pela análise de variância, os efeitos de densidade não foram significativos para a altura de canafístula, sendo esse comportamento claramente observado quando comparadas as médias das diferentes classes de CN (Tabela 10).

Tabela 10 – Teste de médias para a altura média (h) de canafístula sob as diferentes classes de CN e Ch<sub>100</sub>.

CN	Fator		
	Médias* (m)	Ch <sub>100</sub>	Médias* (m)
1250	8,4 <sup>a</sup>	9,5	7,2 <sup>a</sup>
1666	8,3 <sup>a</sup>	12,0	8,5 <sup>b</sup>
2500	7,9 <sup>a</sup>	19,5	10,4 <sup>c</sup>

\* = Níveis do fator com médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de tukey (5%)

#### 4.2.3 Relação hipsométrica (h/d)

Inicialmente, foram realizados testes e ajustes de modelos para a função hipsométrica,

testando-se modelos genéricos para o povoamento, que incluíam o  $d$  como a variável independente. A partir disso, foram gerados quatro modelos por meio do procedimento stepwise de análise de regressão, obtendo-se as estatísticas descritas na Tabela 11 e a representação gráfica dos modelos na Figura 8.

Tabela 11 – Modelos de relação hipsométrica para canafístula e respectivas estatísticas associadas.

	Estatísticas						
	Coeficientes		Modelo				
		t	Prob.>t	CV%	F	Prob.>F	$R^2_{ajus}$
(1) $h = b_0 + b_1 \cdot d$	$b_0 = 3,72347$	23,01	0,0001	17,87	871,78	<0001	0,52
	$b_1 = 0,39818$	29,53	0,0001				
(2) $\frac{1}{h} = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot \ln d$	$b_0 = 0,32426$	22,29	0,0001	18,01	438,06	<0001	0,53
	$b_1 = 0,00195$	2,09	0,0366				
	$b_2 = -0,09153$	-8,81	0,0001				
(3) $\ln h = b_0 + b_1 \cdot \ln d$	$b_0 = 0,80817$	18,98	0,0001	8,39	906,33	<0001	0,53
	$b_1 = 0,53537$	30,11	0,0001				
(4) $h^2 = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d} + b_2 \cdot d^2$	$b_0 = 50,0924$	7,94	0,0001	39,02	393,42	<0001	0,50
	$b_1 = -121,980$	-2,84	0,0047				
	$b_2 = 0,2400$	15,26	0,0001				

Sendo:  $h$  = altura total;  $d$  = diâmetro a altura do peito;  $b_0$  = coeficiente de intercepto;  $b_1$  = coeficiente angular;  $b_2$  = coeficiente angular;  $t$  = valor de  $t$  calculado para o coeficiente; Prob.> $t$  = nível de probabilidade de erro CV% = coeficiente de variação em percentagem; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro;  $R^2_{ajus}$  = coeficiente de determinação ajustado.

Das equações geradas para a descrição da relação hipsométrica das árvores de canafístula, aos 24 anos, as que apresentaram bom ajustamento foram as equação de número 1, 2 e 3, todas com coeficiente de determinação em torno de 53%. Dessas, a equação 3 foi a que apresentou o menor coeficiente de variação (CV%). Tal equação foi escolhida para a descrição da relação hipsométrica pelos seus resultados e pela facilidade de interpretação.

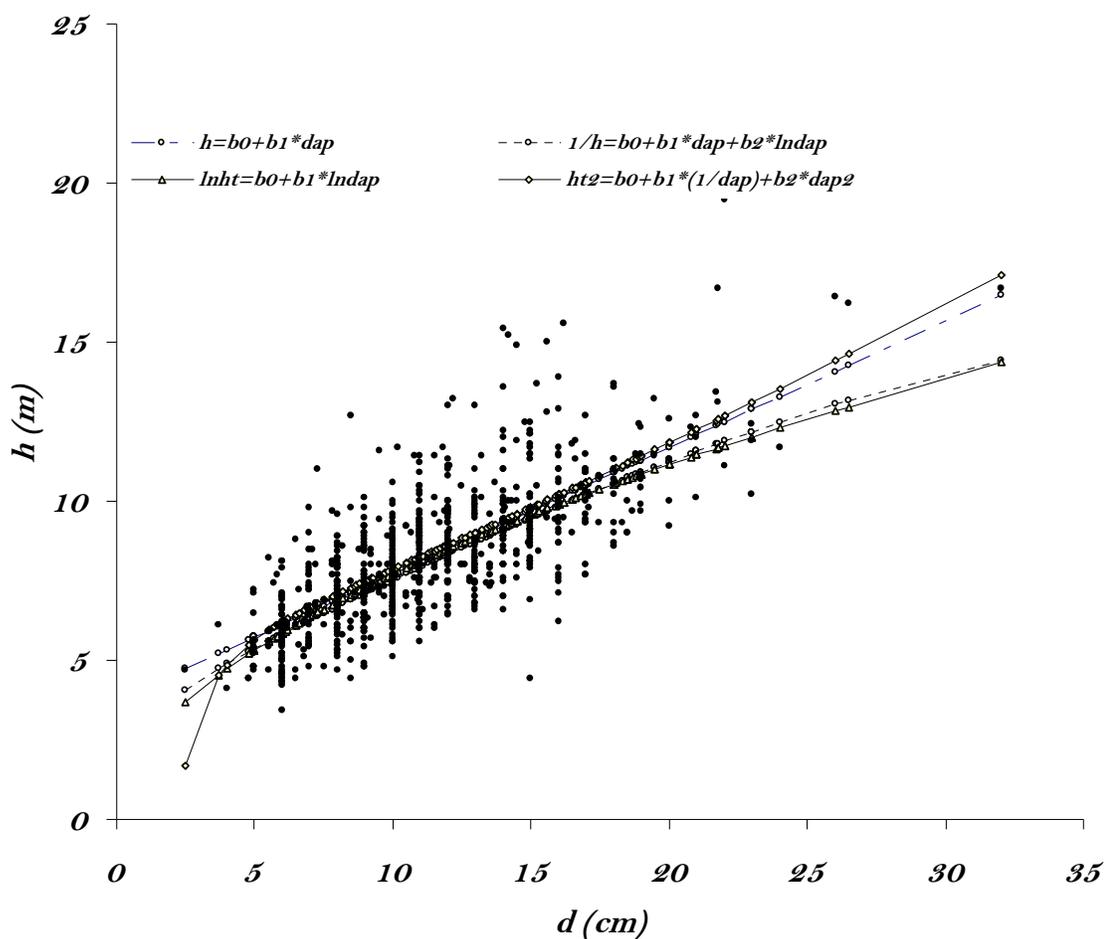


Figura 8 – Modelos de relação hipsométrica obtidos pelo procedimento stepwise para povoamento experimental de *Peltophorum dubium*, aos 24 anos, para Santa Maria, RS.

