

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A  
SUSTENTABILIDADE  
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Gustavo Torres Galvão da Silva

**Influência do tipo de solo na densidade da madeira e IMA de dois  
clones comerciais de eucalipto**

Sorocaba - SP

2019

**Influência do tipo de solo na densidade da madeira e IMA de dois clones comerciais de eucalipto**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Sorocaba - SP  
2019

Torres Galvão da Silva, Gustavo

Influência do tipo de solo na densidade da madeira e IMA de dois clones comerciais de eucalipto / Gustavo Torres Galvão da Silva. -- 2019.  
37 f. : 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Profª. Dra. Karina Martins

Banca examinadora: Dr. Alex Passos dos Santos, Dr. Jupiter Israel Muro Abad

Bibliografia

1. Densidade da Madeira . 2. Incremento Médio Anual. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

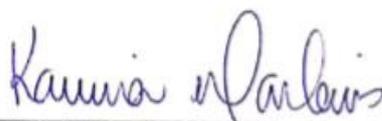
DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano – CRB/8 6979

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Gustavo Torres Galvão da Silva

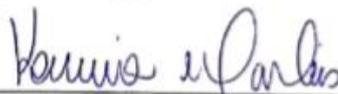
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. Sorocaba, 27 de Novembro de 2019.



Prof. Dra. Karina Martins  
Orientadora



Dr. Alex Passos dos Santos



p/ Dr. Jupiter Israel Muro Abad

Obs: Prof. Jupiter participou por SKYPE



Este trabalho é dedicado para todos aqueles que transformam memórias em motivação, motivação em energia e energia em atitudes positivas para que um dia voltem a ser memórias.

“A Engenharia Florestal absorveu todas as áreas produtivas que envolvem o beneficiamento de matérias-primas florestais, como celulose e papel, movelaria, painéis derivados, estruturas, energia de biomassa, utensílios domésticos, tratamentos preservativos, embalagens, serrados, aproveitamento de resíduos, etc.”

## RESUMO

O potencial produtivo de um local é resultado da interação dos materiais genéticos e das condições ambientais, fatores fundamentais para a qualidade da madeira produzida e para o incremento médio anual. Conhecer o comportamento de clones comerciais sob variadas condições de solo torna-se essencial para o planejamento florestal. O trabalho objetivou avaliar a influência dos solos na densidade da madeira de eucalipto e no Incremento Médio Anual. Foi analisada a densidade básica da madeira de dois clones de eucalipto, em 14 localidades do estado de São Paulo, com quatro tipos de solos. As variáveis como tipo de solo e teor de argila foram utilizados para caracterizar os sítios quanto às suas condições. Foi realizado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, verificando o comportamento da densidade da madeira e do IMA nos solos selecionados. Foram realizadas equações de regressão linear e exponencial entre as variáveis IMA x Densidade da Madeira e IMA x Teor de Argila, respectivamente. De maneira geral, alguns solos apresentaram significativas diferenças para a densidade da madeira, podendo ser devidas à variação climática, embora o comportamento seja intrínseco a cada material genético. Já o IMA aumentou exponencialmente, com o aumento do teor de argila do solo (até cerca de 25 a 35% de argila), no entanto não houve relação entre IMA e densidade da madeira.

**Palavras-chave:** Silvicultura, IMA, Densidade da Madeira, solos, Eucalipto.

## ABSTRACT

In forest plantations, the productive potential of a given site is the result of the interaction between genetic materials and environmental conditions. Both are fundamental factors for the wood quality and the average annual increment. Knowing the performance of different *Eucalyptus urophylla* commercial clones under different soil conditions is important for forest planning. Our objective is to evaluate the influence of soil types on wood basic density and Average Annual Increment (AAI) in two *E. urophylla* clones. We analyzed the wood basic density in trees at 5-6 years of age and the AAI of the two clones grown in four soil types in 14 localities of São Paulo state. ANOVA and Tukey test at 5% probability were performed to test the effect of soil type in the basic wood density and the AAI. Linear and exponential regression equations were performed between AAI x wood basic density and between AAI x Clay Content, respectively. In general, some soils showed significant differences in wood basic density, which may be due to climatic variation among sites. Also, the AAI increased exponentially with the increase of soil clay content (up to about 25 to 35% of clay), but there was no correlation between AAI and wood density.

**Keywords:** Forestry, AAI, wood basic density, Soil type, Eucalyptus.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

**Figura 1:** Localização dos hortos onde foram realizadas as amostragens.

Figura 2: Esquema de coleta de disco em cada árvore.

**Figura 3:** Comparação da densidade básica nas diferentes classes de idade (3-4, 5-6 e 7-8 anos) no Clone 1 (a) e Clone 2 (b).

**Figura 4:** Comparação da densidade básica por classes de idade (3-4, 5-6 e 7-8 anos) nos clones 1 (C1) e 2 (C2).

**Figura 5:** Comparação da densidade básica nos quatro tipos de solo no clone 1 (a) e clone 2 (b).

**Figura 6:** Comparação da densidade básica entre quatro tipos de solo nos clones 1 (C1) e 2 (C2).

**Figura 7:** Comparação da média do IMA entre Clone 1 e Clone 2 nos diferentes tipos de solo.

**Figura 8:** Desempenho do Clone 1 nos diferentes tipos de solo.

**Figura 9:** Desempenho do clone 2 nos diferentes tipos de solo

**Figura 10:** Relações entre o Incremento médio anual (IMA) com o teor de argila.

**Figura 11:** Correlação de IMA com densidade da madeira.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Locais de coleta de amostras dos clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

RQ	Neossolos Quartzarênicos
LVA	Latossolo Vermelho-Amarelo
LVE	Latossolo Vermelho Escuro
PVA	Argissolo Vermelho e Amarelo
IMA	Incremento Médio Anual ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ )
LQCE	Laboratórios Integrados de Química, Celulose e Energia
ESALQ	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
DP	Desvio Padrão
DAP	Diâmetro na altura do Peito
C1	Clone 1
C2	Clone 2

## LISTA DE SÍMBOLOS

m	Metro
m <sup>3</sup>	metros cúbicos
mm	Milímetro
km	Quilômetro
kg	Quilograma
±	Mais ou menos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	15
<b>2 OBJETIVOS</b>	17
2.1. Objetivo Geral	17
2.2. Objetivos Específicos	17
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	18
3.1. Caracterização da área de estudo	18
<b>3.2. Banco de dados</b>	19
<b>3.3. Tipos de solo</b>	19
3.4. Densidade básica da madeira	20
<b>3.5. Análise estatística</b>	22
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	22
4.1 Densidade da madeira	22
4.1.1 Densidade da madeira por classe de idade	22
4.1.2 Densidade da madeira por classe de solo	24
4.2 Incremento Médio Anual (IMA) por tipo de solo	25
<b>5 CONCLUSÃO</b>	29

