

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**FELIPE DA SILVA RODRIGUES**

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA LENHOSA DE 31 MATERIAIS DE *Eucalyptus*  
spp. EM PRATA, MG**

**UBERLÂNDIA – MG**  
**NOVEMBRO 2018**

**FELIPE DA SILVA RODRIGUES**

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA LENHOSA DE 31 MATERIAIS DE *Eucalyptus*  
spp. EM PRATA, MG**

Trabalho de Conclusão de Curso 2,  
apresentado ao curso de Agronomia,  
da Universidade Federal de  
Uberlândia para obtenção do grau de  
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Lísias Coelho

**UBERLÂNDIA - MG**

**NOVEMBRO 2018**

**FELIPE DA SILVA RODRIGUES**

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA LENHOSA DE 31 MATERIAIS DE *Eucalyptus*  
spp. EM PRATA, MG**

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado  
ao curso de Agronomia, da Universidade  
Federal de Uberlândia, para obtenção do grau  
de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela banca examinadora em 13 de novembro de 2018.

---

Dr. Ernane Miranda Lemes  
Membro da Banca

---

Heli Heros Teodoro de Assunção  
Membro da Banca

---

Prof. Lísias Coelho, Ph.D.  
Orientador

## RESUMO

A busca por fontes renováveis como forma alternativa de energia está em constante expansão, com intuito de substituir o uso de combustíveis fósseis. Sendo a madeira uma alternativa de grande potencial para produção de biomassa lenhosa.

Visando a crescente demanda por fontes energéticas, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a produtividade por hectare como fonte de combustível renovável de 30 clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden X *E. urophylla* S. T. Blake e *Eucalyptus citriodora* Hook. Os trabalhos de avaliação foram feitos a partir de amostras de um campo experimental na Fazenda Boa Vista II, Parque Florestal da Cargill, no município de Prata, Minas Gerais. Foram feitas medições de diâmetro e altura das árvores dentro das parcelas amostrais, para cálculo de volume de cada parcela. Em laboratório, utilizou-se de amostras coletadas dentro da parcela para obtenção da densidade de cada material. Posteriormente foi feito o levantamento de massa total por hectare de cada clone, estimado de acordo com a densidade de madeira e volume e comparado em diferentes idades, 4 e 7 anos.

É possível concluir com o estudo que a produtividade de biomassa ( $t\ ha^{-1}$ ) é condicionada pelo volume de produção por hectare, ou seja, maiores volumes são responsáveis pelas maiores massas. Os materiais que apresentaram maior volume aos 4 anos foram 3489, 2736, 220, 2559, 2504, H-105, 224, 6382, 3335 e F1, enquanto que aos 7 anos os maiores volumes foram dos clones 3489, 2736, 220, H-105, F-1, 3335, 2559, 6382, GG100, 2504. As maiores massas, aos 4 anos foram 2736, 3489, H-105, 220, 2559, 2504, F-9, 6382, 702 e GG100. Quando analisados aos 7 anos, os melhores resultados foram dos clones 2504, 3489, H-105, 220, F-1, 6382, 144 (24) 3335, 2736 e GG100. Destacam-se os clones 3489, 2736, 220 e H-105, sendo os melhores materiais nas duas características avaliadas nas duas idades. Com base nos resultados obtidos, preliminarmente, recomenda-se o estudos dos dez melhores materiais em testes de competição, avaliando seu desempenho em outras condições de solo e clima, dentro da área de influência de Cargill.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	5
2	MATERIAL E MÉTODOS .....	6
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	7
4	CONCLUSÕES.....	12
	REFERÊNCIAS .....	14

## 1 INTRODUÇÃO

A busca por fontes renováveis e alternativas de energia é crescente, visando a substituição dos combustíveis fósseis por outras maneiras de se obter energia. Sendo assim, a energia obtida a partir da biomassa é uma fonte alternativa versátil, possibilitando grandes quantidades de combustíveis gasosos, líquidos e eletricidade de forma permanente (GRASSI; PALZ, 1988). A madeira é uma das fontes energéticas mais antigas utilizadas (CINTRA, 2009).