O teste de covariância, para a equação selecionada, no modelo com interação, resultou em uma probabilidade F não significativa somente para a interação das classes de número de árvores por hectare com o modelo, pela soma de quadrados do tipo I, sendo evidente a alta significância dos fatores individuais e a interação do modelo com as classes de altura dominante (Tabela 12).

Tabela 12 – Análise de covariância do modelo  $\ln h = a + Ch_{100} + CN + a*Ch_{100} + a*CN + \epsilon$  para povoamento homogêneo de *Peltophorum dubium*, aos 24 anos.

Fatores	SQ I	GL	QM	F	Prob.>F
Modelo	32,6754	9	3,6306	151,39	0,0001
<i>a</i>	27,5191	1	27,5191	1147,52	0,0001
$Ch_{100}$	4,4894	2	2,2447	93,60	0,0001
CN	0,3845	2	0,1922	8,02	0,0004
$a*Ch_{100}$	0,1917	2	0,0958	4,00	0,0187
$a*CN$	0,9005	2	0,0452	1,89	0,1521
Erro	18,3697	766	0,0239		
Total	51,0452				$R^2=0,64$
Parâmetro	Estimador	Erro standar	t	Prob.> t	
Termo indep.	0,34	0,19	1,72	0,0851	
<i>a</i>	0,91	0,09	9,66	0,0001	
$a*Ch_{100}(m)$					
9,5	-0,19	0,08	-2,28	0,0230	
12,0	-0,02	0,08	-0,29	0,7690	
19,5	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

Sendo:  $\ln h$  = logaritmo da altura;  $a = 0,80817 + 0,53537 * \ln d$ ;  $d$  = diâmetro a altura do peito; Termo indep. = termo independente;  $Ch_{100}$  = classe de altura dominante de ASSMANN; (m) = metros; CN = classe de número de árvores por hectare, SQ I = soma de quadrados; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro;  $R^2$  = coeficiente de determinação do modelo; t = estatística t; Prob.>|t| = nível de probabilidade de erro.

A interação significativa demonstrou diferenças de inclinações significativas, ao nível de 5%, para as classes de altura dominante. Na Figura 9, nota-se a relação h/d ajustada para as classes de altura dominante pela equação número 3, evidenciando a variação existente para inclinações. A classe (9,5) diferiu significativamente quando comparada às classes (12,0) e (19,5). Já quando comparadas entre si, as duas maiores classes não diferiram quanto às inclinações de suas curvas, para a relação hipsométrica.

Bartoszeck (2004), em estudo com bracatinga, verificou que locais que apresentam índices de sítio superiores, evidenciados pela altura dominante, apresentam inclinações ligeiramente mais acentuadas, convergindo com o comportamento das curvas de relação hipsométrica para canafístulas analisadas nessa pesquisa. As árvores que estavam nos locais com maior altura dominante, representados pelas classes (12,0) e (19,5), apresentaram maior inclinação para as curvas hipsométricas em relação às árvores localizadas na classe (9,5), de

menor altura dominante (Figura 9).

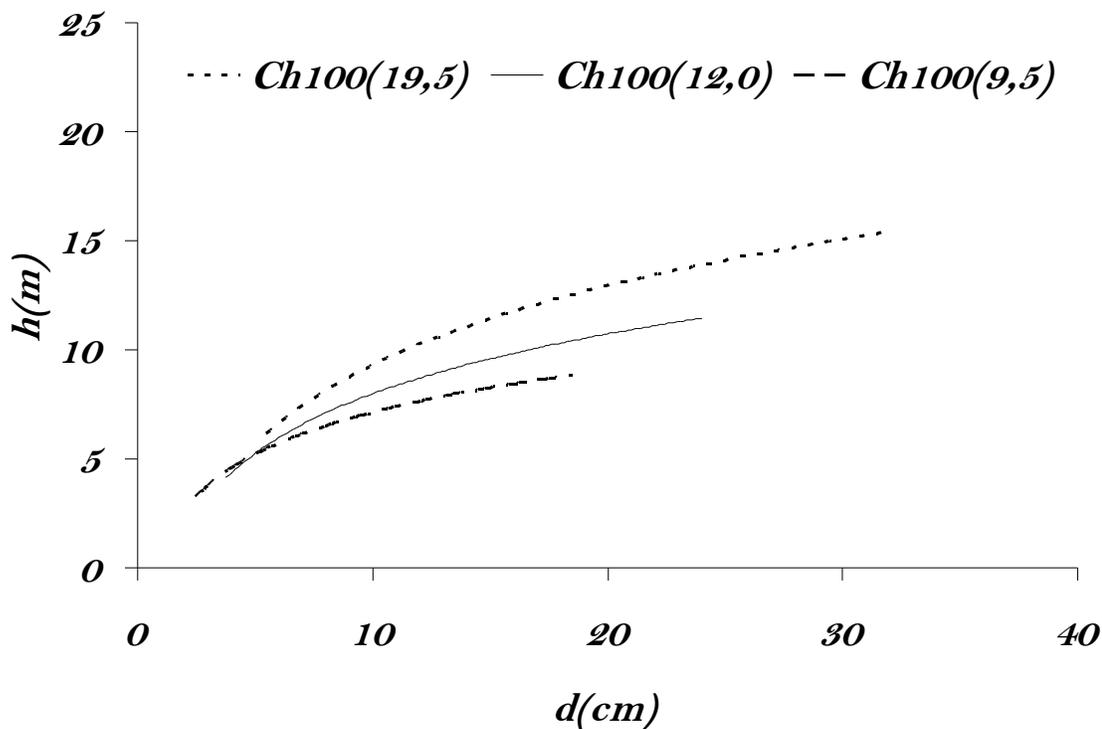


Figura 9 – Curvas hipsométricas, das classes de altura dominante, para povoamento experimental de canafístula, aos 24 anos.

A análise de covariância, do modelo sem interação, apresentou os valores correspondentes às diferenças de níveis existentes, para a relação hipsométrica, em função dos fatores classe de altura dominante e classe de número de árvores por hectare (Tabela 13).