## 1 INTRODUÇÃO

O eucalipto foi introduzido no Brasil por se apresentar como uma espécie de rápido crescimento, adaptado às condições edafo-bioclimáticas brasileiras, sendo utilizado desde 1904 para diversos fins, o crescimento bem sucedido da eucaliptocultura brasileira foi impulsionado pelo uso como biomassa combustível (lenha e carvão) e, depois, pela fabricação de celulose e papel. (DOSSA et al., 2002; SCHUMACHER e VIEIRA, 2016). De acordo com dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2019), a área de árvores plantadas para fins industriais no Brasil totalizou 7,83 milhões de hectares em 2018, sendo que os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares desse total. O setor brasileiro de árvores plantadas apresentou crescimento de 13,1% em 2018, com relação ao ano anterior, alcançando uma receita setorial de R\$ 86,6 bilhões. Essa evolução do segmento representou um aumento no Produto Interno Bruto (PIB) Nacional de 1,1% (IBA, 2019).

Nos últimos sete anos, o crescimento médio da área de eucalipto foi de 1,1% ao ano (IBÁ, 2019). Com o avanço dos plantios florestais no território brasileiro, o eucalipto destaca-se em virtude do alto potencial de crescimento, visando a produção de uma madeira de qualidade, visto que essa afeta diretamente o rendimento do processo de produção de celulose, assim como a qualidade da celulose obtida, influenciando a produtividade do digestor, o consumo volumétrico de madeira e a quantidade de rejeitos (SILVA JUNIOR et al., 1993; SILVA et al., 1997; GAVA, 2005).

Assim, um dos melhores indicadores de qualidade para os mais diversos usos é a densidade básica, pois, além de suas propriedades facilmente identificáveis, está associada a um grande número de outras propriedades da madeira como teor de lignina, holocelulose e extrativos, apresentando um grande impacto na qualidade e no desempenho de certos produtos (SHIMOYAMA e BARRICHELLO, 1991). A densidade é resultado da divisão da massa sobre o volume, então quanto mais massa num mesmo volume, maior a produção de celulose, proporcionando menores consumos específicos de madeira (DEMUNER et al., 1991; GOMIDE; FANTUZZI NETO; REGAZZI, 2010).

A partir da necessidade de se obter plantios uniformes, reduzir falhas, melhorar e aumentar a produção por unidade de área, a implantação de povoamentos clonais possibilitou a reprodução de árvores com características genéticas idênticas da árvore

selecionada (de ASSIS, ABAD e AGUIAR, 1996; SILVEIRA e HIGASHI, 1999), resultando em madeiras de maior qualidade e uniformidade para os devidos fins necessários das fábricas. A técnica de clonagem do eucalipto começou a ser amplamente utilizada e as empresas passaram a apresentar grandes progressos, como na Aracruz Celulose, de 1986 a 1994, que, ao utilizar a clonagem, contabilizou ganhos superiores a 2,5% ao ano (GONÇALVES et al., 2001). De todo modo, as características genéticas selecionáveis envolvem principalmente, no Brasil, critérios climáticos, tipo de solo, qualidade da madeira e resistência a pragas e doenças (BARROS et al., 1990; DEL QUIQUI et al., 2001; BORGES, 2012).

Além disso, a avaliação precisa das características da madeira auxilia na escolha do material genético adequado para condições específicas de clima, solo e destinação da madeira (STURION et al., 1987). Ferreira e Kageyama (1978) observaram a influência na velocidade de desenvolvimento em função da idade, origem, localização e espaçamento, entre gerações e espécies, mesmo entre árvores da mesma espécie. Outros estudos também demonstram que a qualidade do sítio afeta diretamente a produtividade da floresta, pois o aumento da velocidade de crescimento influencia a formação de tecido juvenil, alterando as disposições das fibras, o que acarreta diferentes densidades básicas (LARSON et al., 2001). Considerando o *Eucalyptus urophylla*, Santana et al. (2012) notaram que a densidade básica desta espécie apresentava uma tendência a aumentar com o passar dos anos, com diferenças marcantes entre clones de eucalipto, sendo estas, segundo os autores, bem definidas e específicas.

Considerando que a densidade da madeirapode influenciar no processo de polpação e qualidade da polpa celulósica (FANTUZZI NETO, 2012; FEUCHARD, 2015) e sua avaliação auxilia na previsão da impregnação dos reagentes aos cavacos, podendo servir como indicador do consumo específico de madeira na indústria de celulose e papel (QUEIROZ et al., 2004), torna-se a pesquisa de extrema importância para o ramo. Ainda, segundo estudos, madeiras de maiores densidades proporcionaram menores consumos específicos de madeira, cujo fator favorece a produção de celulose no digestor e a manutenção de volume da pilha de cavacos nas fábricas (GOMIDE; FANTUZZI NETO; REGAZZI, 2010).

Os programas de melhoramento genético buscam cada vez mais adaptar seus clones às condições ambientais, visando aumentar a produtividade dos plantios. Assim, tendo em vista a importância da produção de uma madeira de qualidade para

atingir altos níveis de produção e, ainda, os fatores que influenciam no desenvolvimento e homogeneidade dos plantios, buscando atender a indústria de papel e celulose, através da densidade da madeira, e a silvicultura, com incremento médio anual (IMA), este trabalho visa discutir os conflitos de interesses entre a fábrica e a silvicultura.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analisar e discutir os parâmetros de densidade básica da madeira e Incremento Média Anual (IMA) em dois clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake com relação ao tipo de solo.