Nessa busca por novas fontes, priorizando a diminuição da exploração de recursos naturais, o eucalipto passou a ser utilizado comercialmente no início do século XX, sendo uma planta com alta aptidão para cultivo no Brasil (NAVARRO DE ANDRADE, 1961). Oliveira (1999) define o início do cultivo de *Eucalyptus* spp. no início do século XIX, apenas para uso ornamental e quebra-vento. As primeiras mudas foram trazidas por volta de 1825 e plantadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Trata-se de uma espécie exótica originária da Austrália, com mais de 600 espécies do gênero, sendo capaz de se desenvolver em altitudes de 50 m a 1000 m (OLIVEIRA, 1999).

Shimizu (2006) indica as possibilidades de seu uso: trata-se de uma planta altamente versátil, desde uso das folhas para extração de óleos essenciais até uso direto da madeira como mourões, pasta de celulose, fonte energética e na indústria madeireira.

O presente trabalho tem como prioridade o uso de *Eucalyptus* spp. como fonte energética. Quirino et al. (2005) define o rendimento energético como um processo de combustão da madeira, variável de acordo com a constituição química, teores de fibras e genética da espécie. Portanto é de suma importância que sejam considerados os fatores acima citados para a escolha do material a ser produzido.

A obtenção de energia a partir de lenha ocupa posição importante no cenário brasileiro, pois é de uma fonte natural, renovável e com potencial de sustentabilidade, com caráter não poluidor, quando comparado a combustíveis fósseis (VALE et al., 2000).

Além de fatores alternativos na produção energética, Cordeiro et al. (2010) relatam que os reflorestamentos de eucalipto vêm crescendo e se apresentam como uma alternativa econômica dentro das unidades de produção como acréscimo de renda dentro do sistema agropecuário.

Segundo Tonini et al. (2006), o avanço das técnicas de produção e melhoramento genético dos materiais tem proporcionado às florestas brasileiras índices de produção dentre os maiores do mundo. Tal evolução se deve ao aumento de investimento no setor pelas empresas ligadas à silvicultura, aproveitando as condições naturais favoráveis ao cultivo.

Tonini et al. (2006) ainda ressaltam a importância das técnicas de clonagem dos materiais como forma mais eficiente de propagação com padrões de qualidade e quantidade satisfatórios, visto que a clonagem proporciona populações homogêneas.

A tomada de decisão, na escolha do material e seu uso é baseada, entre outros fatores, na densidade do material. Segundo Hellmeister (1982), a resistência do material tem influência direta da densidade da madeira. Sendo assim, o fator de maior influência na destinação do material é a densidade. Vale et al. (2000) ressaltam que os tratamentos culturais, parâmetros de crescimento e capacidade de adaptação ao ambiente são fundamentais na escolha do material a ser cultivado.

Objetivou-se no presente trabalho a avaliação de densidade básica e produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de 31 materiais do gênero *Eucalyptus* aos 4 e 7 anos de idade e seleção de materiais com maior aptidão como possível fonte energética.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Durante o trabalho, foram analisadas 30 amostras, provenientes de material híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (H-103, 2736, 2530, 3487, P-433, 4735, 3814, 2567, 554, H-105, 3378, 2559, 3336, 144(12), 3301, H-608, 2504, 3335, F-1, 702, 3334, 224, F-3, 3489, 6382, 220, F-9, 3501, GG100, 144(24)) e *Eucalyptus citriodora* Hook, com 4 e 7 anos pós plantio, Fazenda Boa Vista II, Parque Florestal da Cargill, no município de Prata, Minas Gerais.

Cada clone foi plantado em uma parcela experimental, de onde foram retiradas as amostras nos pontos centrais para que fosse evitado efeito de bordadura nos componentes amostrais. Cada unidade amostral foi composta por 70 árvores, subdivididas em 5 linhas de 14 árvores. A área total do experimento compreende  $13.020 \text{ m}^2$  (1,3 ha), com 2.170 árvores.

As amostras foram coletadas com um trado de Pressler, na altura do DAP (Diâmetro à Altura do Peito), da árvore média, foram identificadas e acondicionadas em sacos plásticos, para posterior análise no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Uberlândia (LASEM – UFU).

