

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
CAMPUS DOIS VIZINHOS**

**LUCAS UEDA GONÇALVES**

**INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DO SÍTIO NA PRODUÇÃO DE  
POVOAMENTOS CLONAIIS DE *Eucalyptus saligna* Smith NO  
MUNICÍPIO DE ORTIGUEIRA-PR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

**DOIS VIZINHOS**

**2016**

**LUCAS UEDA GONÇALVES**

**INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DO SÍTIO NA PRODUÇÃO DE  
POVOAMENTOS CLONAIIS DE *Eucalyptus saligna* Smith NO  
MUNICÍPIO DE ORTIGUEIRA-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR-DV, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Romero Gorenstein

**DOIS VIZINHOS**

**2016**

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a minha mãe por sempre ter me amado e feito tudo para que eu tivesse a melhor vida possível, além de sempre estar ao meu lado, me apoiando, dando conselhos e incentivando em todos os momentos de dificuldade da minha vida. Também a toda minha família, em especial a Batian e o Ditian que sempre cuidaram e tiveram o maior carinho por mim.

Agradeço também a Anna Flávia por sempre estar ao meu lado quase todos os anos da minha graduação, sendo minha amiga e companheira.

A todos meus amigos que fiz durante a graduação que me propiciaram momentos de alegria e com toda certeza facilitaram muito nessa etapa da minha vida, em especial o Yan Rafael de Barba, Jeferson Dorini Jr. e Anderson Luiz Pires de Lima que são grandes amigos e irmãos.

E também ao professor Mauricio Romero Gorenstein por ter sido um excelente orientador, sempre disponível para tirar todas as dúvidas e ajudando em todas as etapas deste trabalho.

## RESUMO

O *Eucalyptus saligna* é uma das espécies mais utilizadas para plantios comerciais no Brasil, isso se deve às suas características, e ao seu local natural de desenvolvimento ser parecido aos locais em que está inserido. Assim, o estudo sobre o desenvolvimento de determinadas espécies, seus espaçamentos, qualidade de sítio e produtividade devem ser realizados para que seja viável economicamente ao agricultor e sustentável ao meio ambiente. O trabalho tem como objetivo, avaliar a influência do espaçamento e sítio na produtividade do clone de *Eucalyptus saligna* Smith no município de Ortigueira-PR em duas áreas com solos e espaçamento diferentes, porém com mesmo material genético aos 5 anos de idade. Houve diferença na produção entre as áreas com espaçamento diferente, mas não influenciaram nas variáveis dendrométricas. Apesar das áreas apresentarem diferenças na fertilidade do solo não houve diferenças nas variáveis dendrométricas.

**Palavras-chave:** Inventário Florestal; qualidade de sítio; fertilidade do solo.

## ABSTRACT

*Eucalyptus saligna* Smith is one of the most used species for commercial plantations in Brazil, this is due to its characteristics, and its natural development site is similar to the places in which it is inserted. Thus, the study on the development of certain species, their spacing, site quality and productivity must be carried out in order to be economically viable to the farmer and sustainable to the environment. The objective of this work was to evaluate the influence of spacing and site on the productivity of the *Eucalyptus saligna* clone in the municipality of Ortigueira-PR, in two areas with different soils and spacing, but genetic material at five years of age.. There was a difference in plant spacing between the areas, but did not influence the dendrometric variables. but it did allow a difference in the population variables. Although the areas showed differences in soil fertility, there were no differences in the dendrometric variables.

**Keywords:** Forest inventory; qualidade of site; Soil fertility.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da cidade de Ortigueira no estado do Paraná .....	24
Figura 2 – Média de pluviosidade ao longo do ano no município de Ortigueira/PR	25
Figura 3 – Seccionamento pelo método de Smalian .....	29
Figura 4 – Pilha para cálculo do fator de empilhamento para <i>Eucalyptus saligna</i> no município de Ortigueira-PR.. .....	30
Figura 5 – Coleta de solo com pá de corte com profundidade de 20cm. ....	31
Figura 6 – Solo Homogeneizado e uma subamostra de solo de uma parcela estudada.....	32
Figura 7 – Gráfico Boxplot da Variável dendrométrica DAP(cm) para as áreas Água e Colônia.....	37
Figura 8 – Gráfico Boxplot da Variável dendrométrica Altura (m) para as áreas Água e Colônia.....	38
Figura 9 – Gráfico Boxplot da Variável Hdom (m) para as áreas Água e Colônia. ...	39
Figura 10 – Gráfico Boxplot da Variável Densidade (N/ha) para as áreas Água e Colônia. ....	40
Figura 11 – Gráfico Boxplot da Variável de povoamento Área Basal por hectare (m <sup>2</sup> /ha) para as áreas Água e Colônia. ....	40
Figura 12 – Figura 12: Gráfico Boxplot da Variável de povoamento Volume por hectare (m <sup>3</sup> /ha) para as áreas Água e Colônia.....	41
Figura 13 – Figura 13: Relação entre Média das árvores dominantes e volume da área Água (A) e área Colônia (C).....	42
Figura 14 – Figura 14: Relação entre Densidade e Volume da área Água (A) e área Colônia (C). ....	43
Figura 15 – Figura 15: Gráfico Boxplot da Variável do solo pH SMP para as áreas Água e Colônia.....	46
Figura 16 – Gráfico Boxplot da Variável do solo Acidez potência (H+Al) (cmolc/dm <sup>3</sup> ). para as áreas Água e Colônia.. .....	47
Figura 17 – Figura 17: Gráfico Boxplot da Variável do solo Magnésio (Mg) (cmolc/dm <sup>3</sup> ). para as áreas Água e Colônia.....	47
Figura 18 – Gráfico Boxplot da Variável do solo Calcio (Ca) (cmolc/dm <sup>3</sup> ). para as áreas Água e Colônia.....	48

Figura 19 – Gráfico Boxplot da Variável do solo Fósforo (P) (mg/dm <sup>3</sup> ). para as áreas Água e Colônia.....	49
Figura 20 – Gráfico Boxplot da Variável do solo Potássio (K) (cmolc/dm <sup>3</sup> ). para as áreas Água e Colônia.....	50
Figura 21 – Análise de Componentes Principais (PCA) do Solo da Área 1 (A) e Área 2 (C).....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área de árvores plantadas por Estado e espécie .....	14
Tabela 2: Caracterização dos Sítios.....	26
Tabela 3 – Modelos matemáticos a serem avaliados para ajustar a equação hipsométrica .....	28
Tabela 4 – Modelo matemático utilizado para ajustar a equação Volumétrica dos povoamentos. ....	30
Tabela 5:- Modelo de Stoffels ajustado para as diferentes parcelas nas duas áreas de estudo no município de Ortigueira-PR.....	33
Tabela 6. Coeficientes e Parâmetros ajustados para o modelo de Schumacher e Hall para clone de <i>Eucalyptus Saligna</i> na região de Ortigueira-PR .....	35
Tabela 7 – Dados de inventário da área Água das Pedras.(Área 1). ....	35
Tabela 8 – Dados de inventário da área Água das Pedras.(Área 2). ....	36
Tabela 9 – Diferenças percentuais nas médias das variáveis dendrométricas e de povoamento entre as áreas.....	36
Tabela 10 – Volume empilhado, volume sólido e fator de empilhamento das áreas estudadas.....	44
Tabela 11 – Características Químicas do Solo da Área Água das Pedras (Área 1) no município de Ortigueira para povoamentos de <i>Eucalyptus saligna</i> .. ....	45
Tabela 12 – Características Químicas do Solo da Área Colônia Augusta (Área 2) no município de Ortigueira para povoamentos de <i>Eucalyptus saligna</i> .....	45



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>11</b>
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
4.1 SETOR FLORESTAL BRASILEIRO .....	13
4.2 ESPÉCIE EM ESTUDO .....	15
4.3 EFEITO DO ESPAÇAMENTO EM PLANTIOS FLORESTAIS .....	16
4.4 QUALIDADE DE SÍTIO .....	19
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	23
5.2 HISTÓRICO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	25
5.3 COLETA DE DADOS .....	27
5.3.1 Levantamento dos dados dendrométricos.....	27
5.3.2 Levantamento dos dados de Volumetria .....	28
5.3.3 Coleta de solo .....	31
5.4 PROCESSAMENTOS DOS DADOS .....	32
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>52</b>
<b>8 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus saligna* vem sendo alvo de estudos referentes à eucaliptocultura, ou seja, programas de melhoramento genético e/ou de clonagem, cujo objetivo principal é a obtenção de maior produtividade.

O plano de manejo de florestas plantadas deve ser realizado de forma minuciosa e única para cada espécie, propriedade e região. O Brasil é um país com grande diversidade biótica e abiótica. Assim, o estudo sobre o desenvolvimento de determinadas espécies, seus espaçamentos, qualidade de sítio e produtividade devem ser realizados para que seja viável economicamente ao agricultor e sustentável ao meio ambiente.

Para escolha do espaçamento a ser utilizado em um reflorestamento, deve-se levar em consideração alguns fatores, como: material genético, produto final, competição inter e intra-específica, além da qualidade do sítio em que será realizado tal atividade. Isso se deve ao fato do espaçamento interferir de forma direta no desenvolvimento das mudas, além de alterar as características mecânicas e físicas da madeira. Quando se opta por um espaçamento mais adensado, a ocorrência de plantas dominadas, mortas e até falhas nos povoamentos são encontrados facilmente, e isso vale para áreas cuja espécie introduzida é o *Eucalyptus saligna*.

Outro fator de elevada importância, refere-se ao sítio. Este se relaciona diretamente as condições edafoclimáticas e ao material genético utilizado. A qualidade de sítio em que determinada espécie, como o *E. saligna*, é introduzida responderá diretamente à sanidade, sobrevivência e principalmente taxa de crescimento dos indivíduos. Para a determinação de sítio, faz-se necessário o estudo referente às características químico-físicas do solo, bem como as características dendrométricas do povoamento, e das condições climáticas da região.

Assim sendo, o presente trabalho visa disponibilizar informações sobre qualidade de sítio, produtividade, condições edafoclimáticas aos agricultores e empresas que utilizam o *E. saligna* como principal espécie comercial em suas áreas de floresta plantada.

## 2 JUSTIFICATIVA

As florestas plantadas apresentam uma importância econômica para a economia paranaense, em especial a região de Telêmaco Borba, polo industrial de papel e celulose, tendo Ortigueira como um dos principais municípios circunvizinhos. Este se caracteriza pela grande quantidade de povoamentos florestais plantados, tendo como principal cultura o gênero *Eucalyptus*.

Devido à ausência de estudos específicos para a região escolhida deste trabalho, relacionado principalmente à produtividade florestal, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos das características físico-químicas do solo, além da caracterização morfológica.

A realização de inventários florestais contínuos, cujo objetivo é de quantificar e avaliar as condições dos plantios ao longo do tempo, buscando assim identificar possíveis gargalos presentes na produção regional.

Assim, o presente trabalho possibilitará disponibilizar às comunidades acadêmica e produtora da região informações relevantes sobre *Eucalyptus saligna*, relacionadas à idade, características edafoclimáticas dos sítios, e espaçamento, visando uma maior produtividade e conseqüentemente aumentando a rentabilidade desta atividade na região de Ortigueira-Pr.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a influência do espaçamento e do sítio na produtividade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith no município de Ortigueira-PR.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar uma equação de volume em povoamentos clonais de *Eucalyptus saligna* Smith aos 5 anos, no município de Ortigueira-PR.

Determinar o fator de empilhamento para povoamentos clonais de *Eucalyptus saligna* Smith aos 5 anos, no município de Ortigueira-PR.

Verificar a influência do espaçamento nas variáveis dendrométricas (diâmetro à altura do peito, altura e altura média das dominantes) nas variáveis de povoamento;

Verificar a influência do sítio nas variáveis dendrométricas (diâmetro à altura do peito, altura e altura média das dominantes), e nas variáveis de povoamento;

Verificar diferenças nas características químicas do solo entre os sítios.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 SETOR FLORESTAL BRASILEIRO

A introdução do gênero *Eucalyptus* no Brasil se deu a partir de 1904, com o silvicultor Edmundo Navarro de Andrade, para suprir a demanda da Companhia de estradas de ferro. De 1965 a 1988 a área de reflorestamento no Brasil teve um crescimento de 500 mil para 3 milhões de hectares (ha), devido a política do incentivo fiscal, colaborando para o aumento do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, gerando emprego, renda, impostos, infraestrutura e diminuindo a pressão sobre as florestas nativas (VALVERDE, 2008, p. 2-3).

Em 2009, a cobertura florestal brasileira abrangia 544 milhões de hectares, sendo que pouco mais de 5 milhões correspondia ao setor de árvores plantadas (ABIMCI, 2009, pág.10). Em 2015, esta área saltou para 7,8 milhões de ha, evidenciando a importância das áreas plantadas para o desenvolvimento industrial brasileiro, uma vez que 91% de toda madeira produzida para estes fins são oriundas destas áreas (IBA, 2016, p.38).

Segundo IBA (2015, p. 28), os plantios de eucalipto no Brasil representam 71,9% do total de árvores plantadas, ou seja, 5,56 milhões de ha, onde os estados de Minas Gerais (1.400.232 ha) e São Paulo (976.186 ha) possuem a maior produção no país. O Paraná é considerado como o sétimo estado com maior produção de eucalipto, possuindo uma área de 224.089 ha, no entanto o estado se destaca pelos plantios de *Pinus* spp. que representam 673.769 ha.

Tabela 1: Área de árvores plantadas por Estado e espécie.

Estado	Área plantada com árvores (ha)			Total
	Eucalipto	Pinus	Outras	
MG	1.400.232	39.674	5.313	1.445.219
SP	976.168	123.996	90.147	1.190.329
PR	224.089	673.769	16.255	914.113
MS	803.699	7.135	23.000	833.834
BA	630.808	6.499	34.000	671.307
SC	112.944	541.162	6.645	660.751
RS	309.125	184.585	103.592	597.302
MT	187.090	-	113.249	300.339
ES	228.781	2.660	15.000	246.441
MA	211.334	-	-	211.334
PA	125.110	-	72.368	197.478
TO	115.564	430	45.876	161.870
GO	124.297	9.087	5.000	138.384
AP	60.025	-	-	31.212
PI	31.212	-	-	31.212
Outras	18.157	-	56.140	74.297
<b>Total</b>	<b>5.558.653</b>	<b>1.588.997</b>	<b>588.521</b>	<b>7.736.171</b>

Fonte: IBÁ & Pöyry (2014).

Os principais produtos oriundos das florestas plantadas são: celulose, papel, painéis de madeira, laminados, compensados, móveis, carvão vegetal, entre outros (IBÁ, 2015, pág. 15).

No estado do Paraná, encontra-se um dos maiores polos moveleiros do país, comportando 2.716 empresas, que representa 13,5% das empresas deste setor no Brasil, gerando aproximadamente 4,07 bilhões em vendas industriais (APD, 2013). Outro segmento marcante no Estado é o de papel e celulose, o qual se destaca pela produção de pasta celulósica de fibra longa, papéis para embalagem e papéis para imprimir e escrever (BRACELPA, 2002).