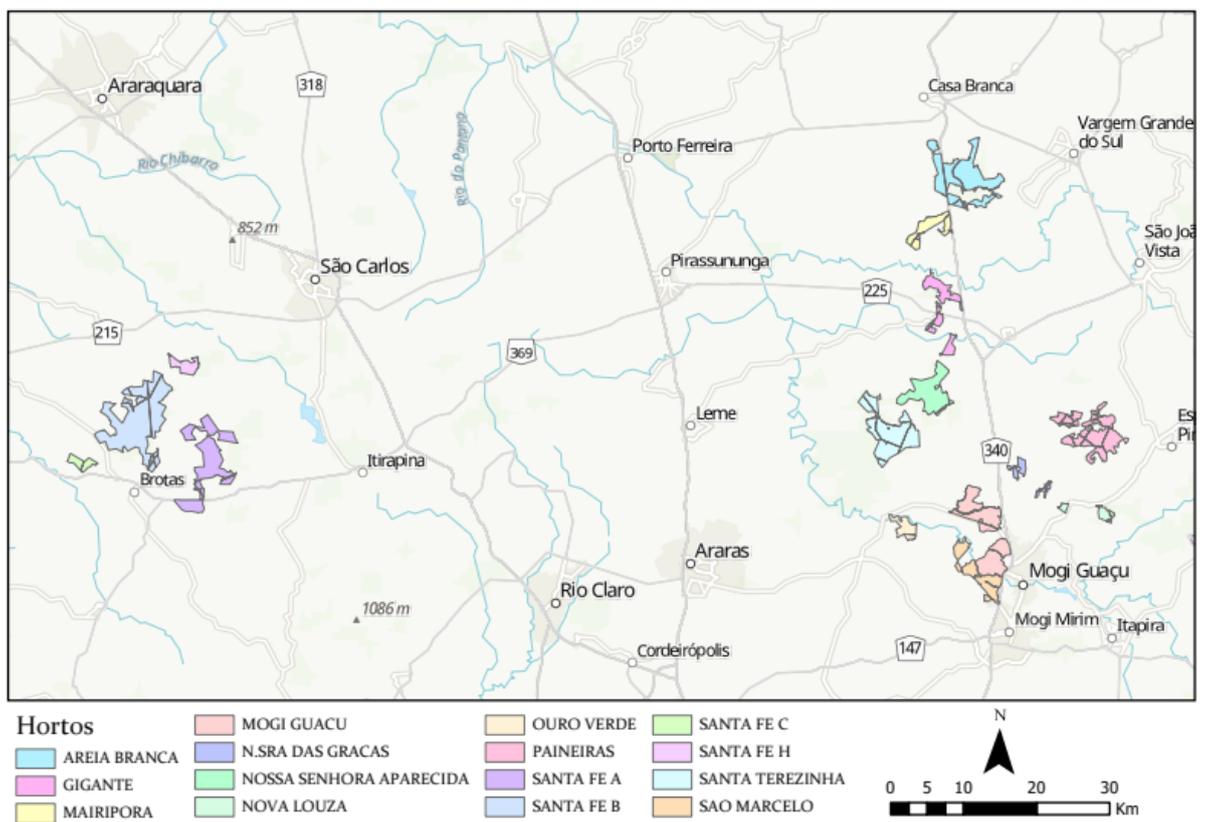
### **2.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar a densidade da madeira de dois clones comerciais de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake em três classes de idades.
- Caracterizar a densidade da madeira de dois clones comerciais de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. frente a distintos cenários de sítios.
- Caracterizar o IMA frente às classes de solo distintas
- Relacionar o IMA com teor de argila do solo e com a densidade básica da madeira.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização da área de estudo

As amostras de cavacos provenientes dos clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake foram coletadas nas propriedades da International Paper Brasil no estado de São Paulo, nos hortos identificados na Figura 1. O espaçamento de plantio utilizado foi de 3,0m x 2,5m, sendo o mesmo trato silvicultural, que incluiu o combate à formiga, a eliminação da mato-competição e adubação, para todos os hortos.



**Figura 1.** Localização dos hortos onde foram realizadas as amostragens.

Fonte: International Paper (2019).

### 3.2. Banco de dados

Os dados referentes a precipitação média foram retirados do Instituto Nacional de Meteorologia (2019) e as informações de tipo de solo e altitude foram obtidos do banco de dados da International Paper (Tabela 1).

Neste estudo, foram utilizadas as estimativas médias de incremento médio anual (IMA) do Clone 1 e Clone 2 obtidas no talhão onde cada amostra foi coletada. As estimativas de IMA e de teor de argila estão sob sigilo empresarial, mas serão utilizadas para as comparações entre clones e entre tipos de solo.

**Tabela 1.** Locais de coleta de amostras dos clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake.

Município	Horto	Solo	Longitude	Latitude	Altitude	Precipitação Média (mm)
Espírito Santo do Pinhal	Paineiras	PVA - Argissolo Vermelho Amarelo	46W 54' 36"	0N 00' 52"	660	888
Estiva Gerbi	Nossa Senhora das Graças	PVA - Argissolo Vermelho Amarelo	47W 57' 29"	0N 01' 27"	647	1337
Mogi Guaçu	São Marcelo	PVA - Argissolo Vermelho Amarelo	47W 48' 21"	0N 00' 25"	647	1337
Mogi Guaçu	Nova Louzã	PVA - Argissolo Vermelho Amarelo	47W 53' 52"	0N 01' 31"	647	1337
Conchal	Ouro Verde	LVA - Latossolo Vermelho Amarelo	46W 55' 45"	0N 00' 04"	684	1273
Casa Branca	Mairiporã	LVA - Latossolo Vermelho Amarelo	46W 53' 16"	0N 02' 23"	684	1273
Mogi Guaçu	Mogi Guaçu	LVA - Latossolo Vermelho Amarelo	46W 56' 53"	0N 01' 01"	591	1300
Mogi Guaçu	Santa Terezinha	LVA - Latossolo Vermelho Amarelo	46W 27' 28"	0N 04' 21"	870	1531
Mogi Guaçu	Nossa Senhora Aparecida	LVA - Latossolo Vermelho Amarelo	46W 30' 22"	0N 03' 52"	622	1365
Casa Branca	Areia Branca	LVE- Latossolo Vermelho Escuro	47W 50' 21"	0N 00' 53"	590	1589
Aguai	Gigante	LVE- Latossolo Vermelho Escuro	46W 51' 09"	0N 00' 38"	617	1344
Brotas	Santa Fé C	RQ - Neossolo Quartzarênico	141W 21' 44"	88S 02' 13"	617	1344
Brotas	Santa Fé A	RQ - Neossolo Quartzarênico	141W 23' 41"	88S 30' 18"	617	1344
Brotas	Santa Fé B	RQ - Neossolo Quartzarênico	53W 00' 13"	22S 21' 25"	617	1344
Ribeirão Bonito	Santa Fé H	RQ - Neossolo Quartzarênico	140W 45' 19"	88S 16' 56"	617	1344

### 3.3. Tipos de solo

Foram testados nesses estudos quatro tipos de solo (Tabela 1). Os latossolos e neossolos são solos intemperizados e apresentam características marcantes, como o baixo teor de nutrientes, a elevada acidez e a predominância de argilas de baixa atividade (caulinitas e óxi-hidróxidos de Fe e Al) (FRAZÃO et al., 2008). Segundo Rossi (2017), os solos do tipo Argissolo Vermelho e Amarelo (PVA, municípios de Espírito Santo Pinhal e Mogi Guaçu) apresentam textura que varia de arenosa-média, média ou média-argilosa e abrupto arenosa-média, constituindo uma ampla variação de relação infiltração-deflúvio (de acordo também com a declividade do terreno) e uma dinâmica hídrica específica para cada textura apresentada. Da mesma forma, pode-se falar sobre a porosidade e a estrutura desses solos, o que influencia na infiltração,

retenção e disponibilidade de água. Normalmente esses solos apresentam argila de atividade baixa e saturação por bases alta, desenvolvendo-se a partir de diversos materiais de origem, em áreas de relevo plano a montanhoso. A maioria dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila e a transição entre os horizontes A e B é, usualmente, clara, abrupta ou gradual (EMBRAPA, 2019).