No laboratório, cada amostra foi acondicionada em um béquer de 100 ml com água deionizada e, com auxílio de um compressor/vácuo em recipientes hermeticamente fechados, as amostras passaram por um processo de vácuo a  $-40 \text{ cm Hg}$ , para que fossem saturadas totalmente de água. Após 48 horas, as amostras se mostraram saturadas (ficaram no fundo do béquer). Utilizando-se de uma proveta de 15 ml com água deionizada foi medido o volume de cada amostra por deslocamento de líquido dentro da proveta assim que inserida cada amostra.

Com cada amostra tendo seu volume definido, foi feita a determinação de massa das mesmas. Para se obter a massa de cada amostra, estas foram colocadas em cápsulas de alumínio previamente pesadas, e secas em estufa a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ , até que sua massa fosse constante.

A determinação da densidade básica de cada amostra foi obtida pela relação entre massa e volume, com a fórmula:

$$d = \frac{m}{v}$$

onde:  $d$  é a densidade ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $m$  a massa (g), e  $v$  é o volume ( $\text{cm}^3$ ).

A determinação da densidade das amostras é parte do processo para determinação de massa de cada clone ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), calculada pela fórmula:

$$m = (V \times d) \times 1000$$

onde  $m$  é massa ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $V$  é o volume por hectare ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ),  $d$  é a densidade ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) e 1000 é o fator de conversão para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

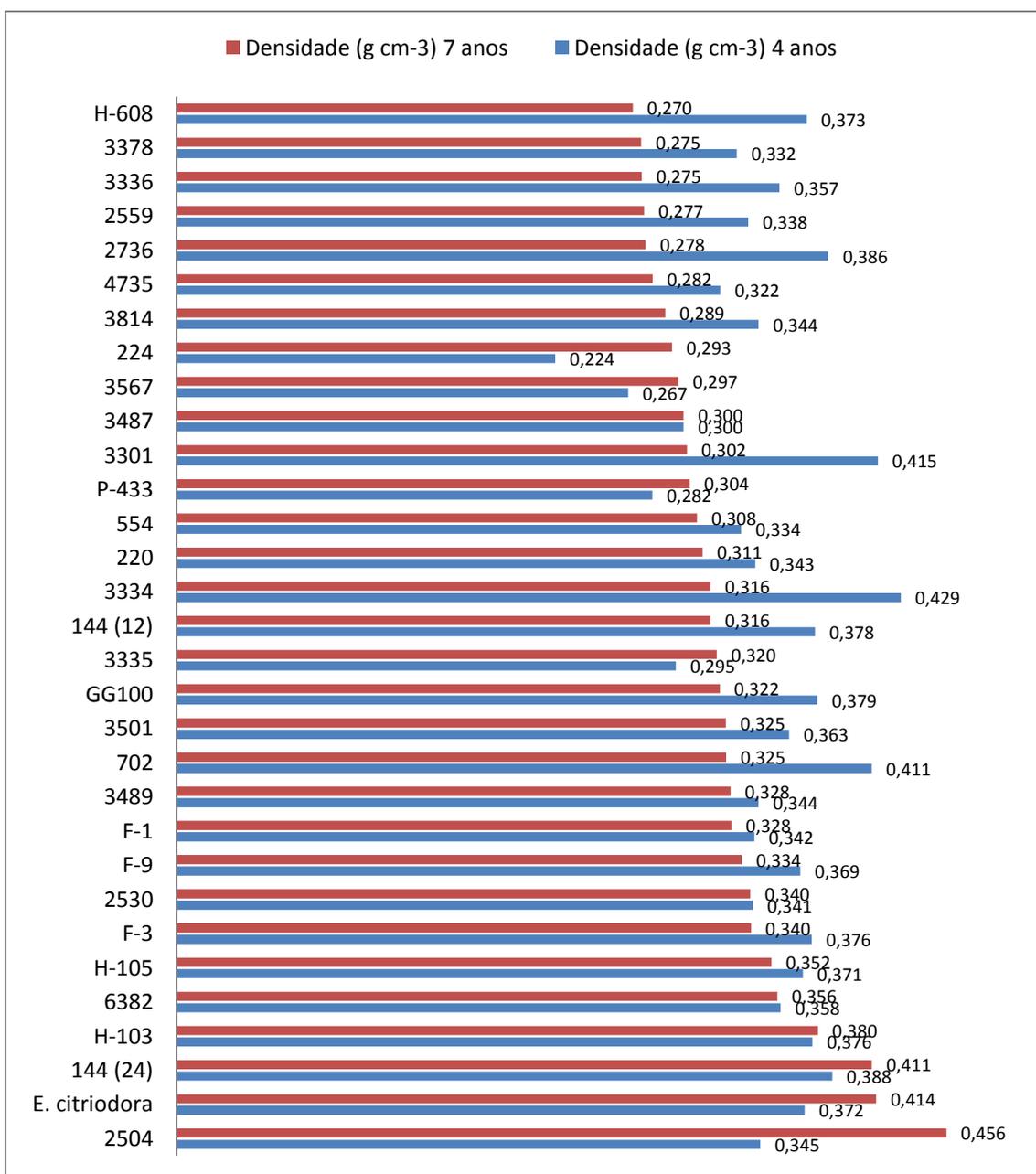
O volume é determinado de forma simples, utilizando das medidas de área basal e altura das parcelas, considerando o fator de forma 0,45.