Em geral, variações ocorrentes nos níveis das relações hipsométricas devem-se às diferenças de densidade, as quais influenciam principalmente no comportamento do diâmetro, determinando curvas mais à esquerda para uma mesma altura. Em função da altura dominante, que em muitos casos é utilizada para determinar a capacidade produtiva local, as curvas de relação hipsométrica tendem a se deslocar para cima, para uma mesma densidade, sendo que árvores de mesmo diâmetro podem apresentar maiores médias para a altura em função da altura dominante do povoamento, resultando em níveis superiores para as curvas da

relação hipsométricas.

Tabela 13 – Análise de covariância do modelo  $\ln h = a + Ch_{100} + CN + \varepsilon$  para povoamento homogêneo de *Peltphorum dubium*, aos 24 anos.

Fatores	SQ I	GL	QM	F	Prob.>F
Modelo	32,39,32	5	6,4786	267,45	0,0001
<i>a</i>	27,5191	1	27,5191	1136,06	0,0001
Ch <sub>100</sub>	4,4895	2	2,2447	92,67	0,0001
CN	0,3845	2	0,1922	7,94	0,0004
Erro	18,6520	770	0,0242		
Total	51,0452	775			R <sup>2</sup> =0,63
Parâmetro	Estimador	Erro Padrão	t	Prob.> t	
Termo indep.	0,30	0,06	4,53	0,0001	
<i>a</i>	0,93	0,31	30,12	0,0001	
<b>Ch<sub>100</sub>(m)</b>					
9,5	-0,21	0,01	-12,78	0,0001	
12,0	-0,11	0,01	-6,80	0,0001	
19,5	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>CN</b>					
1250	-0,05	0,01	-3,57	0,0004	
1666	-0,01	0,01	-0,90	0,3663	
2500	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

Sendo:  $\ln h$  = logaritmo da altura;  $a = 0,80817 + 0,53537 * \ln d$ ; d= diâmetro a altura do peito; Termo indep.= termo independente;  $Ch_{100}$  = classe de altura dominante de ASSMANN; (m)= metros; CN = classe de número de árvores por hectare, SQ I = soma de quadrados; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; R<sup>2</sup>= coeficiente de determinação do modelo; t = estatística t; Prob.>|t| = nível de probabilidade de erro.

A análise da relação hipsométrica sob as covariáveis CN e Ch100 apresentou comportamentos distintos em função dos seus níveis. As três classes de Ch100 diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5% (Tabela 14), sendo que, à medida que se aumentaram as classes de altura dominante, a curva de relação h/d tendeu a deslocar-se para cima e para a direita (Figura 9).

Em geral, maiores densidades costumam apresentar árvores de menor diâmetro, quando comparadas a povoamentos menos densos, onde a concorrência por espaços é menor e o

crescimento do diâmetro é maior (BARTOSZECK, 2004).

Tal efeito é facilmente compreendido quando observadas as curvas da relação hipsométrica em função das variações de densidade. Nesse caso, quanto maior for a densidade, as curvas tendem a ser maiores, porém não muito bem pronunciadas entre as duas maiores classes de N ( Figura 10).

Pela visualização gráfica, constatou-se que a curva hipsométrica da classe CN (1250) apresentou nível inferior às demais, reafirmando graficamente, pela sobreposição, a análise apresentada na Tabela 13, na qual as curvas das classes CN(1666) e CN(2500) não diferiram estatisticamente em seus níveis.

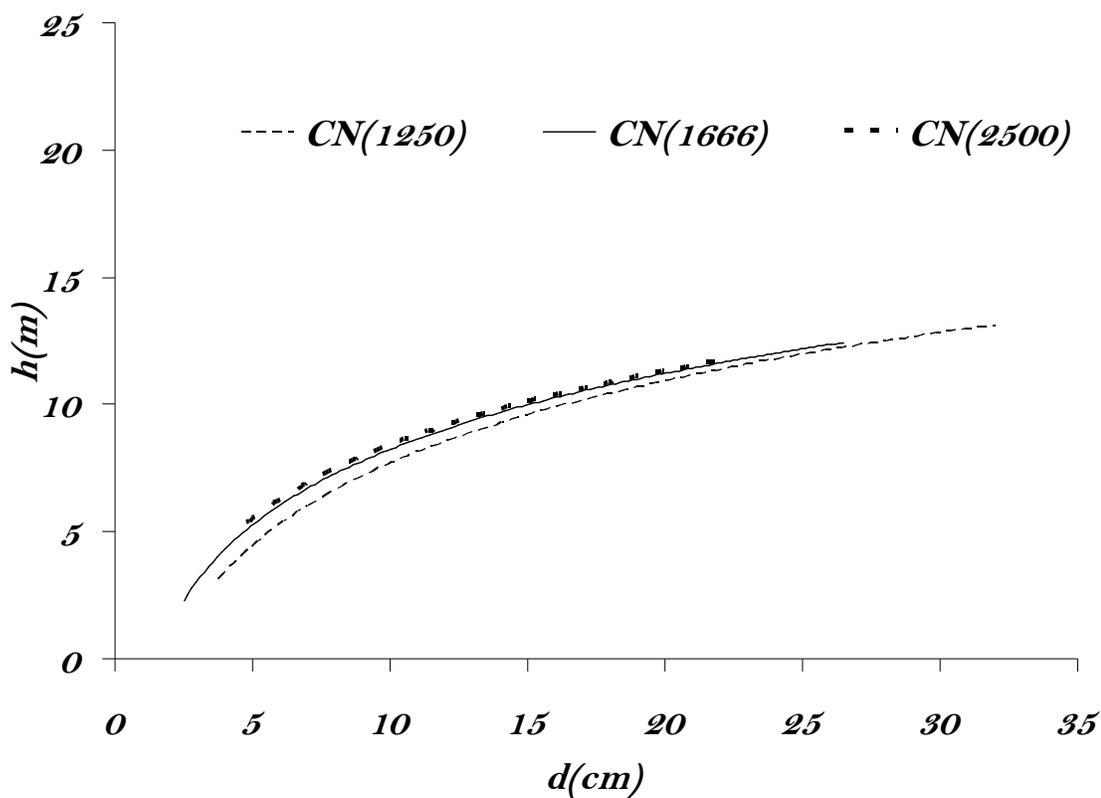


Figura 10 - Curvas hipsométricas, das classes de número de árvores por hectare, para povoamento experimental de canafístula, aos 24 anos.

#### 4.2.4 Área basal por hectare (G)

A área basal por hectare apresentou comportamento similar ao diâmetro. Essa foi significativamente influenciada pelas classes de altura dominante e pelo número de árvores por hectare (Tabela 14), sendo a interação dos fatores não significativa para a variável.