Os Latossolos Vermelho (LV) e Vermelho-Amarelo (LVA, Mogi Guaçu, Aguaí e Casa Branca) apresentam uma textura argilo-arenosa, com altos teores de óxidos de ferro e alumínio (EMBRAPA, 2006). Os Latossolos são solos de coloração avermelhada, alaranjada ou amarelada, variando de acordo com a quantidade e o tipo de óxido de ferro presente. São muito profundos, friáveis, porosos, de textura variável, com argila de atividade baixa, se caracterizam como solos fortemente intemperizados, apresentando assim uma morfologia muito uniforme ao longo do perfil, com transição entre os horizontes dificilmente visível (DA SILVA, SILVA e CAVALCANTI, 2006).

Segundo Zuo et al. (2008), Neossolos Quartzarênicos (RQ, municípios de Brotas e Ribeirão Preto) apresentam baixa capacidade de retenção de água e nutrientes no solo para as plantas, além de elevada erodibilidade, sendo considerados ecologicamente frágeis. Apresentam textura de areia ou areia franca até 2 m de profundidade, com teor de argila inferior a 15%. O uso contínuo desses solos, com culturas anuais, pode acarretar rápida degradação (EMBRAPA, 1999), no entanto, o manejo correto pode aumentar o seu potencial produtivo em curto prazo (SPERA et al., 1999).

#### 3.4. Densidade básica da madeira

As árvores-amostras selecionadas nos povoamentos foram aquelas cujos diâmetros à 1,30 m de altura do solo (DAP) estavam compreendidas entre o DAP médio estimado para a população do talhão e seu desvio padrão ( $\pm DP$ ). Sendo que, para cada árvore, foram retiradas amostras em formato de torete nas posições a 25%, 50% e 75% da altura comercial da árvore (Hc), em seguida foram cavaqueadas, formando assim uma amostra composta (Figura 2). Em seguida, foi realizada a média da densidade básica de três árvores, cortadas nos talhões escolhidos em cada fazenda (Figura 1).

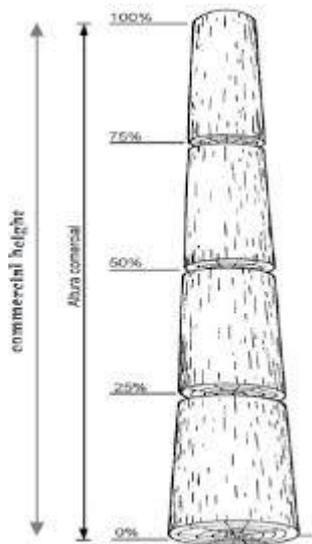


Figura 2. Esquema de coleta de disco em cada árvore. Fonte: (adaptado de Costa, 2011)

A medição da densidade básica foi realizada no Laboratório Integrado de Química, Celulose e Energia, da ESALQ-USP, Piracicaba-SP, através do Método do Máximo Teor de Umidade – A norma NBR 11941 (2003) indica o Método do Máximo Teor de Umidade de Foelkel et al. (1971), para determinação da densidade básica para de amostras de pequena dimensão (cavacos e baguetas).

Para isso, as amostras selecionadas foram submersas em água, sob vácuo, até atingirem a saturação e, em seguida, foi determinada a densidade básica pela Equação 1.

$$d_b = \frac{1}{\frac{P_m - P_{as}}{P_{as}} - 0,346} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

$P_m$  = peso ao ar da madeira dos cavacos seccionados e saturados (precisão de 0,001 g).

$P_{as}$  = peso seco a 105°C ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ) da madeira dos cavacos seccionados, após secagem em estufa até peso constante (precisão de 0,001 g).

0,346 = constante

Para as análises de densidade com relação ao tipo de solo, utilizaram-se árvores da classe de idade de 5-6 anos.

### 3.5. Análise estatística

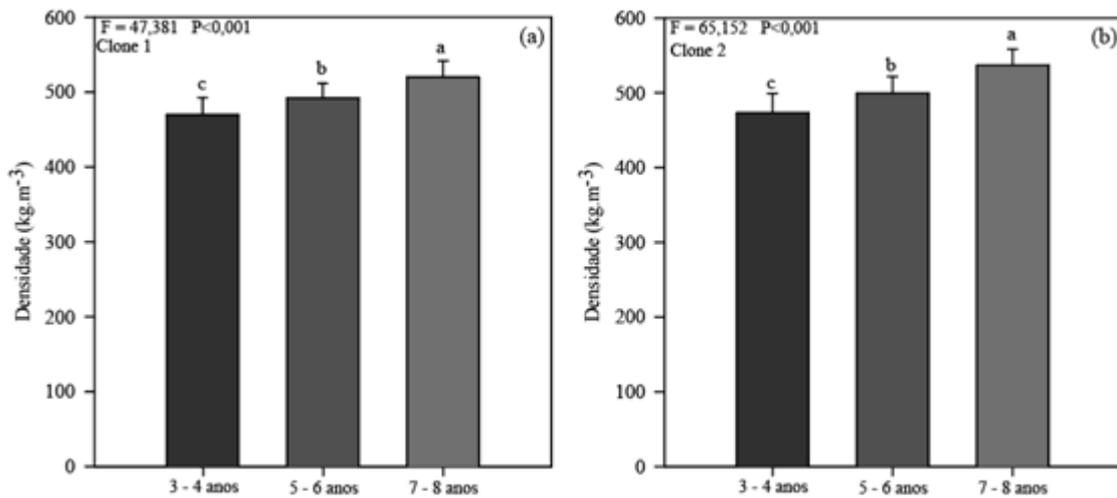
Após os cálculos da densidade básica da madeira e de comparativo de IMA, foi utilizado o *Software* SigmaPlot 12 para ANOVA, utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade, visando comparar os dois clones comerciais, quanto à densidade da madeira em diferentes idades. Foram consideradas três classes de idade, ou seja, de 3-4 anos, 5-6 anos e 7-8 anos. Em seguida, comparou-se os dois clones de classe de 5-6 anos quanto à densidade básica de madeira e o IMA em diferentes tipos de solo. Por fim, foi feito um gráfico de dispersão entre incremento médio anual e teor de argila do solo (%) para ambos clones, a fim de caracterizar o crescimento do povoamento em relação ao teor de argila, comparando-os no final. Avaliou-se, também, para cada clone, se há uma correlação entre a densidade básica da madeira e o IMA.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Densidade da madeira

