



**DINÂMICA DE CRESCIMENTO DE
EUCALIPTO CLONAL SOB DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS, NA REGIÃO NOROESTE DO
ESTADO DE MINAS GERAIS**

VERLÂNDIA DE MEDEIROS MORAIS

2006

VERLÂNDIA DE MEDEIROS MORAIS

**DINÂMICA DE CRESCIMENTO DE EUCALIPTO CLONAL SOB
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS, NA REGIÃO NOROESTE DO
ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração Manejo Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo

**LAVRAS
MINAS GERAIS- BRASIL
2006**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Morais, Verlândia de Medeiros

Dinâmica de crescimento de eucalipto clonal sob diferentes espaçamentos na região noroeste do Estado de Minas Gerais / Verlândia de Medeiros Moraes. – Lavras : UFLA, 2006.

63 p. : il.

Orientador: Renato Luiz Grisi Macedo.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Dinâmica de crescimento. 2. Espaçamento. 3. Eucalipto. 4. Sobrevivência, I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.97342

VERLÂNDIA DE MEDEIROS MORAIS

**DINÂMICA DE CRESCIMENTO DE EUCALIPTO SOB DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS, NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE MINAS
GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração Manejo Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 13 de novembro de 2006

Prof. Dr. Nelson Venturin UFLA

Profa. Dra. Rosangela Alves Tristão Borém UFLA

Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

OFEREÇO

A Deus, por ter me dado tanta persistência pra chegar ate aqui.
Aos meus pais, Geraldo Paulino de Moraes (Dadinho) e Maria da Gloria de Medeiros Moraes (Dona Glorinha), meus eternos conselheiros e mestres, pelo infinito amor que sentem por mim.
E aos meus irmãos, Carlos Magno e Rayssa, pelos momentos em que deixamos de estar juntos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pela minha vida, pela saúde, pelos dons que recebi, pela minha família e amigos.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciências Florestais (DCF), pela oportunidade de realizar o Mestrado.

Ao meu orientador, professor Dr. Renato Luiz Grisi Macedo, por todos os ensinamentos transmitidos, pela dedicação na orientação do Mestrado, pelo apoio em todas as atividades acadêmicas, pela confiança e amizade.

Aos professores do DCF que acompanharam minha caminhada na UFLA, pelas disciplinas que cursei no mestrado.

Aos professores que muito contribuíram para minha a formação profissional e pessoal, desde a graduação na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) até o mestrado na UFLA. Obrigada, professores Juarez Benigno Paes (Orientador do PIBIC/UFPB-1999/2001), Lucio Valério Coutinho de Araújo (Supervisor do Estágio de Conclusão do Curso-2003), José Romilson Paes de Miranda e Renato Luiz Grisi Macedo (Orientador do Mestrado/UFLA-2004/2006)

Aos funcionários e colegas da pós-graduação, pela agradável convivência durante o curso, na UFLA e em Lavras.

Dentre os amigos, agradeço principalmente àqueles que sempre me ajudaram de maneira fundamental em algum momento. Valeu Evandro (Salsicha), Zélia, Rubens, Fabio, Emilio, Mauro, Maga e Rose.

Agradeço também aos amigos e companheiros de trabalho da DIACONIA de Umarizal-RN.

Aos amigos do Nordeste, que como eu vieram de longe atrás de um sonho que se concretizou, Helena, Amanda, Flavinho e ao Edson, que não quis esperar. Não esquecendo também de Marcela e Bel, que viraram nordestinas de coração.

Sem esquecer dos colegas de republica em Lavras, Robervone, Josinaldo, Gláucia, Juana, Luci e por ultimo Teixeira.

Valeu também por tudo, Luluzinha. Enfim, agradeço especialmente aos que não citei. São muitos e não caberiam nestas folhas.

SUMÁRIO

Resumo	ii
Abstract	iv
1 Introdução.....	1
2 Referencial teorico	4
2.1 Expansão da atividade florestal no cerrado	4
2.2 Espaçamentos para a cultura do eucalipto.....	5
3 Material e Métodos.....	13
3.1 Caracterização da área experimental	13
3.2 Implantação do experimento	14
3.2.1 Descrição do experimento	15
3.3 Avaliações	16
3.3.1 Porcentagem de sobrevivência (s%).....	16
3.3.2 Diâmetro à altura do peito (dap).....	16
3.3.4 Altura de plantas (h)	16
3.3.5 Área basal por planta (g/plt) e por hectare (g/ha).....	17
3.3.6 Volume por planta (v/plt) e volume por hectare (v/ha).....	17
3.3.7 Incremento médio anual do volume por hectare	18
3.3.8 Incremento corrente anual do volume por hectare	18
3.3.9 Análises estatísticas	18
4 Resultados e Discussão	20
5 Conclusões.....	58
6 Referências Bibliográficas	59

RESUMO

MORAIS, V.M. **Dinâmica de crescimento de eucalipto clonal sob diferentes espaçamentos, na região noroeste do estado de Minas Gerais.** Lavras: UFLA, 2008. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG. * (*Orientador: Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo – DCF/UFLA.)

O objetivo deste trabalho foi analisar a dinâmica de crescimento de um clone de eucalipto implantado sob vários espaçamentos na região noroeste do estado de Minas Gerais. A finalidade foi de oferecer subsídios para melhor seleção de espaçamentos, em locais onde ocorrem deficiências nutricionais e hídricas, visando uma maior produtividade. O presente estudo foi conduzido em uma área experimental na Fazenda Riacho, pertencente à Companhia Mineira de Metais (CMM-AGRO), do Grupo Votorantim, no município de Paracatu, no noroeste de Minas Gerais. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com cinco repetições. Nas parcelas estudou-se o efeito de cinco espaçamentos de plantio (3x2m; 6x2m; 6x3m; 6x4m e 12x2,5m). Os tratamentos das subparcelas corresponderam a sete épocas de avaliação (12, 24, 36, 48, 60, 72 e 84 meses após o plantio). As parcelas tinham tamanho de 756 m², 720 m², 720 m², 720 m² e 1.260 m², respectivamente em relação aos espaçamentos, e áreas úteis de aproximadamente 300 m². Anualmente a partir de 1999 avaliou-se: a Sobrevivência (S%), o diâmetro na altura do peito (DAP), a altura total da planta (HT), e calcularam-se volume por árvore e por hectare, e incrementos médio e corrente anual de volume por hectare. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e, para os efeitos significativos de tratamentos, aplicaram-se às médias ao teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Foram aplicados modelos de regressão, no desdobramento de anos dentro de arranjos estruturais para as variáveis DAP e volume por hectare. Determinaram-se as curvas de projeções do incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA). A análise dos resultados obtidos permitiu as seguintes conclusões: em todos os espaçamentos estudados a taxa de sobrevivência foi superior a 88,00%, demonstrando que o clone 7 apresentou potencial de estabelecimento e de adaptação às condições climáticas da região; de modo geral, ao longo do período experimental, a altura das árvores apresentou pouca variação entre os espaçamentos estudados, com maiores valores nos espaçamentos com áreas úteis iguais ou superiores a 18m²; a partir dos 48 meses se estabeleceu um gradiente de valores para DAP e volume/planta, em função da área útil disponível, quanto maior a área útil por planta maior o DAP e Volume/planta; aos 84 meses, a taxa de crescimento (volume/ha) do clone 7, decresceu com o aumento do espaçamento de plantio e a área basal por hectare cresceu com a redução do espaçamento. Para a produção de biomassa

florestal podem-se recomendar espaçamentos com uma área útil de até 12m²/árvore. Povoamentos com área útil igual ou superior a 18 m²/planta poderão ser conduzidos para a produção de madeira serrada. A análise das curvas de projeção de crescimento mostraram-se eficientes como indicadores das épocas mais favoráveis para a realização das rotações silviculturais ou das práticas de desbaste.

Comitê Orientador: Renato Luiz Grisi Macedo – UFLA (Orientador), Nelson Venturin – UFLA (Co-Orientador), Rosangela Alves Tristão Borém - UFLA

ABSTRACT

MORAIS, V.M. Growth Dynamics of clonal eucalyptus under different spacings in the northwestern region of Minas Gerais state. Lavras: UFLA, 2008.63p. Dissertation (Master in Forestry) – Federal University of Lavras, Lavras - MG.* (*Adviser: Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo – DCF/UFLA.)

The objective of this work was to study the growth dynamics of a eucalyptus clone established under several spacings in the northwestern region of Minas Gerais state. With the goal of offering subsidies to a better selection of spacings in places where water shortage and nutrient deficiencies occur, aiming at higher yield. The present study was conducted in an experimental area on the Riacho Farm, belonging to Companhia Mineira de Metais (CMM-AGRO), of Grupo Votorantim, situated in the town of Paracatu, in the northwestern region of Minas Gerais State. The design utilized was that in randomized blocks in split plot scheme in time, with five replicates. In the plots, the effect of five planting spacings was studied (3x2m; 6x2m; 6x3m; 6x4m and 12x2,5m). The treatments of the subplots corresponded to seven evaluation times (12, 24, 36, 48, 60, 72 and 84 months post-planting). The plots were 756 m², 720 m², 720 m², 720 m² and 1260 m² in size, respectively relative to the spacings, and useful areas of about 300 m². Yearly, from 1999, the Survival (S%), Breast Height Diameter (BHD), Plant Total Height (HT) were evaluated and volume per tree and per hectare and average and annual current increases of volume per hectare were calculated. The results obtained were submitted to the analysis of variance and for the significant effects of treatments, the means were applied to Scott-Knott test, at 5 % of probability. Regression models were applied to the unfolding of years within structural arrangements for the DAP variables and volume per hectare. The curves of projections of the Annual Mean increment (IMA) and Annual Current Increment (ICA) were determined. The analysis of the results obtained allowed the following conclusions. In all the spacings studied, the survival rate was superior to 88.00%, showing that clone 7 presented potential of establishment and adaptation to the climatic conditions of the region; in general, along the experimental period, trees' height showed little variation among the spacings studied, with higher values in the spacings with useful areas equal or superior to 18m²; from 48 months, a gradient of values was established for BHD and Volume/plant as related to the available useful area, the larger the useful area per plant, greater the BHD and Volume/plant; at 84 months the growth area (Volume/ha) of clone 7, decreased with the increase of planting

spacing and the basal area per hectare grew with the reduction of spacing; for forest biomass yield, spacings with a useful area of up to $12\text{m}^2/\text{tree}$, stands with a useful area equal or superior to $18\text{ m}^2/\text{plant}$ will be able to be conducted for lumber production; the analysis of the growth projection curves, prove effective as indicators of times most favorable to the accomplishment of the silvicultural rotations or thinning practices.

Guidance Committee: Renato Luiz Grisi Macedo – UFLA (Adviser), Nelson Venturin – UFLA (Co-Adviser), Rosangela Alves Tristão Borém - UFLA

1 INTRODUÇÃO

O uso de florestas para fins energéticos continua sendo expressivo no Brasil. Apesar dos avanços tecnológicos, poucos combustíveis podem competir com a madeira, em termos de custos, tanto para uso industrial quanto residencial. Por ser renovável, ao contrário dos combustíveis fósseis a madeira proveniente de florestas plantadas tem boa aceitação no mercado consumidor.

Devido à crescente demanda por produtos florestais, aliada ao custo de produção, as diversas espécies de eucalipto passaram a ser plantadas em reflorestamentos para a produção de madeira para diversos fins, em função do seu rápido crescimento, adaptabilidade e qualidade da madeira (Andrade, 1991).

As florestas de eucalipto têm sido as preferidas para essa finalidade, por apresentarem excelente produção volumétrica e boas características da madeira. Muito tem sido alcançado com o melhoramento genético e o manejo dos povoamentos. As práticas silviculturais são uma forma de melhorar ainda mais a performance das florestas e adequá-las aos objetivos dos produtos finais. Dentre essas práticas, cabe destacar a fertilização, o desbaste, a desrama e sobretudo o espaçamento inicial de plantio que afeta o volume produzido e as características da madeira. Para Berger (2000), em florestas de ciclo curto, o espaçamento pode afetar direta e rapidamente a qualidade da madeira produzida.

Não se pode negar a contribuição do setor florestal para a melhoria da qualidade de vida das pessoas envolvidas na produção, tanto do ponto de vista social, como econômico e ambiental. Apesar desses atributos, aliada à produção agrícola e pecuária na região do cerrado, a atividade florestal apresenta alguns problemas, como a ocupação e a imobilização de grandes áreas ao longo do tempo, a centralização de capital em grandes empresas, com certa exclusão social no meio rural, além de sofrer críticas relacionadas à conservação ambiental, quando da implantação de grandes monoculturas de espécies

arbóreas. No entanto, deve-se considerar que há possibilidade de otimizar ainda mais os benefícios citados.

De maneira geral, embora importantes para o desenvolvimento do país, os sistemas produtivos no cerrado têm se caracterizado por um modelo técnico-econômico que não contemplou, de forma criteriosa, os aspectos ambientais, trazendo conseqüências negativas para a preservação dos recursos naturais. O desmatamento e o mau gerenciamento dos processos agrícolas têm provocado a perda dos recursos genéticos da fauna e da flora terrestre e aquática, muitas vezes, ainda desconhecidos. O manejo inadequado do solo tem causado a sua compactação, a diminuição dos microrganismos, a perda da matéria orgânica e da fertilidade e a erosão.

O espaçamento praticado no plantio é um dos principais fatores que afetam a formação das florestas, seus tratos culturais, a qualidade da madeira, sua extração e, conseqüentemente, os custos de produção (Simões et al., 1976). É, portanto, de grande importância para o desenvolvimento das árvores sob os aspectos tecnológico, silvicultural e econômico. O espaçamento pode influenciar várias características quantitativas e qualitativas, interferindo significativamente na morfologia das árvores e no seu crescimento, em particular no diâmetro, independente de suas características genéticas (Shimoyama e Barrichelo, 1989; Brasil e Ferreira, 1971; Mello et al., 1971 e 1976; Coelho et al., 1970).

O gênero *Eucalyptus spp.* é o mais plantado no mundo, inclusive no Brasil, onde ocupa maciços gigantescos que correspondem quase à metade da área plantada mundial (Leão, 2000). Tal fato se deve ao grande número de espécies existentes e também por se tratar de uma das árvores mais estudadas e cuja silvicultura é bastante conhecida.

A definição de espaçamentos adequados para o estabelecimento de espécies florestais, na área de cerrado é de grande importância, uma vez que os solos apresentam baixa fertilidade e a disponibilidade hídrica é relativamente

baixa e irregular. Nesta condição de recursos escassos, o espaçamento torna-se relevante, visto que os mais fechados podem gerar competições intra e interespecíficas intensas, enquanto espaçamentos mais abertos podem resultar em subutilização e menor produtividade das florestas (Bernardo, 1995).