Os clones usados foram selecionados segundo sua capacidade de produção de matéria-prima para geração de energia (queima), utilizando clones comerciais, clones que estavam em processo de introdução na fase comercial e o *E. citriodora*, que é considerado como material de maior densidade e excelente poder calorífico. Esta seleção foi feita pela própria Cargill, juntamente com o fornecedor de mudas (Plantar S.A. Planejamento Tecnologia e Administração de Reflorestamento).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As densidades obtidas em laboratório são capazes de indicar os materiais com maior potencial energético, visto que os materiais mais densos, em geral, possuem maior capacidade calorífica. Sendo assim, os materiais mais indicados considerando a seleção 4 anos pós plantio foram: 3334, 3301, 702, 144 (24), 2736, enquanto que os materiais 3487, 3335, P-433, 3567 e 224 apresentam as menores densidades. Ao se realizar nova seleção aos 7 anos, quando o plantio já está em idade e volume para colheita final, considerando o seu uso energético, os materiais mais densos foram: 2504, *E. citriodora*, 144(24), H-103 e 6382. Os menores valores foram encontrados nos clones 2736, 2559, 3336, 3378 e H-608 (Figura 1).

A densidade está ligada ao ritmo de crescimento, sofrendo alteração de acordo com a idade em que forem selecionados. As maiores densidades estão nos materiais com menor volume, ou seja, menor taxa de crescimento.