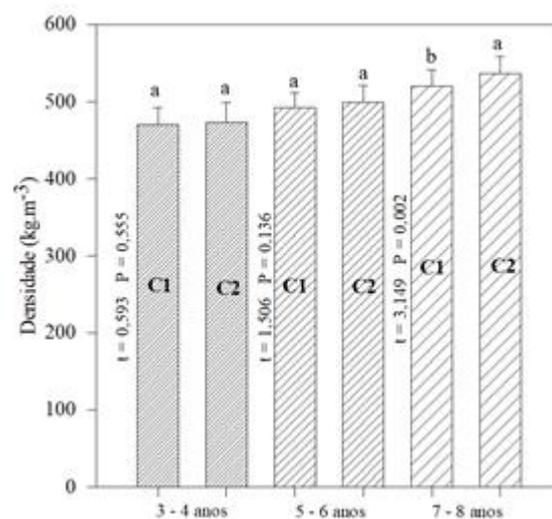
#### 4.1.1 Densidade da madeira por classe de idade

A densidade básica mais alta foi observada em árvores com estágio de desenvolvimento mais avançado, tanto no Clone 1 quanto no Clone 2 (Figura 3a-b). Sette Júnior et al. (2012) também observaram um aumento significativo da densidade básica ponderada do lenho das árvores de *Eucalyptus grandis* do 2º para o 6º ano. Esse aumento da densidade ocorre à medida que o lenho adulto é formado nas árvores de eucalipto, principalmente devido às alterações do meristema cambial e pelo aumento da espessura da parede das fibras e redução da frequência e do número de vasos (TOMAZELLO FILHO, 1985; TRUGILHO et al., 1996; DE CASTRO SILVA et al., 2004).



**Figura 3.** Comparação da densidade básica nas diferentes classes de idade (3-4, 5-6 e 7-8 anos) no Clone 1 (a) e Clone 2 (b) de *Eucalyptus urophylla*. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As barras representam o desvio-padrão.

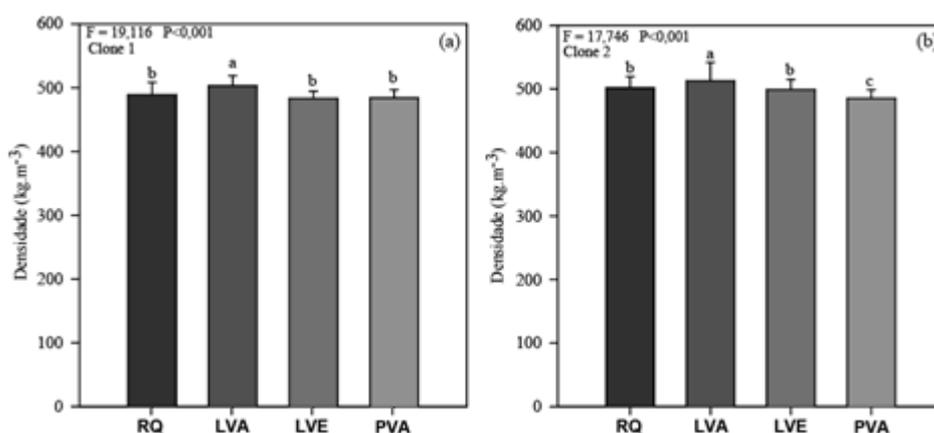
Na comparação entre os clones com a mesma idade, observou-se diferenças significativas apenas nas árvores aos 7 e 8 anos, com madeira mais densa no Clone 2 (Figura 4).



**Figura 4.** Comparação da densidade básica entre os clones 1 (C1) e 2 (C2) de *Eucalyptus urophylla*, em três classes de idade (3-4, 5-6 e 7-8 anos). Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As barras representam o desvio-padrão.

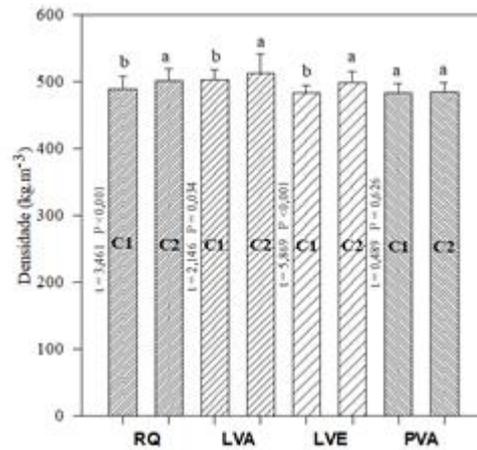
#### 4.1.2 Densidade da madeira por classe de solo

Observam-se efeitos significativos a 5% de probabilidade em relação à densidade básica, em que as madeiras mais densas foram amostradas nos hortos de solo LVA (Figura 5). No entanto, a densidade do Clone 1 não variou entre os demais solos, enquanto que no Clone 2, a menor densidade ocorreu no solo PVA e a maior também no solo LVA. Esses resultados divergem de Gava (2005), onde a densidade básica do clone de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden (Coff's Harbour), com idades entre 6,5 e 7,0 anos, não se alterou nas diferentes classes de solo. Entretanto, o autor relata que a quantidade de água disponível, foi o que mais afetou a produtividade e a qualidade da madeira. Outro estudo, com três clones de *Eucalyptus* sp. aos sete anos de idade, também não se observou diferença da densidade entre regiões, apesar das diferenças em fertilidade do solo e pluviosidade (Frederico, 2009). Os resultados encontrados no presente trabalho podem estar relacionados com as condições ambientais, pois há hortos bem afastados um dos outros, sendo assim apresentam características edafo-bioclimáticas diferentes, podendo essas condições terem afetado à densidade da madeira.



**Figura 5.** Comparação da densidade básica nos quatro tipos de solo no Clone 1 (a) e Clone 2 (b) de *Eucalyptus urophylla* aos 5-6 anos de idade. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As barras representam o desvio-padrão.

Na comparação entre os dois clones, relacionando com cada tipo de solo, o Clone 2 apresentou maior densidade em três tipos de solo, RQ, LVA e LVE (Figura 6). Já no solo do tipo PVA, ambos não apresentaram diferenças estatísticas.