Inserido nesse contexto o objetivo, deste trabalho foi analisar a dinâmica de crescimento de um clone de eucalipto implantado sob vários espaçamentos, na região noroeste do estado de Minas Gerais, visando oferecer subsídios para a melhor seleção de espaçamentos, em locais onde ocorrem deficiências nutricionais e hídricas que afetam a produtividade.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 Expansão da atividade florestal no cerrado

O cerrado constitui uma das poucas áreas com pouca utilização restantes no mundo, mas com um grande potencial para a atividade florestal. No entanto, durante muito tempo, foi utilizado apenas para pecuária extensiva. Atualmente, estas áreas também destacam-se pelo plantio em larga escala de espécies florestais, integrando com o setor florestal brasileiro, que movimenta cerca de US\$ 21 bilhões e representa 4% do PIB nacional, segundo a Sociedade Brasileira de Silvicultura¹.

O mercado vem gradualmente reconhecendo o eucalipto como uma matéria-prima alternativa. A maioria dos plantios localiza-se próximo do centro de consumo, em locais de boa infra-estrutura e, portanto, em condições de competir com madeiras tropicais, produzidas em regiões distantes e que, para atingir o mercado, são transportadas por dois ou três mil quilômetros (Tomaselli et al, 1999).

O aumento da atividade florestal em todo o país, especialmente em áreas de cerrado, resulta na rápida expansão da área plantada com espécies para produção de madeira. Mora e Garcia (2000) citam que o setor florestal brasileiro mantém cerca de 4,8 milhões de hectares de plantações de rápido crescimento em regime de produção. São cerca de 3 milhões de hectares reflorestados com eucaliptos e 1,8 milhão de hectares com pinus, 35% somente em Minas Gerais. Outras espécies, como araucária, acácia-negra e teca, também são plantadas comercialmente, porém, em menores proporções. O setor florestal realiza plantios na ordem de 105 mil ha/ano.

A região do cerrado de Minas Gerais é a área com maior concentração de reflorestamento com espécies de rápido crescimento (Machado, 1995), em

função, principalmente, do baixo preço da terra e de sua topografia plana que favorece a mecanização. Segundo Bezerra, (1997), existem também alguns fatores considerados limitantes, como a deficiência nutricional de seus solos, com alta concentração de acidez e déficit hídrico acentuado, concentrado em quatro a sete meses durante o ano. Algumas empresas detentoras de conhecimento em reflorestamentos cientes destas limitações vêm selecionando em seu plantios, no decorrer dos anos, clones de eucalipto que forneçam madeira para usos múltiplos, de qualidade superior e bem adaptados às condições edafoclimáticas locais.

Devido as suas características, o gênero *Eucalyptus* tem sido plantado e utilizado em diferentes países do mundo para as mais diversas finalidades (produção de matéria-prima, proteção, recreação, recuperação de áreas degradadas, etc.) (Mora e Garcia, 2000).

As plantações florestais contribuem significativamente para a melhoria da qualidade de vida, na medida em que proporcionam um amplo leque de benefícios econômicos, sociais e ambientais, como geração de empregos no interior do país, fornecimento de produtos competitivos na economia globalizada, proteção das florestas nativas, retenção de CO₂ da atmosfera e contribuição para a manutenção do ciclo hidrológico.

Regiões com solos de baixa fertilidade natural e com extensos períodos secos durante o ano, como, por exemplo, a região dos cerrados brasileiros, apresentam condições extremamente limitantes para o crescimento das florestas (Mesquita et al.,1972).

2.2 Espaçamentos para a cultura do eucalipto

A escolha do espaçamento entre plantas a ser utilizado na implantação de maciços florestais tem grande importância no planejamento da empresa

florestal. Isso porque o espaçamento influencia a taxa de crescimento das árvores, a qualidade da madeira, a idade de corte, as práticas de implantação, de manejo e de exploração e, conseqüentemente, os custos de produção (Smith, 1962; Balloni e Simões, 1980 e Balloni, 1983).

A decisão sobre a quantidade de árvores a ser plantada por área depende de vários fatores, dentre eles o produto final desejado, a possibilidade e a intensidade de tratamentos silviculturais e a expectativa inicial de sobrevivência e distribuição espacial das mudas. O efeito do espaçamento inicial em variáveis biológicas (altura, diâmetro, copa, qualidade da madeira, área basal e volume) e operacionais (preparo do solo, tratamentos silviculturais, desbastes e colheita) deve ser considerado obrigatoriamente (Smith & Strub, 1991)

O espaçamento ótimo é aquele capaz de produzir o maior volume de produto em tamanho, forma e qualidade desejáveis, sendo função da espécie, do sítio e do potencial genético do material reprodutivo que for utilizado (Patiño-Valera, 1986)

Segundo Zobel et al. (1987), citados por Botelho (1998), os povoamentos de eucalipto para celulose, escoras de minas, produção de carvão e postes são plantados em espaçamentos menores, enquanto que os plantios para madeira serrada são feitos em espaçamentos mais amplos. Este fato torna recomendável a utilização de sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris para a produção de madeira com alto valor comercial, a médio e longo prazos.

Para a mesma espécie e sítio, o espaçamento influencia o número de tratamentos culturais a serem efetuados, a taxa de crescimento, o volume de madeira produzido, o sortimento de madeira, a taxa de mortalidade e a dominância, a estagnação do crescimento, as práticas de implantação, de manejo e de exploração, a qualidade da madeira, o volume da copa, a frutificação, a idade de rotação e os custos de produção (Botelho, 1998; Balloni, 1983, citado por Silva, 1999).

A recomendação do espaçamento não pode ser generalizada, devendo-se levar em consideração o uso final da madeira, a qualidade do sítio, as características da espécie, os objetivos do plantio e as condições de mercado, bem como os tratamentos silviculturais e os tipos de equipamentos disponíveis, os métodos de colheita da madeira e os outros produtos (Botelho, 1998).

Para a região dos cerrados, que apresenta solos com baixa fertilidade e pouca disponibilidade de água, os espaçamentos a serem adotados para o reflorestamento deverão, possivelmente, ser mais amplos (Silva, 1984, citado por Gomes, 1994).

Historicamente, os espaçamentos mais comuns para eucalipto no Brasil são 2 x 2m; 2,5 x 2,5m; 3 x 1,5m; 3 x 2m e 3 x 2,5m. A tendência atual por parte das empresas, tem sido, entretanto, adotar espaçamentos mais amplos e arranjos variados. Experimentos vêm testando diferentes densidades associadas a arranjos diversificados. A manutenção da mesma densidade com variação na distribuição pode resultar em diminuição do custo de plantio e melhor crescimento de algumas espécies, em função de suas respostas à competição inter e intra-específica (Botelho, 1998).

Com base em resultados obtidos sobre o estudo da influência do espaçamento de plantio de *E. saligna* Smith nos índices de rachamento após o desdobro e após a secagem, Miranda e Nahuz (1999) concluíram que o espaçamento de plantio adotado influenciou nos índices de rachamento, não tendo sido possível estabelecer a relação exata entre espaçamento e rachaduras. Contudo, entre os arranjos 3 x 3m, 3 x 4m e 4 x 4m, o melhor desempenho cumulativo, após o desdobro e após a secagem, com a menor perda de material serrado por rachaduras, foi observado no maior espaçamento.

A grande diversidade de espécies do gênero *Eucalyptus* sp., atualmente utilizadas em reflorestamento no Brasil sugere, haver uma grande variação na sensibilidade das mesmas à competição. Algumas espécies, como *E. grandis*,

que é amplamente plantada no país são sensíveis às competições inter e intra-específicas, podendo ocorrer durante seu crescimento formação de estratos onde se podem identificar árvores dominantes, codominantes e dominadas, bem como redução no crescimento, quando sujeitas à matocompetição. Em geral, o tempo para a definição dos estratos é função, dentre outros, do espaçamento, da espécie, da qualidade do sítio, da variação genética na população e da interação entre esses fatores (Patiño-Valera, 1986).

Desde a introdução do eucalipto no Brasil, vários estudos foram conduzidos na tentativa de definir o melhor espaçamento de plantio. Na maioria das vezes, a característica avaliada foi a produção, expressa pela altura, pelo diâmetro e pelo volume, considerando, inclusive, a dinâmica e o fluxo dos fatores de crescimento (água, luz, nutrientes) e constatando-se o efeito da densidade populacional sobre o crescimento (Leite, 1996).

A definição dos espaçamentos na cultura do eucalipto tem sido estudada por vários pesquisadores (Guimarães, 1957; Coelho et al., 1970; Evert, 1971; Fishiwich, 1976; Couto, 1977; Balloni, 1983; Pereira et al., 1983; Mora, 1986; Patiño-Valera, 1986; Campos et al., 1990; Silva, 1990 e Gorgulho, 1990). De modo geral, os resultados mostram que o crescimento em diâmetro é uma característica altamente dependente dos espaçamentos. Entretanto, existe alguma controvérsia com relação aos reflexos do espaçamento sobre o crescimento em altura das árvores. Balloni e Simões (1980) afirmam que existem casos em que a altura média aumenta com o espaçamento e outros em que o resultado é inverso.

Botelho (1998) cita que muitos experimentos têm mostrado uma tendência de aumento do crescimento em altura à medida que se diminui o espaçamento (Assis et al., 1999). Segundo Patiño-Valera (1986), isso ocorre porque, nos espaçamentos mais reduzidos, a competição entre plantas em busca de luz é muito mais intensa, em função da necessidade da árvore de ampliar ao

máximo a superfície foliar e suprir sua necessidade de fotoassimilados, estimulando-se dessa forma, o crescimento em altura.

Bernardo (1995) afirma que a tendência do aumento do crescimento inicial em altura com a redução do espaçamento também é explicada com base na competição por luz. Para este caso, as plantas devem ser consideradas exigentes em luz e praticamente não apresentar competição por água e nutrientes, tornando a luz um fator isolado.

A escolha do espaçamento inicial de plantio tem um impacto muito maior no diâmetro que na altura. Arranjos com espaçamentos mais amplos produzem árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) maior, mas com altura similar à das árvores com espaçamentos mais estreitos (Smith e Strub, 1991). Diversos autores já constataram que o DAP é uma característica altamente responsiva ao espaçamento de plantio, sendo tanto maior quanto maior a área útil por planta e a idade do povoamento, até certo limite (Gomes, 1994; Bernardo, 1995; Botelho, 1998; Leles et al., 2001; Ladeira et al., 2001; Oliveira Neto et al., 2003; Pinkard e Neilsen, 2003).

Silva (1999) verificou que o diâmetro diminui com a redução da área útil por planta, resultando em menor volume por árvore. No entanto, devido ao maior número de árvores nos menores espaçamentos, aos seis anos de idade, em sistemas consorciados com gramíneas, o maior volume de madeira com casca, por hectare, ocorreu no espaçamento 3 x 2m, sendo 68% superior ao do 6 x 2m, também avaliado.

A produção em volume de madeira de um povoamento sempre diminui com o aumento do espaçamento inicial (Fishwich, 1976, citado por Bernardo, 1995). Essa diferença de produção torna-se cada vez menor com o aumento da idade das plantas.

Em plantios mais densos, a estagnação do crescimento ocorre mais cedo, resultando em rotações mais curtas e indivíduos de dimensões mais reduzidas.

Em espaçamentos mais amplos, espera-se obter uma produção volumétrica no fim de uma rotação, similar àquela obtida em espaçamentos mais reduzidos. A diferença de produção volumétrica de um espaçamento para outro é, portanto, dependente apenas do tempo requerido para se obter plena ocupação do sítio, havendo tendência de produção máxima por unidade de área similar para todos os espaçamentos, o que corresponde à lei da produção final constante (Radosevich e Osteryoung, 1987, citados por Bernardo, 1995).

Portanto, a escolha da densidade inicial varia com o sítio, espécie e com o produto final desejado. Um estoque inicial muito alto produz o máximo de madeira em rotações curtas, resultando em madeira de pequenas dimensões. As madeiras de alto valor comercial (maiores dimensões) são obtidas com plantio em baixa densidade inicial ou por meio de desbastes no povoamento (Botelho, 1998).

Em suma, pode-se dizer que o produto final desejado é o fator que determina o espaçamento de plantio (Smith e Strub, 1991). Se a produção de celulose for a finalidade da madeira em curtas rotações, espaçamentos reduzidos propiciarão maior volume por hectare, com manejo particular, árvores de pequeno tamanho e custos de implantação elevados. Ladeira et al. (2001) recomendaram a utilização do espaçamento 3 x 1,5m, com superior produção de biomassa por hectare para *E. pellita* e *E. urophylla*, desde que o uso do produto final não requeira árvores de grandes dimensões.

Pinkard e Neilsen (2003) citaram que o volume total do povoamento por unidade de área, no decorrer do tempo, aumenta com a maior densidade do espaçamento, às expensas de um menor volume individual por árvore.

Se o produto final desejado for madeira para serraria em rotações relativamente curtas (sem desbastes intermediários), espaçamentos mais amplos devem ser empregados. O regime de manejo está associado à produção de árvores de maior tamanho e menores custos de implantação.

Uma desvantagem, neste último caso, é o maior período até o fechamento das copas das árvores que favorece o crescimento de plantas daninhas, gerando competição e dificultando operações de desbaste e colheita (Smith e Strub, 1991). Contudo, a implantação de sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris, com a introdução de culturas intercalares e pastagem nas entrelinhas, modifica esta situação de maneira altamente positiva (Macedo, 2000).

Vale ressaltar que o espaçamento modifica a arquitetura da copa, principalmente quanto à forma, ao diâmetro e a permanência de galhos na planta. Bernardo (1995) verificou que, aos 41 meses de idade, as plantas de *E. urophylla* e *E. pellita*, no espaçamento 3,0 x 1,5m, apresentaram galhos finos e sem folhas, em avançado processo de senescência, ainda retidos no tronco, enquanto no espaçamento 4,0 x 3,0m, os galhos eram grossos e com folhas na parte basal da copa. Assim, o espaçamento alterou a relação fonte/dreno para essas duas espécies, ou seja, no espaçamento 4,0 x 3,0m, as plantas mantiveram crescimento de galhos basais em detrimento do crescimento do tronco, principalmente em altura. Para *E. camaldulensis*, essa influência não foi tão marcante, considerando que a maior altura foi verificada nos espaçamentos mais amplos.

Quanto ao fator econômico, o aumento do espaçamento reduz despesas com preparo do solo, número de mudas, quantidade de fertilizantes e o gastos com desbastes, mas pode implicar em aumento do custo de manutenção. Todavia, em sistemas agrossilvipastoris, existe uma situação diferenciada de manejo em que a mão-de-obra aplicada é otimizada para todas as culturas em consórcio e há receitas com a produção a curto e médio prazos.

A variação do número de árvores por hectare tem efeito relativamente pequeno no tempo padrão e no custo das operações de corte, em comparação com o efeito do diâmetro médio do povoamento. Talhões com diâmetro médio

pequeno tendem a apresentar altos custos de corte, enquanto povoamentos com maior diâmetro-médio apresentam custos de corte mais baixos. As árvores de maiores dimensões nos arranjos mais abertos facilitam o preparo para abate e diminuem o tempo de caminhamento (Silva e Machado, 1995).