**Figura 1** - Densidade (g cm<sup>-3</sup>) de clones de *Eucalyptus* e de *E. citriodora* aos 4 e 7 anos pós plantio.

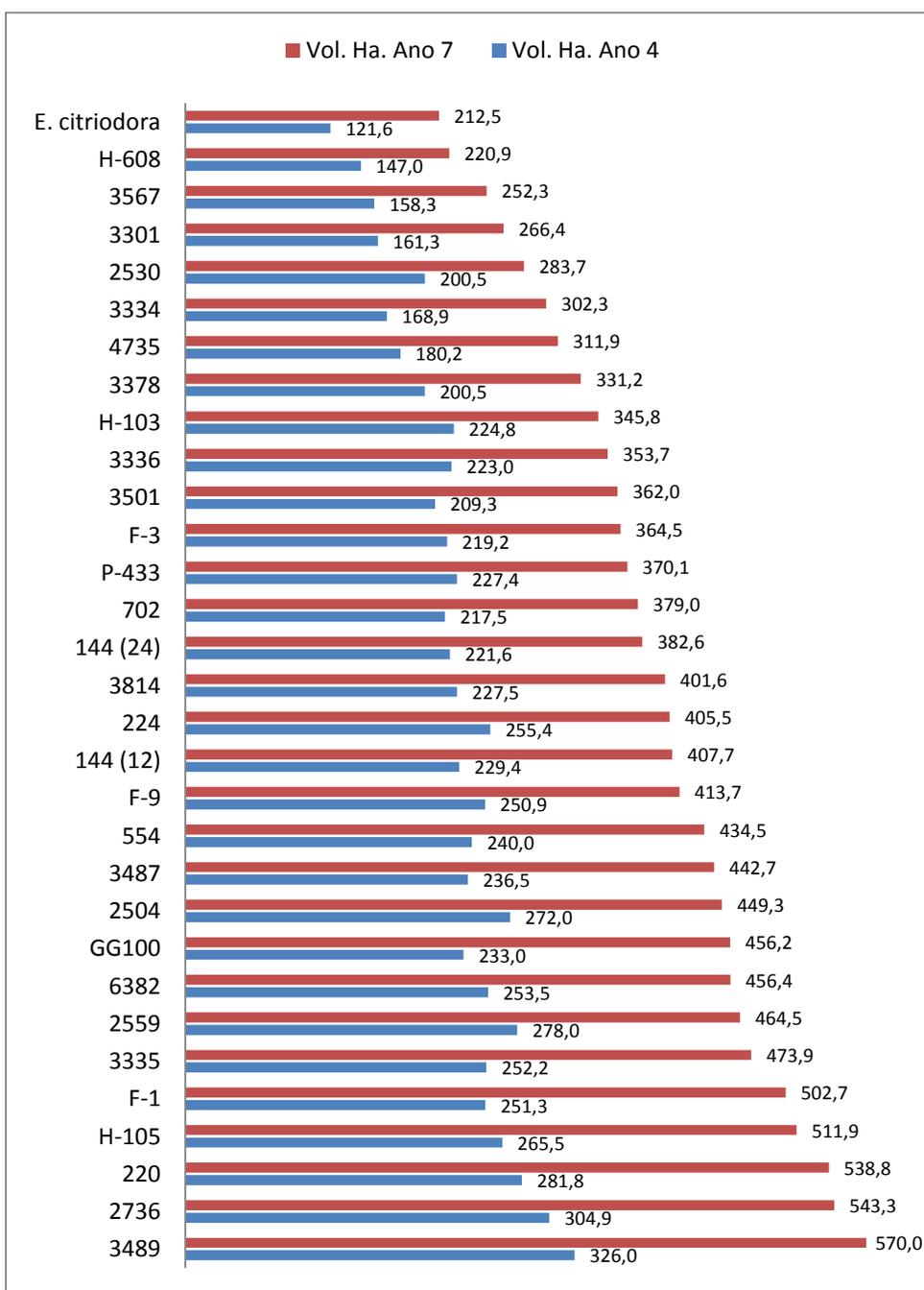
Considerando como critério de seleção o volume (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) de madeira de cada clone aos 4 e 7 anos, os maiores valores foram observados para os clones 3489, 2736, 220, 2559, 2504 e 3489, 2736, 220, H-105, F1, respectivamente.

Os menores volumes aos 4 anos foram observados nos materiais 3334, 3301, 3567, H-608 e *E. citriodora*. Enquanto que os menores volumes aos 7 anos foram dos materiais 2530, 3301, 3567, H-608 e *E. citriodora* (Figura 2).

O primeiro estudo feito com 1 ano pós plantio, na mesma área e condições amostrais, por Simamoto Junior e Coelho (2011), o clone 3335 como o maior volume. Porém, com avaliação feita posteriormente o material não está presente no grupo com maiores volumes. Sendo assim, materiais de grande desenvolvimento inicial não

garantem maiores volumes no ponto de colheita. Os clones 3489 e 220 estão entre os maiores volumes aos 4 e 7 anos, já publicado por (Simamoto Junior, 2011).

Considerando o volume como critério de seleção aos 4 e 7 anos os materiais podem sofrer seleção precoce, sendo que os materiais de destaque aos 4 anos estão presentes também na seleção feita aos 7 anos. Nota-se, então, que o ritmo de crescimento de cada clone é constante até o momento do estudo, aos 7 anos. Os materiais com menor volume de crescimento até os 4 anos em sua maioria não aumentam sua taxa de desenvolvimento ao ponto de superar o volume dos demais clones que ocuparam as melhores posições quando classificados em 4 anos de acordo com seu volume. Sendo assim, não há material cujo potencial é expresso de forma tardia, e a classificação por volume é constante dos 4 aos 7 anos pós plantio.



**Figura 2** - Volume por hectare ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) de clones de *Eucalyptus* e de *E. citriodora* aos 4 e 7 anos pós plantio.

O critério de seleção de maior relevância para a obtenção dos melhores materiais para cultivo e posterior geração de energia, usado como forma de combustível renovável, deve ser a massa por hectare ( $t\ ha^{-1}$ ), sendo que os materiais com maior produtividade foram 2736, 3489, H-105, 220, 2559, aos 4 anos e 2504, 3489, H-105, 220 e F-1 aos 7 anos.