Segundo o Instituto de Florestas do Paraná (2013), através de uma estatística florestal realizada pelo SEAB/DERAL, o município de Ortigueira produziu no ano de 2013, 435.881 m<sup>3</sup> de madeira para lenha, 326.055 m<sup>3</sup> de madeira em tora para papel e celulose e 240.828 m<sup>3</sup> de madeira de eucalipto em tora para serraria e a área total de plantio *Eucalyptus* spp. no município é de 19.574,64 ha e de *Pinus* spp. é de 11.484,62 ha, no ano de 2015.

## 4.2 ESPÉCIE EM ESTUDO

O *Eucalyptus* é um gênero que pertence à família Myrtaceae, nativo da Austrália e Indonésia, existindo aproximadamente 600 espécies diferentes em todo o mundo (BRACELPA, 2010).

O Brasil é um país cujas características edafoclimáticas permitem a adaptação de espécies vegetais de diferentes climas do mundo, por apresentar clima tropical e subtropical. Um gênero que se adaptou bem ao país é o *Eucalyptus*, cujas espécies constituintes originam-se de regiões semelhantes às encontradas no Brasil, como *E. camaldulensis* Dehnh, *E. corymbia citriodora*, *E. cloeziana* F. Muell, *E. grandis* W. Hill ex Maiden, *E. maculata* Hook, *E. pellita* F. Muell, *E. tereticornis* Sm, *E. urophylla* L. D. Pryor de regiões tropicais e *E. dunnii* Maiden, *E. globulus* Labill, *E. viminalis* Labill, *E. saligna* Sm, de regiões subtropicais. Atrelado a isso, este gênero apresenta rápido crescimento, produtividade, ampla diversidade de espécies, grande capacidade de adaptação e aplicação para diferentes finalidades (MORA & GARCIA, 2000), tornando-se muito atrativo como alternativa para o reflorestamento no país e no mundo.

O *Eucalyptus saligna* é uma das espécies mais utilizadas para plantios comerciais em decorrência de suas características, como elevada produtividade, taxa elevada de crescimento e fácil adaptação (VALERA & KAGEYAMA, 1988; KIKUTI & NAMIKAWA, 1990). Essa espécie é originária de uma região cujo clima predominante é quente e úmido, com precipitações anuais variando entre 1.000 e 1.800mm (BARROS et al.,1990). Tolerante a solos com características químicas moderadas, com boa retenção de umidade e bem drenadas. Por caracterizar-se como uma espécie resistente a geadas, esta é introduzida em regiões cujas temperaturas atinjam menos de 8°C, sendo mais resistente que o *E. grandis* (TURNBULL & PRYOR,1978).

Afim de minimizar as variações fenotípicas encontradas em um plantio de eucalipto, vem aumentando significamente as técnicas de clonagem no Brasil, buscando assim uma maior produtividade de madeira (FONSECA et al., 2010).

O reconhecimento adquirido pelo Brasil referente à produção de madeira de eucalipto de alta qualidade e de baixo custo relaciona-se diretamente a realização de práticas de melhoramentos genéticos, que são cruzamentos intra e

interespecíficos e clonagem de indivíduos classificados como superiores, que são aqueles que apresentam características desejáveis. Pode-se dizer assim que, sem o uso das técnicas de hibridação e clonagem, a eucaliptocultura nacional não alcançaria resultados satisfatórios em regiões quentes e úmidas, devido também a presença de doenças (ALFENAS et al., 2004).

#### 4.3 EFEITO DO ESPAÇAMENTO EM PLANTIOS FLORESTAIS

Para a implantação de um maciço florestal em determinada área, muitos aspectos qualitativos e quantitativos devem ser levados em consideração, e o espaçamento entre plantas é um dos mais importantes. Sabe-se que para o planejamento de uma empresa e até mesmo de um produtor florestal, a escolha do espaçamento ideal interferirá na taxa de crescimento dos indivíduos, qualidade da madeira, idade de corte, tratamentos silviculturais, manejo da floresta, uso final do produto, condições de mercado e conseqüentemente no custo de produção, fazendo-se necessário o conhecimento das características edafoclimáticas do local e genética da espécie a ser introduzida.

Em muitos plantios florestais, a determinação do espaçamento é realizada a partir das ferramentas ou maquinários empregados para preparação do local de plantio, abertura das covas, e com objetivo de facilitar a colheita futura dos indivíduos. Contudo, sabe-se que para a recomendação do espaçamento, deve-se levar em consideração a forma de crescimento e desenvolvimento das raízes, o tipo de solo e sua profundidade, crescimento e desenvolvimento da copa em comparação a sua tolerância de competitividade, a necessidade de tratamentos silviculturais e por fim, o objetivo final do plantio (BERGER, 2000, pág.11).

Segundo SHIMOYAMA & BARRICHELO (1989, p. 7), o espaçamento pode influenciar várias características qualitativas e quantitativas, como: volume, diâmetro e/ou altura, alterando a morfologia dos vegetais e seu crescimento, em especial o diâmetro, independentemente de suas características genéticas. Assim, o espaçamento apresenta importância considerável no desenvolvimento das árvores quanto a aspectos econômicos, silviculturais e tecnológicos.



Segundo PATIÑO-VALERA (1986), o espaçamento ideal ou também conhecido como espaçamento ótimo, é aquele que em função da espécie escolhida, sítio e potencial genético do material reprodutivo utilizado seja capaz de produzir o maior volume em tamanho, forma e qualidade desejável para o produto final. BALLONI & SIMÕES (1980, p. 4), afirmam que o espaçamento ideal para determinados produtos finais não são os mesmos, ou seja, o espaçamento destinado para celulose não deve ser o mesmo que para serraria. E também, que o espaçamento ideal deve variar de espécie para espécie, uma vez que estas não apresentam comportamentos iguais.

Para a determinação de um espaçamento ideal, deve-se primeiramente ter em mente, segundo MORAIS (2006, p. 6), vários fatores, como produto final desejado, distribuição espacial das mudas a serem inseridas na área, condição e necessidade de realização de tratamentos culturais. Além destes fatores, SMITH & STRUB (1991, p. 281) afirmam que para esta decisão é necessário considerar as variáveis biológicas, como altura, diâmetro, copa, qualidade da madeira, área basal e volume, e operacionais, como preparo do solo, tratamentos silviculturais, desbastes e corte raso, como efeito do espaçamento inicial das mudas a campo.

As características das espécies a serem implantadas em um maciço florestal devem ser levadas em consideração, em vista que uma espécie pode ser tolerante ou não a determinadas condições as quais serão submetidas. A partir disso, SCHNEIDER et al. (2015, p. 120), afirmam que grande parte das espécies que compõem o gênero *Eucalyptus* são intolerantes a competição, ou seja, quando submetidos a condições de espaçamento adensados tendem a uma maior segregação em estratos, além do que, esta consequência associa-se também a qualidade do Sítio. Esta segregação refere-se à competição existente entre os indivíduos em decorrência da ausência de espaço para o desenvolvimento radicular, expansão da copa, competição por nutrientes, entre outros.

Em espaçamentos adensados ou reduzidos, SCHNEIDER et al. (2015, p. 120), verificaram que indivíduos de *E. saligna* apresentaram quantidades de plantas dominadas, mortas e com falhas consideráveis, quando comparado a indivíduos de *E. grandis* nas mesmas condições, contudo, em locais cujos espaçamentos são maiores, esta diferença não foi observada.

Em estudos realizados por MIRANDA & NAHUZ (1999, p. 115) referente à influência do espaçamento em plantio de *E. saligna* Smith nos índices de

rachamento após o desdobro a após a secagem, verificou-se que houve interferência do espaçamento adotado em relação as rachaduras. Estes autores observaram que a intensidade de rachaduras após o desdobro foi maior em toras oriundas do espaçamento 3x4 m, e após secagem houveram rachaduras em toras vindas de espaçamentos 3x3 m, contudo, a menor perda de material serrado, por rachamento, foi em espaçamento maior, de 4x4 m.

O espaçamento de plantio altera, segundo BALLONI & SIMÕES (1980, p.5), a altura, diâmetro a altura do peito (DAP), sobrevivência e conicidade do fuste, influenciando assim, no volume total de madeira bem como no volume útil produzido pela floresta. Contudo, estes autores afirmam que a interferência do espaçamento é maior no desenvolvimento do DAP do que comparado ao desenvolvimento em altura do indivíduo.

SCHNEIDER et al. (2015, p. 125), em estudos realizados sobre a influência do espaçamento no autodesbaste de povoamento monoclonal de *Eucalyptus saligna* Smith verificaram que o espaçamento é um fator limitante na dimensão do diâmetro médio de início do autodesbaste, já que o espaçamento inicial e o diâmetro médio no momento do autodesbaste são diretamente proporcionais, em que quanto maior for o espaçamento inicial determinado para um maciço florestal maior será seu diâmetro médio neste momento, uma vez que o autodesbaste na população ocorrerá mais tardiamente do que em espaçamentos mais adensados.

BALLONI & SIMÕES (1980, pág. 5) comentam que há controvérsia na relação entre espaçamento e o crescimento em altura das árvores, entretanto Silva (1990) afirma que em espaçamentos mais reduzidos há maior competição entre plantas em busca de luz, devido à necessidade de a planta ampliar ao máximo a superfície foliar e cobrir sua necessidade de assimilação, fazendo com que a mesma estimule o crescimento em altura.

FISHWICK (1976) cita que em espaçamentos mais amplos, haverá: menor custo de implantação, em decorrência do menor número de mudas necessárias para compor o plantio; no primeiro desbaste, serão retiradas toras de maior diâmetro e no corte final também; poderá evitar a necessidade de desbastes antieconômicos nos primeiros anos; e as rotações poderão ser mais curtas com produções de toras de tamanhos pré-estabelecidos.

BERGER (2000, p.12) menciona que quando o plantio é realizado em espaçamentos amplos, dentro de determinados limites, os indivíduos apresentam uma taxa de crescimento maior do que aqueles em espaçamentos adensados.

#### 4.4 QUALIDADE DE SÍTIO

Quando se fala em sítios florestais alguns conceitos e terminologias devem ser considerados, como o próprio conceito de sítio, que é um local geográfico considerado homogêneo em relação aos fatores ambientais (físicos e biológicos). Sítios podem ser classificados em tipos de sítios, de acordo com a sua relação com o clima, topografia, solo e vegetação da área estudada (SKOVSGAARD & VANCLAY, 2008, pág.14).

SKOVSGAARD & VANCLAY (2008, pág. 14) afirmam que embora a terminologia qualidade de sítio e sítio produtivo seja utilizada como sinônimos, eles não são. Qualidade de sítio nada mais é que a combinação entre fatores biológicos e físicos, caracterizando uma área ou sítio, e pode envolver uma classificação descritiva. Já sítio produtivo é uma quantificação estimada do potencial de um sítio de produzir biomassa das plantas.

O local ou sítio pode ser qualificado ou quantificado em relação a sua capacidade de produção considerando uma espécie ou tipo florestal em particular, ou seja, um sítio bom pode ter características desejáveis para o desenvolvimento de certa espécie florestal, no entanto pode não possuir as mesmas qualidades para outra espécie (CLUTTER et al., 1983; CAMPOS & LEITE, 2009).

Segundo CALDEIRA et al. (1996, pág.1), a definição para qualidade de sítio conforme a Sociedade Americana de Floresta, é uma área que apresente fatores ecológicos com capacidade de produzir povoamentos florestais ou outra vegetação, em união com fatores biológicos, climáticos e edáficos. Portanto, a qualidade de sítio nada mais é que a soma dos fatores presentes no local que afetam os indivíduos ali presentes.

Para SCOLFORO (1998), índice de sítio é um conjunto de fatores, como climáticos, edáficos e biológicos, que afetam diretamente o desenvolvimento de um povoamento florestal numa área de inserção do mesmo. Para SCOLFORO &

MACHADO (1988, pág. 140), determinar a qualidade de sítio como prognóstico de modelos de crescimento e produção de um maciço florestal é comum na realização de manejo florestal como objetivo de classificação de povoamento equiâneos, a partir de sua capacidade produtiva, permitindo assim, a realização da estratificação para diversos fins, como inventário florestal, exploração e riscos de manejo.

BILA (2010, pág. 17) relata que para a realização da classificação da capacidade produtiva de um sítio é necessário à construção de uma curva de índice de sítio, partindo do conhecimento que cada sítio apresenta seu crescimento em altura, dependendo das condições edafoclimáticas e das características da espécie.

Segundo SCOLFORO (1993), a qualidade de um sítio florestal pode ser avaliada por métodos diretos e indiretos. A classificação direta pode ser mensurada diretamente, podendo ser por meio de registro histórico de uso da terra, do volume, área basal do povoamento e crescimento periódico em altura, enquanto a classificação indireta é feita através de atributos que constituem o local, como: uso de plantas indicadoras, fatores edáficos, topográficos e climáticos e relações interespecíficas.

Em decorrência da boa adaptação que o gênero eucalipto apresenta quando inserido em condições ecológicas variadas, é perceptível a influência do meio em seu desenvolvimento. Ou seja, a qualidade do sítio em que este gênero é introduzido é um dos principais responsáveis não só pelo seu crescimento, mas também pela sanidade e sobrevivência dos indivíduos (FINGER et al., 1996, pág.138).

CASTELO et al. (2008, pág. 496), afirmam que as características da madeira, como percentagem de lenho, massa específica básica, morfologia das fibras, composição química, teor de madeira juvenil e adulta, entre outros, obtidos como produto final de um maciço florestal estão diretamente relacionadas a interação entre as características genéticas da espécie utilizada e as condições ambientais, sendo este último um alvo das avaliações sobre as propriedades da madeira.

Para BURGER (1976, sem pág.), o melhor indicador de produtividade do sítio é a altura dominante, em virtude da sua facilidade de medição, e por possuir uma correlação com a produção volumétrica e pela sua independência na densidade do povoamento.

Em estudo realizado por CASTELO et al. (2008, pág. 504), notou-se que o sítio que apresentou solo com textura mais argilosa, a madeira proveniente do mesmo apresentou valores maiores para massa específica, largura de fibras e diâmetro do lumem, diferente daquelas oriundas do sítio menos produtivo, o qual apresentou índices de qualidade de fibras considerados ideais para a fabricação de papel, contudo sua limitação se deu em virtude da profundidade efetiva do solo.

Estudos realizados por LARSON et al. (2001, pág. 14), mostram que em locais que apresentam característica do solo com alta fertilidade e umidade adequada, caracterizam-se por sítios de bom crescimento, produzindo madeiras de rápido crescimento, diferente de sítios deficientes em nutrientes e umidade, o que acarreta num crescimento e desenvolvimento mais lento dos indivíduos.

CLUTTER et al. (1983), citam que espessura, quantidade de água disponível, profundidade da textura fina de horizontes do solo, entre outros, são exemplos de variáveis que podem ser utilizadas na estimativa por fatores edafoclimáticos para a caracterização do sítio.

As interações entre fatores genéticos de uma espécie, e ecológicos, resultam diretamente no crescimento dos indivíduos inseridos em uma floresta. Os fatores ecológicos correspondem às condições climáticas, edáficas, topográficas e de competição, existente na área florestal (FINGER, 2006, pág. 209). Este mesmo autor afirma que a ação antrópica pode ocorrer para alterar a produtividade de um sítio com a realização de atividades florestais, como tratos silviculturais, seleção de árvores, manejo e adubação do solo.