Em espaçamentos pequenos, a necessidade dos desbastes muito precoces, com produção de material de baixo valor comercial, associada ao maior custo com preparo do solo, mudas e fertilizantes, pode gerar um custo de produção muito alto, se comparado com espaçamentos maiores. Estudos têm demonstrado que os custos envolvidos na implantação dos povoamentos mais densos, a necessidade de desbastes precoces e o decréscimo no crescimento com a competição geram um menor lucro nos menores espaçamentos, quando comparados com os espaçamentos mais amplos (Botelho, 1998).

Uma análise econômica de povoamentos em diferentes espaçamentos é também importante na tomada de decisões do manejador florestal. Espaçamentos menores tendem a ser mais econômicos para a produção de fitomassa para fins energéticos em relação à manutenção do povoamento. No entanto, custos de implantação e de exploração são maiores, aumentando-se a relação entre custo de produção e benefício resultante de aumento de produtividade. Andrade (1991), apesar de ter observado aumento de produção do *Eucalyptus grandis* com redução de espaçamento entre árvores, verificou não ser viável economicamente o emprego de espaçamentos inferiores a 2,0 x 2,0 m.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O presente estudo foi conduzido em uma área experimental na Fazenda Riacho, pertencente à Companhia Mineira de Metais (CMM-AGRO), localizada no município de Paracatu, região noroeste do estado de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas 17°36'09"S e 46°42'02"W, a uma altitude aproximada de 550m (Figura 1).

O clima da região é tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso, portanto, do tipo Aw na classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 24°C, tendo uma média mensal de 18°C na estação mais fria e 29,1°C na mais quente. A precipitação média anual é de 1.400mm, concentrados no período que vai de novembro a início de março.

A vegetação é constituída por cerrados, representada por suas várias gradações, desde campos a cerrados e florestas ciliares subperenifólias, principalmente nas proximidades dos rios, desenvolvidos sobre solos derivados de basalto (Golfari, 1975).

Os solos ocorrentes na região são classificados como Latossolo Vermelho-Escuro (na margem dos rios Grande e Parnaíba), Latossolos Vermelho-Amarelo, areias Quartzosas e solos Aluviais (Brasil, 1962). O solo predominante na área experimental é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.



FIGURA 1: Localização geográfica da área de estudo no município de Paracatu, MG.

3.2 Implantação do experimento

O experimento para avaliar o espaçamento foi instalado em dezembro de 1997, em meados da estação chuvosa. Foram utilizadas mudas clonais de um híbrido natural de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn com *Eucalyptus Urophylla* S.T. Blake, denominado clone 7. A remoção da vegetação natural de cerrado foi feita de forma mecanizada, utilizando-se correntão, lâmina e grade aradora. O preparo do solo inicial foi feito por meio de aração e gradagem da área experimental por completo. O sistema foi disposto em uma área plana. O preparo e a correção do solo consistiu de uma aração profunda e duas gradagens niveladoras e aplicação de 2,5 t/ha de calcário zinal MMA (85% PRNT).

Utilizando-se grade tipo “Bedding”, foram levantados camalhões, com altura aproximada de 40 cm, onde foi plantado o eucalipto.

A correção do solo foi feita com 400kg/ha de fosfato natural de Araxá, 200kg/ha de gesso agrícola e 80kg/ha de magnesita. A adubação foi efetuada utilizando-se 100g/planta de NPK (6:30:6) + 1% de boro (8,7% Bórax).

3.2.1 Descrição do experimento

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com cinco repetições. Nas parcelas estudou-se o efeito de cinco espaçamentos de plantio (3x2m; 6x2m; 6x3m; 6x4m e 12x2,5m). Os tratamentos das subparcelas corresponderam a sete épocas de avaliação (12, 24, 36, 48, 60, 72 e 84 meses após o plantio). As parcelas tinham tamanho de 756 m², 720 m², 720 m², 720 m² e 1.260 m², respectivamente em relação aos espaçamentos e áreas úteis de, aproximadamente, 300 m².

O modelo estatístico que descreveu as observações do experimento sobre os diferentes arranjos estruturais, nas quatro épocas de avaliação, foi o que segue:

$$Y_{ijkl} = \mu + t_i + b_j + tb_{ij} + p_k + pb_{jk} + tp_{ik} + e_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} é o efeito dos espaçamentos i , no período de avaliação k , no bloco j ;

μ é uma constante;

t_i é o efeito dos espaçamentos i , $i = 1, 2, 3, 4, 5$;

b_j é o efeito do bloco j , $j = 1, 2, 3, 4, 5$;

tb_{ij} é o erro (a), da interação dos espaçamentos i com os blocos j ;

p_k é o efeito dos períodos de avaliação k , $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ e 7 ;

pb_{jk} é o erro (b), da interação dos períodos de avaliação k com os blocos j ;

tp_{ik} é o efeito da interação dos espaçamentos i com período de avaliação k ;

e_{ijkl} é o erro experimental (c).

3.3 Avaliações

Anualmente, a partir de 1999, foram avaliados: a sobrevivência (S%), diâmetro à altura do peito (DAP), altura total da planta (HT) e calculou-se volume por árvore e por hectare, o incremento médio e o corrente anual de volume por hectare.

3.3.1 Porcentagem de sobrevivência (S%)

A porcentagem de sobrevivência foi determinada com base na contagem das plantas vivas, estabelecendo-se uma proporção em relação ao número total de plantas da área útil da parcela, obtendo-se, assim, a porcentagem de plantas remanescentes. Os resultados de porcentagem de sobrevivência das mudas foram

transformadas para $\arcsen \sqrt{\frac{X}{100}}$.

3.3.2 Diâmetro à altura do peito (DAP)

Foi medida a circunferência à altura do peito (1,30 m acima do nível do solo) de todas as árvores encontradas na área útil de cada parcela, com o auxílio de fita métrica. Calculou-se o DAP por árvore, dividindo-se cada valor por π e, posteriormente, o DAP médio de cada parcela, em centímetros, para cada período de avaliação.

3.3.4 Altura de plantas (H)

A altura total das plantas foi determinada para todas as árvores encontradas na parcela útil, com auxílio de *blume lise*, sendo obtida a média

aritmética da altura de plantas, em metros, para cada arranjo, em cada época de avaliação.

3.3.5 Área basal por planta (G/plt) e por hectare (G/ha)

A área basal por planta dos indivíduos de cada parcela foi calculada por meio da expressão:

$$G / plt = \pi \frac{(DAP)^2}{40000}$$

Em que,

G/plt: área basal por planta em m²;

π : constante (3,141592654);

DAP: diâmetro à altura do peito (cm).

Para a obtenção da área basal por hectare, multiplicou-se a área basal por planta pelo número de árvores por hectare específico, para cada espaçamento avaliado.

3.3.6 Volume por planta (V/plt) e volume por hectare (V/ha)

Tomando-se os valores de H e DAP das árvores de cada parcela, foi obtido o volume de cada indivíduo da área útil das parcelas por meio da expressão:

$$V / plt = \frac{\pi.DAP^2}{40000} .H.f$$

Em que,

V/plt: volume por planta (m³);

DAP: diâmetro à altura do peito (cm);

H: altura das árvores (m);

f : fator de forma (0,40)¹

3.3.7 Incremento médio anual do volume por hectare

Expresso em metros cúbicos (m³/ha), o incremento médio anual do volume por hectare foi calculado pela divisão do volume total por hectare pela idade atual do povoamento florestal, em anos, por ocasião de cada avaliação.

3.3.8 Incremento corrente anual do volume por hectare

O incremento corrente anual do volume por hectare, expresso em metros cúbicos (m³/ha), foi calculado por meio da diferença de crescimento do volume por hectare, entre as avaliações aos 12 e 24 meses, 24 e 36 meses, 36 e 48 meses, 48 e 60 meses, 60 e 72 meses e 72 e 84 meses pós-plantio.

3.3.9 Análises estatísticas

Os dados obtidos para todas as variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância e, para os efeitos significativos de tratamentos, aplicaram-se às médias ao teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Foram aplicados modelos de regressão, no desdobramento de anos dentro de arranjos estruturais para as variáveis DAP e volume por hectare. Os modelos testados foram os listados a seguir:

$$1 - Vol = \beta_0 + \beta_1(Id)$$

$$2 - Vol = \beta_0 + \beta_1(Id) + \beta_2(Id)^2$$

$$3 - Ln(Vol) = \beta_0 + \beta_1(1/Id)$$

¹ Fornecido pela empresa CMM Agroflorestal S.A.

$$4 - Vol = Id^2 / [\beta_0 + \beta_1(Id) + \beta_2(Id^2)]$$

$$5 - Ln(Vol) = \beta_0 + \beta_1(1/Id) + \beta_2(1/Id^2)$$

$$6 - Vol = \beta_0 [1 - \exp(\beta_1 Id)]$$

$$7 - Vol = \beta_0 / [1 + \exp(-(Id - \beta_1) / \beta_2)]$$

$$8 - Ln(Vol) = \beta_0 + \beta_1(1/Id^2) + \beta_3(1/Id^3)$$

Em que,

Vol: volume (m³);

Id: idade (em meses);

Ln: logaritmo neperiano;

exp: exponencial;

B₀, B₁, B₂, B₃: parâmetros da equação.

Para análise do diâmetro, utilizou-se o DAP no lugar de volume (*Vol*) nas equações acima. O modelo mais adequado para cada arranjo foi selecionado de acordo com a análise gráfica dos resíduos, o erro padrão da estimativa e o coeficiente de determinação. Foram utilizados para execução das análises, os programas estatísticos Sisvar, Statgraphics Plus e Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As porcentagens médias de sobrevivência das mudas do clone 7 submetidas a diferentes espaçamentos de plantio são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 Porcentagens médias de sobrevivência das árvores do clone 7 de eucalipto submetidas a diferentes espaçamentos, avaliadas aos 12, 24, 36, 48, 60, 72 e 84 meses após o plantio.

IDADE (meses)	ESPAÇAMENTOS (m ²)				
	3 x 2 (%)	6 x 2 (%)	6 x 3 (%)	6 x 4 (%)	12 x 2,5(%)
12	100	100	100	100	100
24	100	99	100	100	100
36	96	90	100	100	100
48	96	90	100	100	100
60	94	88	100	100	100
72	94	88	100	100	100
84	88	88	100	98	100
Médias	95,4b	91,9b	100	99,7b	100a

Considerando-se os espaçamentos testados, a porcentagem média de sobrevivência aos 84 meses após o plantio foi superior a 88,00%. Este valor indica que, independente do espaçamento utilizado, o clone 7 apresentou potencial de estabelecimento e adaptação às condições ecológicas da região.

Macedo et al. (2000) consideram que o potencial de estabelecimento de espécies florestais, avaliado por meio da porcentagem de sobrevivência, expressa a capacidade de adaptação e o vigor das mudas, frente as reais condições ecológicas observadas no campo, pós-plantio definitivo. Pois, é sob as diferentes condições de campo que, normalmente, as mudas de espécies

florestais diferem em suas expressões fenotípicas, as quais retratam fielmente as magnitudes e os efeitos das interações genótipo/ambiente.

O resumo da análise de variância dos dados referentes às avaliações silviculturais do eucalipto encontram-se na Tabela 2. Verifica-se que houve diferença significativa da interação entre os espaçamentos e as épocas de avaliação, para todas as variáveis analisadas.

Como a interação entre espaçamento e época (idade) foi significativa , seguem, nas tabelas 3, 4, 5, 6, 7, 8, os resultados dos desdobramentos dos espaçamentos dentro de cada idade analisada.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados para as variáveis analisadas aos 12 meses após o plantio.

TABELA 2 Resumo da análise de variância dos dados referentes a diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (H), volume por planta e hectare(V), área basal por hectare (G) e incremento médio anual do volume por hectare (IMAVol/ha) para *Eucalyptus sp.* em diferentes espaçamentos, avaliados aos 24, 36, 48, 60, 72 e 84 meses após o plantio.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios					
		DAP (cm)	H (m)	Vol/plt (m ³ /ha)	Vol/ha (m ³ /ha)	G/ha (m ² /ha)	IMAVol/ha (m ³ /ha)
Bloco	4	1,414	6,149	0,003	447,621	2,512	22,074
Espaçamento	4	202,230	29,564	0,188	27490,390	493,237	1667,326
Resíduo (a)	16	1,541	2,653	0,002	365,240	1,936	16,152
Épocas	6	526,652	1708,734	0,786	269038,804	1063,013	2544,644
Resíduo (b)	24	0,130	3,618	0,007	174,349	0,277	5,621
Espaçamento*Épocas	24	6,520*	4,172*	0,246*	2102,707*	12,612*	33,559*
Resíduo (c)	96	0,077	0,410	0,003	67,542	0,248	1,817
Total	174						
CV(a)		7,90	8,10	14,70	14,80	10,65	14,49
CV(b)		2,30	9,46	13,10	10,23	4,03	8,55
CV(c)		1,78	3,18	8,77	6,37	3,82	4,86
Média Geral		15,708	20,110	0,215	129,108	13,064	27,740

GL: graus de liberdade. * Valores significativos a 1%, de probabilidade pelo teste F

TABELA 3 – Diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (H), volume por planta (Vol/plt), volume por hectare (Vol/ha), área basal por hectare (G/ha) e incremento médio anual em volume por hectare (IMAVol/ha) de *Eucaliptus* sp., sob diferentes espaçamentos, aos 12 meses de idade, em Vazante, MG

Espaçamentos	Nº de plantas (ha)	DAP (cm)	H (m)	Vol/plt (m ³ /plt)	Vol/ha (m ³ /ha)	G/ha (m ² /ha)	IMA vol/ha (m ³ /ha)
3x2	1.666	6,93 b	8,13 b	0,0131 c	21,86 a	6,28 a	21,80 a
6x2	833	8,02 a	8,63 a	0,0190 b	15,82 b	4,21 b	15,40 b
6x3	555	8,52 a	8,75 a	0,0216 a	12,03 b	3,17 c	11,60 c
6x4	417	8,65 a	8,68 a	0,0223 a	9,32 c	2,46 d	9,20 d
12x2,5	333	8,34 a	8,79 a	0,0216 a	7,20 c	1,83 e	7,20 e

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scottt & Knott (P<0,05)

Os menores valores de DAP e altura de plantas corresponderam ao espaçamento 3 x 2m; os demais espaçamentos apresentaram valores maiores, semelhantes entre si. Os maiores resultados de altura obtidos nos espaçamentos menos adensados contrariam as constatações de Patino Valera (1986), Bernardo (1995) e Assis et al. (1999) a respeito do maior crescimento inicial em altura de plantas em espaçamentos menores. Isso indica que, provavelmente, ainda não havia a competição entre plantas.

O volume por planta definido pelo diâmetro em relação a altura mostrou que os espaçamentos 6x3, 6x4 e 12x2,5 obtiveram as melhores médias, seguidas respectivamente, pelos tratamentos 6x2 e 3x2. Isso significa que em espaçamentos mais amplos, as plantas têm um maior incremento, decorrente de sua maior área útil.

Os maiores valores médios de volumes por hectare foram observados nos espaçamentos mais adensados (3 x 2m e 6x2 m). Botelho (1998) e Oliveira Neto et al. (2003) citam que ocorre maior produção por unidade de área nos espaçamentos mais reduzidos, em função do maior número de indivíduos.