Nota-se que a massa produzida por hectare de cada clone é influenciada de forma positiva pelo volume produzido. Os materiais mais densos de modo geral produzem menor volume de madeira, sendo incapazes de superar em massa os materiais com maiores volumes. Resultado já esperado e obtido também no estudo feito por Pereira (2014).

As menores massas notadas nos materiais aos 4 anos pós plantio são: 4735, 224, H-608, *E. citriodora* e 3567. Quando analisados aos 7 anos, as menores massas são notadas nos materiais *E. citriodora*, 4735, 3301, 3567 e H-608 (Figura 3). Sendo eles os materiais com menores volumes de produção de madeira.

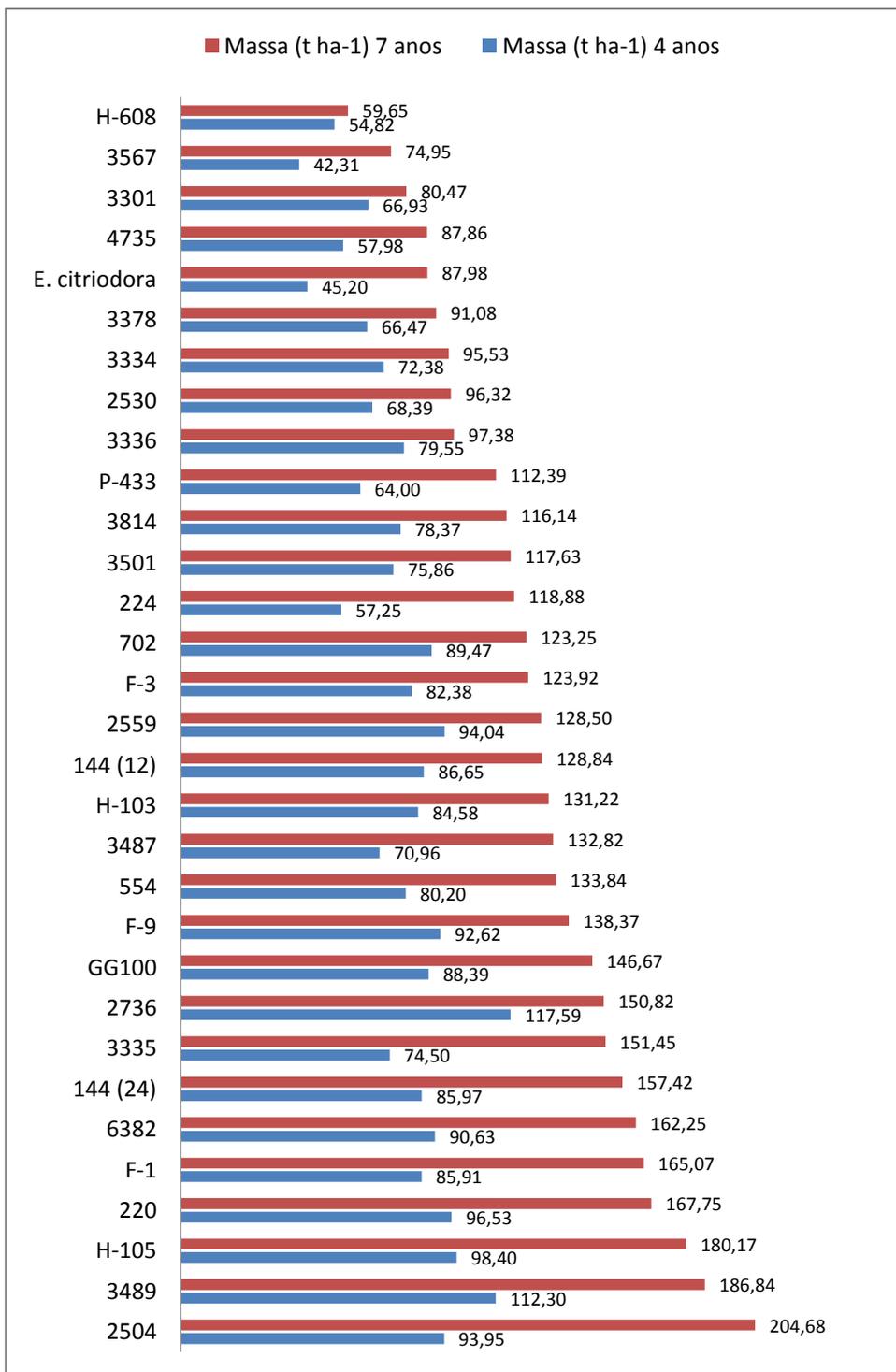
Chegando ao final do ciclo de produção - aos 7 anos - para o espaçamento e região de cultivo, no Prata, MG, é indicado o uso dos clones 2504, 3489, H-105, 220 e F-1, apresentando as maiores produções por hectare. Seguido dos materiais 6382, 144 (24), 3335, 2736 e GG100 (Tabela 1). Os piores materiais para o uso em relação a biomassa produzida por hectare são H-608, 3567, 3301, 4736 e *E. citriodora*.