A condição química do solo é uma das maiores preocupações presente na seleção do material genético ideal, visto que se objetiva a utilização das espécies melhoradas que se adaptam ao local, de forma que consigam absorver e utilizar os nutrientes disponíveis de forma mais eficiente (GODDARD e HOLLIS, 1984).

HANNAH (1968) afirma que a correlação existente entre os atributos do solo e a qualidade de sítio de determinado local, faz-se necessário para estabelecer relações matemáticas entre os fatores edáficos e o crescimento das árvores, a fim de estimar a capacidade produtiva do local utilizando variáveis equacionadas.

Uma técnica muito empregada para correlacionar qualidade de sítio e fatores edáfico, segundo Spurr & Bernes (1980), é a análise de regressão, a qual consiste numa estatística univariada, apresentando uma estimativa aproximada da qualidade do sítio. Quando se utiliza estatística multivariada, as quais correlacionam fatores

diversos (clima, solo, relevo e vegetação) de forma simultânea, os resultados são melhores em virtude do desenvolvimento de diversos sistemas de classificação de sítio (PREGITZER & BARNES, 1984; HARDING ET AL., 1985; HIX, 1988; JOKELA ET AL., 1988; BURTON ET AL., 1991; CORNS, 1992; FINCHER & SMITH, 1994).

A análise multivariada corresponde ao ramo da matemática que trabalha com a investigação de numerosas variáveis simultaneamente. "A necessidade de análise multivariada surge toda vez que mais do que uma característica é mensurada em um número de indivíduos, e as relações entre essas características necessitam ser estudadas simultaneamente" (GAUCH, 1982).

Outra técnica estatística multivariada é a análise discriminante, a qual permite a separação de series de indivíduos e/ou alocação de novos indivíduos em grupos pré-definidos (Johnson & Wichern, 1988), baseando-se nas variáveis mensuradas nos indivíduos que compreendem cada grupo (Mardia et al, 1979; Williams, 1983; Manly, 1995). Esta análise permite, segundo BOUROCHE & SAPORTA (1982), avaliar se há diferença existente entre os grupos, de maneira que utilize as variáveis mensuradas nos indivíduos, e até mesmo a utilização do conhecimento prévio dessas variáveis permitindo a inserção de um indivíduo em um grupo novo, com um risco mínimo de erro.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido no município de Ortigueira – PR, localizado no Segundo Planalto Paranaense, na região dos Campos Gerais paranaenses, centro do Estado (Figura 1), sob latitude 24°12'18" S, longitude 50°56'56" O, e altitude média de 758 m, apresentando sua extensão territorial de 2.429,564 km<sup>2</sup> (IBGE, 2015).

Composto pela Bacia Alto do Ivai e Alto do Tibagi, a vegetação presente neste entorno, o qual o município se encontra, é caracterizada pela presença das Florestas Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual.

A característica geológica do município é de topografia ondulada, apresentando a maior altitude da região norte do Estado de 758 metros. Em decorrência da sua localização, o mesmo é caracterizado pela diversidade geológica, apresentando solos: Argissolos vermelho e vermelho-amarelado, cambissolo e Neosolo litólico. Esta diversidade reflete sua formação, uma vez que o mesmo localiza-se sobre o Arco de Ponta Grossa, composto de diques de rochas ígneas básicas, os quais alimentam o derrame basáltico encontrado no Terceiro Planalto Paranaense (MINEROPAR, 2002).

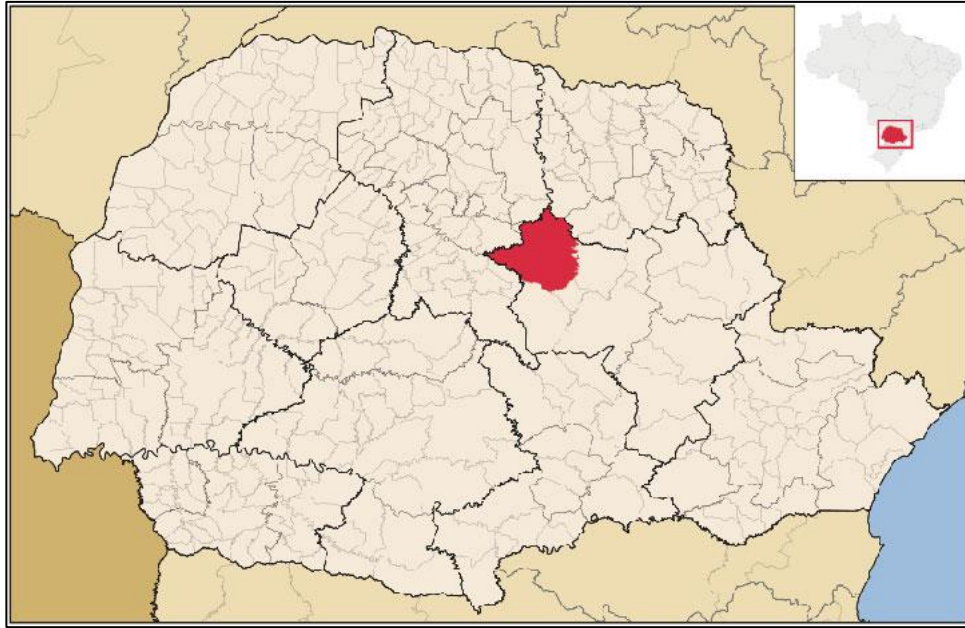


Figura 1 – Localização da cidade de Ortigueira no estado do Paraná  
Fonte: Google imagem (2015)

Segundo IAPAR, (2015) o tipo climático é predominantemente Cfa, subtropical com verão ameno, com base no sistema de classificação de Köppen. A temperatura média anual do município é de 18,4 °C, com temperatura média no verão de 23 a 24°C e no inverno de 16 a 17°C com ocorrência de geadas. A pluviosidade média anual é de 1.501 mm não apresentando meses com déficit hídrico (Figura 2).

As áreas em estudos situam-se nos bairros: Águas das pedras (Área 1) e Colônia Augusta Vitória (Área 2), apresentando uma distância entre si em linha reta de 21,83km.



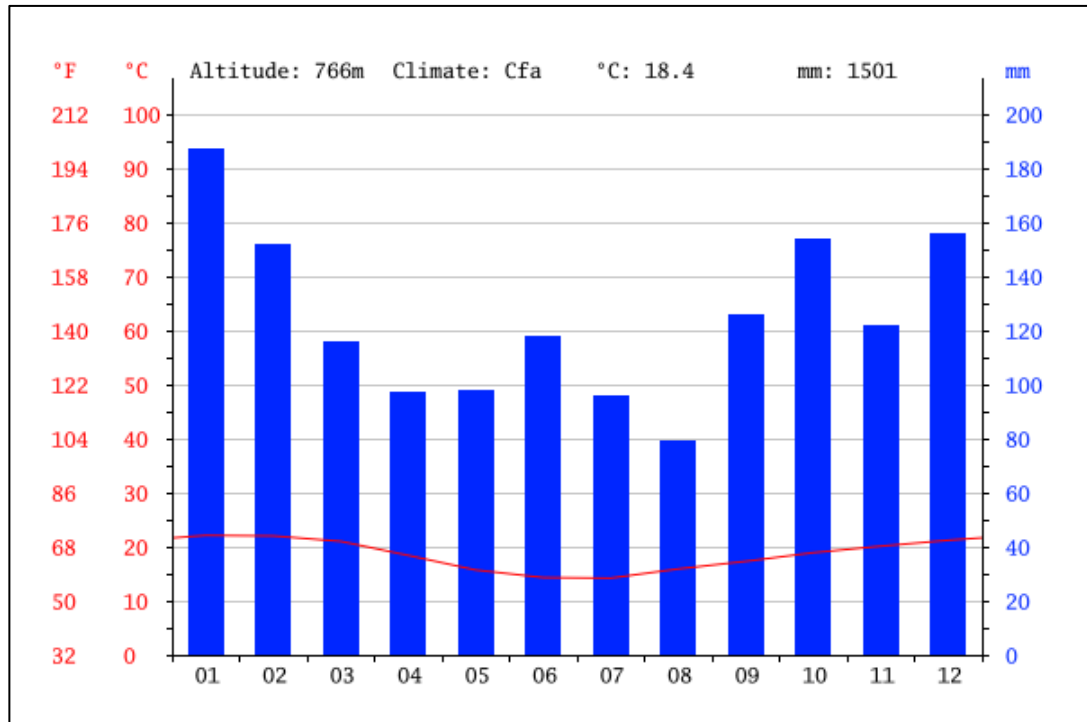


Figura 2 – Média de pluviosidade ao longo do ano na município de Ortigueira/PR. Fonte: Climate-Data.org (2016).

## 5.2 HISTÓRICO DAS ÁREAS DE ESTUDO

A área localizada no bairro Água das Pedras o qual se encontra na latitude 24° 7'45.04"S e longitude 50°59'53.74"O e altitude média de 881 m, com extensão territorial de 10,64 hectares (ha). Destes, 8,77 ha foram destinados para o plantio do clone de *Eucalyptus saligna* Smith. Foi realizada classificação de campo do solo na área 1, onde identificou-se que o solo caracteriza-se como Neossolo regolítico.

Anteriormente a implantação da floresta de eucalipto, a propriedade caracterizava-se pela presença da pecuária, sendo o solo coberto por pastagem, não ficando exposto e no mesmo não era realizado nenhum manejo, adubação e correção de solo. Em novembro de 2010 esta área foi convertida em uma floresta comercial de eucalipto, onde se utilizou mudas clonais de *Eucalyptus saligna* Smith, adquiridas através do programa de fomento de uma empresa local.

Para a implantação da floresta, foi realizado subsolagem como forma de abertura da linha de plantio e descompactação do solo. O espaçamento de plantio foi de 3x2 m.

Posteriormente ao plantio, foi realizada a adubação na cova com 100g de NPK, após aproximadamente 30 dias, foi realizado o replantio das mudas mortas e a adubação de cobertura onde se aplicou mais 100g de NPK. O agricultor responsável pela área não soube informar a formulação do adubo utilizado.

A área 2 localizada no bairro Colônia Augusta Vitória encontra-se na latitude 24°16'22.07" S e longitude 50°51'3.04" O e altitude média 826 m, com extensão territorial de 30,92 ha, onde 9,23 ha foram destinados para o plantio de clone de *Eucalyptus saligna* Smith. Na área 2 também foi realizada a classificação de campo do solo, onde identificou-se o solo como Argissolo vermelho.

Anteriormente a implantação da floresta de eucalipto, a propriedade caracterizava-se pela presença de culturas anuais, cujo solo era coberto por lavoura, ficando expostos alguns períodos do ano, e no mesmo não era realizado nenhum manejo, adubação e correção do solo. Em novembro de 2010, esta área foi convertida em uma floresta comercial de eucalipto, também utilizando mudas clonais de *Eucalyptus saligna* Smith, adquiridas através do programa de fomento de uma empresa local.

Para a implantação da floresta, foram utilizados as mesmas técnicas de tratamentos silviculturais que na área 1, no entanto o espaçamento utilizado foi de 2,5x2,5m. A tabela 2 apresenta um resumo das características dos sítios estudados.

Tabela 2: Caracterização dos diferentes sítios com plantio da espécie *E. saligna* em Ortigueira-PR

Sítio	Área de plantio (há)	Uso anterior	Solo	Espaçamento	Plantio (N/ha)
Água das pedras (área 1)	8,77	Pastagem	Neossolo regolítico	3 x 2 m	1.667
Colônia Augusta Vitória (área 2)	9,23	Culturas anuais	Argissolo vermelho	2,5 x 2,5 m	1.600

Fonte: O autor, 2016.

## 5.3 COLETA DE DADOS

### 5.3.1 Levantamento dos dados dendrométricos

A amostragem sistemática foi realizada nas duas áreas e a demarcação de cada parcela foi realizada com auxílio de piquetes os quais apresentaram uma distância entre si de 100m, totalizando dezoito parcelas, sendo nove parcelas em cada sítio, com aproximadamente uma parcela por hectare. Após a alocação dos pontos de cada parcela, as mesmas foram instaladas através do método de parcelas circulares fixas, onde na Área 1 a área foi de 360 m<sup>2</sup> com raio de 10,7 m e na Área 2 de 375m<sup>2</sup> com raio de 10,9 m, sendo realizada a medição de sessenta árvores em cada parcela. Nas parcelas foram coletados dados do diâmetro à altura do peito (DAP) de todos os indivíduos e a altura total (h) das 20 primeiras árvores. Também foi medida a altura das árvores com maior DAP (Hdom) da parcela, baseado no número de indivíduos pela área da parcela, resultando quatro árvores dominantes em ambas as áreas.

As alturas totais e a altura das árvores dominantes foram obtidas com auxílio do Vertex IV e os diâmetros à altura do peito através de suta de alumínio, mensurando-se duas medidas em forma de cruz, fazendo a média de ambas, posteriormente.

Para determinar a relação hipsométrica de ambas às áreas, foram testados quatro modelos matemáticos, apresentados na tabela 3, a fim de determinar o melhor modelo matemático para a relação hipsométrica, foram levados em consideração os seguintes parâmetros: a melhor distribuição dos resíduos no gráfico de dispersão, maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ); menor erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ); maior valor de F calculado.

Tabela 3 – Modelos matemáticos a serem avaliados para ajustar a equação hipsométrica.

Equação	Modelo	Autor
1	$h_i = \beta_0 + \beta_1(d_i)$	-
2	$\ln(h_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d_i)$	Stofells
3	$\ln(h_i) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{d_i}\right)$	Schumacher
4	$h_i = \beta_0 + \beta_1 d_i + \beta_2 d_i^2$	Trorey

Em que  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ : são parâmetros dos modelos;  $\ln$ =logaritmo natural;  $h_i$  = altura total da i-ésima árvore(m);  $d_i$ =diâmetro à altura do peito da i-ésima árvore(cm).

### 5.3.2 Levantamento dos dados de Volumetria

Para a construção de equação de volume das árvores individuais foram cortadas 20 árvores por área. As árvores foram escolhidas fora das parcelas e através da classificação dos diâmetros obtidos na medição dos mesmos, separados por classe diamétrica, abatendo as árvores proporcionais à frequência dessas classes.

A cubagem foi feita através do método de cubagem rigorosa de Smalian, que consiste em seccionar a árvore em vários comprimentos. As posições de cubagem foram marcados em 0,10m; 0,30m; 0,7m; 1,30m; 2,30m; e assim sucessivamente. Em seguida foi medido os diâmetros com casca ( $d_{cc}$ ) de cada seção com uma sulta, demonstrado na figura 3.