A área basal por hectare, que é definida pelo diâmetro, apresentou a melhor média para o tratamento 3x2, conseqüentemente decorrente do maior número de árvores por hectare. Os valores de incremento médio anual de vol/ha decresceram com o aumento do espaçamento de plantio.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados médios das avaliações silviculturais realizadas aos 24 meses após o plantio.

TABELA 4 Diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (H), volume por planta (Vol/plt), volume por hectare (Vol/ha), área basal por hectare (G/ha), e incremento médio e corrente anual, em volume por hectare (IMAVol/ha e ICAVol/ha) de *Eucaliptus* sp., sob diferentes espaçamentos, aos 24 meses de idade, em Vazante, MG.

Espaçamentos	Nº de plantas (ha)	DAP(cm)	H(m)	Vol/plt (m ³ /plt)	Vol/ha (m ³ /ha)	G/ha (m ² /ha)	IMA vol/ha (m ³ /ha)	ICA vol/ha (m ³ /ha)
3x2	1.666	9,77 b	12,34 a	0,0388 b	64,78 a	12,49 a	32,40 a	43,60 a
6x2	833	8,63 b	11,34 a	0,0373 b	31,16 b	6,02 b	23,60 b	31,80 b
6x3	555	11,75 a	12,15 a	0,0585 a	30,06 b	5,70 b	18,20 c	25,00 c
6x4	417	12,83 a	12,61 a	0,0687 a	28,65 b	5,39 b	15,00 d	20,60 d
12x2,5	333	12,25 a	12,64 a	0,0657 a	24,11 b	4,38 b	12,60 e	18,00 e

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scottt & Knott (P<0,05).

Os espaçamentos mais adensados (3x2m e 6x2m) diferiram dos demais com menores valores de DAP. Segundo Bernardo (1995) e Oliveira Neto et al. (2003), o espaçamento exerce grande influência no crescimento em diâmetro, principalmente na fase inicial de desenvolvimento das plantas.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a variável altura das plantas.

Os valores médios de volume/planta apresentaram a mesma tendência dos valores médios de DAP, confirmando os maiores valores dos espaçamentos com maior área útil por planta (6x3m, 6x4m e 12x2,5m)

Os valores médios de área basal/hectare e volume/hectare apresentaram a mesma tendência de variação, com maiores valores correspondentes ao espaçamento mais adensado (3x2). Segundo Pinkard & Neilsen (2003), o efeito do número de árvores por unidade de área é fundamental na determinação dos valores de maior produtividade observada nos espaçamentos mais adensados.

Os valores de incremento médio e corrente anual de volume por hectare decresceram com o aumento do espaçamento de plantio, dentro de um intervalo de variação entre 32,40m³/ha a 12,60 m³/ha para o IMA (vol/ha) e de 43,60 m³/ha a 18,00 m³/ha para o ICA (vol/ha).

Os resultados médios das avaliações silviculturais realizadas aos 36 meses após o plantio, são apresentados na Tabela 5..

TABELA 5 Diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (H), volume por planta (Vol/plt), volume por hectare (Vol/ha), área basal por hectare (G/ha), e incremento médio e corrente anual em volume por hectare (IMAVol/ha e ICAVol/ha) de *Eucaliptus* sp., sob diferentes espaçamentos, aos 36 meses de idade, em Vazante, MG.

Espaçamentos	Nº de plantas (ha)	DAP (cm)	H (m)	Vol/plt (m ³ /plt)	Vol/ha (m ³ /ha)	G/ha (m ² /ha)	IMA vol/ha (m ³ /ha)	ICA vol/ha (m ³ /ha)
3x2	1.666	11,33 d	16,24 b	0,0688 c	107,85 a	15,80 a	38,20 a	50,40 a
6x2	833	14,14 c	16,60 b	0,1097 b	87,60 b	12,56 b	29,80 b	42,40 b
6x3	555	15,43 b	16,81 a	0,1322 a	69,41 c	9,82 c	23,80 c	34,20 c
6x4	417	16,22 a	16,58 b	0,1441 a	60,06 d	8,61 d	19,40 d	28,80 d
12x2,5	333	15,98 a	17,12 a	0,1444 a	48,16 e	6,69 e	16,00 e	22,20 e

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scottt & Knott (P<0,05)

Os maiores valores médios de DAP foram observados nos espaçamentos mais amplos (12x2,5m e 6x4m) e decresceram a partir do espaçamento 6x3m..

Os maiores valores médios de altura de plantas dos espaçamentos 12x2,5m e 6x3m foram diferentes dos demais. Bernardo (1995) cita que, de modo geral, os resultados de pesquisa mostram que o crescimento em diâmetro é uma característica altamente responsiva aos espaçamentos. Contudo, existe certa controvérsia quanto aos reflexos sobre a altura das árvores na fase jovem do crescimento, havendo casos em que ocorre aumento da altura em espaçamentos maiores e outros em que o resultado é o oposto.

Os maiores valores médios de volume/planta foram observados nos espaçamentos mais amplos (12x2,5m, 6x4m e 6x3m). Este fator apresentou valores decrescentes para os espaçamentos de 6x2m e 3x2m.

A variável vol/planta é altamente influenciada pelo DAP, ou seja, o livre crescimento do DAP conferido pela maior disponibilidade de área útil dos espaçamentos mais amplos normalmente confere maior volume individual por árvore. Este resultado está de acordo com Pinkard & Neilsen (2003) que encontraram maior volume por árvore devido ao maior DAP em povoamento com 500 árvores de *Eucalyptus nitens* por hectare, comparado às densidades de até 1.667 árvores por hectare.

Os valores médios de vol/ha, G/ha, IMA (vol/ha) e ICA (vol/ha) decresceram com o aumento do espaçamento de plantio. Pinkard & Neilsen (2003) também encontraram resultados semelhantes, atribuídos também ao maior número de árvores/ha.

Os resultados médios das avaliações silviculturais realizados aos 48 meses após o plantio são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 Diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (H), volume por planta (Vol/plt), volume por hectare (Vol/ha), área basal por hectare (G/ha), e incremento médio e corrente anual em volume por hectare (IMAVol/ha e ICAVol/ha) de *Eucaliptus* sp., sob diferentes espaçamentos, aos 48 meses de idade, em Vazante, MG.

Espaçamentos	Nº de plantas (ha)	DAP (cm)	H (m)	Vol/plt (m ³ /plt)	Vol/ha (m ³ /ha)	G/ha (m ² /ha)	IMA vol/ha (m ³ /ha)	ICA vol/ha (m ³ /ha)
3x2	1.666	12,30 d	19,17b	0,0972 d	152,45 a	18,63 a	40,00 a	44,80 a
6x2	833	14,11 c	19,55 b	0,1506 c	94,12 b	9,79 b	34,60 b	48,40 a
6x3	555	16,11 b	19,77 b	0,1890 b	99,05 b	10,71 b	27,60 c	39,00 a
6x4	417	17,83 a	22,75 a	0,2502 a	104,25 b	10,41 b	24,20 c	39,00 a
12x2,5	333	18,12 a	21,05 a	0,2340 a	77,99 c	8,61 c	19,00 d	28,40 b

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scottt & Knott (P<0,05).

Os menores valores médios de DAP foram observados nos espaçamentos mais adensados (6x2 e 3x2), decrescendo a partir do espaçamento 6x3m, com variação entre 16,11cm a 18,12cm. Provavelmente, as menores áreas úteis por planta comprometeram o crescimento máximo do diâmetro das árvores nos menores espaçamentos. Leite et al. (1997), verificaram comportamento semelhante, avaliando diferentes densidades populacionais de eucalipto, de 500 a 5.000 plantas por hectare.

Todos os espaçamentos apresentaram alturas que variaram entre 19,17m a 21,05m, provavelmente, devido ao fato da boa qualidade do sítio da área experimental, expressa pela relação positiva entre genótipo-ambiente.

Os maiores valores médios de vol/planta foram observados nos maiores espaçamentos de 12 x 2,5m e 6 x 4m, apresentando valores decrescentes com a diminuição do espaçamento, a partir de 6 x 3m.

Enquanto a produtividade individual por árvore foi superior nos espaçamentos mais amplos, a maior produtividade por hectare, tanto para a área basal quanto para volume, ocorreu no espaçamento com maior número de árvores, ou seja o espaçamento 3x2m totalizando 1.667arv/ha.

Para o volume, os valores variaram de 77,99 m³/ha a 152,45m³/ha e, para a área basal de 8,61 m³/ha a 18,63 m³/ha (Tabela 6), respectivamente nos espaçamentos 12x25m e 3x2m.

Botelho (1998) e Oliveira Neto et al. (2003) concordam que ocorre maior produção por unidade de área nos espaçamentos mais reduzidos nos primeiros anos, em função do maior número de indivíduos.

De modo geral, os valores do incremento médio anual de vol/ha decresceram com o aumento do espaçamento de plantio, o que demonstra que o efeito do número de plantas por unidade de área foi determinante da maior produtividade em volume/ha, confirmando as conclusões de Pinkard & Neilsen (2003).

Os valores médios do incremento corrente anual de vol/ha não se diferenciaram entre os espaçamentos compreendidos entre 3 x 2m até 6 x 4m, e apresentou-se com o menor valor para o espaçamento de 12 x 2,5m

Os resultados médios das avaliações silviculturais realizadas aos 60 meses após o plantio são apresentados na Tabela 7

TABELA 7 Diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (H), volume por planta (Vol/plt), volume por hectare (Vol/ha), área basal por hectare (G/ha), e incremento médio e corrente anual em volume por hectare (IMAVol/ha e ICAVol/ha) de *Eucaliptus* sp., sob diferentes espaçamentos, aos 60 meses após o plantio, em Vazante, MG.

Espaçamentos	Nº de plantas (ha)	DAP (cm)	H (m)	Vol/plt (m ³ /plt)	Vol/ha (m ³ /ha)	G/ha (m ² /ha)	IMA vol/ha (m ³ /ha)	ICA vol/ha (m ³ /ha)
3x2	1.666	13,15 d	21,41 b	0,1301 d	203,94 a	21,32 a	41,00 a	46,20 a
6x2	833	16,87 c	21,94 b	0,2136 c	133,50 b	13,98 c	35,60 b	38,60 b
6x3	555	19,11 b	22,74 a	0,2774 b	145,54 b	15,06 b	29,60 c	37,20 b
6x4	417	20,07 a	23,05 a	0,3071 a	127,99 b	13,18 c	26,20 d	33,00 c
12x2,5	333	20,28 a	23,26 a	0,3180 a	106,02 c	10,77 d	20,20 e	24,80 d

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scottt & Knott (P<0,05).

Aos 60 meses, verificou-se que as maiores médias de DAP foram observadas nos espaçamentos mais amplos, 6x4m e 12x2,5m e os menores valores para diâmetro foram encontrados nos espaçamentos mais adensados, refletindo o maior incremento com a maior área útil por planta. Este resultado está de acordo com Botelho (1998) que afirma que crescimento em diâmetro acompanha a área útil disponível para cada planta, espaçamentos mais amplos tendem a apresentar plantas com maiores diâmetros.

A altura de plantas foi maior nos espaçamentos mais amplos. Esse resultado confirma as constatações de alguns autores de que com o estabelecimento do povoamento, há uma tendência biológica de espaçamentos maiores conferirem maior altura. No entanto, essa é uma variável polêmica, pois existem vários casos em que há um acréscimo na altura com a diminuição do espaçamento (Patiño-Valera, 1986). Porém, neste trabalho, os resultados não mostraram influência do espaçamento no crescimento em altura.

O volume individual foi maior nos espaçamentos 6x4m e 12x2,5m, ou seja, quanto maior a área útil por planta maior é seu volume individual. Já o volume por hectare mostrou exatamente o contrário ou seja, o espaçamento 3x2m, que tem menor área útil e maior número de árvores por parcela, apresentou o maior volume por hectare 203,94 m³/ha, consequência da maior quantidade de indivíduos.

Os maiores crescimento e produtividade individual, observados em plantas com maior área útil, não compensaram a produção obtida pelo maior número de árvores nos tratamentos com espaçamentos menores, até os cinco anos de idade.

Para a variável área basal por hectare, a média foi superior no espaçamento mais adensado 3x2m, também em função do número de árvores ser maior nesse tratamento.

Os valores de incremento médio de volume/ha decresceram com o aumento do espaçamento de plantio. De modo geral, os valores médios de incremento corrente anual de volume/ha também apresentaram tendências de decréscimo com o aumento do espaçamento de plantio.

O equilíbrio produtivo entre os povoamentos florestais em diferentes espaçamentos, com o passar do tempo, indica a possibilidade dos espaçamentos maiores por planta superarem o volume de madeira por hectare de plantios mais adensados, com a vantagem da utilização da madeira para finalidades economicamente mais atrativas, haja vista as dimensões diferenciadas dos fustes e das árvores em espaçamentos mais amplos, alcançando, neste estudo, mais de 20cm de DAP, aos cinco anos (Tabela 7).

Os resultados médios das avaliações silviculturais realizadas aos 72 meses após o plantio são apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 Diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (H), volume por planta (Vol/plt), volume por hectare (Vol/ha), área basal por hectare (G/ha), e incremento médio e corrente anual em volume por hectare (IMAVol/ha e ICAVol/ha) de *Eucaliptus* sp., sob diferentes espaçamentos, aos 72 meses após o plantio, em Vazante, MG.

Espaçamentos	Nº de plantas (ha)	DAP (cm)	H (m)	Vol/plt (m ³ /plt)	Vol/ha (m ³ /ha)	G/ha (m ² /ha)	IMA vol/ha (m ³ /ha)	ICA vol/ha (m ³ /ha)
3x2	1.666	13,74 d	25,17 b	0,1582 d	247,97 a	23,25 a	45,40 a	67,40 b
6x2	833	16,90 c	24,69 b	0,2410 c	150,62 c	14,13 c	41,20 b	71,20 b
6x3	555	20,53 b	28,16 a	0,3972 b	206,06 b	17,40 b	38,60 b	85,20 a
6x4	417	22,55 a	28,40 a	0,4761 a	198,39 b	16,65 b	33,00 c	67,20 b
12x2,5	333	21,93 a	28,50 a	0,4555 a	151,85 c	12,61 c	25,40 d	51,00 c

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scottt & Knott (P<0,05).

A tendência de expressão das variáveis DAP, altura e volume/planta observada aos 72 meses após o plantio, foi idêntica à observada aos 60 meses após o plantio. Isso provavelmente, indica que, a partir destes períodos, começa a ocorrer uma definição mais acentuada dos efeitos dos espaçamentos sobre o crescimento individual das árvores.

Em relação ao volume por hectare, observa-se, de forma destacada, a superioridade do espaçamento 3 x 2m, seguido por um grupo intermediário, composto pelos espaçamentos 6 x 3m e 6 x 4m; o menor valor, foi para o espaçamento 12 x 2,5m e 6 x 2m.

Em relação à área basal por hectare, observa-se também, de forma destacada, a superioridade do espaçamento 3 x 2m, seguido por um grupo intermediário, com destaque para os espaçamentos 6 x 3m e 6 x 4m e, com os menores valores observados para os espaçamentos 12 x 2,5m e 6 x 2m.