Tabela 14 – Análise de variância da função  $G = \mu + Ch_{100} + CN + Ch_{100}*CN + \epsilon$ , em povoamento homogêneo de *Peltphorum dubium*, aos 24 anos.

Fatores	SQ I	GL	QM	F	Prob.>F
Modelo	712,8306	8	89,1038	9,21	0,0001
Ch <sub>100</sub>	470,6989	2	235,3494	24,32	0,0001
CN	191,5613	2	95,7806	9,90	0,0002
Ch <sub>100</sub> *CN	50,5703	4	12,6425	1,31	0,2773
Erro	609,7046	63	9,6778		
Total	1322,5353				

Sendo:  $G$ =área basal por hectare;  $\mu$  = média;  $Ch_{100}$  = classe de altura dominante de ASSMANN;  $CN$  = classe de número de árvores por hectare, SQ I = soma de quadrados; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro;  $R^2$ = coeficiente de determinação do modelo.

Verificou-se que, entre as classe CN (1666) e CN (1250), na classe de altura Ch<sub>100</sub>(9,5), assim como entre as classes CN (2500) e CN(1666), na classe de altura Ch<sub>100</sub>(19,5), as maiores densidades apresentaram níveis inferiores no gráfico para G.

Machado (2002), estudando o comportamento de algumas variáveis dendrométricas em povoamento de bracinga, notou que a área basal é menor em áreas onde a densidade é menor, e que a maior densidade de plantio, aliada do maior incremento, explica os altos valores para G.

Percebeu-se que os locais com menores densidades apresentaram os menores valores para G (Figura 11). Verificou-se, ainda, que as maiores classes de altura dominante são as que possuem as maiores áreas basais, sendo suas classes significativamente distintas em todos os níveis, diferente das classes de CN, em que somente as classes extremas diferem entre si (Tabela 15).

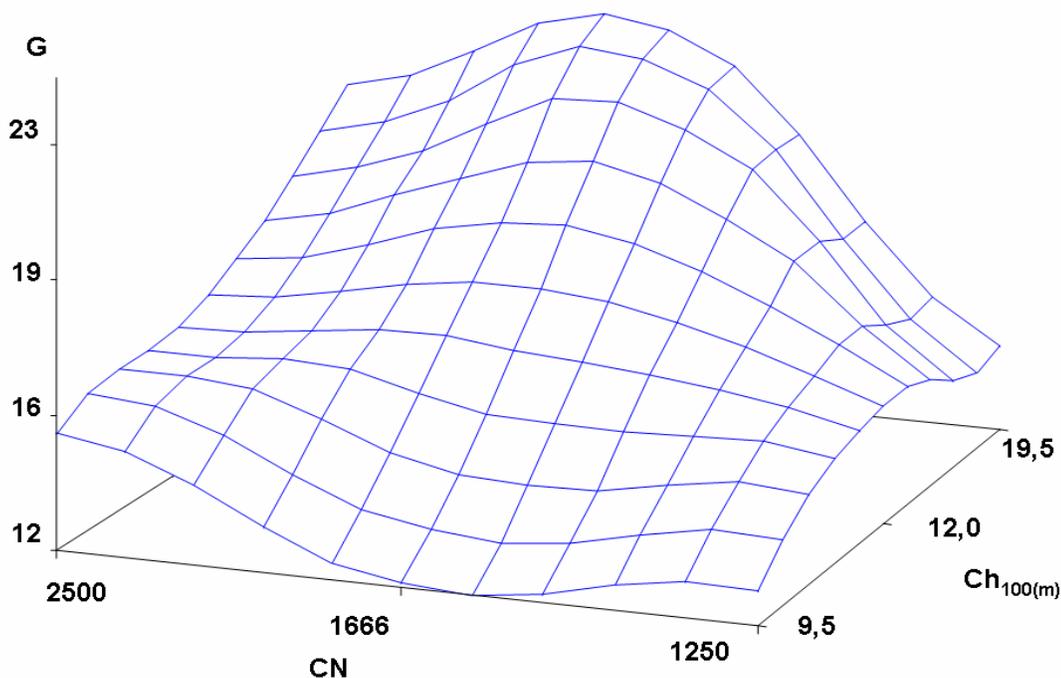


Figura 11 - Comportamento da área basal por hectare (G) em função das classes de N e Ch<sub>100</sub> para povoamento, homogêneo de canafístula, aos 24 anos

Constatou-se que, à medida que o número de árvores por hectare diminui, a área basal diminui progressivamente, porém apenas as classes extremas de CN mostraram diferenças significativas.

Maiores densidades de plantio determinam maiores valores para a área basal por hectare. Essa área é bastante influenciada pelas variações de densidade e fortemente influenciada pela altura na definição do volume final (MACHADO 2002; SOUZA 2004).

Tabela 15 – Teste de médias para a área basal por hectare (G) de canafístula sob as diferentes classes de CN e Ch<sub>100</sub>

Fator			
CN	Médias* (m <sup>2</sup> )	Ch100	Médias* (m <sup>2</sup> )
1250	12,7 <sup>a</sup>	9,5	11,2 <sup>a</sup>
1666	14,8 <sup>ab</sup>	12	14,7 <sup>b</sup>
2500	16,4 <sup>b</sup>	19,5	18,3 <sup>c</sup>

\* = Níveis do fator com médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de Tukey (5%)

Já em relação às classes de altura dominante, as diferenças, para a área basal por hectare, foram significativas entre todas as classes, sendo maior a área basal quanto maior for a classe de altura dominante.

Sendo as classes de altura dominante fator que determina variações para a área basal média, e esse fator influenciado diretamente pela capacidade produtiva local, pode-se afirmar que locais com maior capacidade produtiva apresentam, para um mesmo número de árvores por hectare, maiores média de área basal por hectare para canafístula.

#### 4.2.5 Altura do fuste ( $h_f$ )

A análise de variância para a altura de fuste, sob os efeitos dos fatores, classes de altura dominante e número de árvores por hectare, revelou comportamento similar à altura total. Foi significativo o efeito das classes de altura dominante, ao nível de 5%, mas sem efeitos da interação e das classes de número de árvores por hectare (Tabela 16).

Tabela 16 – Análise de variância da função  $hf = \mu + Ch_{100} + CN + Ch_{100}*CN + \epsilon$  em povoamento homogêneo de *Peltphorum dubium*, aos 24 anos.