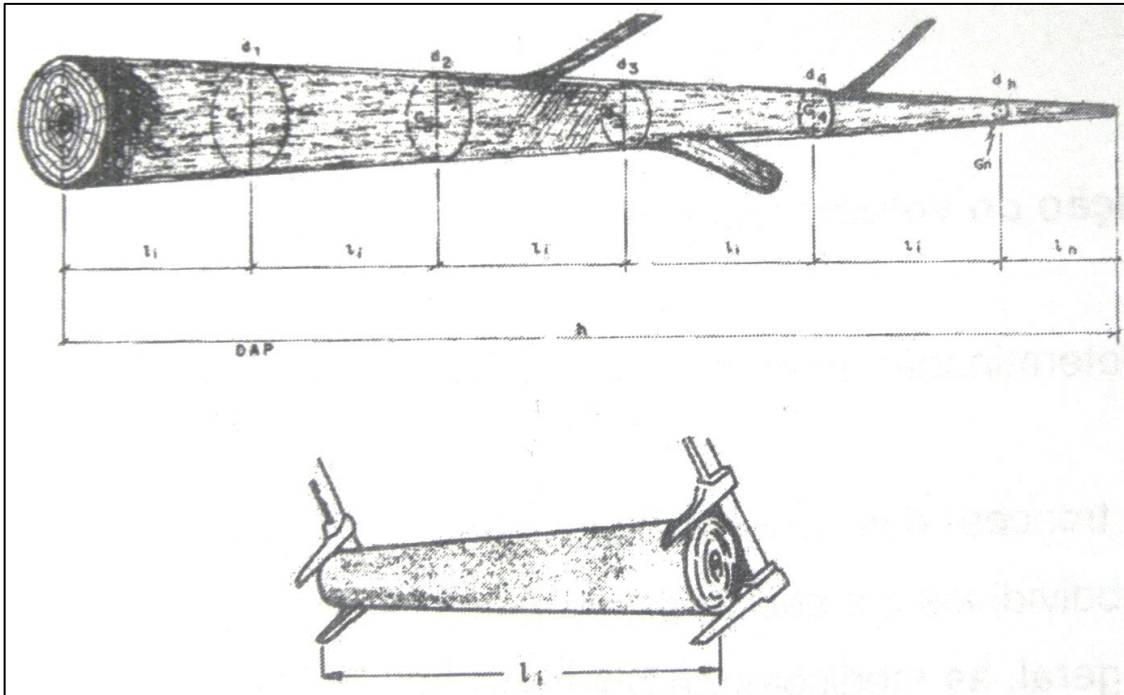


Figura 3: Seccionamento pelo método de smalian.  
Fonte: Finger,2006.

Posteriormente foi calculada cada secção em função do comprimento e das áreas basais nas extremidades, o volume total das árvores, através das seguintes formulas:

$$V_t = \sum_{i=1}^n V_i + V_c$$

Onde:

$V_i$  = Volume das secções intermediárias(m<sup>3</sup>);

$$V_i = \left[ \frac{(g_i + g_{i+1})}{2} \right] l_i$$

( $g_i$  = área basal da secção inferior;  $g_{i+1}$  = área basal da secção superior(m<sup>2</sup>);  $l_i$  = comprimento da secção(m))

$V_c$  = Volume do cone.

$$V_c = \left( \frac{1}{3} \right) g_n \cdot l_n$$

( $g_n$  = área basal do cone(m<sup>2</sup>);  $l_n$  = comprimento do cone(m))

Para estimativa volumétrica com casca foi utilizado à equação de Schumacher-Hall (Tabela 4), dos 40 indivíduos abatidos nas duas áreas, por ser um modelo já consolidado na literatura.

Tabela 4 – Modelo matemático utilizado para ajustar a equação Volumétrica dos povoamentos.

Equação	Modelo	Nome
1	$LnV = \beta_0 + \beta_1 Lnd_1 + \beta_2 Lnh_i$	Schumacher-Hall

Em que  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  = são parâmetros dos modelos;  $Ln$ =logaritmo natural;  $h_i$  = altura total da i-ésima árvore(m);  $d_i$ =diâmetro à altura do peito da i-ésima árvore(cm).

O modelo ajustado foi avaliado através dos seguintes parâmetros: gráfico de dispersão dos resíduos, Erro padrão das estimativas ( $S_{xy}$ ) e Coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

O volume das parcelas foi estimado através da soma dos volumes individuais de suas respectivas árvores, obtidas pela equação de volume.

Após coletado os dados de volumetria, os toretes foram empilhados e posteriormente realizado a medição da altura, largura e comprimento da pilha para que pudesse ser calculado o fator de empilhamento (Figura 4).



Figura 4: Pilha para cálculo do fator de empilhamento para Eucalyptus saligna no município de Ortigueira-PR..  
Fonte: O Autor,2016.

### 5.3.3 Coleta de solo

A amostragem de solo de cada área foi realizada em todas as parcelas. Foi realizada uma amostragem composta, coletando seis pontos amostrais no interior da parcela, sendo esta realizada com pá de corte (Figura 5), com profundidade de coleta de 0-20 cm.



Figura 5: Coleta de solo com pá de corte com profundidade de 20cm.  
Fonte: O Autor, 2016.

Todo o solo coletado por parcela foi homogeneizado, sendo retirado uma única subamostra, totalizando assim 9 amostras por área (Figura 6).



Figura 6: Solo Homogeneizado e uma subamostra de solo de uma parcela estudada.  
Fonte: O Autor, 2016.

Posterior à homogeneização, o solo foi armazenado em sacos plásticos devidamente identificados e encaminhado ao laboratório de análise de solo para obtenção das características químicas dos mesmos.

Com os resultados da análise química, foi realizada análise multivariada PCA (Análise de componentes principais).

#### 5.4 PROCESSAMENTOS DOS DADOS

Os dados coletados na hipsometria e volumetria foram tabulados através do software Excel, para obtenção de dados de DAP médio, área basal, área basal por hectare, altura estimada, volume total com casca por árvore, volume total com casca por hectare, volume total sem casca por hectare e altura das árvores dominantes.

O processamento de dados, confecções de gráficos, ajustes das funções biométricas, teste T de Student e as análises multivariadas foram realizados com auxílio do software estatístico R.



## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Inventário

O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o modelo logarítmico (Stoffels) nas duas áreas, pois apresentou melhor distribuição gráfica dos resíduos, menor Syx(%) e maior  $R^2_{aj}$ . Procedeu-se então o ajuste por parcela a fim de se obter as equações, o erro padrão da estimativa absoluto (Syx) e relativo, e o coeficiente de determinação  $R^2$ . A tabela 5 apresenta as medidas de precisão obtidas das equações ajustadas por parcela.

Tabela 5: Modelo de Stoffels ajustado para as diferentes parcelas nas duas áreas de estudo no município de Ortigueira-PR.

Área	Parcela	Equação hipsométrica	Amostra (árvores)	Syx (m)	Syx (%)	$R^2$
Água	1	$\text{Ln } H = 1.12187 + 0.72457 \ln \text{dap}$	13	1,24	5,20	0,8782
Água	2	$\text{Ln } H = 0.4632 + 0.9526 \ln \text{dap}$	15	1,32	5,92	0,6805
Água	3	$\text{Ln } H = 1.59906 + 0.54073 \ln \text{dap}$	16	1,36	6,24	0,687
Água	4	$\text{Ln } H = 0.4464 + 0.9536 \ln \text{dap}$	14	1,39	6,06	0,816
Água	5	$\text{Ln } H = 0.34435 + 1.01349 \ln \text{dap}$	14	1,22	5,04	0,9025
Água	6	$\text{Ln } H = 0.1012 + 1.0670 \ln \text{dap}$	16	1,79	7,92	0,6539
Água	7	$\text{Ln } H = 1.8892 + 0.4747 \ln \text{dap}$	16	1,59	6,54	0,1017
Água	8	$\text{Ln } H = 1.5291 + 0.6022 \ln \text{dap}$	15	1,32	5,38	0,6996
Água	9	$\text{Ln } H = -0.4104 + 1.2817 \ln \text{dap}$	14	1,37	6,29	0,9238
Colônia	1	$\text{Ln } H = 1.7813 + 0.4487 \ln \text{dap}$	15	1,31	6,29	0,3312
Colônia	2	$\text{Ln } H = -0.05957 + 1.17773 \ln \text{dap}$	15	1,48	6,11	0,6176
Colônia	3	$\text{Ln } H = 1.3360 + 0.6208 \ln \text{dap}$	15	1,18	5,56	0,5978
Colônia	4	$\text{Ln } H = 0.2844 + 1.0473 \ln \text{dap}$	16	1,62	6,71	0,6097
Colônia	5	$\text{Ln } H = 0.9369 + 0.7757 \ln \text{dap}$	15	1,45	6,79	0,4802
Colônia	6	$\text{Ln } H = 0.3916 + 0.9839 \ln \text{dap}$	16	1,29	5,70	0,8531
Colônia	7	$\text{Ln } H = 1.00155 + 0.77446 \ln \text{dap}$	15	1,17	5,00	0,8888

Colônia	8	$\text{Ln } H = 0.1122 + 1.0654 \text{ ln dap}$	13	1,38	6,24	0.2673
Colônia	9	$\text{Ln } H = 0.4061 + 0.9350 \text{ ln dap}$	14	1,41	6,03	0.3973

Fonte: O Autor, 2016.

O valor de  $R^2$  na parcela 7 da área 1 foi bastante baixo, com o modelo de Stoffels explicando somente 10,17% da variação da variável altura total. Na Colônia as parcelas 1, 8 e 9 também apresentaram baixos valores de  $R^2$ , respectivamente 0,3012, 0,2673 e 0,3973. Provavelmente, nessas parcelas ocorreu maior variação na relação hipsométrica, o que pode ter comprometido a ajuste do modelo. Como também se utilizou análise gráfica dos resíduos, foi possível observar que as parcelas que tiveram  $R^2_{aj}$  muito baixos possuem algumas observações discrepantes (outliers).

Porém, o modelo de Stoffels apresentou erro padrão da estimativa inferior a 10%, variando de 5,0% a 7,92%, e por essa razão, de acordo com os critérios de seleção, o erro padrão da estimativa passou a ser a estatística decisiva para escolha do modelo de Stoffels. Assim, como os modelos foram usados para fazer a predição dos valores de altura total, não se incorreu em erros de estimativa, Frigotto et al. (2015) testaram o modelo de Stoffels para *Eucalyptus* spp. na região sul do país, encontrando baixos coeficientes de determinação  $R^2_{aj}$  de 45%, com valores de erro padrão de estimativa de 5,61 m ou  $\text{Syx}(\%)$  de 15,09. Jesus et al. (2012), encontraram valores de  $\text{Syx}$  de 1,70 m ou  $\text{Syx}(\%)$  de 10,25 e  $R^2_{aj}$  de 0,6832 no ajuste do modelo hipsométrico de Stoffels em povoamentos clonais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Percebe-se, portanto, que o modelo de Stoffels parece bastante adequado para predição de altura em povoamentos clonais de *Eucalyptus*.

Tabela 6: Coeficientes e Parâmetros ajustados para o modelo de Schumacher e Hall para clone de Eucalyptus Saligna na região de Ortigueira-PR

Modelo	Coeficientes			n	Syx (m <sup>3</sup> )	Syx (%)
	Bo	$\beta_1$	$\beta_2$			
Schumacher-Hall	0.0000560089	2,1188	0,7471	40	0.01003007	6,08

Onde:  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  = são parâmetros dos modelos; n = número de amostras; Syx = erro padrão da estimativa; Syx (%) = erro padrão da estimativa em porcentagem.

Fonte: O autor, 2016.

O modelo proposto por Schumacher e Hall é um dos modelos mais utilizados no setor florestal para estimativa de volume, devido a sua flexibilidade no ajuste dos parâmetros e por representar de forma mais plausível o volume em função do DAP e da altura da árvore. Como apresentado na tabela 6 os valores de Syx (m<sup>3</sup>) foram de 0,0100 m<sup>3</sup> e Syx (%) de 6,08, o que se considera aceitável, pois se obteve um baixo erro padrão da estimativa.

Com todos dados coletados e modelos ajustados foi realizado o inventário, estimando a densidade, área basal, volume, além de porcentagem de falha por hectare para as parcelas da área 1 (Tabela 7) e para as parcelas da área 2 (Tabela 8).

Tabela 7 – Dados de inventário da área Água das Pedras.(Área 1)

PARCELA	DAP (cm)	CV (%)	Dg (cm)	HT (m)	CV (%)	HDOM (m)	D (N/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Falhas (%)
1	15.8	18.7	16.1	22.6	13.9	27.1	1638.9	33.23	351.99	1.67
2	14.9	18.8	15.2	20.8	18.1	26.4	1750.0	31.65	315.96	0.00
3	15.6	16.2	15.8	21.8	9.2	25.7	1694.4	33.13	334.88	0.00
4	14.9	21.2	15.2	20.5	20.3	28.1	1694.4	30.67	305.33	1.61
5	16.1	13.1	16.2	23.6	13.3	27.4	1666.7	34.54	372.95	0.00
6	14.8	23.8	15.2	19.7	25.1	30.4	1666.7	30.26	298.39	0.00
7	14.3	15.6	14.5	23.3	7.9	27.1	1722.2	28.44	298.75	0.00
8	14.4	21.8	14.7	22.8	13.7	27.1	1694.4	28.76	305.35	1.59
9	15.2	15.4	15.4	21.8	19.1	29.4	1638.9	30.39	311.82	1.69
MÉDIA	15.1	18.3	15.4	21.9	15.6	27.6	1685.2	31.2	321.7	0.7
CV(%)	4.1	19.1	3.8	6.2	35.3	5.3	2.2	6.7	8.1	118.7

Em que DAP = diâmetro à altura do peito (cm); CV=Coeficiente de Variação (%); Dg = diâmetro médio quadrático (cm); HT= Altura Total (m); HDOM = Altura das árvores dominantes (m); D = Densidade populacional por hectare (N/ha); G = Área Basal por hectare (m<sup>2</sup>/ha); V = Volume por hectare (m<sup>3</sup>/ha).

Fonte: O autor, 2016

Tabela 8 – Dados de inventário da área Colônia Augusta. (Área 2)

PARCELA	DAP (cm)	CV (%)	Dg (cm)	HT (m)	CV (%)	HDOM (m)	D (N/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Falhas (%)
1	14.6	19.8	14.9	19.7	9.6	22.2	1600.0	27.72	259.44	0.00
2	14.6	16.4	14.8	22.3	19.1	31.4	1440.0	24.85	259.29	10.00
3	15.0	13.0	15.1	20.4	8.4	22.8	1573.3	28.25	268.96	1.67
4	15.5	11.0	15.6	23.5	11.5	33.9	1573.3	30.17	321.63	1.67
5	14.6	12.2	14.7	20.4	9.6	25.8	1546.7	26.30	250.11	3.33
6	15.4	13.6	15.6	21.8	13.4	28.2	1546.7	29.45	299.26	3.33
7	15.8	12.1	15.9	23.0	9.7	25.9	1600.0	31.79	333.55	0.00
8	15.6	7.7	15.6	20.9	8.2	24.9	1600.0	30.68	296.25	0.00
9	15.7	11.8	15.8	22.0	11.5	27.6	1600.0	31.41	319.24	0.00
MÉDIA	15.2	13.1	15.3	21.6	11.2	27.0	1564.4	29.0	289.7	2.2
CV(%)	3.3	26.2	3.0	6.1	30.3	14.1	3.3	8.2	10.8	145.2

Em que DAP = diâmetro à altura do peito (cm); CV=Coeficiente de Variação (%); Dg = diâmetro médio quadrático (cm); HT= Altura Total (m); HDOM = Altura das árvores dominantes (m); D = Densidade populacional por hectare (N/ha); G = Área Basal por hectare (m<sup>2</sup>/ha); V = Volume por hectare (m<sup>3</sup>/ha).