O incremento médio anual do volume/ha apresentou valores superiores no espaçamento 3 x 2m, valores inferiores no espaçamento 12 x 2,5m, e valores intermediários para os demais espaçamentos.

Em relação ao incremento corrente anual do volume/ha, observaram-se valores superiores para o espaçamento 6 x 3m, valores intermediários, porém estatisticamente semelhantes entre os espaçamentos 3 x 2m, 6 x 2m e 6 x 4m e, valores inferiores para o espaçamento 12 x 2,5m.

Segundo Botelho (1998), o máximo ICA, ocorre mais cedo em povoamentos menos espaçados, apresentando altos valores na fase inicial e um decréscimo acentuado após o máximo ICA, este comportamento denota a ocorrência de competição precoce em espaçamentos menores.

Os resultados médios das avaliações silviculturais realizadas aos 84 meses após o plantio são apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 Diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (H), volume por planta (Vol/plt), volume por hectare (Vol/ha), área basal por hectare (G/ha), e incremento médio e corrente anual em volume por hectare (IMAVol/ha e ICAVol/ha) de *Eucalyptus* sp., sob diferentes espaçamentos, aos 84 meses após o plantio, em Vazante, MG.

Espaçamentos	Nº de plantas (ha)	DAP (cm)	H (m)	Vol/plt (m ³ /plt)	Vol/ha (m ³ /ha)	G/ha (m ² /ha)	IMA vol/ha (m ³ /ha)	ICA vol/ha (m ³ /ha)
3x2	1.666	15,46 d	28,14 c	0,2304 d	374,31 a	31,11 a	53,00 a	97,00 b
6x2	833	20,19 c	32,36 b	0,4414 c	348,59 a	25,50 b	51,80 a	115,60 a
6x3	555	22,95 b	33,09 b	0,5847 b	314,12 b	22,39 c	45,60 b	86,60 b
6x4	417	24,69a	34,79 a	0,7038 a	288,48 b	19,69 d	41,80 c	93,00 b
12x2,5	333	24,51 a	32,12 b	0,6896 a	224,72 c	15,56 e	32,20 d	73,60 b

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scottt & Knott (P<0,05).

Em geral, os valores médios de DAP (cm) cresceram com a utilização de espaçamentos mais amplos, com valores variando entre 15,46cm a 24,69cm. Observou-se que o maior valor de DAP foi obtido para os espaçamentos 6 x 4m e 12 x 2,5m e o menor foi para o 3x2m, nos espaçamentos 6x2m e 6x3m foi observado um crescimento intermediário. Pode-se notar que o crescimento em diâmetro acompanha a área útil disponível para cada planta e espaçamentos mais amplos tendem a apresentar plantas com maiores diâmetros (Botelho, 1998).

O maior valor médio (34,79m) de altura de plantas foi observado no espaçamento 6x4m, o menor (28,14 m) no espaçamento 3 x 2m. Para os demais espaçamentos, observaram-se valores intermediários aos extremos citados.

Os maiores valores de volume/planta foram observados nos espaçamentos mais amplos 6 x 4m e 12 x 2,5m; a partir destes, decresceram com a diminuição dos espaçamentos. Observou-se que há um maior volume individual das plantas nos espaçamentos mais amplos. Como o volume está diretamente ligado ao diâmetro das plantas e à sua altura (Botelho, 1998), observa-se que os resultados de volume individual apresentam a mesma tendência de variação observada para os resultados do DAP.

Os maiores valores de volume/ha foram observados nos espaçamentos mais adensados 3 x 2m e 6 x 2m; valores intermediários corresponderam aos espaçamentos 6 x 3m e 6 x 4m e o menor valor correspondeu ao maior espaçamento 12 x 2,5m.

Observa-se que, em todas as avaliações anuais e para todos os espaçamentos, houve um decréscimo do volume por hectare com o aumento do espaçamento. Apesar de possuir árvores maiores, com cerca de 3 vezes mais volume individual, o espaçamento mais amplo 12 x 2,5m apresenta menos árvores (cerca de 5 vezes menos árvores) do que o espaçamento mais adensado 3

x 2m. Por isso a diferença em volume por hectare é superior nos espaçamentos mais adensados, acompanhando a área basal (Scolforo, 1998).

Os valores médios de área basal/ha (G/ha) apresentaram valores decrescentes com o aumento da área útil por planta, variando de 15,56m² a 31,11m²/ha, respectivamente, para os espaçamentos de 12 x 2,5m e 3 x 2m.

Os maiores valores de incremento médio anual (IMA vol/ha) foram observados para os espaçamentos mais adensados 3 x2m e 6x2m. A partir deste, apresentaram valores decrescentes com o aumento do espaçamento de plantio. O maior valor de incremento corrente anual (ICA vol/ha) foi verificado para o espaçamento 6x2m.

Para o desdobramento de épocas de avaliação dentro de cada espaçamento, os modelos de regressão ajustados para diâmetro (Figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7) indicam uma linha de tendência que sugere a existência de um ponto máximo de crescimento e, por conseguinte, a estagnação deste com o passar do tempo. A ocorrência deste evento varia com o espaçamento estudado.

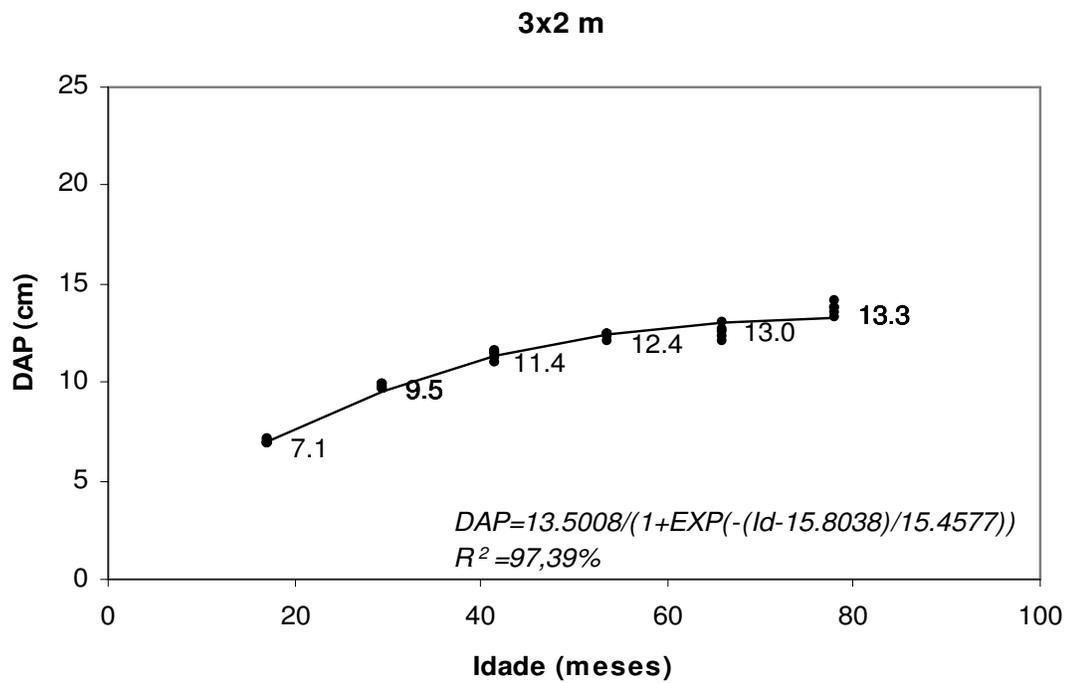


FIGURA 2 - Modelo de regressão para diâmetro à altura do peito (DAP), de 12 a 84 meses após o plantio, estimados para o espaçamento 3 x 2 m, do clone 7 de eucalipto, em Paracatu, MG.

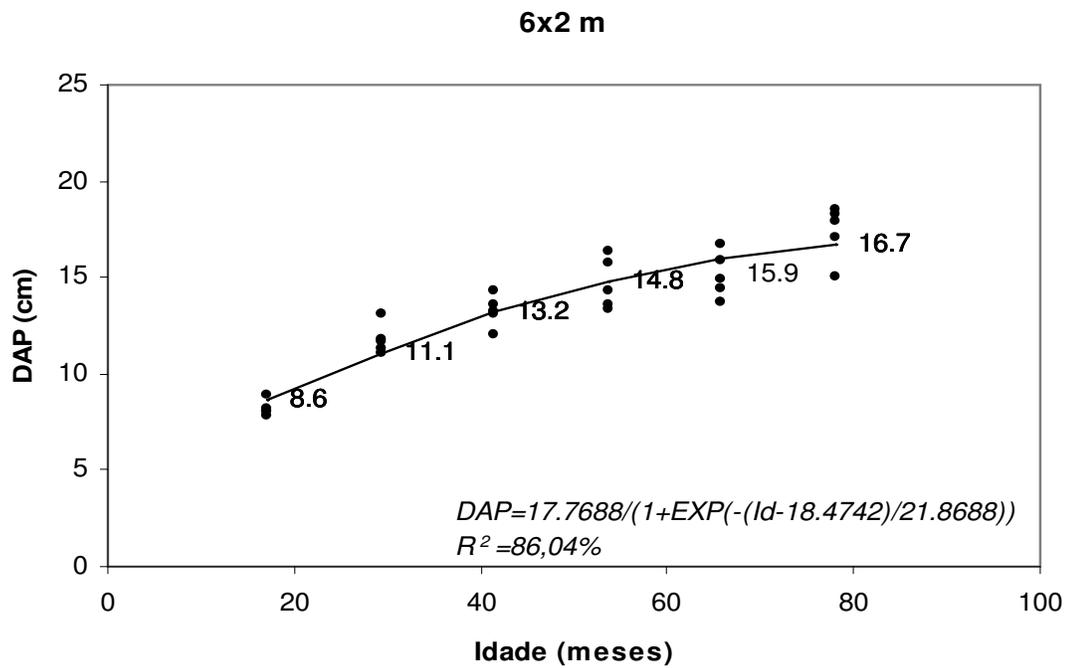


FIGURA 3 - Modelo de regressão para diâmetro à altura do peito (DAP), de 12 a 84 meses após o plantio, estimados para o espaçamento 6 x 2 m, do clone 7 de eucalipto, em Paracatu, MG.

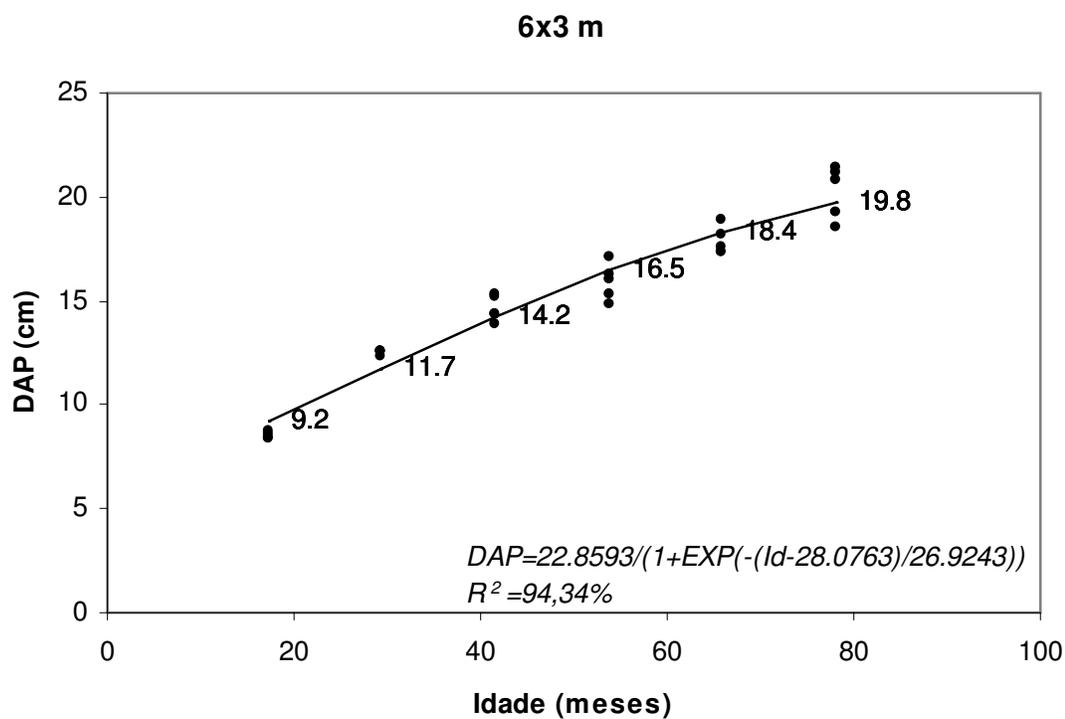


FIGURA 4 -Modelo de regressão para diâmetro à altura do peito (DAP), de 12 a 84 meses após o plantio, estimados para o espaçamento 6 x 3 m, do clone 7 de eucalipto, em Paracatu, MG.

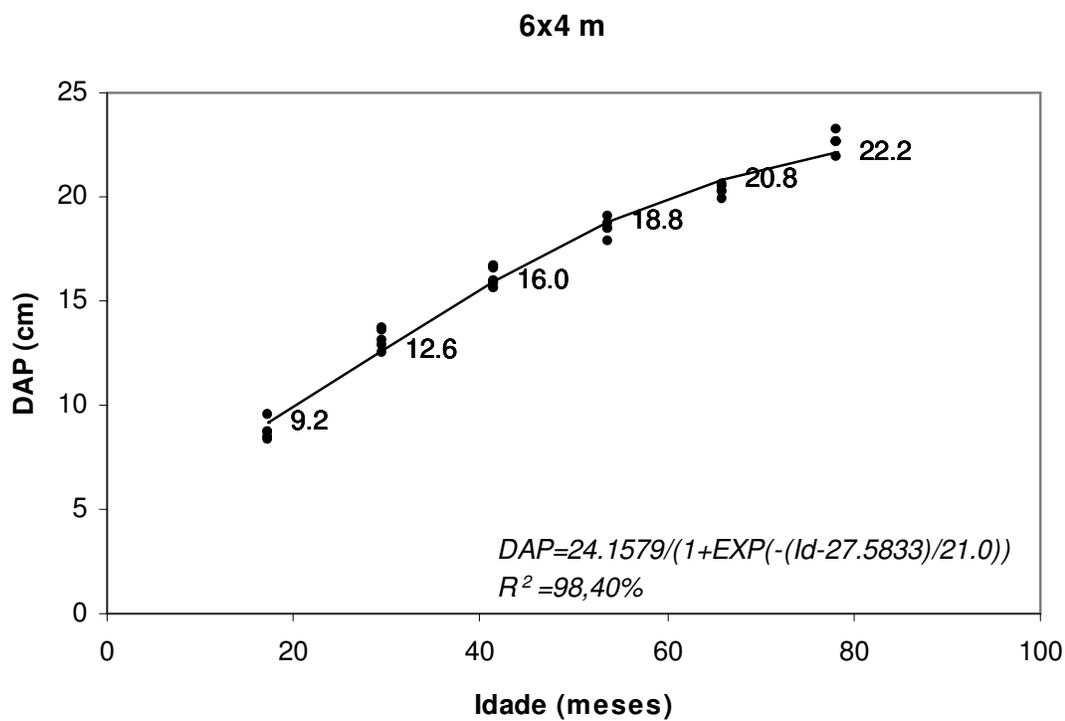


FIGURA 5 - Modelo de regressão para diâmetro à altura do peito (DAP), de 12 a 84 meses após o plantio, estimados para o espaçamento 6 x 4 m, do clone 7 de eucalipto, em Paracatu, MG.