Fatores	SQ I	GL	QM	F	Prob.>F
Modelo	3,1316	8	0,3914	1.70	0,1151
Ch <sub>100</sub>	1,7642	2	0,8821	3.84	0,0267
CN	0,9289	2	0,4644	2,02	0,1410
Ch <sub>100</sub> *CN	0,4383	4	0,1095	0,48	0,7526
Erro	14,4797	63	0,2298		
Total	17,6113	71			

Sendo:  $hf$ =altura do fuste;  $\mu$  = média;  $Ch_{100}$  = classe de altura dominante de ASSMANN;  $CN$  = classe de número de árvores por hectare, SQ I = soma de quadrados; GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

A não significância do número de árvores por hectare, para a altura de fuste, demonstra que as variações de densidades não determinam significativa individualização do fuste para a espécie. É possível a ocorrência de fustes longos para canafístula, porém tal comportamento

independe da densidade do povoamento.

Gurgel Filho (1982), observando o comportamento da altura do fuste de canafístula, em função das densidades 4444, 2500 e 1600, encontrou comportamento similar, não verificando individualização do fuste, atribuindo esse efeito principalmente às características silviculturais da espécie.

A formação de fustes longos, caracterizada pelo crescimento monopodial, isto é, quando o meristema apical prolonga-se sem divisões, não é rara na espécie canafístula, sendo possível a obtenção de fustes longos em povoamentos homogêneos (CARVALHO 2003). Entretanto, por suas características silviculturais de apresentar forte tendência a excessivas ramificações e dificuldade no controle de fatores que determinam tal comportamento, aconselha-se a prática de desrama e/ou poda, para a obtenção de fustes mais longos (EMBRAPA 2006).

Na Tabela 17, pode se verificado o comportamento da altura do fuste nos diferentes níveis dos fatores, corroborando com a análise de variância, apresentada na Tabela 16, que demonstra somente efeitos significativos na altura de fuste, determinados pelas classes de altura dominante, efeitos que parecem ser bastante distintos apenas entre as classes de maior e menor altura dominante.

Tabela 17 – Teste de médias para a altura de fuste (hf) de canafístula sob as diferentes classes de CN e Ch<sub>100</sub>

CN	Fator		
	Médias* (m)	Ch100	Médias* (m)
1250	2,3 <sup>a</sup>	9,5	2,1 <sup>a</sup>
1666	2,4 <sup>a</sup>	12	2,4 <sup>ab</sup>
2500	2,1 <sup>a</sup>	19,5	2,6 <sup>b</sup>

Níveis do fator com médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de Tukey (5%)

Assim como para a altura, o fator Ch100 determina variações na altura de fuste, mostrando que a melhor capacidade produtiva, evidenciada pela classe de altura dominante, pode determinar fustes mais longos, possivelmente pelo maior vigor de crescimento das árvores estabelecidas em locais com características ambientais mais favoráveis.

### 4.3 Variáveis qualitativas

A relação entre as variáveis qualitativas de fuste, retitude e comprimento foi considerada significativa pelo do teste de independência pela estatística  $\chi^2$ , apresentando  $\chi^2_{c(1,\alpha 0,05)} = 15,85$  superior ao  $\chi^2_{t(1,\alpha 0,05)} = 3,84$  (Tabela 18), caracterizando dependência entre a retitude e o comprimento do fuste.

Tabela 18 – Tabela de contingência para o teste de independência entre as variáveis qualitativas do fuste de canafístula

Fator	Retitude		Total
	Reto	Sinuoso	
Comprimento			
< 2,0 m	0,36	0,64	291
≥ 2,0 m	0,51	0,49	485
$\chi^2$	15,86		776
P-Value	0,0001		
V-Cramer	0,1429		

Observou-se que, à medida que o comprimento de fuste aumenta, as proporções de fuste reto aumentam também, sendo esse comportamento, para a categoria sinuosa, de proporções opostas. Tal comportamento, provavelmente, acontece devido ao crescimento do primeiro ano, pois é esperado que as árvores que tiveram maior vigor no crescimento inicial em altura apresentem, na atualidade, maior comprimento de fuste.

Mesmo sendo significativa a relação entre as variáveis qualitativas de fuste, retitude e comprimento, considerou-se baixa a associação existente entre as variáveis (V-Cramer = 0,14), já que, pelo método de análise de associação V-Cramer, para uma perfeita associação, o valor deve aproximar-se a 1.

Gurgel Filho (1988) constatou que a canafístula, no primeiro ano, apresenta altura média de 2.08 m. Igualmente, esse autor detectou que, a partir do sexto ano, a espécie apresenta sinais de concorrência pelas diferenças encontradas para a altura e dap. Tal comportamento, relatado para o início do crescimento das árvores, converge com os dados analisados nesta pesquisa, em que se verificou que 62,5% do povoamento apresentaram proporções de fuste comprido, garantindo que o crescimento inicial do primeiro ano tivesse relação com o

comprimento do fuste para a espécie.

A análise da tabela de contingência dos dados categóricos da variável simetria de copa demonstrou, para a categoria simétrica, maiores proporções para a categoria fuste comprido (Tabela 19).

Tabela 19 – Tabela de contingência para o teste de homogeneidade entre a variável qualitativa de comprimento de fuste e a variável qualitativa simetria de copa de copa

Categoria de Comprimento	Simetria de copa				Total
	4	3	2	1	
Comprido	0,8	0,8	0,6	0,5	485
Curto	0,2	0,2	0,4	0,5	291
$\chi^2$	39,22				776
P. value	0,0001				

Sharma (2002) verificou, estudando a espécie *Pinus*, que copas mais assimétricas, em virtude dos galhos que se encontram com luminosidade adicional, determinam um crescimento heliotrópico mais acentuado e deformidades na copa, gerando fustes assimétricos e/ou sinuosos.

Pode-se afirmar, dessa maneira, que, quanto maiores as chances de as árvores emitirem fustes compridos, maiores serão as probabilidades de se obterem proporções de copas mais abrangentes. Isso pode ser explicado em função da posição sociológica que ocupam (Figura 12).