Fonte: O autor, 2016

Após realizar o Inventário foi calculada a média das de cada variável para cada área, tanto dendrométrica, quanto de povoamento e calculado a diferença em percentual entre elas (Tabela 9).

Tabela 9 – Diferenças percentuais nas médias das variáveis dendrométricas e de povoamento entre as áreas

Áreas	DAP (cm)	CV (%)	Dg (cm)	HT (m)	CV (%)	HDOM (m)	D (N/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Falhas (%)
1	15.1	18.3	15.4	21.9	15.6	27.6	1685.2	31.2	321.7	0.7
2	15.2	13.1	15.3	21.6	11.2	27.0	1564.4	29.0	289.7	2.2
D %	-0.7	40.0	0.1	1.5	39.2	2.5	7.7	7.8	11.0	-67.2

Em que DAP = diâmetro à altura do peito (cm); CV=Coeficiente de Variação (%); Dg = diâmetro médio quadrático (cm); HT= Altura Total (m); HDOM = Altura das árvores dominantes (m); D = Densidade populacional por hectare (N/ha); G = Área Basal por hectare (m<sup>2</sup>/ha); V = Volume por hectare (m<sup>3</sup>/ha); D% = Diferença percentual entre as áreas.

Fonte: O autor, 2016

### 6.1.1 Variáveis dendrométricas

Observando as tabelas 7 nota-se que o diâmetro médio das parcelas da área 1 foi de 15,1 cm, que possui um espaço vital de 6 m<sup>2</sup> e na área 2 (Tabela 8), o

diâmetro médio das parcelas foi de 15,2 cm que possui uma área vital de 6,25 m<sup>2</sup>, confirmando a afirmação de CARDOSO (1989), que afirmou que povoamentos menos amplos tendem a ter árvores com menor diâmetro comparadas as árvores de povoamentos mais espaçados, devido ao menor espaço há maior concorrência, além do crescimento em diâmetro ser maior. Porém, essa diferença foi muito pequena, e estatisticamente não houve diferença para essa variável entre as duas áreas ( $t=-0,378$ ,  $p=0,7107$ ). No tocante a distribuição diamétrica, verificou-se que a mediana dos DAP médios das parcelas da área 2 foi de aproximadamente 15,4 cm enquanto na área 1, a mediana foi de 14,4 cm. Na área 1 os diâmetros variaram de 14,3 cm até 16,1 cm, e na área colônia de 14,6 cm a 15,8 cm, com isso é possível afirmar que a área 2 possui uma maior homogeneidade, contendo uma menor amplitude dos dados (Figura 7).

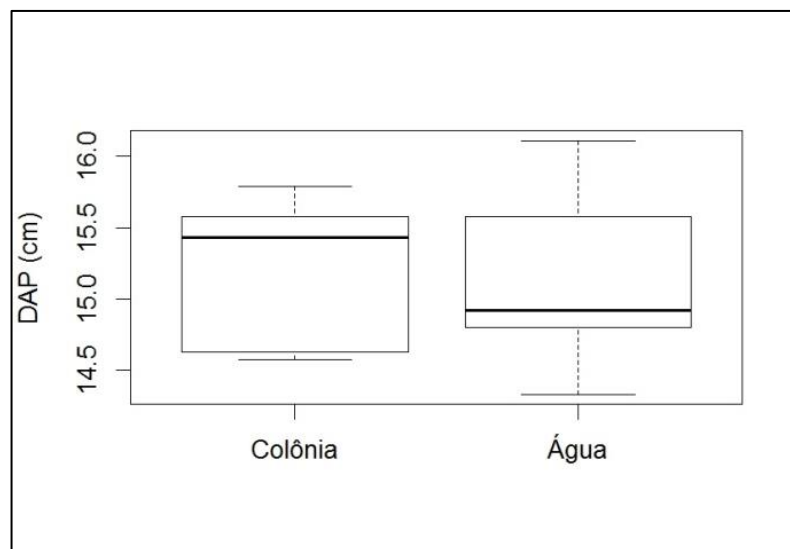


Figura 7: Gráfico Boxplot da Variável dendrométrica DAP(cm) para as áreas Água e Colônia.

Fonte: O Autor, 2016.

As alturas médias também foram pouco diferentes entre os dois sítios, onde na Área 1 foi de 21,9 m e na área 2 de 21,6 m, não se diferiram pelo teste t de student ( $t=0,5126$ ,  $p=0,6152$ ). Conforme o Figura 8, verifica-se que a mediana das alturas médias das parcelas foi à mesma, 21,8m, no entanto, um maior número de parcelas com menor altura média, enquanto na área 1 teve um maior número de parcelas com altura média maior, o que influenciou no valor da média.

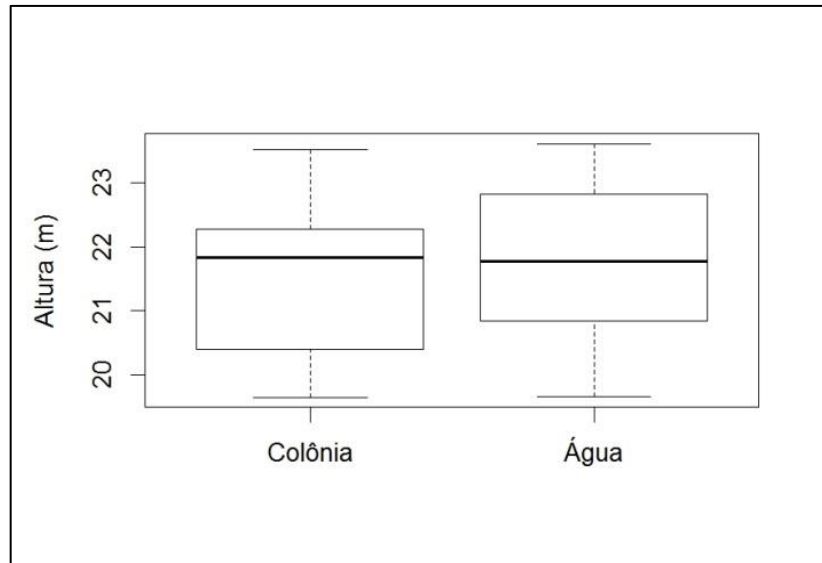


Figura 8: Gráfico Boxplot da Variável dendrométrica Altura (m) para as áreas Água e Colônia.  
Fonte: O Autor, 2016.

A média das alturas dominantes diferiram pouco entre as duas áreas, com 27,6 m na Área 1 e 27,0 m na Área 2, o que resultou em uma diferença percentual de 2,5% (Tabela 9). Mesmo assim, não apresentou diferença significativa através do teste t de student ( $t=0,4945$ ,  $p=0,6314$ ).

A mediana das alturas dominantes das parcelas da Área 1 foi de aproximadamente 27,1 m com uma amplitude de dados menor que da Área 2, que possui uma mediana de aproximadamente 25,9 m de altura. Em cada conjunto de dados ocorreu um outlier que pesou no valor da média. Nota-se que a distribuição dessa variável no sítio água é mais homogênea que no sítio colônia.(Figura 9)

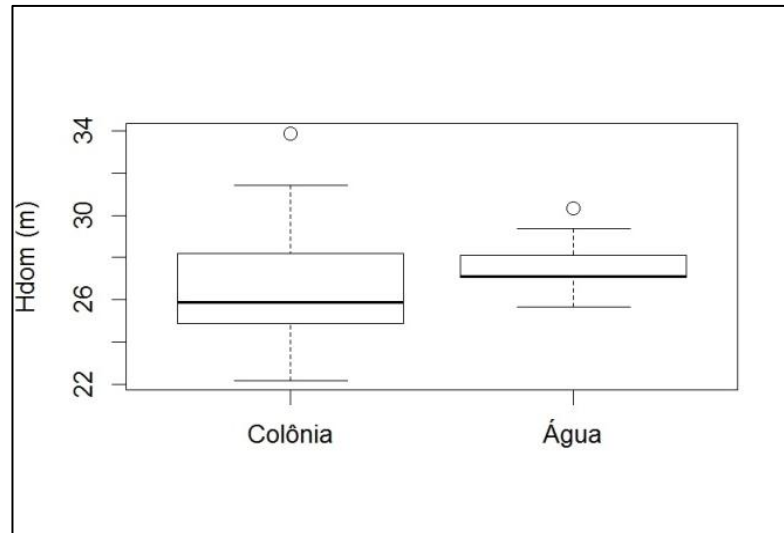


Figura 9: Gráfico Boxplot da Variável Hdom (m) para as áreas Água e Colônia.  
Fonte: O Autor, 2016.

### 6.1.2 Variáveis De Povoamento

A média das densidades diferiram entre as áreas, com 1685,19 indivíduos por hectare na Área 1 e 1564,45 indivíduos por hectare na Área 2, resultando em uma diferença de 7,7% (Tabela 9), que foi comprovado pelo teste t de student ( $t=5.7151$ ,  $p=0,0000473$ ).

Como se pode observar na Imagem 10, verifica-se que a mediana da densidade média das parcelas da Área 2 foi de 1575 árvores por hectare enquanto na Área 1 foi de 1700 árvores por hectare aproximadamente. Nota-se que nos dois conjuntos de dados obtiveram outliers, podendo ser justificado pela mortalidade dentro de uma das parcelas estudadas na Área 2 e pelo plantio feito com espaçamento errado em uma parte da Área 1.

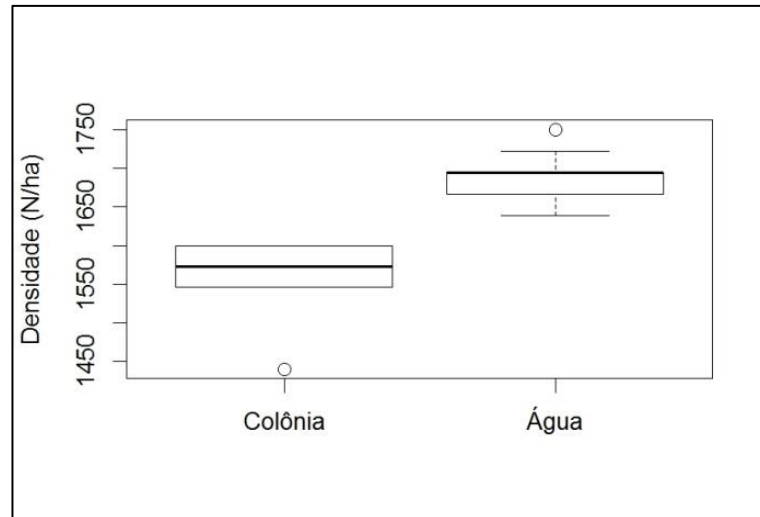


Figura 10: Gráfico Boxplot da Variável Densidade (N/ha) para as áreas Água e Colônia.  
Fonte: O Autor, 2016.

A média das áreas basais diferiu-se entre as áreas, com 31,23 m<sup>2</sup>/ha na área Água e 28,96 m<sup>2</sup>/ha na área Colônia, resultando em uma diferença de 7,8% (Tabela 9). Também se diferiram pelo teste t de student ( $t=2.1663$ ,  $p=0.046$ ). A mediana das áreas basais médias das parcelas da Área 2 foi de aproximadamente 29,5 m<sup>2</sup>/ha, enquanto na Área 1 foi de aproximadamente 30,8 m<sup>2</sup>/ha (Figura 11), que são reflexos dos DAP e quantidade de árvores por talhão.

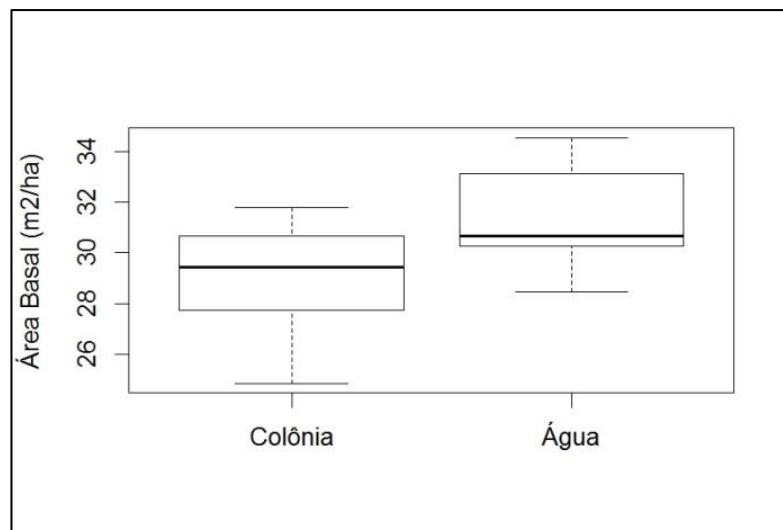


Figura 11: Gráfico Boxplot da Variável de povoamento Área Basal por hectare (m<sup>2</sup>/ha) para as áreas Água e Colônia.  
Fonte: O Autor, 2016.



A média do Volume por hectare se diferiram entre as áreas, com 321,71 m<sup>3</sup>/ha na Área 1 e 289,75 m<sup>3</sup>/ha na Área 2, resultando numa diferença de 11% na produção que equivale a 31,97m<sup>3</sup>/ha. Diferindo pelo teste t de student (t=2.3571, p=0.03192).

Conforme se observa na Figura 12, nota-se que a mediana dos volumes médios das parcelas da Área 2 foi de aproximadamente 298 m<sup>3</sup>/ha, enquanto na Área 1 foi de aproximadamente 315,0 m<sup>3</sup>/ ha.

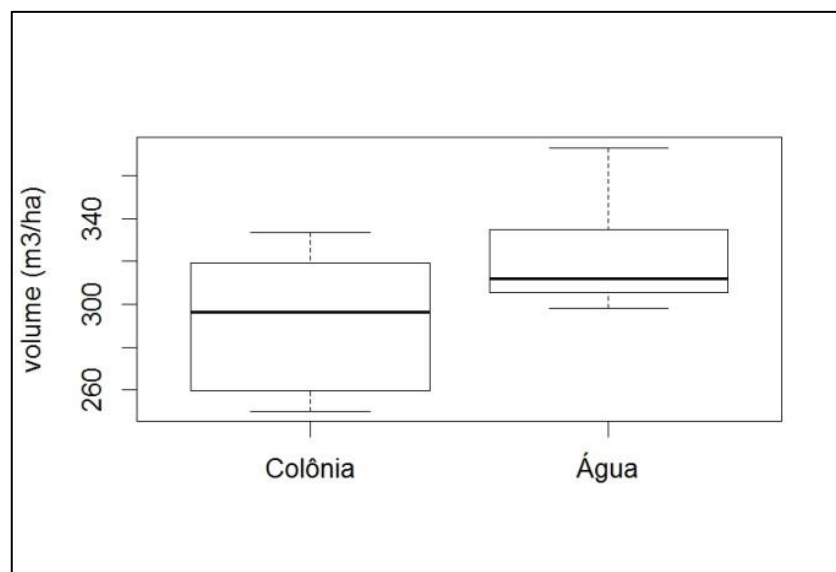


Figura 12: Gráfico Boxplot da Variável de povoamento Volume por hectare (m<sup>3</sup>/ha) para as áreas Água e Colônia.  
Fonte: O Autor, 2016.