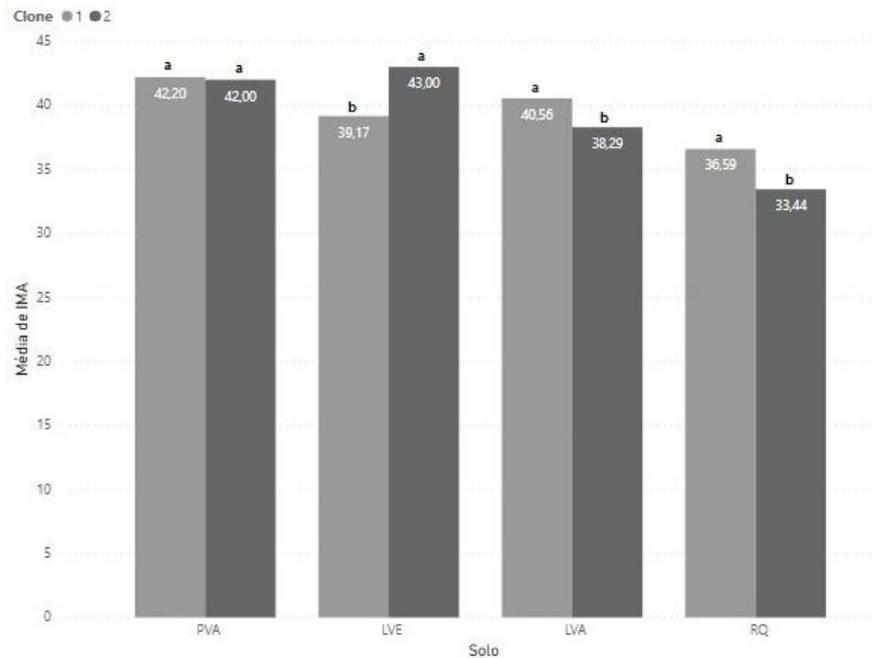


**Figura 6.** Comparação da densidade básica entre os clones 1 (C1) e 2 (C2) de *Eucalyptus urophylla* aos 5-6 anos de idade, em quatro tipos de solo. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As barras representam o desvio-padrão.

Segundo Gava (2005), as variações da densidade da madeira nos tipos de solo, possivelmente, têm influência direta de alguns atributos físicos/físico-hídricos como textura, disposição homogênea ou heterogênea de camadas em profundidade, estrutura, porosidade e quantidade de água.

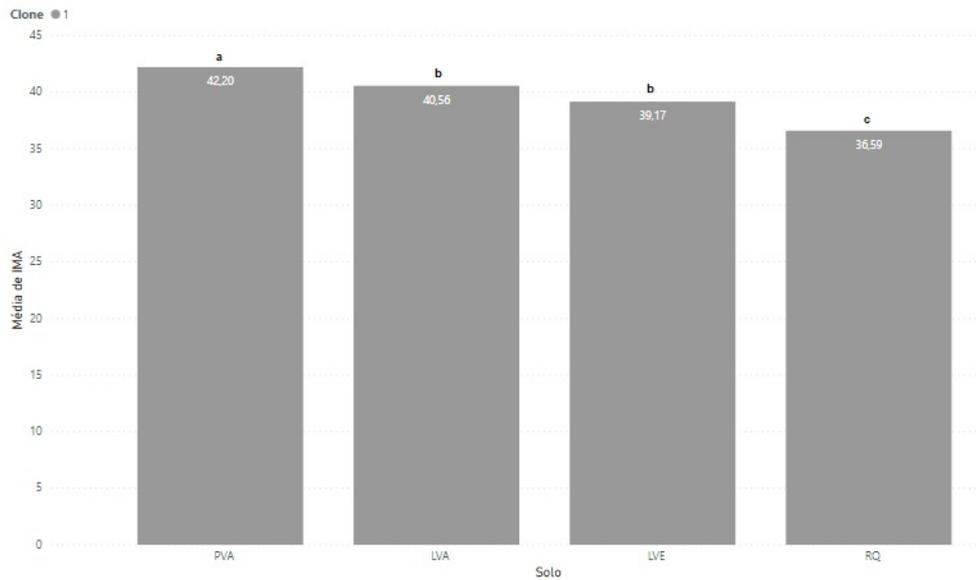
#### 4.2 Incremento Médio Anual (IMA) por tipo de solo

Ao analisar as médias de IMA dos dois clones, observou-se que no solo PVA ambos não apresentaram diferenças significativas. No solo LVE, o Clone 2 apresentou um melhor desempenho em relação ao Clone 1, sendo o contrário no solo LVA, onde o Clone 1 apresentou um melhor aproveitamento. Por fim, o solo que obteve o IMA mais baixo foi o RQ (Figura 7).



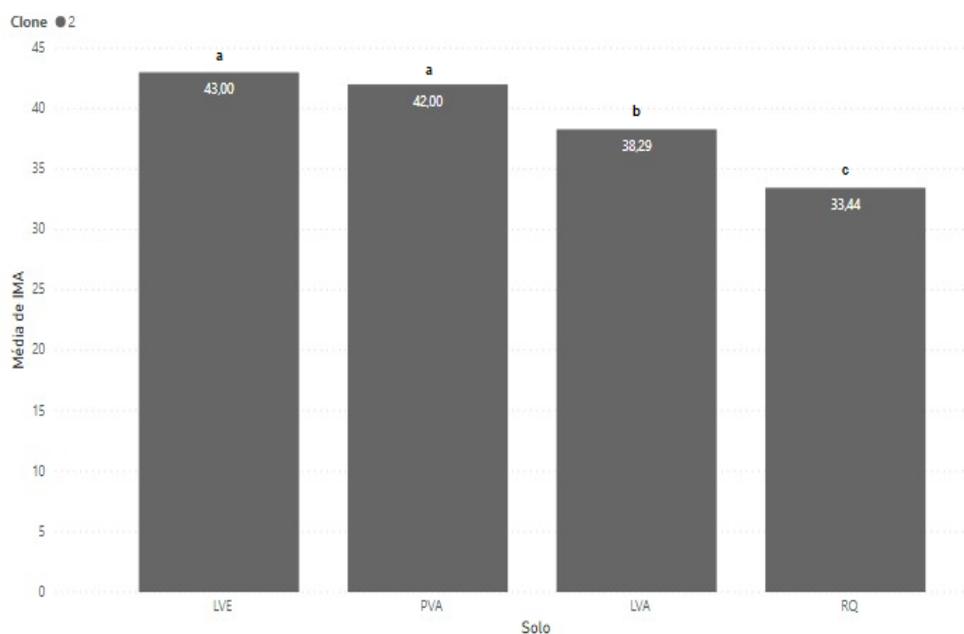
**Figura 7.** Comparação da média do IMA entre Clone 1 e Clone 2 nos diferentes tipos de solo. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O Clone 1 apresentou maior crescimento no solo PVA, diferentemente dos Latossolos (LVA e LVE), que não houve diferença entre os clones, sendo o segundo solo mais produtivo. Já o desenvolvimento mais baixo foi observado no solo RQ (Figura 8).