A seleção feita a partir da massa produzida é justificada quando o destino do produto é a geração de energia como fonte de combustível. Sendo assim, materiais com maiores massas - mesmo que não tenham as maiores densidades - são indicados para o uso na geração de energia como combustível. Sendo assim, a seleção deve buscar por materiais com maior taxa de desenvolvimento volumétrico.

São considerados os melhores clones aqueles com os maiores valores para a massa produzida por hectare. Segundo Cunha et al (1989) a densidade básica não está intimamente ligada ao poder calorífico, essa relação é positiva quando considerado o volume a ser queimado e densidade. Bem como a conclusão obtida por Quirino et al (2005) em seu trabalho, onde os maiores valores de poder calorífico não estão presentes nas espécies com maior densidade básica.

A densidade do material é fundamental para o uso na geração de energia, porém podemos notar que materiais de alta densidade não atingem altos volumes de produção e, por consequência, não atingem as maiores produtividades de biomassa por hectare no período de colheita. Sendo assim, a densidade não é o parâmetro de maior influência na escolha do material.

As perspectivas de crescimento levantadas por Simamoto Junior e Coelho (2011) não foram alcançados pelos materiais sugeridos. Destacando apenas os materiais 3489 e 220, participando do grupo com maior destaque de produtividade.



**Figura 3** - Massa por hectare (t ha<sup>-1</sup>) de clones de *Eucalyptus* e de *E. citriodora* aos 4 e 7 anos pós plantio

Tabela 1. Classificação dos clones de *Eucalyptus* e de *E. citriodora* aos 4 e 7 anos pós plantio quanto ao volume, densidade e massa

Clone	Volume por hectare		Densidade (g cm <sup>-3</sup> )		Massa (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Ano 4	Ano 7	Ano 4	Ano 7	Ano 4	Ano 7
3814	227,5	401,6	0,344	0,289	78370,3	116143,7
3378	200,5	331,2	0,331	0,275	66474,3	91078,3
2736	304,9	543,3	0,386	0,278	117591,3	150822,9
4735	180,2	311,9	0,322	0,282	57984,0	87860,5
2504	272,0	449,3	0,345	0,456	93954,4	204682,0
702	217,5	379,0	0,411	0,325	89469,5	123251,5
3489	326,0	570,0	0,344	0,328	112298,8	186843,2
3501	209,3	362,0	0,363	0,325	75858,5	117633,9
3567	158,3	252,3	0,267	0,297	42311,1	74945,2
2559	278,0	464,5	0,338	0,277	94043,3	128497,9
2530	200,5	283,7	0,341	0,340	68385,8	96320,4
144 (12)	229,4	407,7	0,378	0,316	86652,2	128840,5
E. citriodora	121,6	212,5	0,372	0,414	45200,4	87977,3
3334	168,9	302,3	0,429	0,316	72379,1	95525,7
6382	253,5	456,4	0,358	0,355	90630,6	162249,4
GG100	233,0	456,2	0,379	0,322	88387,1	146674,3
554	240,0	434,5	0,334	0,308	80199,3	133837,0
3336	223,0	353,7	0,357	0,275	79553,6	97384,5
3487	236,5	442,7	0,300	0,300	70958,1	132821,1
3301	161,3	266,4	0,415	0,302	66929,3	80469,4
3335	252,2	473,9	0,295	0,320	74501,3	151445,8
224	255,4	405,5	0,224	0,293	57253,7	118881,9
220	281,8	538,8	0,343	0,311	96530,4	167746,4
144 (24)	221,6	382,6	0,388	0,411	85971,8	157419,0
H-105	265,5	511,9	0,371	0,352	98402,9	180171,4
H-103	224,8	345,8	0,376	0,380	84583,2	131221,0
P-433	227,4	370,1	0,282	0,304	64002,1	112390,6
H-608	147,0	220,9	0,373	0,270	54816,7	59650,3
F-1	251,3	502,7	0,342	0,328	85905,7	165071,6
F-3	219,2	364,5	0,376	0,340	82384,0	123917,3
F-9	250,9	413,7	0,369	0,334	92619,0	138370,0