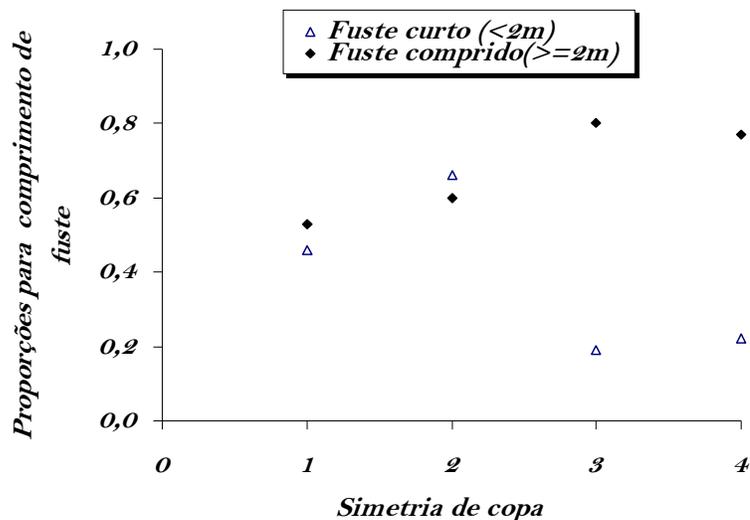


Figura 12 – Associação entre as variáveis retitude de fuste e simetria de copa.

Por apresentar um tipo de ramificação dicotômica ortotrópica e por ser uma espécie heliófila, a canafístula tem, no crescimento e desenvolvimento de suas copas, um dos fatores de grande influência e determinante da qualidade dos troncos das árvores.

Mattheck (1991) relata que o crescimento das árvores está diretamente relacionado à sua adaptabilidade, proveniente de um constante estresse, o qual é influenciado, de forma direta, pelas forças de gravidade exercidas sobre copa, em conjunto com o fototropismo e a dominância apical. Já Amateis (2004), avaliando o comportamento de variáveis qualitativas do fuste, em povoamento de pinus, verificou que o número potencial de fustes comprido é independente da retangularidade variada em função dos diferentes espaçamentos.

Constatou-se, para a variável qualitativa simetria de copa, que a categoria simétrica apresenta as maiores proporções de fuste reto (Tabela 20). O comportamento da variável fuste reto, em relação à simetria de copa, é caracterizado, segundo Ruas (1996), como associação linear positiva alta, já o comportamento do fuste sinuoso se caracteriza como associação linear negativa alta (Figura 13).

Tabela 20 – Tabela de contingência para o teste de homogeneidade entre a variável qualitativa retitude de fuste e a variável qualitativa simetria de copa.

Categoria de retitude	Simetria de copa				Total
	4	3	2	1	
Reto	0,66	0,59	0,44	0,34	354
Sinuoso	0,33	0,40	0,55	0,65	422
$\chi^2$	57,3				776
P. value	0,0001				

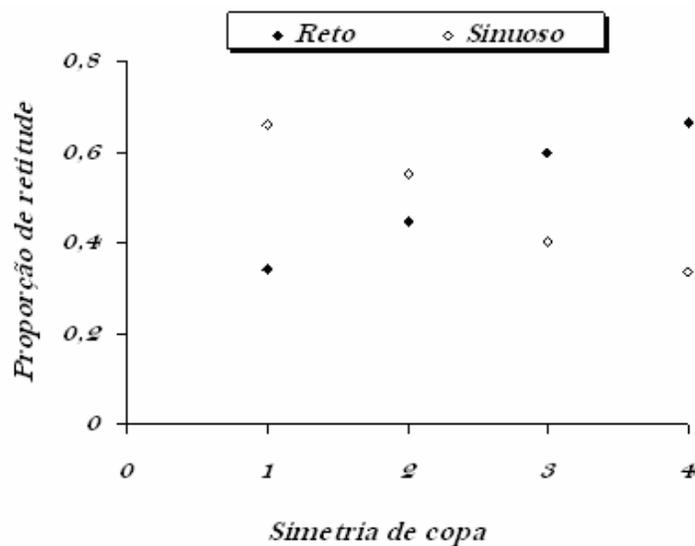


Figura 13 – Gráfico da associação entre as variáveis retitude de fuste e simetria de copa V-Cramer = 0.27.

O teste de homogeneidade, avaliado pelas tabelas de contingência dos dados qualitativos nominais, da forma de fuste e simetria de copa, em função das classes de dap, apresentou significância pelo teste Qui-quadrado (Tabela 21).

Tabela 21 – Tabela de contingência para o teste de homogeneidade entre as variáveis qualitativas de canafístula e as classes de dap.

Variáveis qualitativas	Centro de Classe para dap(cm)					Total
	6	9	12	15	18	
Simetria de copa						
Simétrica (4)	0,007	0,07	0,23	0,43	0,67	176
Assimétrica baixa (3)	0,04	0,02	0,13	0,15	0,08	67
Assimétrica média (2)	0,1	0,19	0,20	0,25	0,1	145
Assimétrica alta (1)	0,84	0,69	0,41	0,15	0,14	388
$\chi^2$	278,9	P-Value	0,0001			776
<b>Formas de fuste</b>						
<b>Retitude</b>						
Reto (1)	0,13	0,33	0,52	0,72	0,74	354
Sinuoso(2)	0,86	0,66	0,47	0,27	0,25	422
$\chi^2$	139,43	P-Value	0,0001			776
<b>Comprimento</b>						
Curto (1)	0,65	0,4	0,3	0,22	0,22	485
Comprido (2)	0,35	0,6	0,7	0,78	0,78	291
$\chi^2$	68,35	P-Value	0,0001			776

Pelo teste de Qui-quadrado, percebeu-se que as variáveis qualitativas para canafístula apresentam heterogeneidade em função dos diferentes centros de classe para o diâmetro, sendo que as árvores mais grossas são aquelas que apresentam maiores proporções para copas mais simétricas, fustes mais retos e compridos.

Esse comportamento possivelmente se deve ao fato de as árvores que, no período inicial, apresentaram maior vigor de crescimento em altura, terem obtido a maior simetria de copa. O favorecimento do crescimento em altura fez as árvores terem maior simetria da copa em virtude da melhor posição sociológica. Como já verificado anteriormente, sabe-se que árvores muito abrangentes apresentam copas mais simétricas e, em função disso, maiores proporções para fuste reto. Logo, constata-se que as árvores que, no crescimento inicial, apresentaram maior vigor, possivelmente, são aquelas que, na idade de 24 anos, possuíam, para as maiores classes de dap, as maiores proporções para as variáveis qualitativas de fuste comprido, reto e copa muito abrangente.

## 5 CONCLUSÕES

O modelo matemático para experimento bifatorial com canafístula, no delineamento blocos ao acaso, após 24 anos, apresenta limitações para a análise e interpretação das variáveis morfométricas, pois os efeitos dos fatores espaçamentos e mudas determinam variações na sobrevivência, alterando as combinações dos fatores inicialmente utilizados.