**Figura 8.** Desempenho do Clone 1 de *Eucalyptus urophylla* aos 5-6 anos de idade nos diferentes tipos de solo. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

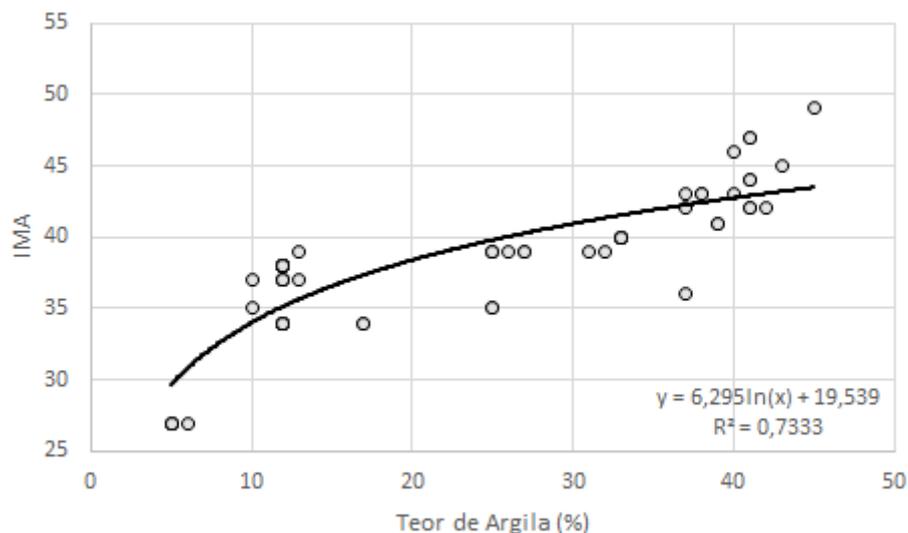
Verificamos que o Clone 2, diferentemente do Clone 1, apresentou maior produtividade nos solos LVE e PVA. O menor crescimento ocorreu no solo RQ e o segundo melhor desempenho foi observado no solo PVA (Figura 9).



**Figura 9.** Desempenho do clone 2 de *Eucalyptus urophylla* aos 5-6 anos de idade nos diferentes tipos de solo. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

GAVA (2005) observou que a produção de madeira em povoamento de *Eucalyptus grandis* no estado de São Paulo, aos sete anos de idade, variou de forma diretamente associada à variação da classe de solo e textura, onde a menor produtividade foi encontrada no Neossolo Quartzarênico (RQ) e a maior no Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) muito argiloso. Segundo ROCHA (2018), locais mais secos possibilitam maiores densidades devido à diminuição no ritmo de crescimento, entretanto esse comportamento pode ser intrínseco a cada material genético.

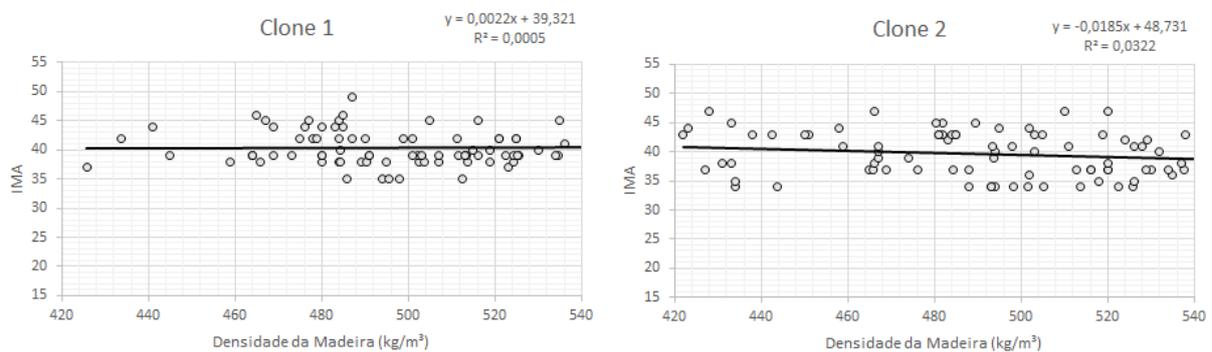
Observamos que há uma associação logarítmica entre IMA e teor de argila, com um  $R^2=0,7333$  e *valor-P* foi de 3,40E-12 (Figura 9).



**Figura 10.** Relações entre o Incremento médio anual (IMA) com o teor de argila aos 5-6 anos de idade.

Após analisar o incremento médio anual e o teor de argila, observa-se que a produtividade aumentou conforme mais argiloso, demonstrando uma influência positiva do teor de argila na produtividade. Essa relação já foi observada por Gava (2005) e Braga (1999).

De acordo com a Figura 11, ficou patente que para ambos os clones, não há correlação entre o IMA e densidade de madeira, pois o coeficiente de determinação foi baixo sendo  $R^2 = 0,005$  para C1 e  $R^2 = 0,083$  para C2. Rocha (2018) também não observou que uma maior densidade da madeira estava atrelada ao menor IMA em clones de *E. urophylla*. Vigneron et al. (1995) comentam que os resultados são inconsistentes, especialmente pelo fato de que, às vezes, o IMA maior, diminui a densidade básica da madeira e, outras vezes, aumenta. No *Eucalyptus grandis*, Ferreira et al. (1978) mostram que em sítios mais produtivos, com maior potencial de crescimento da árvore, apresenta menor densidade básica.



**Figura 11.** Correlação de IMA com densidade da madeira em dois clones de *Eucalyptus urophylla* aos 5-6 anos de idade.

## 5 CONCLUSÃO

A densidade básica da madeira dos diferentes clones é afetada pelas regiões analisadas, apresentando variações entre clones e entre árvores de cada clone, o que permite inferir ser essa uma característica muito influenciada pelas condições ambientais, fazendo-se necessários estudos anatômicos e químicos para entender a relação clima x qualidade da madeira.

Em relação ao IMA, a produtividade provavelmente está relacionada à classe de solo e textura, pois quanto maior quantidade de argila observou-se maior

crescimento sendo que as condições climáticas também podem ter influenciado no IMA.

Na correlação IMA x densidade da madeira ficou claro que para ambos clones, não houve interação, em que a maior densidade da madeira estava atrelada a menor produtividade da floresta.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941. Madeira – Determinação da Densidade Básica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. p. 6.

ALMEIDA, A.C. et al. **Needs and opportunities for using a process-based productivity model as a practical tool in Eucalyptus plantations.** Forest Ecology and Management, v. 193, n. 1-2, p. 167-177, 2004.

ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 141, p. 225–247, 1996.

BORGES JS. **Modulador edáfico para uso em modelo ecofisiológico e produtividade potencial de povoamentos de eucalipto [tese].** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2012.

BARROS NF, Cardoso JR, Macedo PRO. **Algumas relações solo-eucalipto em suas condições naturais.** In: Barros NF, Novais RF, editores. Relação solo eucalipto. Viçosa: Folha de Viçosa; 1990.