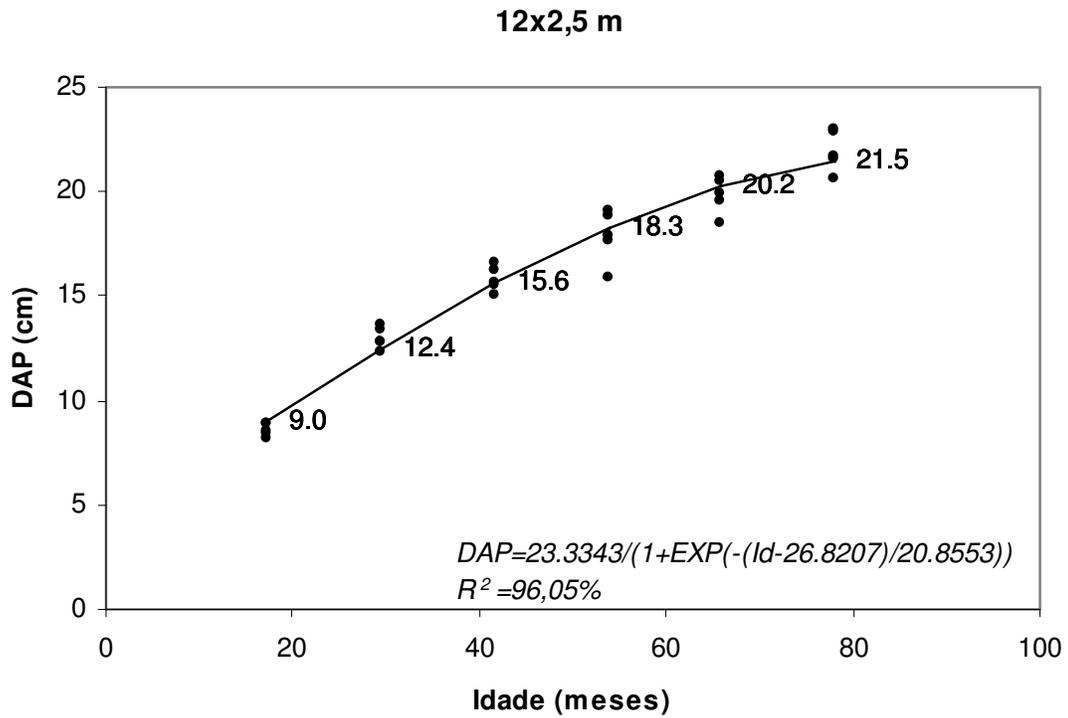


FIGURA 6 - Modelo de regressão para diâmetro à altura do peito (DAP), de 12 a 84 meses após o plantio, estimados para o espaçamento 12 x 2,5 m, do clone 7 de eucalipto, em Paracatu, MG.

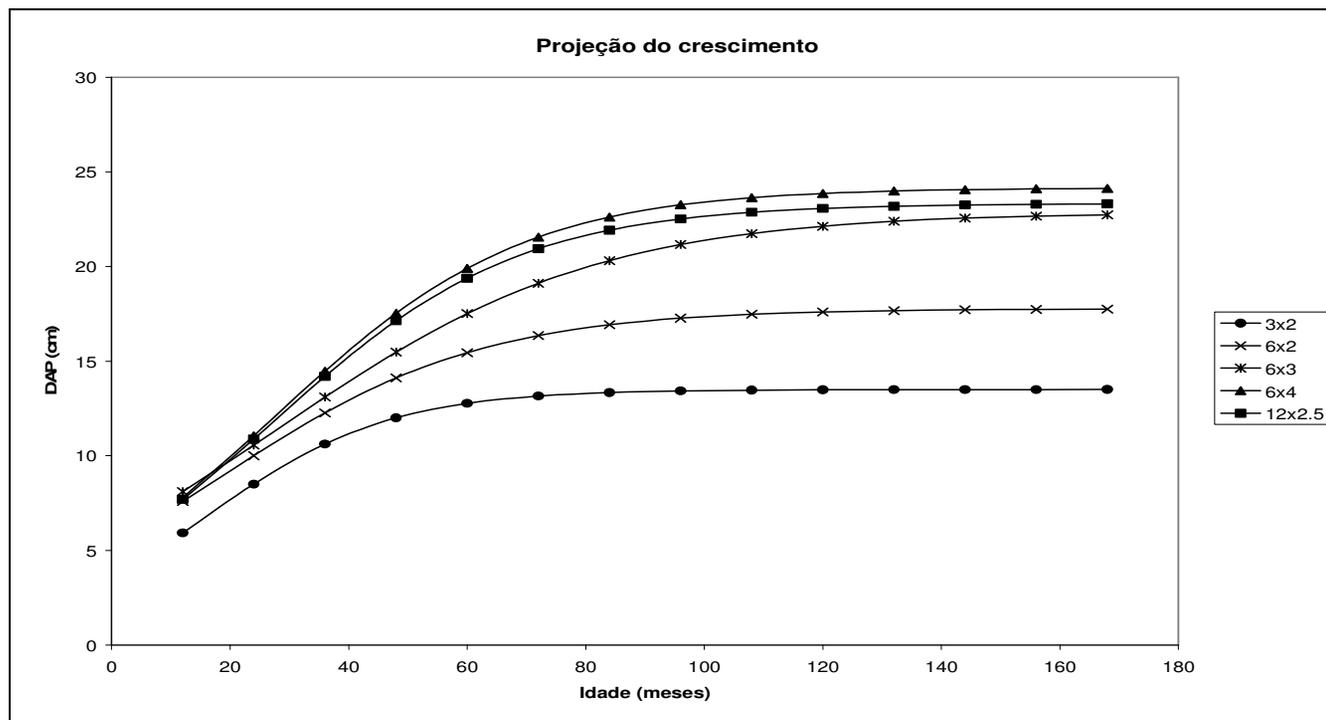


FIGURA 7 – Projeção de crescimento para diâmetro à altura do peito (DAP), de 12 a 84 meses após o plantio, estimado para os espaçamentos 3 x 2m 6 x 2m, 6 x 3m, 6 x 4m e 12 x 2,5m do clone 7 de eucalipto, em Paracatu, MG.

Para o desdobramento de épocas de avaliação dentro de cada espaçamento, os modelos de regressão, ajustados para volume de madeira produzido dos 12 até 84 meses (Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13) mostraram que, para todos os espaçamentos, o crescimento da floresta, em volume por hectare, ocorreu de maneira exponencial. Este resultado corresponde ao padrão comportamental de crescimento das espécies florestais nos primeiros anos após o estabelecimento. Kramer e Kozlowski (1960) afirmam que as árvores crescem rapidamente durante sua juventude e mais lentamente à medida que ficam mais velhas.

A tendência das curvas nos modelos ajustados sugere a manutenção da taxa de produção em volume de madeira por hectare. Este comportamento mostra que, até 78 meses de idade, o clone 7 respondeu positivamente às condições ecológicas da área estudada.

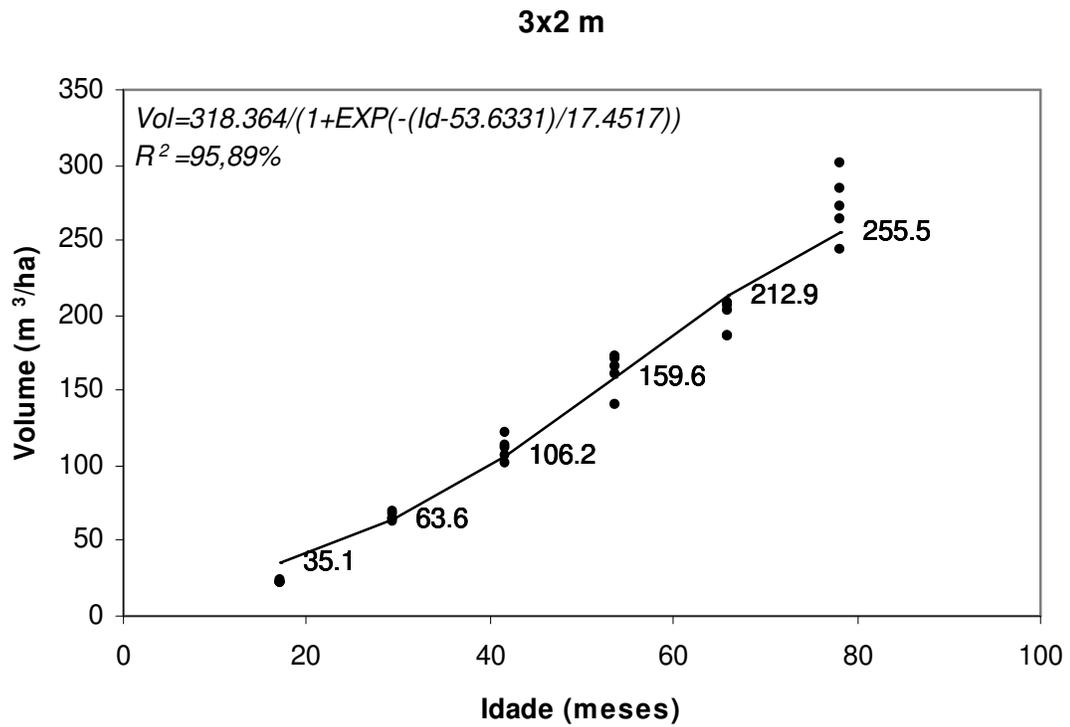


FIGURA 8 – Modelo de regressão para volume de madeira por hectare, de 12 a 84 meses após o plantio, estimados para o espaçamento 3 x 2 m, do clone 7 de eucalipto, em Paracatu, MG.

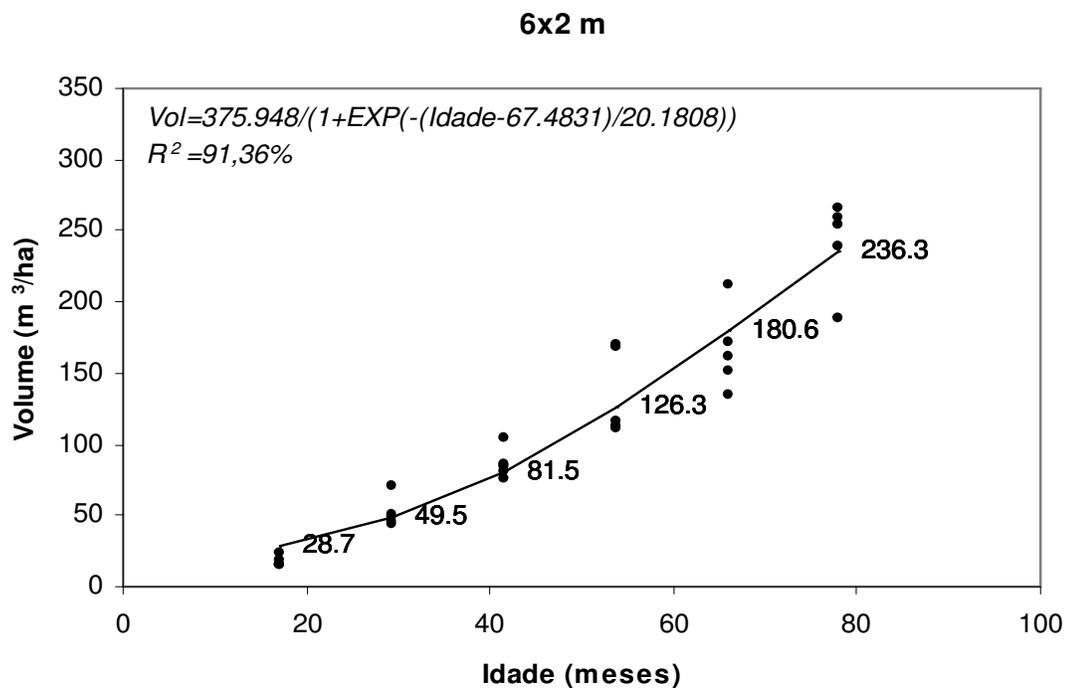


FIGURA 9 – Modelo de regressão para volume de madeira por hectare, de 12 a 84 meses após o plantio, estimados para o espaçamento 6 x 2 m, do clone 7 de eucalipto, em Paracatu, MG.

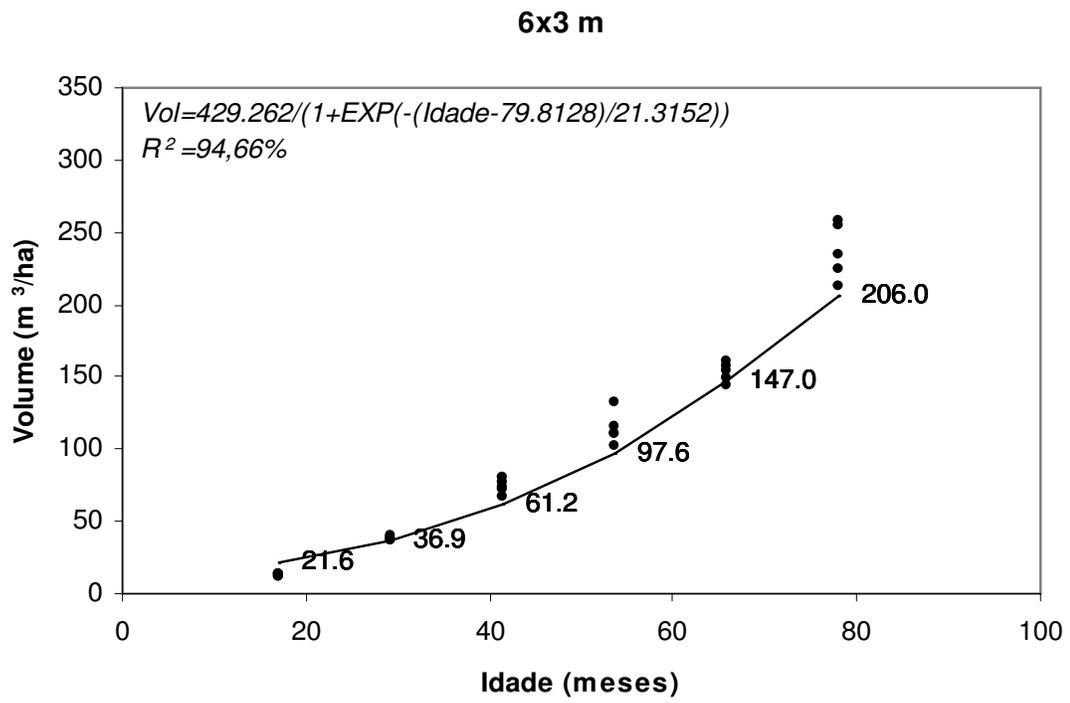


FIGURA 10 - Modelo de regressão para volume de madeira por hectare, de 12 a 84 meses após o plantio, estimados para o espaçamento 6 x 3 m, do clone 7 de eucalipto, em Paracatu, MG.