O uso das classes de número de árvores por hectare e altura dominante, como fatores, permitem a interpretação do comportamento das variáveis morfométricas e estimativas satisfatórias.

O diâmetro apresenta maiores médias à medida que menores são as classes de número de árvores por hectare e maiores as classes de altura dominante. A área basal por hectare possui maiores valores médios à medida que maiores são as classes de número de árvores por hectare e altura dominante.

A altura média e a altura de fuste apresentam comportamento similar, sendo os maiores valores médios encontrados nas classes superiores de  $h_{100}$ .

As maiores classes de  $Ch_{100}$  apresentam curvas mais íngremes para a relação hipsométrica de canafístula, e as maiores densidades determinam os níveis mais inferiores para a relação hipsométrica.

Retitude de fuste e comprimento de fuste são variáveis qualitativas dependentes, com fraca associação. Copas simétricas possuem maiores proporções para fustes compridos e retos, sendo maiores as proporções de copas simétricas, fustes retos e fustes compridos nas maiores classes de diâmetros.

## 6 REFERÊNCIAS

- AMATEIS, R.L. The effect of spacing rectangularity on ítem quality in loblolly pine plantations. **Canadian Jornal Forestry Research**, v.34, n.2, p. 498-501, 2004.
- AGRESTI, A. **An introduction to categorical data analysis**. New York **Wiley series in probability and statistics**. 1996. 290 p.
- AMADOR, D.B.; Viana, V.M. Sistemas agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais. **Série técnica IPEF**, v.12, n.32, p. 105-110, 1998.
- ÁRVORES DE IRATI. **Terminologia dendrológica para árvores nativas do Brasil**. Disponível em: <<http://arvoresdeirati.com/index.php.area=artigos>>. acesso em: 19/02/2007.
- ASSMANN, E. **Waldetragskunde**. München : BLV, 1961. 490 p.
- BACKES, P.; IRGANG, B., **Árvores do Sul: guia de Identificação & Interesse Ecológico**. 1. ed. Porto Alegre : Pallotti, 2002. 326 p.
- BADILLA, Y. **Calidad de lãs plantaciones de Teca em Costa Rica**. Cartago: Fundatec/ITCR, 2000.
- BALLONI, E.A. **Estudo comparativo de diferentes tipos de recipientes para a produção de mudas de *Eucalyptus saligna* SM e seu comportamento no campo**. Piracicaba: IPEF, 1980 (IPEF - Circular Técnica ; n. 108)
- BARTH, S.R.; Eibl, B.I.; PALANENCINO, J.A., **Plantación mixta de espécies forestales nativas en recuperación de áreas degradadas**. Universidade Nacional de Misiones.[Argentina] Disponível em: <<http://www.unam.edur.ar>>. acesso em: 23 nov. 2006.
- BARTOSZECK, A.C. de P. e S. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sitio e da densidade inicial de povoamentos de bracatinga da região metropolitana de Curitiba. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p.517-533, 2004.

BASSAN, J.S., Oxidação fenólica, tipo de explante e meios de cultura no estabelecimento in vitro de Canafístula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p.381-390, 2006.

BATISTA, J.L.F., et al. Desempenho de modelos de relação hipsométrica: estudo em três tipos de florestas. **Scientia forestalis**, n. 60, p. 149-163, 2001.

BERGER, R. efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v.2, n.2, p.75-87, 2002.

BRUM, E.T. **Relação entre a altura dominante e fatores de sítio, em experimentos de *Pinus elliottii* Engelm. na região de Ponta Alta do Norte, SC.** 179 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1979.

BUFORD, M.A. Height-diameter relationships at age 15 in loblolly pine seed sources. **Forest Science**, v.32, n.3, p.812-818, 1986.

CARDOSO, D.J. **Avaliação da influência dos fatores sítio, idade, densidade e posição sociológica na relação hipsométrica para *Pinus taeda* nas regiões central e sudoeste do estado do Paraná.** 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

CARNEIRO, J.G. de A. – **Produção e controle de qualidade de mudas florestais** . Curitiba: UFPR/FUPEF;Campos: UENF, 1995. 451 p.

CARVALHO, P.E.R., **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília : Embrapa Informação Tecnológica ; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1v. (1039p). (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras).

COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Experimental Designs.** 2nd ed. New York : John Wiley & Sons, 1957.

COELHO, L.C.C. Ensaio de espaçamento de Ibirá-Puitã – *Peltophorum dubium* frente às condições de Mogi Guaçu, SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. INSTITUTO FLORESTAL, 1982, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1982 v. 16, pt. 2.

DANIEL, O. **Silvicultura.** Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2006 196 f. (Apostila)

DIAS, P.F., et al. Influência da projeção das copas de espécies de leguminosas arbóreas nas características químicas do solo. **Pasturas Tropicais.** v.28, n.2, disponível em:[www.ciat.cgiar.org/forrajes/forrajeses/pasturas\\_2006\\_28\\_2.htm](http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/forrajeses/pasturas_2006_28_2.htm). acessado em: 20 setembro.2006.

DRESCHER, R., **Crescimento e produção de *Tectona grandis* Linn F., em povoamentos jovens de duas regiões do estado de Mato Grosso - Brasil.** 2004. 116 f. Tese (Doutorado

em Manejo Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

DURIGAN, G. et al. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis São Paulo. **Scientia forestalis**, n.56, p.135-144, 1999.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Locais de ocorrência natural de canafístula**: mapa. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

FARIA, J.M.; Davide, A.C.; BOTELHO, S.A. Comportamento de espécies florestais em áreas degradadas, com duas adubações de plantio. **Revista Cerne**, v.3, n.1, p.\_\_\_\_, 1997.

FINGER, C.A.G., **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 19925. 269 p.

FLORIANO, E.P., **Efeito da desrama sobre o crescimento e a forma do *Pinus elliottii* Engelm.** Dissertação de Mestrado – UFSM.93F.:il.2004.

FREEMAN, D.H., **Applied categorical data analysis. statistics**: textbooks and monographs. New York: Dekker,1987. 318 p.

GARCIA, C.H. **Comportamento Florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1991 (IPEF. Circular técnica ; n.179)

GERRARD, A.M.; NEILSEN, W.A. Comparing square and rectangular spacing in *Eucalyptus nitens* using a scotch plaid desing. **For. Ecol. Manage.** n.129, p.1-6, 2000.