Este fato pode-se explicar devido ao número de árvores por hectare, onde o plantio 3 x 2 m possui 1.666 indivíduos por hectare, enquanto no plantio 2,5 x 2,5 m possui o total de 1600 indivíduos por hectare.

No entanto, o volume por hectare tem a tendência de aumentar quando se tem espaçamentos maiores, conforme há uma elevação da idade do povoamento, devido ao estabelecimento de uma maior competição nos espaçamentos mais adensados. (MARCOLINO, 2010).

As variáveis dendrométricas (DAP, altura e Hdom), não apresentaram diferença estatística entre as áreas. Entretanto os dados de povoamento (N/ha, G/ha

e V/ha) apresentaram diferença estatística entre si, confirmando que a quantidade de árvores por hectare (espaçamento) influenciou no incremento das áreas basais e produção de ambas as áreas.

Observando a Figura 8 nota-se que houve pouca correlação entre a altura média das árvores dominantes e o volume das parcelas, com o coeficiente de correlação de Pearson ( $r=0,20$ ), não significativo a 5% de probabilidade. Nota-se que as parcelas 2 e 4 do Sítio 2 (C2 e C4) prejudicaram essa relação, pois possuem valores mais altos de altura dominante e produção baixa no caso de C2 e média no caso de C4.

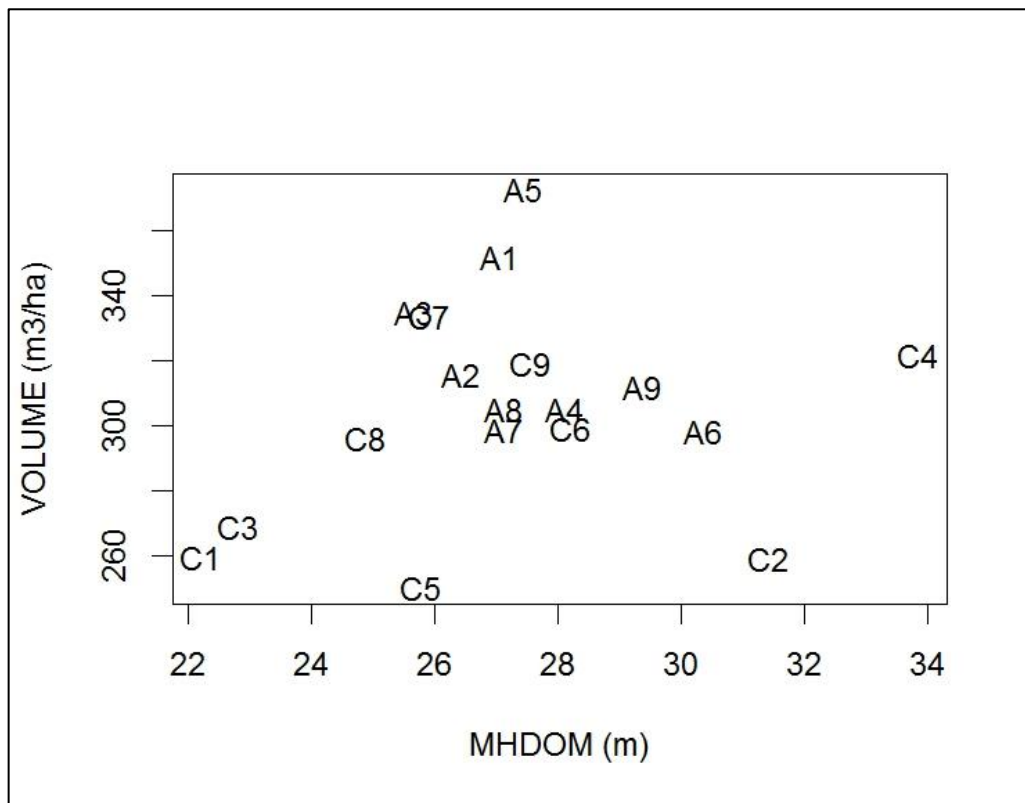


Figura 13: Relação entre Média das árvores dominantes e volume da área Água (A) e área Colônia (C).

Fonte: O autor, 2016.

Na Figura 9, a relação entre a densidade das parcelas (arv/ha) e volume (m³/ha) parece mais clara, tanto é que o coeficiente de correlação de Pearson foi de  $r = 0,50$ , com  $p=0,04$ . Apesar de uma relação não muito forte, isso mostra que ocorreu uma relação entre essas duas variáveis. É possível observar que as

parcelas do sítio colônia apresentaram densidades baixas a médias, que resultaram em produções baixas a médias. Por outro lado, no sítio água as densidades foram mais altas que resultaram em produções médias a altas.

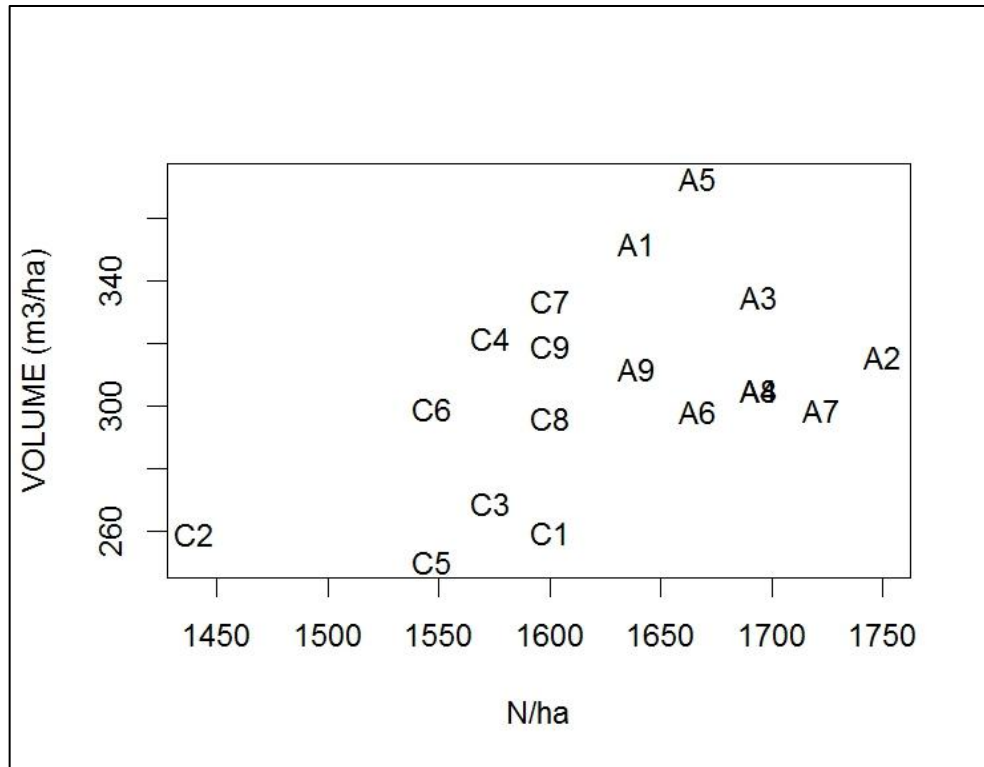


Figura 14: Relação entre Densidade e Volume da área Água (A) e área Colônia (C).  
Fonte: O autor, 2016.

### 6.1.3 Fator de Empilhamento

Como se pode observar na tabela 10, na Área 1 obteve-se um volume empilhado de  $5,44 \text{ m}^{\text{st}}$ , e um volume sólido de  $3,87 \text{ m}^3$ , com a razão dos dois valores, obteve-se um fator de empilhamento de 1,40. Na área Colônia, obteve-se um volume empilhado de  $3,74 \text{ m}^{\text{st}}$  e um volume sólido de  $2,72 \text{ m}^3$ , obtendo-se um fator de empilhamento de 1,37. Assim se obtém um valor médio de fator de empilhamento de 1,39.

Tabela 10 – Volume empilhado, volume sólido e fator de empilhamento das áreas estudadas.

Áreas	Comprimento do torete (m)	Volume empilhado (m <sup>st</sup> )	Volume sólido (m <sup>3</sup> )	Fator de empilhamento
1	1,00	5,44	3,87	1,40
2	1,00	3,74	2,72	1,37

Fonte: O autor, 2016.

As duas áreas estudadas obtiveram um valor de fator empilhamento próximos um do outro, no entanto essa variação pode ser explicada pela diferença no ritmo de crescimento das áreas, onde na área Colônia obteve-se uma menor produção. No entanto este valor é um valor aproximado, pois a amostragem foi muito pequena.

COUTO & BASTOS (1988, pág. 23) encontraram fatores de empilhamento médio de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* destinados para celulose de 1,26 e 1,46 para madeira destinada para lenha. SILVA et al. (2005, pág. 104), encontrou através de processamento de imagens digitais fator de empilhamento variando de 1,2844 a 1,4039 para *Eucalyptus grandis* no município de Viçosa, estado de Minas Gerais.

Portanto, os fatores obtidos neste estudo estão próximos do esperado para *E. saligna* aos cinco anos de idade.

## 6.2 Análises de solo

Após realizar análise química das amostras coletadas, foram tabulados os dados e calculado as médias para cada característica do solo de cada área, demonstrado na Tabela 11 para a Área 1 e Tabela 12 para a área 2.

Tabela 11 – Características Químicas do Solo da Área Água das Pedras (Área 1) no município de Ortigueira para povoamentos de *Eucalyptus saligna*

Parcelas	Ca	Mg	K	P	CTCefe	V%	pH SMP	H+AL
1	1,52	0,44	0,13	60,61	2,09	25,5	5,72	6,11
2	1,85	0,63	0,22	55,2	2,7	32,4	5,83	5,63
3	2,88	0,74	0,26	11,85	3,88	35,2	5,51	7,15
4	1,75	0,51	0,18	7,91	2,44	26,1	5,55	6,94
5	3,56	0,75	0,21	3,8	4,51	44,7	5,84	5,59
6	2,47	0,47	0,15	3,52	3,09	30,2	5,51	7,15
7	4,12	0,93	0,2	4,06	5,26	45,1	5,66	6,39
8	3,19	0,65	0,19	3,26	4,02	37,7	5,61	6,64
9	5,06	1,35	0,33	2,79	6,74	50,4	5,61	6,64
Médias	2,93	0,72	0,21	17,00	3,86	36,36	5,65	6,47

Onde: Ca = cálcio (cmolc/dm<sup>3</sup>); Mg = Magnésio (cmolc/dm<sup>3</sup>); K = Potássio (cmolc/dm<sup>3</sup>); P = fósforo (mg/dm<sup>3</sup>); CTC efetiva (cmolc/dm<sup>3</sup>); V% = Saturação por base; H+AL = Hidrogênio + Alumínio (cmolc/dm<sup>3</sup>).

Fonte: O autor, 2016

Tabela 12 – Características Químicas do Solo da Área Colônia Augusta (Área 2) no município de Ortigueira para povoamentos de *Eucalyptus saligna*

Parcelas	Ca	Mg	K	P	CTCefe	V%	pH SMP	H+AL
1	0,74	0,98	0,09	4	1,81	16,9	5,22	8,87
2	1,3	1,12	0,14	1,33	2,56	19,2	4,96	10,77
3	1,77	0,81	0,09	2	2,67	20,6	5,02	10,3
4	0,42	1,12	0,08	0,93	1,62	12,5	4,89	11,34
5	1,01	2,1	0,11	1,73	3,21	21,1	4,81	12,04
6	0,26	0,51	0,08	1,66	0,85	6,3	4,75	12,59
7	0,41	0,48	0,09	1,73	0,98	6,5	4,6	14,07
8	0,1	0,13	0,07	1,06	0,3	1,94	4,51	15,05
9	0,38	0,76	0,12	1,93	1,26	7,36	4,44	15,85
Médias	0,71	0,89	0,10	1,82	1,70	12,49	4,80	12,32

Onde: Ca = cálcio (cmolc/dm<sup>3</sup>); Mg = Magnésio (cmolc/dm<sup>3</sup>); K = Potássio (cmolc/dm<sup>3</sup>); P = fósforo (mg/dm<sup>3</sup>); CTC efetiva (cmolc/dm<sup>3</sup>); V% = Saturação por base; H+AL = Hidrogênio + Alumínio (cmolc/dm<sup>3</sup>).

Fonte: O autor, 2016

A solução tampão SMP é um método rápido de determinação de calagem, onde se obtém um índice baseado na mudança de pH e este é correlacionada com quantidade de calcário necessário para atingirem os valores de pH desejáveis para determinada cultura. Como se pode notar na Tabela 11, os valores de do pH SMP da Área 1 foram superiores que da Área 2 (Tabela 12), mostrando que o solo possui uma menor acidez, necessitando de uma menor quantidade de calcário para

correção do solo segundo manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, que aponta como pH 5,5 o ideal para *Eucalyptus* spp (TEDESCO et al.,2004). Na Figura 15, foi possível observar melhor a diferença entre as áreas e posteriormente comprovados pelo teste t de student ( $p > 0,05$ ) que as áreas se diferiram entre si, com valor de p igual à 0.000001342.

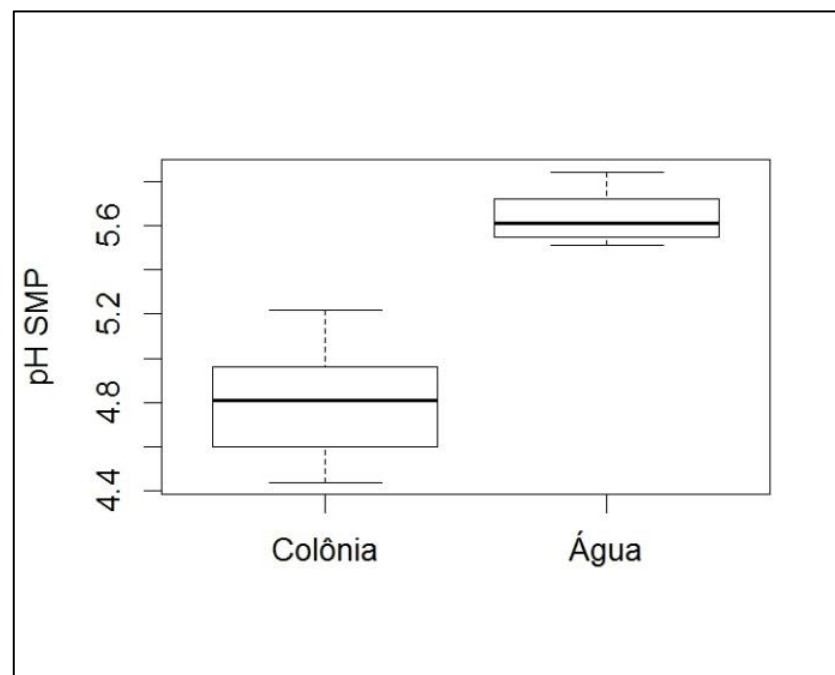


Figura 15: Gráfico Boxplot da Variável do solo pH SMP para as áreas Água e Colônia.  
Fonte: O Autor, 2016.