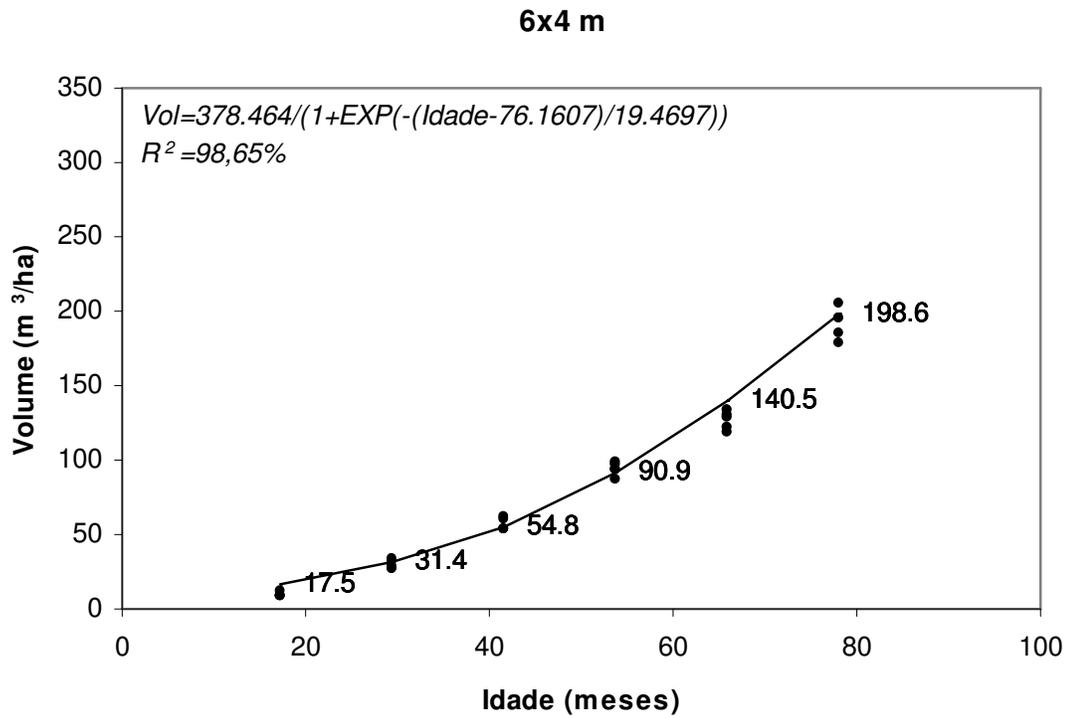


FIGURA 11 – Modelo de regressão para volume de madeira por hectare, de 12 a 84 meses após o plantio, estimados para o espaçamento 6 x 4 m, do clone 7 de eucalipto, em Paracatu, MG.

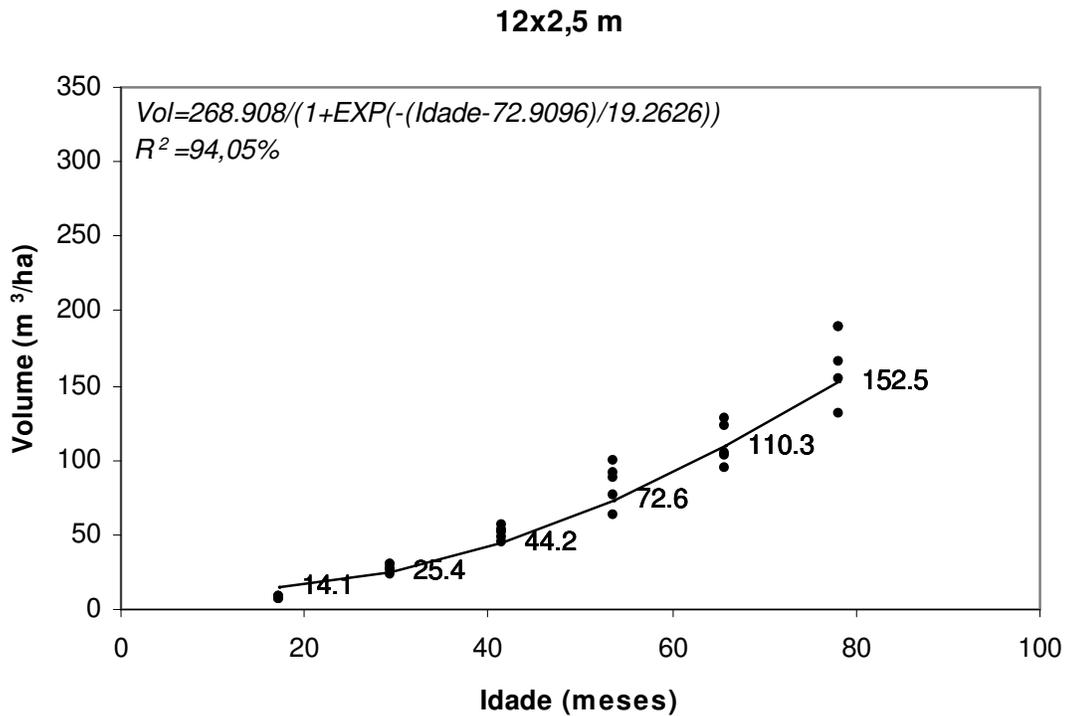


FIGURA 12 – Modelo de regressão para volume de madeira por hectare, de 12 a 84 meses após o plantio, estimados para o espaçamento 12 x 2,5 m, do clone 7 de eucalipto, em Paracatu, MG.

A análise conjunta das curvas de projeção de crescimento para volume de madeira por hectare, de 12 a 84 meses após o plantio, estimados para os espaçamentos 3 x 2m 6 x 2m, 6 x 3m, 6 x 4m e 12 x 2,5m do clone 7 de eucalipto e apresentadas na Figura 13, sugere que, para o espaçamento 3 x 2m, a idade de início do processo de estagnação do crescimento ocorre por volta dos 108 meses. Para os demais espaçamentos que apresentam área útil para a planta igual ou superior a 12m², este processo de estagnação é projetado para ocorrer a partir, de aproximadamente, 126 meses de idade, provavelmente relacionado a uma maior competição intra-específica no espaçamento 3 x 2m, devido à maior densidade de plantio.

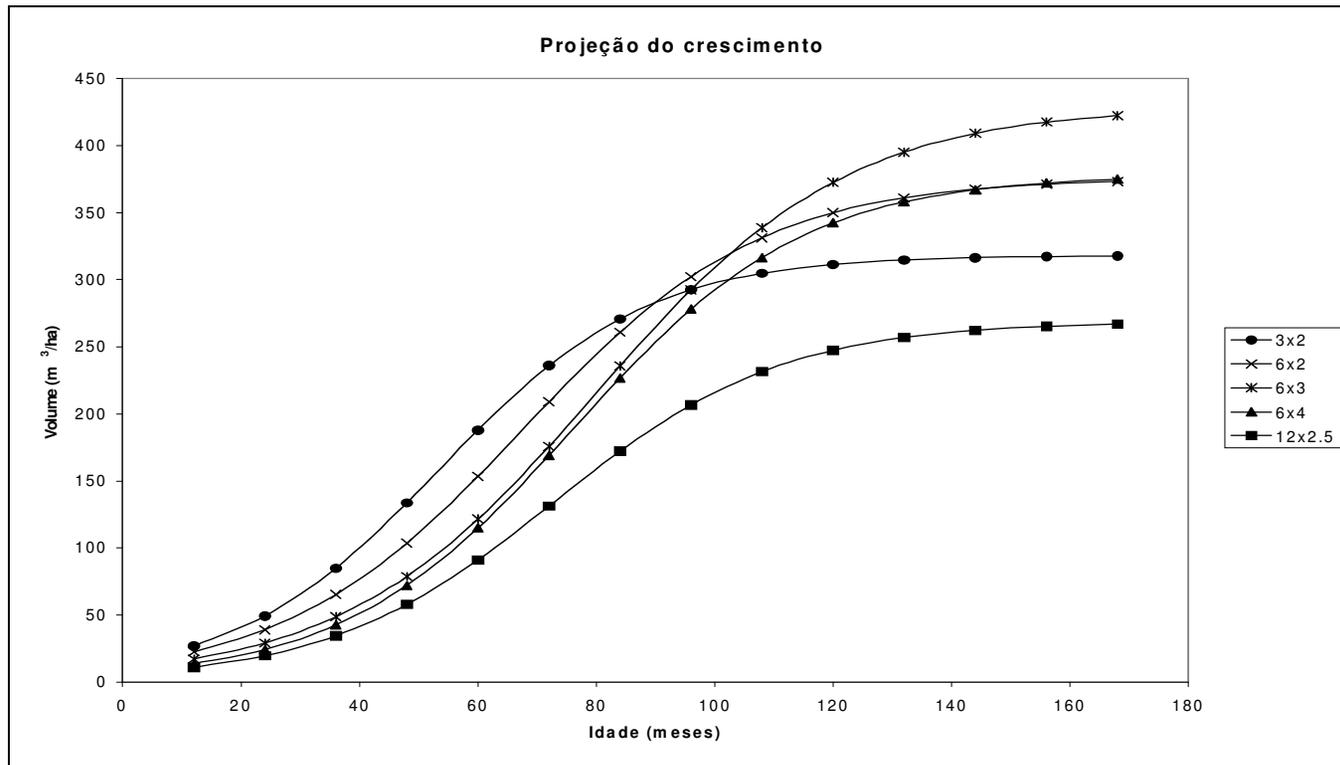


FIGURA 13 - Projeção de crescimento para volume de madeira por hectare, de 12 a 84 meses após o plantio, estimado para os espaçamentos 3 x 2m 6 x 2m, 6 x 3m, 6 x 4m e 12 x 2,5m do clone 7 de eucalipto em Paracatu, MG.

As projeções das curvas de incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA), do volume do clone 7 de eucalipto, para os espaçamentos 3 x 2m, 6 x 2m, 6 x 3m, 6 x 4m e 12 x 2,5m, respectivamente, encontram-se nas Figuras 14, 15, 16, 17 e 18.

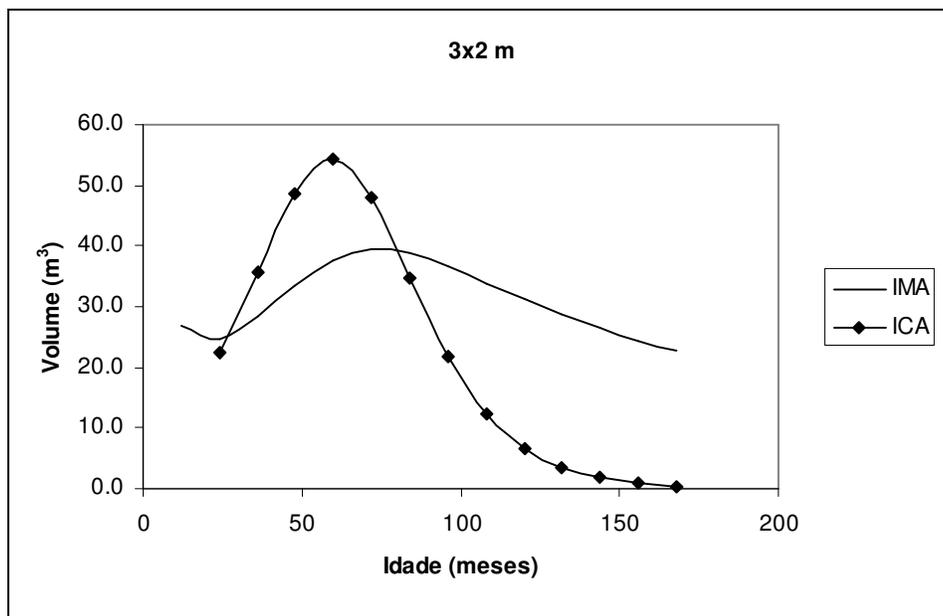


FIGURA 14 –Projeção das curvas de incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA) do volume do clone 7 de eucalipto, no espaçamento 3 x 2m.

Observa-se que, no espaçamento 3 x 2m, a projeção da época ideal de corte, ou seja, a rotação silvicultural ótima, ocorreu aos 84 meses, com uma produção máxima de 38,69m³/ha. Normalmente, em espaçamento mais adensado, devido ao grande número de árvores, tem-se uma maior competição por fatores de produção, o que pode ocasionar a estagnação do crescimento num ciclo curto de tempo.

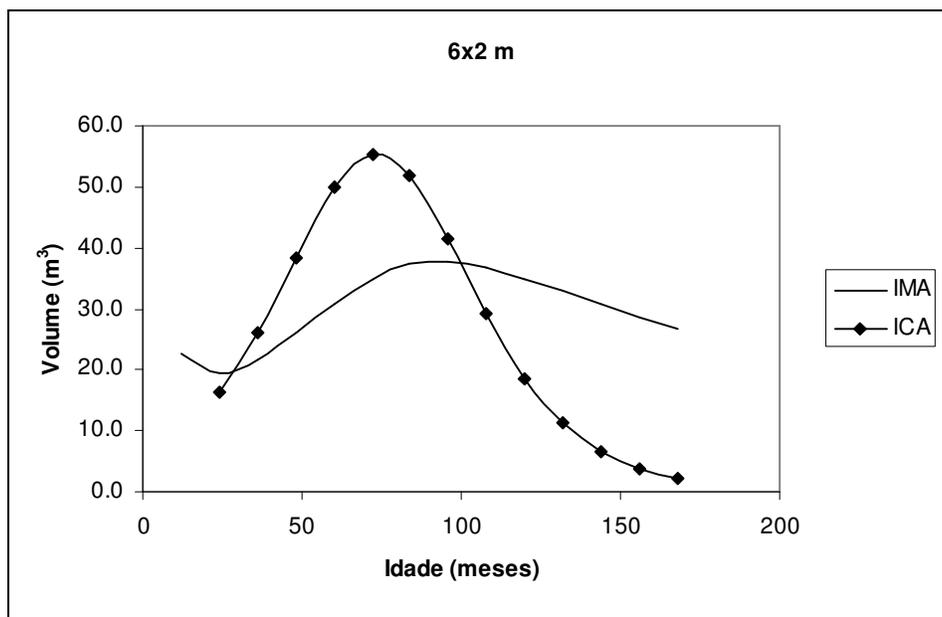


FIGURA 15– Projeção das curvas de incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA) do volume do clone 7 de eucalipto, no espaçamento 6 x 2m.

Para o espaçamento 6 x 2m, a rotação silvicultural ótima seria aos 108 meses; aos 9 anos, a produção máxima chegaria aos 36,83m³/ha. A sua produção é mais baixa que a do espaçamento 3x2m, provavelmente devido ao número de árvores, que no espaçamento 6x2 é de 833 árvores/há, enquanto que no 3 x 2 é de 1.666 árvores/ha.