GLUFKE, C. FINGER, C.A.G; SCHNEIDER, P.R. Crescimento de *Pinus elliotti*. Engel. Em distintas intensidades de desbastes. **Ciência Florestal**, v.7, n.1, p.11–25, 1997.

GOMES, F.S. Avaliação da produção em volume total e sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a diferentes condições de espaçamento inicial e sítio. **Ciência Florestal**, v.7, n.1, p.101-126, 1997.

GURGEL FILHO, O.A. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais. Ibirá (*Peltophorum vogelianum* Benth). In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. INSTITUTO FLORESTAL 1982, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1982. v.16, pt.2.

HINKELMANN, K.; KEMPTHORNE, O. Design and analysis of experiments. Vol. I Introduction to experimental design. New York: John Wiley, 1994. 495 p.

KAGEYAMA, P.Y.; BIELLA, L.C.; PALERMO, J.A. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção de reservatórios. **Silvicultura**, n.42, p.109-112, 1990.

KRAMER, P.J., Koslowski, T.T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960. 745 p.

MACHADO, S.A. Evolução da área basal e do volume em bracatingais nativos submetidos a diferentes densidades iniciais e em diferentes sítios. **Floresta**, v.32, n.1, p.61-74, 2002.

MALUF, J.R.T., Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de agrometeorologia**, v.8, n.1, p.141-150, 2000

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1997. 200 p.

MARIA, V. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de Florestas Estacionais Semidecíduais**. 2002. 145 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Piracicaba, 2002.

MATTHECK, C. **Trees the mechanical design**. Berlin : Springer-Verlag, 1991.

MATTOS, R.B. Possibilidade de ganho de fuste em espécies euxilóforas nativas da Região Central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.13, n. 2, p.111-120, 2003.

MENEGHELLO, G. E., Mattei, V. L. Semeadura direta de Timbaúva, Canafístula e Cedro em campos abandonados. **Ciência Florestal**, v.14, n.2, p.21-27, 2004.

MORAES, N.S.P., et al. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, v. 27, nº. 2, p. 129-136, 2003.

MORALES, E. H. M. **Diseño experimental a través del análisis de varianza y modelo de regresión lineal**. Valdivia: UACH, 2005. 252 p.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, 41 p.

MULLER, I. Forma do tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, na região sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.15, n.3, p.293-305, 2005.

MURILLO, O. Índices de calidad para la reforestación en Costa Rica. **Agronomia Costarricense**, v.24, n.2, p.41-47, 2000.

NETO, P.L de O.C. **Estatística matemática**. São Paulo, Edgard Blüncher, 1997.

NIEMISTO, P. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crow and branch properties and taper of silver birch (*Betula pendula*). Scand. **J. For. Res.** n.10, p. 235-244, 1995.

NODARI, R.O., **Sistemas de implantação do palmitreiro**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1988 (IPEF. Circular técnica ; n.155)

OLIVEIRA, L.M. et al. Teste do tetrazólio para a avaliação de sementes de *Peltophorum*

*dubium* (Spreng.)Taub. Leguminosae Caesalpinioideae. **Cerne**, v.11, n.2, p.159-166, 2005.

PEREZ, S.C.J.G.A., Fantin, S. C., Casali; C. A. Influência da luz na germinação de sementes de canafístula submetidas ao estresse hídrico. **Bragantina**, v.60, n.3, p.155-166, 2001.

PINTO, A.F.; RODIGHERI, H.R. **Reflorestamento misto de espécies florestais nativas a pleno sol na região do norte pioneiro do estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001 (Comunicado Técnico)

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Receita e Controle. **Portaria/SAT nº.1654**. Campo Grande: Secretaria de Estado de Receita e Controle, 2004.

PORTELA, R.C.Q.; SILVA, I.L.; RODRIGUES, F.C.M.P., Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub em diferentes condições de sombreamento. **Ciência Florestal**, v.11, n.2, p. 163-170, 2001.

RENNOLS, K.; PEACE, A. Flow models of mortality and yield for unthinned forest stands. **Forestry**, v.1, p.4758, 1986.

RUCHEL, A.R. Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da floresta estacional decidual do alto Uruguai. **Ciência Florestal**, v.13, n.1, p 153-166, 2003.

SANQUETTA, C. R. produção de Madeira livre de nós em povoamentos de *Pinus taeda* em função da densidade de plantio. **Cerne**, v.9, n.2, p.129-140, 2003.

SAS/STAT User's guide, version 8, Cary, NC: SAS Institute inc. 1999.

SELLE, G.L.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Classificação de sítios para *Pinus taeda* L., através da altura dominante, para a região de Cambará do Sul, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, v.4, n. 1, p.77-95, 1994.

SCHEEREN, L.W.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. crescimento e produção de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna* Smith manejados com desbaste, na região sudeste do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.14, n. 12 p.111-122, 2004.

SCHNEIDER, P.R. Análise da mortalidade de *Acácia mearsi* de Wild. **Ciência Florestal**, v.15, n.2, p.137-143, 2005.

STELL, R.G.D; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics with special reference to the biological science**. New York: McGraw-Hill, 1960.481p.

\_\_\_\_\_. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria : UFSM, 1993. 348 p.

\_\_\_\_\_. **Análise de regressão aplicada a engenharia florestal**. 2. ed. Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1998. 236 p.

SHARMA, M. Spacing rectangularity effect on the growth of loblolly pine plantations. **Can.**

**J. For. Res.**, v.32, n.2, p.1451-1459, 2002.

SHIMIZU, J.Y., et al. **Variações inter e intrapopulacionais em canafístula**. Colombo: Embrapa Florestas, 1987 p. 19-27. (Boletim de Pesquisa Florestal ; n.14)

SOUZA, C.C. **Modelo de crescimento, com variáveis ambientais, para o Ipê felpudo em diferentes espaçamentos**. 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

SPIECKER, H. **Análise do crescimento florestal: a concorrência e sua importância no desbaste**. Curitiba: FUPEF, 1981. 62 p. (Série técnica ; n.8).

STRECK, E.V., et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2002. 107 p.

TONINI, H. et al. Crescimento em altura de *Pinus elliottii* Engelm., na região de Piratini no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.31, n.3, p.417-423, 2001.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. IFCRS/UFMS/SEMA-RS. Santa Maria, 1999. Disponível em:< <http://coralx.ufsm.br/ifcrs/frame.htm>>. Acesso em:19/02/2007.

VENTURIN, N. et al.. Adubação mineral do angico-amarelo *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., v.34, n.3, p.441-448, 1999.