Cor vermelha = menores valores; cor amarela = maiores valores.

#### 4 CONCLUSÕES

Pode-se concluir com o trabalho que os clones mais indicados para o plantio na região de Prata, MG, visando a obtenção de material combustível renovável, são os materiais 3489, H-105, 2736 e 220. Estes são materiais que destacam em produtividade por hectare, quando considerado a massa produzida no 4º e 7º ano pós plantio. Além

destes, os clones 2504, F1, 6382, 144 (24), 3335, 2736 e GG100 quando avaliados apenas aos 7 anos pós plantio.

É possível concluir com o estudo que a produtividade de biomassa (t ha<sup>-1</sup>) é condicionada pelo volume de produção por hectare, ou seja, maiores volumes são responsáveis pelas maiores massas.

Recomenda-se um estudo com os 10 clones - 3489, H-105, 2736 e 2202504, F1, 6382, 144 (24), 3335, 2736 e GG100 - de maior destaque em massa para que sejam analisados em competição direta e ambientes diferentes do estudado na região de Prata, MG, dentro da área de atuação da Cargill.

## REFERÊNCIAS

- CINTRA, T.C. **Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema**, SP, 2009.
- CORDEIRO, S.A.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L.A.G.; VALVERDE, S.R.; SOARES, N.S. Contribuição do fomento do Órgão Florestal de Minas Gerais na lucratividade e na redução de riscos para produtores rurais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, p.367-376, 2010.
- CUNHA, M.P.S.C.; PONTES, C.L.F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; CUNHA NETO, Z.B.; BARBOSA, A.P.R. **Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras**. In: 3º encontro Brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira: **Anais**, v.2, p. 93-121, São Carlos, 1989.
- GRASSI, G.; PALZ, W. O futuro da biomassa na União Européia. **Álcool & Açúcar**. v.76, p.28-34, 1988.
- HELLMEISTER, J.C. **Sobre a determinação das características físicas da madeira**. 1982. 119 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 1982.
- NAVARRO DE ANDRADE, E. **O Eucalipto**. 2ª Edição São Paulo: Oficinas Tipográficas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro. 1961. 667 p.
- OLIVEIRA, J. T. S. Problemas e oportunidades com a utilização da madeira de eucalipto. In: WORKSHOP – TÉCNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p. 3945
- PEREIRA, C. G. **Biometria e densidade básica de 30 clones de eucalipto e *Eucalyptus citriodora***. Trabalho de Conclusão de curso, UFU, 2014. 20 p.
- QUIRINO, W.F.; VALE, A.T; ANDRADE, A.P.A.; ABREU, V.L.S.; AZEVEDO, A.C.S. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno- celulósicos. **Revista da Madeira**, nº 89 p. 100-106. Abril 2005.
- SIMAMOTO JUNIOR, M., A.; COELHO, L. Competição de 31 materiais genéticos de eucalipto no município do Prata-MG. Dissertação de monografia, UFU 2011
- SHIMIZU, J.Y. Pinus na silvicultura brasileira. **Revista da Madeira**, v.16, p.4-14, 2006.
- TONINI, H.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Crescimento de clones de *Eucalyptus saligna* Smith, na Depressão Central e Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 27-43, 2006.
- VALE, A.T.; BRASIL, M.A.M; CARVALHO, C.M.; VEIGA, R.A.A. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, Lavras, v. 6, n.. 1, p. 83-88, 2000.