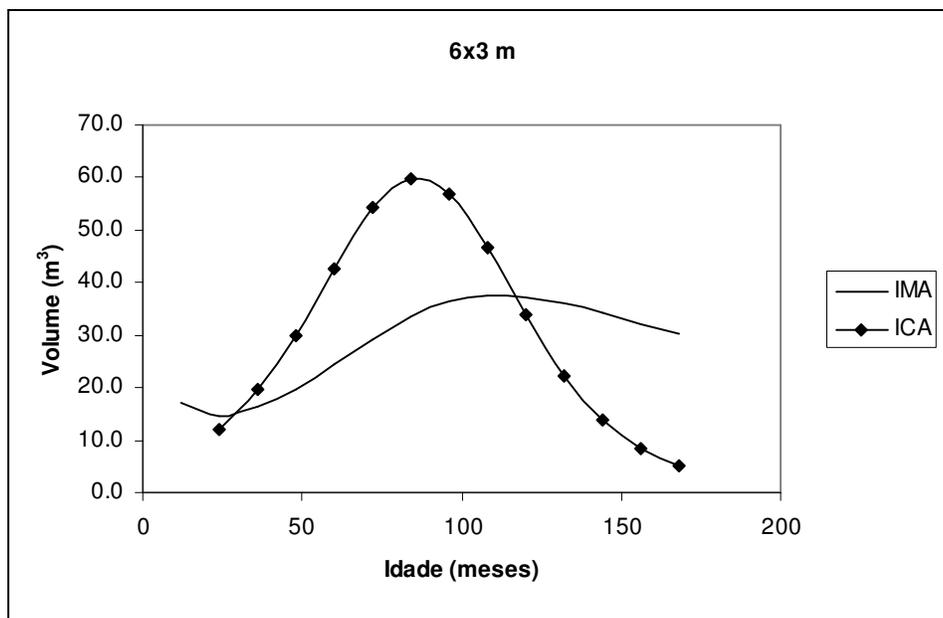


FIGURA 16 – Projeção das curvas de incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA) do volume do clone 7 de eucalipto, no espaçamento 6 x 3m.

No espaçamento 6 x 3m, a idade ideal de corte seria aos 120 meses, com uma produção máxima de 37,27m³/há. Uma média considerável, se comparada aos espaçamentos mais adensados (3 x 2m e 6 x 2m), que apresentaram maior número de árvores por hectare, Porém, com um ciclo de corte maior.

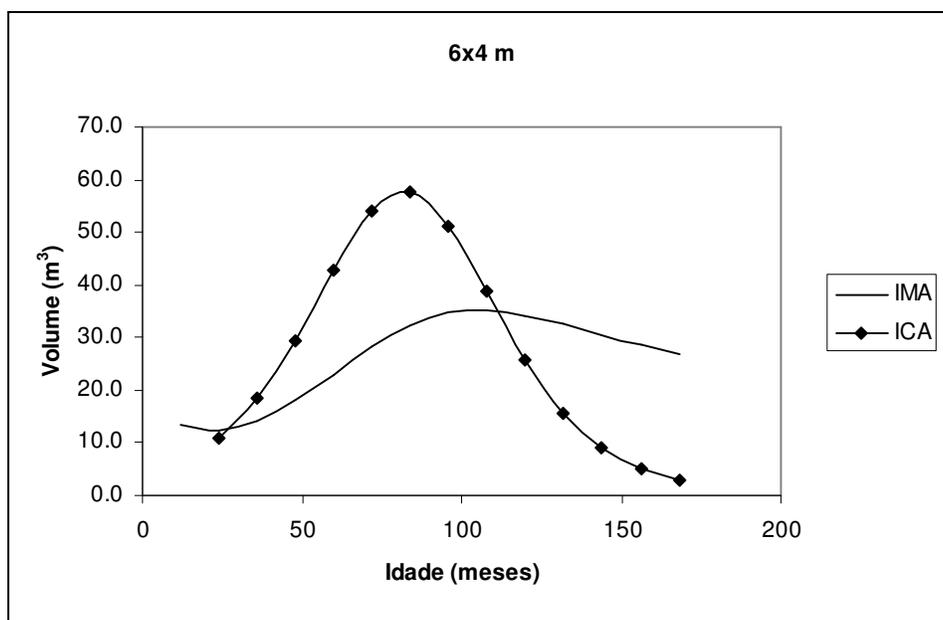


FIGURA 17 – Projeção das curvas de incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA) do volume do clone 7 de eucalipto, no espaçamento 6 x 4m.

O espaçamento 6 x 4m também tem sua rotação silvicultural ótima aos 10 anos, quando atinge uma produção máxima de 34,24m³/ha, inferior aos demais espaçamentos mais adensados estudados. Ou seja, mesmo utilizando um espaço bem maior, de 24m²/árvore, sua produção é inferior, o que sugere que esse espaçamento subutiliza a área disponível.

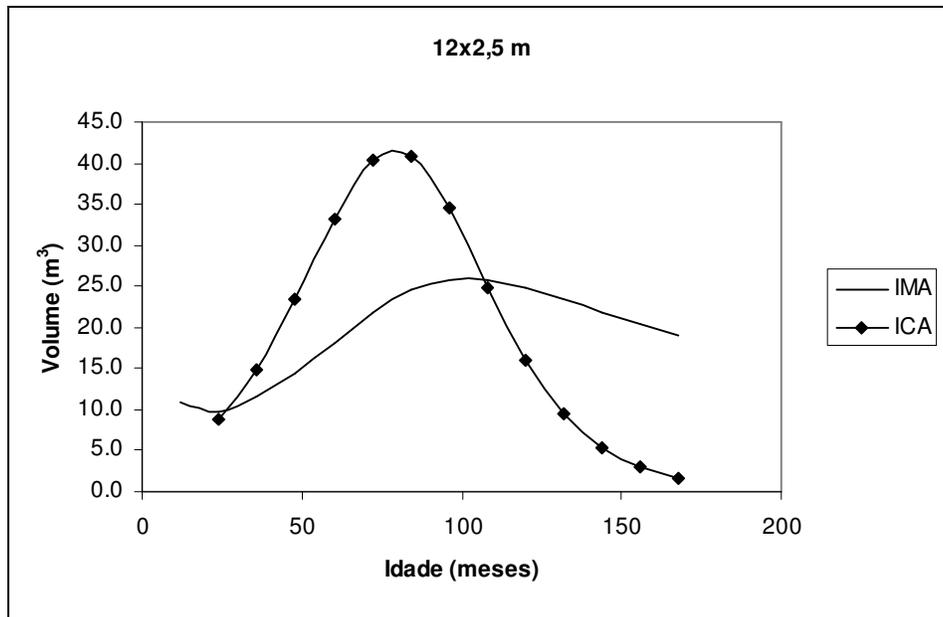


FIGURA 17 – Projeção das curvas de incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA) do volume do clone 7 de eucalipto, no espaçamento 12 x 2,5m.

Para a projeção do espaçamento 12 x 2,5m, o ciclo de corte ideal ocorreria aos 108 meses, com uma produção de 25,72m³/ha. Comparado ao espaçamento intermediários de 6 x 3m, está subutilizando a área, com uma produção menor para um período de tempo relativamente semelhante ao dos espaçamentos intermediários.

5 - CONCLUSÕES

- Em todos os espaçamentos estudados, a taxa de sobrevivência foi superior a 88,00%, demonstrando que o clone 7 apresentou potencial de estabelecimento e de adaptação às condições climáticas da região.
- A altura das árvores apresentou pouca variação entre os espaçamentos estudados, com maiores valores nos espaçamentos com área útil igual ou superior a 18m².
- A partir dos 48 meses, se estabeleceu um gradiente de valores para DAP e volume/planta, em função da área útil disponível; quanto maior a área útil por planta, maior o DAP e volume/planta.
- Aos 84 meses a taxa de crescimento (volume/ha) do clone 7 decresceu com o aumento do espaçamento de plantio e a área basal por hectare cresceu com a redução do espaçamento.
- Para a produção de biomassa florestal, podem-se recomendar espaçamentos com uma área útil de até 12m²/árvore.
- Povoamentos com área útil igual ou superior a 18 m²/planta poderão ser conduzidos para a produção de madeira serrada.
- A análise das curvas de projeção de crescimento mostraram-se eficientes como indicadores das épocas mais favoráveis para a realização das rotações silviculturais ou das práticas de desbaste.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, H. B. **Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus L'Héritier* (Myrtaceae) nas Regiões Norte e Noroeste do Estado de Minas Gerais.** 1991. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

ASSIS, R. L. de; FERREIRA, M. M.; MORAIS, E. J. de; FERNANDES, L. A. Produção de biomassa de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG; v. 23, n. 2, p. 151-156, abr./jun. 1999.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. **O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais.** Piracicaba: IPEF, 1980. 16 p. (Série técnica, 3)

BALLONI, E. A. Influência do espaçamento de plantio na produtividade florestal. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 31, p. 558-592, jul./ago. 1983.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilidade.** 2000. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

BERNARDO, A. L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp. sob diferentes espaçamentos na região do cerrado de Minas Gerais.** 1995. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BEZERRA, R. G. **Consórcios de clones de eucalipto com soja e milho na região de cerrado no noroeste do Estado de Minas Gerais: um estudo de caso.** 1997. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BOTELHO, S. A. Espaçamento. In: SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p. 381-405.

BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *E. alba* Reinw, *E. saligna* Smith e *E. grandis* Hill ex Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, n. 2/3, p. 129-149, 1971.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G.; SOUZA, R. N.; VITAL, B. R. Relações entre espaçamento, volume e peso de madeira em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG; v. 14, n. 2, p. 119-133, jul./dez. 1990.

COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; SIMÕES, J. M. Comportamento de espécies de eucalipto face ao espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, n. 1, p. 29-55, 1970.

COUTO, L. C. Influência do espaçamento no crescimento do *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida cultivado em Coronel Fabriciano-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG; v. 1, n. 2, p. 57-71, jul./dez. 1977.

EVERT, F. Spacing studies: a review. **Information Report, Forest Management**, Ottawa, n. 37, p. 1-95, 1971.

FISHWICK, R. W. Estudos de espaçamentos e desbastes em plantações brasileiras. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 26, p. 13-23, jun.1976.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: PRODEPEF/PNUD/FAO/IBDF, 1975. 65 p. (Série Técnica, 3).

GOMES, R. T. **Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp. na região de cerrado de Minas Gerais**. 1994. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GORGULHO, E. P. **Avaliação de progenies de *Eucalyptus pyrocarpa* L-Johnson e Blasxell em diferentes espaçamentos de plantio**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 71 p.

GUIMARÃES, R. F. Ensaios de espaçamentos em *Eucalyptus saligna*, para a produção de lenha. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 9, p. 114-169, 1957.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of trees**. New York: Mcgraw-Hill Book Company, 1960. 642 p.

LADEIRA, B. C.; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; BARROS, N. F. de. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos, em uma sequência de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG; v. 25, n. 1, p. 69-78, jan./mar. 2001.

LEÃO, R. M. **A floresta e o homem**. São Paulo: Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. 434 p.

LEITE, F. P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais**. 1996. 90 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LEITE, F. P.; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de; SANS, L. M. A.; FABRES, A. S. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG; v. 21, n. 3, p. 313-321, jul./set.1997.

LELES, P. S. dos S.; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; MORAIS, E. J. de. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 59, p. 77-87, jun. 2001.

MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 153 p.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; GOMES, J. E. & LIMA, E. M. G. Potencial de estabelecimento de clones de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (seringueira) introduzidos em sistemas agroflorestal com *Bertholletia excelsa* Humb & Bompl (castanheira do Brasil), em Lavras-MG, In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 2000, Porto Seguro-BA. **Anais. . .** Rio de Janeiro: Biosfera, 2000. p. 159-161.

MACHADO, M. A. A. C. Minas, estado florestal. **Silvicultura**, São Paulo, n. 61, p. 39-40, maio/jun. 1995.

MELLO, H. A. et al. Influência do espaçamento e da idade de corte na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado. **IPEF**, Piracicaba, n. 2/3, p. 3-30, dez. 1971.

MELLO, H. A.; MASCARENHAS SOBRINHO, J.; SIMÕES, J. W.; DO COUTO, H. T. Z. Influência do espaçamento e da idade de corte na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado. **IPEF**, Piracicaba, v. 13, p. 143-162, 1976.

MESQUITA, R.; CAMPINHOS Jr., E.; MATTOS, C. C. M. Plantio de *Eucalyptus grandis* e *E. Saligna* com irrigação na cova. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 12, p. 3-13, out./dez. 1972.

MIRANDA, M. J. de A.; NAHUZ, M. 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**, Piracicaba, n. 55, p. 107-116, jun. 1999.

MORA, A. L. **Interação com espaçamento e locais em clones de Eucalyptus spp. No Norte do estado da Bahia**. Piracicaba: ESALQ, 1986. 101 p.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS, 2000. 112 p.

OLIVEIRA NETO, S. N. de; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camalduelnsis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG; v. 27, n. 1, p. 15-23, jan./fev. 2003.

PATIÑO-VALERA, F. **Variação genética em progênies de Eucalyptus saligna Smith e sua interação com espaçamento**. 1986. 192 p. (Dissertação de Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PEREIRA, A. R.; MORAIS, E. J.; NASCIMENTO FILHO, M. B. Implantação de florestas de ciclos-curtos sob novos modelos de espaçamentos. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 429-32, jan./fev. 1983.

PINKARD, E. A.; NEILSEN, W. A. Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: implications for thinning. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 172, n. 2/3, p. 215-227, Jan. 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>>. Acesso em: 21 jan. 2005.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 441 p.

SHIMOYAMA, V. R. S.; BARRICHELO, L. E. G. Densidade básica da madeira, melhoramento e manejo florestal. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 6, n. 20, p. 1-22, 1989.

SILVA, J. F. **Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. e sua interação com espaçamentos.** 1990. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, J. M. S. da. **Estudo silvicultural e econômico do consórcio de *Eucalyptus grandis* com gramíneas sob diferentes espaçamentos em áreas aciditadas.** 1999. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, M. L. da; MACHADO, C. C. Influência do diâmetro e do número de árvores por hectare no custo de corte do eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG; v. 19, n. 3, p. 308-318, jul./set. 1995

SIMÕES, J. W.; BRANDI, R. M.; MALINOVSKY, J. R. **Formação de florestas com espécies de rápido crescimento.** Brasília: IBDF/PNUD/FAO, 1976. 74 p. (Série divulgação PNUD/FAO/IBDF/BRA-45,6).

SMITH, D. M. **The practice of silviculture.** 7. ed. New York: John Wiley, 1962. 578 p.

SMITH, W. D.; STRUB, M. R. Initial spacing: how many trees to plant. In: DURYEA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (Ed.) **Forest regeneration manual.** Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 281-289.

TOMASELLI, I; DELESPINASSE, B; BONSE, R;. Eucalipto: alternativa às madeiras tropicais? **Silvicultura**, São Paulo, v. 19, n. 77, p. 22-23, jan./mar. 1999.