BRAGA, F. A.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L. e COSTA, L. M.. **Environmental characteristics determining site capacity for eucalypt production.** Rev. Bras. Ciênc. Solo. 1999, vol.23,

COSTA, J. A. Qualidade da Madeira de *Eucalyptus urograndis*, Plantados no Distrito Federal, para Produção de Celulose Kraft. 2011. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília. Brasília, 2011.

DA SILVA, F. H. B. B.; SILVA, MSL; CAVALCANTI, A. C. Descrição das principais classes de solos. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CURSO [SOBRE] MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2., 2006, Juazeiro-BA. Palestras... Juazeiro, BA: MAPA; SFA-BA; Embrapa Semi-Árido; Embrapa Solos, 2006.

DE ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte (Brazil)**, v. 18, p. 32-51, 1996.

DE CASTRO SILVA, J. et al. **Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden**. Floresta, v. 34, n. 1, 2004.

DEMUNER, B. J. et al. As propriedades do papel e as características das fibras de eucalipto. In: **CONGRESSO ANUAL DA ABTCP**. 1991.

EMBRAPA. **Descrição de argissolos**. AGEITEC, Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma\\_caatinga/arvore/CONT000g5twggzi02wx5ok01edq5sp172540.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g5twggzi02wx5ok01edq5sp172540.html)>. Acesso em: 03 Out. 2019.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: **Sistema de Produção de Informação-SPI**, p.412, 1999.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**: Rio de Janeiro, p.412, 2006.

DEL QUIQUI EM, Martins SS, Shimizu JY. **Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* para o Noroeste do Estado do Paraná**. Acta Scientiarum 2001; 23(5): 1173-1177.

DOSSA, D. et al. **Produção e rentabilidade do eucaliptos em empresas florestais**. Embrapa Florestas - Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2002.

FANTUZZI, N. H. **Qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft.** 2012. 105p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERREIRA, C.A.; FREITAS, M.de; FERREIRA, M.A. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp, em função da idade e qualidade do local. **Boletim informativo IPEF**, Piracicaba, v. 6, n. 20, p. b1-b19, nov. 1978.

FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P.Y. **Melhoramento genético da densidade de eucalipto.** Boletim Técnico – IPEF, v. 6, n. 20, p. A1 – A15, 1978.

FEUCHARD, L. D. **Influência do espaçamento de plantio e idade de colheita na qualidade da madeira de eucalipto para celulose.** 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M.; BARRICHELO, L.E.G. **Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas.** IPEF, Piracicaba, v. 2, n. 3, p. 65-74, 1971.

FREDERICO, P. G. U. **Influência da densidade e composição química da madeira sobre a qualidade do carvão de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e de híbridos de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake.** 66f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2009. 66p.

GAVA, J. L. **Relações entre atributos do solo e qualidade da madeira de clone de *Eucalyptus grandis* para produção de celulose.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2005.

GOMIDE, J. L.; Fantuzzi Neto, H., Regazzi, A. J. Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 339-344, 2010.

GONÇALVES, F. M. A. Progresso genético por meio da seleção de clones de eucalipto em plantios comerciais. **Revista Árvore**, v. 25, p. 295-301, 2001.

HUDSON, I.; WILSON, L.; VAN BEVEREN, K. **Vessel and fibre property variation in *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*: some preliminary results.** IAWA Journal, v. 19, n. 2, p. 111-130, 1998.

IBA - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual.** São Paulo, 2017. 77 p.

IBA - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual.** São Paulo, 2019. 80 p.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados de precipitação média.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 01 Set. 2019.

LARSON, P.R. et al. **Formation and properties of juvenile wood in southern pines: a synopsis.** Madison: USDA, 2001. 42p

OLIVEIRA, J.T.S.; HELLMEISTER, J.C.; TOMAZELLO FILHO, M. **Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto.** 2005.

QUEIROZ, S. C. S. et al. Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* ST Blake. **Revista *Árvore***, v. 28, n. 6, p. 901-909, 2004.

RIBEIRO, M. D. S. B. **Densidade básica da madeira de plantios florestais de *Eucalyptus* spp.: associações com variáveis do sítio e do plantio e estimativas com redes neurais artificiais.** Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu. 2018.

ROCHA, S.M.G.R. **Densidade básica da madeira de eucalipto em gradientes climáticos no Brasil.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, 2018.

SETTE JÚNIOR, C. R. et al. **Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*.** *Revista *Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1183-1190, 2012.

SILVA JUNIOR, F. G. et al. **Avaliação da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* visando a produção de celulose.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, Curitiba. Anais. São Paulo: SBS/SBEF, 1993. v.2, p.581-585. 1993.

SILVA, D. J. et al. Impacto da qualidade da madeira na deslignificação, no branqueamento e nas propriedades físico-mecânicas da polpa kraft de eucalipto. **O Papel**, São Paulo, v. 58, n. 2, p. 33-43, 1997.

SILVEIRA, R.L.V.A., HIGASHI, E.N. Produzindo mudas de eucaliptos. **Revista Referência**, n.1, p.34-36, 1999.

SCHUMACHER, M.V.; VIERA, M. (Ed.). **Silvicultura do eucalipto no Brasil.** Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciência - Editora UFSM, 2016.

SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELLO, L.E.G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp. In: **CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24.**, 1991, São Paulo. Anais... São Paulo, ABTCP, 1991. p.178-183.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, E. D. S.; CORREIA, J. R.; CUNHA, T. J. F. **Solos areno-quartzosos no Cerrado: características, problemas e limitações ao uso.** Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E), 1999.

STURION, J.A. et al. **Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG.** Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE), 1987.

TOMAZELLO FILHO, M. **Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*.** IPEF, v. 29, p. 37-45, 1985.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. **Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*.** Cerne, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

VIGNERON, P.; GERARD, J.; BOUVET, J.M. **Relationship between basic density and growth in a fertilization trial with clones of *Eucalyptus* hybrids in Congo.** In:

EUCALYPT PLANTATIONS: IMPROVING FIBRE YIELD AND QUALITY, 1995, Hobart.Proceedings. Sand Bay: CRCTHF/IUFRO, 1995. v.1, p. 68-72.

WIMMER, R.; DOWNES, G. M.; EVANS, R. **Temporal variation of microfibril angle in Eucalyptus nitens grown in different irrigation regimes.** Tree physiology, v. 22, n. 7, p. 449-457, 2002.

ZUO, X.; ZHAO. H.; ZHAO, X.; ZHANG, T.; GUO, Y.; WANG, S.; DRAKE, S. **Spatial pattern and heterogeneity of soil properties in sand dunes under grazing and restoration in Horqin Sandy Land, Northern China.** Soil & Tillage Research, v.99, p.202-212, 2008.