Também se pode observar que as parcelas da área Colônia foram desfavorecidas em relação à acidez potencial ( $H+Al$ )(Figura 16), tendo valor médio de 12,32  $cmolc/dm^3$ , enquanto na área Água se possui um valor médio de 6,47  $cmolc/dm^3$ , sendo inversamente proporcional a ao índice SMP. A acidez potencial limita o crescimento das raízes onde ocupa os espaços nos coloides do solo, permitindo que os nutrientes livres na solução do solo sejam lixiviados.

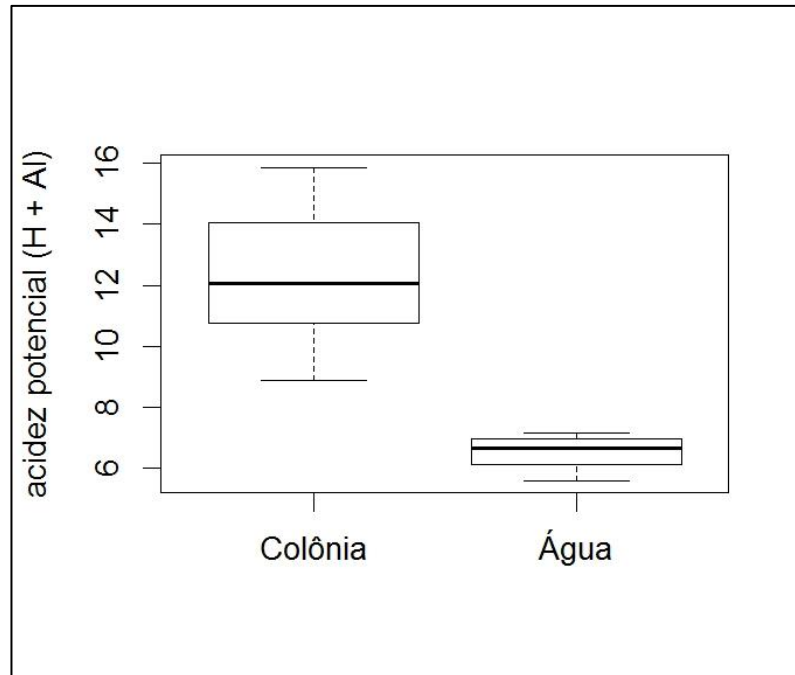


Figura 16: Gráfico Boxplot da Variável do solo Acidez potência (H+Al) (cmolc/dm<sup>3</sup>). para as áreas Água e Colônia.  
Fonte: O Autor, 2016.

Com relação à fertilidade química, as parcelas da Área 1 foram favorecidas nos macronutrientes Cálcio (Ca), fósforo (P) e potássio (K). No entanto, para o elemento Magnésio trocável (Mg) teve uma pequena diferença entre as áreas, sendo valores considerados médios (0,6 à 1,0 cmolc/dm<sup>3</sup>), não tendo diferença estatística pelo teste t de student ( $t=-0,82046$ ,  $p=0,4281$ )(Figura 17).

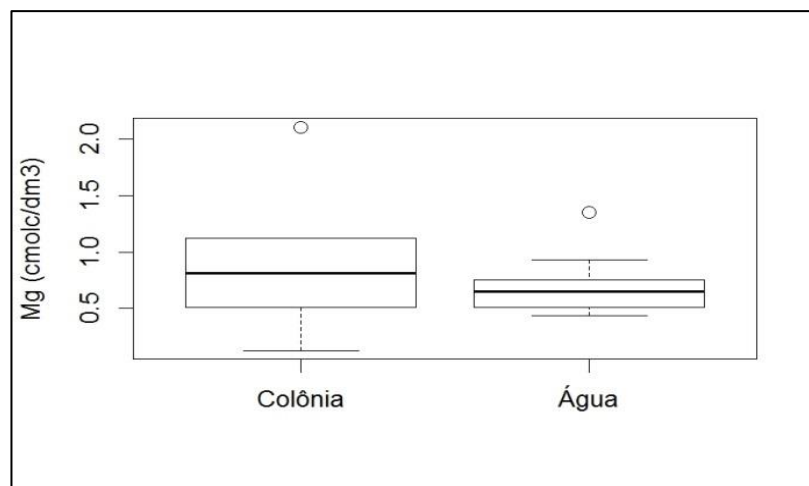


Figura 17: Gráfico Boxplot da Variável do solo Magnésio (Mg) (cmolc/dm<sup>3</sup>). para as áreas Água e Colônia.  
Fonte: O Autor, 2016.

Teixeira et al. (1989), observaram que para cada quilo de Mg absorvido em *Eucalyptus saligna* é possível produzir 7500 kg de madeira, comparado com *Corymbia. citriodora*, cada quilo se produz 3.374 kg de madeira.

A quantidade média de Cálcio na Área 1 foi de 2,93 cmolc/dm<sup>3</sup> sendo considerado como um valor médio (2,1 à 4,0 cmolc/dm<sup>3</sup>), enquanto na Área 2 foi de 0,71 cmolc/dm<sup>3</sup> considerado um valor baixo ( $\leq 2,0$  cmolc/dm<sup>3</sup>)(TEDESCO et al.,2004), onde é possível verificar na Figura 18, que se diferem estatisticamente pelo teste t de student ( $t=-5,1159$ , valor- $p=0,0003075$ ).

Teixeira et al. (1989), também afirmaram que o *E. saligna* teve uma melhor utilização do Ca do que *C. citreodora*, produzindo 2.575 kg e 478 kg respectivamente para cada kg de Ca.

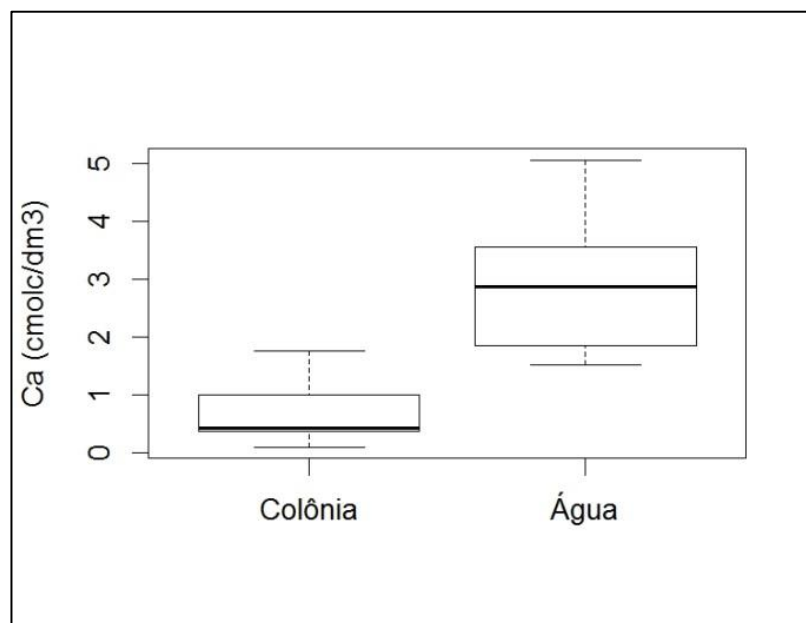


Figura 18: Gráfico Boxplot da Variável do solo Cálcio (Ca) (cmolc/dm<sup>3</sup>). para as áreas Água e Colônia.  
Fonte: O Autor, 2016.

O Fósforo disponível no solo da Área 1 foi de 17,0 mg/dm<sup>3</sup>, tendo uma interpretação média, enquanto na Área 2 se teve-se uma interpretação baixa segundo Manual de Adubação e Calagem do Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (TEDESCO et al.,2004) com 1,82 mg/dm<sup>3</sup>, se diferindo estatisticamente pelo teste teste t de student ( $t=-1,944$ ,  $p=0,08769$ ) (Figura 19). Essa escassez deste nutriente pode reduzir a fotossíntese e respiração celular, consequentemente



diminuição do crescimento em altura da planta e desenvolvimento de raízes secundárias, diminuindo a produtividade do sítio.

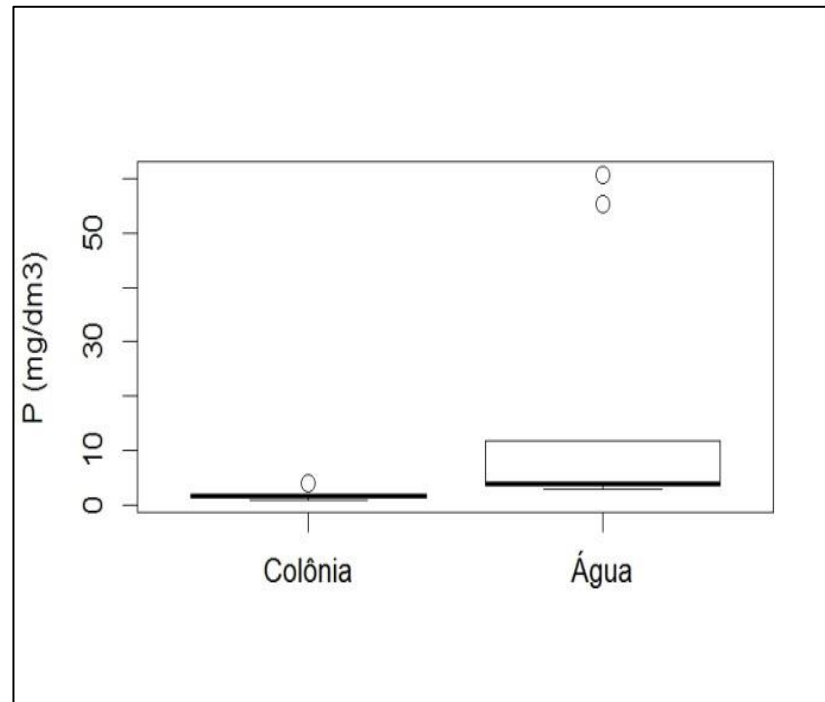


Figura 19: Gráfico Boxplot da Variável do solo Fósforo (P) (mg/dm<sup>3</sup>) para as áreas Água e Colônia.  
Fonte: O Autor, 2016.

Teixeira et al. (1989) também constataram uma maior eficiência na utilização do Potássio em *Eucalyptus saligna* onde se produziu 1.715 kg de madeira para cada kg. Comparando novamente os dois sítios, foi possível afirmar que se diferiram, onde a Área 1 possuía 0,21 cmolc/dm<sup>3</sup> de K e a Área 2 possuía 0,10 cmolc/dm<sup>3</sup>, confirmado pela estatística, através do teste t de student (t=5.2414, p=0,0003527).(Figura 20).

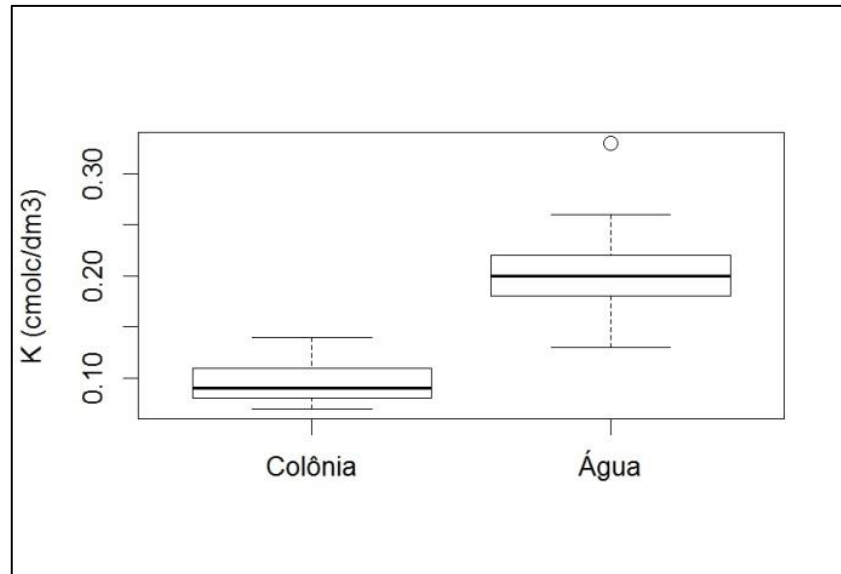


Figura 20: Gráfico Boxplot da Variável do solo Potássio (K) (cmolc/dm<sup>3</sup>), para as áreas Água e Colônia.

Fonte: O Autor, 2016.

Com a Análise de Componentes Principais (PCA) foi possível verificar que as parcelas de cada sítio se agruparam de forma diferente, onde os dois primeiros componentes explicaram 82% da variação (Gráfico 11), e a maioria das variáveis ficaram próximas ao eixo horizontal (componente 1). Onde se pode observar que o Fósforo disponível teve um alto poder de explicação na diferenciação na produção em Volume entre as áreas. Porém também houve uma maior produção devido às outras características do solo, menos para o Mg, pois a diferença não foi significativa para se comparar.

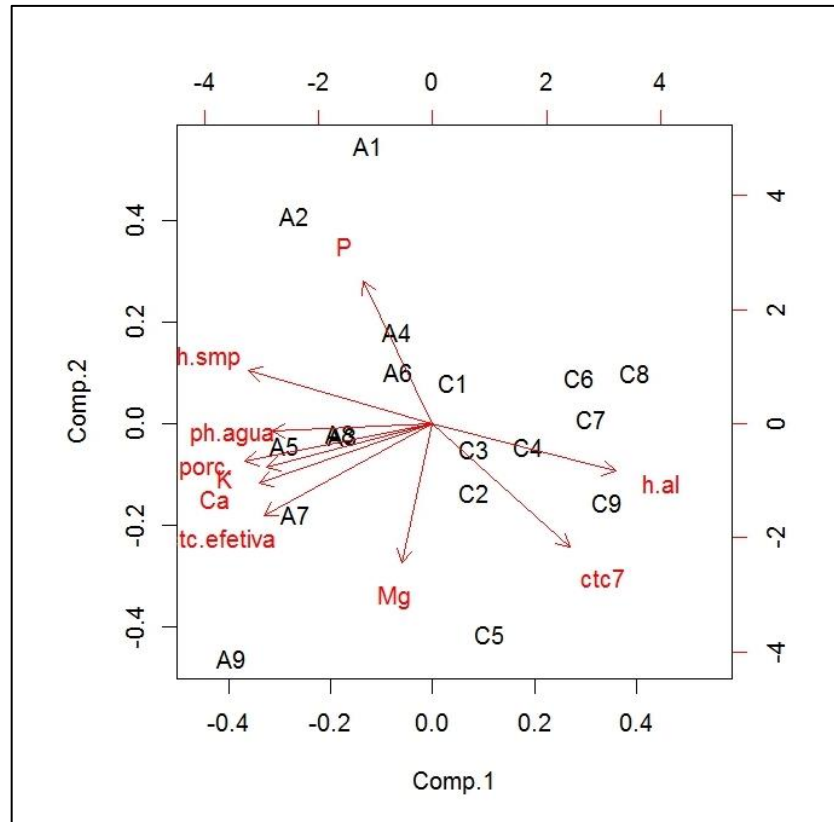


Figura 21: Análise de Componentes Principais (PCA) do Solo da Área 1 (A) e Área 2 (C).  
Fonte: O Autor, 2016.

Santana et al. (2002, p. 450) encontraram resultados em que plantios de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis* no estado de São Paulo se diferiram quanto à utilização de nutrientes para produção de biomassa de tronco, e também havendo variação no sítio, no entanto não acompanharam os maiores valores de eficiência de utilização dos nutrientes, que decresceu do  $P > Mg > K > N > Ca$ . Afirmando que isso pode ter ocorrido devido à limitação de um ou mais nutrientes disponíveis e/ou devido às relações hídricas.

Também é importante salientar que a área Colônia foi desfavorecida pela acidez potencial, resultado da elevada concentração de H+Al diretamente correlacionada com o baixo índice SMP.

## 7 CONCLUSÕES

Tendo em vista dos resultados apresentados conclui-se que:

- O modelo de Schumacher-Hall apresentou bom ajuste para predição do volume total das parcelas dos povoamentos estudados, sendo expresso por:  
$$v = 0.0000560089 \times dap^{2,1188} \times h^{0,7471}.$$
- O fator de empilhamento médio para as áreas foi de 1,39;
- A diferença de espaçamento de plantio entre as áreas não influenciou nas variáveis dendrométricas, porém propiciou diferença nas variáveis de povoamento, densidade, área basal e volume;
- As áreas apresentarem diferenças na fertilidade do solo não havendo influências nas variáveis dendrométricas;
- Houve diferença na fertilidade química entre os sítios;

Conclui-se, portanto, que o espaçamento comparativamente as características edáficas teve maior influência na diferença de produção entre as áreas.

## 8 REFERÊNCIAS

ABIMCI- Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. **Estudo Setorial 2009 Ano Base 2008**. Capítulo 3, p.10-14. 2009.

ALFENAS, Acelino C.; ZAUZA, Adival A. V.; MAFIA, Reginaldo G.; ASSIS, Teotônio. F de. **Clonagem E Doenças Do Eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2004. p.442.

APD – Agência Paraná de Desenvolvimento. **Cadeias Produtivas Paranaense**. Disponível em: <<http://www.paranadesenvolvimento.pr.gov.br/arquivos/File/Moveleiro.pdf>>; Acesso em 03/11/2015.

BALLONI, Edson A.; SIMÕES, João W. **O Espaçamento De Plantio E Suas Implicações Silviculturais**. Série técnica IPEF, v.1, n.3, p. 1-16, 1980.

BARROS, Nairam F., NOVAIS, Roberto F., CARDOSO, J.R. et al. **Algumas Relações Solo-Espécies De Eucalipto Em Suas Condições Naturais**. In: BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.1-24.

BERGER, Rute. **Crescimento E Qualidade Da Madeira De Um Clone De *Eucalyptus saligna* Smith Sob O Efeito Do Espaçamento E Da Fertilização**. Dissertação de mestrado. Santa Maria, 109 p. 2000.

BILA, Jacob M. **Classificação De Sítios Com Base Em Fatores Edáficos Para *Pinus caribaea* Var. *hondurensis* Na Região De Prata, Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado, Curitiba – PR, 2010.

BOUROCHE, J. & SAPORTA, G. **Análise de dados**. Rio de Janeiro, Zahar, 1982. 116p.

BRASIL. Ministério de Desenvolvimento da Indústria e do Comércio. **Fórum De Competitividade: A Cadeia Produtiva Da Madeira E Móveis**. Brasília, 2001.

BRACELPA. **Números Do Setor**. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br>>. Acesso em: 07/09/2015. 2002.

BRACELPA. **Eucalipto**. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br>>. Acesso em: 25/10/2015. 2010.

BURGUER, D. **Ordenamento Florestal I**. 2.ed. Curitiba: UFPR, v. não paginado, 1976.

CALDEIRA, Marcos V.W.; TONINI, Hélio; HOPPE, Juarez M.; WATZLAWICK, Luciano F.; SELLE, Gerson L. **Definição De Sítios Em Povoamentos De *Pinus elliottii* Engelm. Na Região De Encruzilhada Do Sul, Rs**. Ciência Florestal, Santa Maria, v.6, n.1, p.1-13, 1996.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração Florestal: Perguntas E Respostas**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 548p.

CARDOSO, J. A. **Bracatinga**. Brasil Madeira, Curitiba, v. 3, n. 33, p. 1-10, 1989.

JESUS, C. M. ; MIGUEL, E. P. ; IMAÑA ENCINAS, José. Avaliação de diferentes hipsômetros para medição da altura total em um povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Enciclopédia Biosfera, v. 8, p. 291-299, 2012.

CASTELO, Patrícia A.R.; MATOS, Jorge L.M.de; DEDECEK, Renato A.; LAVORANTI, Osmir J. **Influência De Diferentes Sítios De Crescimento Sobre A Qualidade Da Madeira De *Pinus taeda***. Revista Floresta, Curitiba – PR, v.38, n.3, jun./set. 2008.

CLUTTER, J. L., FORTSON, J. C., PIENAAR, L. V., BRISTER, G. H., BAILEY, R. L. **Timber Management: A Quantitative Approach**. New York: John Wiley & Sons, 1983. 333 p.

COUTO, H.T.Z.do.; BASTOS N.L.M. **Fator De Empilhamento Para Plantações De *Eucalyptus* No Estado De São Paulo**. IPEF, n.38, p.23-27, abr.1988.

DANIEL, T.W.; HELMS, J.A.; BACKER, F.S. **Principles Of Silviculture**. New York: McGraw-Hill, 492p. 1979.

FINCHER, J. & SMITH, M.L. **A Discriminant-Function Approach To Ecological Site Classification**. In Northern New England. Radnor, USDA-Forest Service, 1994. 12p.

FINGER, César A. G.. **Biometria Florestal**. UFSM, Santa Maria, 283 p., 2006.

FINGER, César A. G.; SCHUMACHER, Mauro V.; SCHNEIDER, Paulo R.; HOPPE, Juarez M. **Influência Da Camada De Impedimento No Solo Sobre O Crescimento De *Eucalyptus grandis* (Hill) Ex Maiden**. Ciência Florestal, Santa Maria, v.6, n.1, p.137-145, 1996.

FISHWICK, R.W. **Estudos De Espaçamentos E Desbastes Em Plantações Brasileiras**. Brasil Florestal, v.7, n.26, p.13-23, 1976.

FONSECA, Sebastião M. da; RESENDE, Marcos D.V. de; ALFENAS, Acelino C.; GUIMARÃES, Lúcio M. da S.; ASSIS, Teotônio F. de; GRATTIAGLIA, Dario. **Manual Prático De Melhoramento Genético Do Eucalipto**. Viçosa: UFV, 2010. 200p.

FRIGOTTO, T; Navroski, M. C. ; OLIVEIRA M. P. ; FELIPPE, D.; BUENO, D.; DERENGOSKI, J. A.; **Seleção De Modelos Hipsométricos De Eucalyptus Na Região Sul Do Brasil**. III Congresso de Ciência e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos. 2015.

GAUCH, H.G. **Multivariate Analysis In Community Ecology**. In London, Cambridge University Press, 1982. 297p.

GODDARD, R. E.; HOLLIS, C.A. **The Genetic Bases Of Forest Tree Nutrition**. In: BOWEN, G.D.; Nambiar, E.K.S., ed. Nutrition of plantation forests. London: Academic Press, 1984. p.237-258.

HANNAH, P.R. **Estimating Site Index For White And Black Oaks.** In Indiana from soil and topographical factors. J. For., 1968. p. 412-417.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas Climáticas Do Paraná.** Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>; acessado em 25/10/2015.

IBÁ- Indústria brasileira de árvores. **Relatório Ibá 2015.** 64p. Disponível em: [www.iba.org](http://www.iba.org); acessado em 07/09/2015.

IBÁ- Indústria brasileira de árvores. **Relatório Ibá 2016.** 64p. Disponível em: [www.iba.org](http://www.iba.org); acessado em 20/11/2016.

IBGE – Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Paraná – Ortigueira.** Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/235L2>; acessado em 26/09/2015.

INSTITUTO DE FLORESTAS DO PARANÁ. **Plantios Florestais Por Municípios (Pinus E Eucalyptus).** Disponível em: <http://www.florestasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=51>; Acesso em 04/10/2015.

JOHNSON, R.A. & WICHERN, D.W. **Applied Multivariate Statistical Analysis.** In New Jersey, Prentice-Hall, 1988. 607p.

KIKUTI, P., NAMIKAWA, I.S. **Estudo Da Interação Clone X Níveis Da Adubação Em Eucalyptus saligna.** O papel, n.3, p.37-44, 1990.

LARSON, Philip R.; KRETSCHMAN, David E.; III, Alexander C.; ISEBRANDS, J.G. **Formation And Properties Of Juvenile Wood In Southern Pines: A Synopsis.** Tech. Rep. FPL-GTR-129. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 42 p., sept. 2001.

MANLY, B.F.J. **Multivariate Statistical Methods.** New York, Chapman Hall, 1995. 215p.



MARCOLINO, L. **Crescimento De Clones De Eucalipto Em Quatro Espaçamentos De Plantio No Interior De São Paulo**. Soropédica, RJ: Instituto de Florestas/UFRRJ, 2010. Monografia (Curso De Graduação Em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Soropédica.

ASSMANN, E. **Principles Of Forest Yield Study**. New York: Pergamon Press, 1970. 506p.

MARDIA, K.V.; KENT, J.T. & BIBBY, J.M. **Multivariate Analysis**. London, Academic Press, 1979. 518p.

MARTINS, R. J.; SEIXAS, F.; STAPE, J. L. **Avaliação Técnica E Econômica De Um Harvester Trabalhando Em Diferentes Condições De Espaçamento E Arranjo De Plantio Em Povoamento De Eucalipto**. Scientia Forestalis, Piracicaba v. 37, n. 83, p. 253 - 263, 2009

MINEROPAR - Secretaria De Estado Da Indústria, Do Comércio E Do Turismo Minerais Do Paraná S.A. **Avaliação Do Potencial De Matéria-Primacercâmica No Município De Ortigueira**. Disponível em: [http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/relatorios\\_concluidos/34\\_relatorios\\_concluidos.pdf](http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/relatorios_concluidos/34_relatorios_concluidos.pdf); acessado em 26/09/2015.

MIRANDA, Maria J. de A. C.; NAHUIZ, Marcio A. R. **Estudo Da Influência Do Espaçamento De Plantio De *Eucalyptus saligna* Smith Nos Índices De Rachamento Após O Desdobro E Após A Secagem**. Scientia Forestalis, n.55, p. 107-116, jun 1999.

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. **A Cultura Do Eucalipto No Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 160p.

MORAIS, Verlândia de M. **Dinâmica De Crescimento De Eucalipto Clonal Sob Diferentes Espaçamentos, Na Região Noroeste Do Estado De Minas Gerais**. Dissertação de mestrado. Ciências Florestais, Lavras: UFLA, 63 p., 2006.

PATINHO-VALERA, Fernando. **Varição Genética Em Progênes De *Eucalyptus saligna* Smith E Sua Interação Com Espaçamento**. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 192 p., 1986.

SANTANA, R.c.; BARROS N.F.; NEVEZ J.C.L.; **Eficiência De Utilização De Nutrientes E Sustentabilidade Da Produção Em Procedências De *Eucalyptus Grandis* E *Eucalyptus Saligna* Em Sítios Florestais Do Estado De São Paulo**. Revista. *Árvore*, Viçosa-MG, v.26, n.4, p.447-457, 2002.

SCHNEIDER, P.R. **Introdução Ao Manejo Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF-FATEC, 1993.348p.

SCHNEIDER, Paulo R.; FINGER, Cesar A. G.; SCHNEIDER, Paulo, S.P.; FLEIG, Frederico D.; CUNHA, Thiago Augusto da. **Influência Do Espaçamento No Autodesbaste De Povoamento Monoclonal De *Eucalyptus saligna* Smith**. *Ciência Floresta*, Santa Maria, v. 25, n.1, p. 119-126, 2015.

SCOLFORO, José. S. T.; MACHADO, Sebastião do A. **Curvas De Índice De Sítio Para Plantações De *Pinus taeda* Nos Estados De Paraná E Santa Catarina**. *Revista Floresta*, Curitiba, p.159-168, v.8, n. 1-2, 1988.

SCOLFORO, José. S. R. **Mensuração Florestal 4: Classificação De Sítios Florestais**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 138 p.

SCOLFORO, José. S. R. **Modelagem Do Crescimento E Da Produção De Florestas Plantadas E Nativas**. ESAL/FAEPE. Lavras, p.451, 1998.

SHIMOYAMA, V.R.de S.; BARRICHELO, L.E.G. **Densidade Basica Da Madeira, Melhoramento E Manejo Florestal**. Série técnica IPEF, Piracicaba, v.6, n.20, p.1-22, 1989.

SILVA, J.F. **Variabilidade Genética Em Progênes De *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh E Sua Interação Com Espaçamentos**. 1990. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, M.C.da., SOARES V.P. et al. **Determinação Do Volume De Madeira Empilhada Através De Processamento De Imagens Digitais.** SCIENTIA FORESTALIS n. 69, p.104-114, dez. 2005.

SKOVSGAARD, J. P.; VANCLAY, J. K. **Forest Site Productivity: A Review Of The Evolution Of Dendrometric Concepts For Even-Aged Stands.** *Forestry.* n. 81, p. 13-31. 2008.

SMITH, William D.; STRUB, Michael R. **Initial Spacing: How Many Trees To Plant.** Forest Regeneration Manual. Chapter 15, p. 281-289, 1991.

SPURR, S.H. & BARNES, B.V. **Forest Ecology.** 3.ed. New York, John Wiley, 1980. 687p.

TEDESCO, M.A.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI C.A.; CAMARGO, F.A.O.; WIETHÖLTER, S. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10.ed. Porto Alegre, 2004.

TEIXEIRA, J.L.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M.; CAMPOS, J.C.C.; LEAL, P.G.L. **Biomassa E Conteúdo De Nutrientes De Dua Espécies De Eucalipto Em Diferentes Ambientes Do Médio Rio Doce, Mg.** Revista Árvore, v.13, n.1, p.34-50.1987.

TURNBULL, John .W., PRYOR, Lindsay D. CHOICE OF SPECIES AND SEED SOURCES. In: HILLIS, W.E., BROWN, A.G. Eucalypts for wood production. Adelaide: CSIRO, 1978. p.6-65.

VALERA, Fernando P., KAGEYAMA, Paulo Y. **Interação Genótipo X Espaçamento Em Progênes De Eucalyptus saligna Smith.** IPEF, Piracicaba, v.39, p.5-16, 1988.

VALVERDE, Sebastião R. **Esclarecimento Sobre As Plantações De Eucalipto No Brasil.** Texto técnico. 9p. 09/09/2008.

WEHR, J.P.P. **Espaçamento De Plantio: Efeito Na Qualidade, Economicidade E Produtividade.** Seminário apresentado na disciplina de Formação e Manejo de Povoamentos Florestais – Curso de Pós-Graduação. Piracicaba, 1982.

WILLIAMS, B.K. **Some Observations On The Use Of Dicriminant Analysis In Ecology.** Ecology, p.1283-1291, 1983.