UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Pós-Graduação em Ciência Florestal

Petrônio Henrique Alves

DECISÕES SILVICULTURAIS PARA PRODUÇÃO DE ÁRVORES DE EUCALIPTO DE GRANDE PORTE

Diamantina, MG - Brasil
2016

Petrônio Henrique Alves

DECISÕES SILVICULTURAIS PARA PRODUÇÃO DE ÁRVORES DE EUCALIPTO DE GRANDE PORTE

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, nível de Mestrado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientado: Prof. Gilciano Saraiva Nogueira

Diamantina, MG – Brasil
2016

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

A474d Alves, Petrônio Henrique
Decisões silviculturais para produção de árvores de eucalipto de grande porte / Petrônio Henrique Alves. – Diamantina, 2016.
70 p. : il.

Orientador: Gilciano Saraiva Nogueira

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

1. Desbaste. 2. Idade técnica de desbaste. 3. Ingresso percentual. 4. Distribuição diamétrica. 5. Fertilização. I. Título. II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 634.9

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DECISÕES SILVICULTURAIS PARA PRODUÇÃO DE ÁRVORES DE EUCALIPTO DE GRANDE PORTE

Petrônio Henrique Alves

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, nível de Mestrado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

APROVADO EM 28 / 03 / 2016

Prof. Hélio Garcia Leite – Ex. UFV

Prof. Paulo Henrique Fidêncio – Ex. UFVJM

Prof. Marcio Leles Romarco de Oliveira – UFVJM

Prof. Reynaldo Campos Santana – UFVJM

Prof. Gilciano Saraiva Nogueira – UFVJM

Presidente

DIAMANTINA

2016

Dedico:

A Deus.

Aos meus pais Maria Zita e José Jair (sempre presente).

À minha namorada Marielen Brandão.

Ao meu orientador Professor Gilciano Saraiva Nogueira.

"Uns sonham com o sucesso, nós acordamos cedo e trabalhamos duro para consegui-lo."

Abílio Diniz

AGRADECIMENTOS

A Deus, por abençoar o meu caminho e não permitir que eu fraquejasse.

Ao professor Gilciano Saraiva Nogueira, pela confiança, orientação, ensinamentos, disponibilidade e amizade.

Ao professor Marcio Leles, pela disponibilidade, ajudas e ensinamentos, durante a graduação e esse curso, e pelas contribuições durante a defesa desse trabalho.

Aos professores Hélio Garcia, Paulo Henrique e Reynaldo Santana, pelas sugestões e contribuições oferecidas durante a defesa desse trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Florestal, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal e à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, pela oportunidade de realização desse curso.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, em especial ao secretário Gilmar.

Às empresas ArcelorMittal BioFlorestas e Vallourec Florestal, pelo fornecimento de dados utilizados nesse estudo.

Aos amigos Rogger Miranda, Emílio Souza e Gilherme Freitas, pelo companheirismo, dedicação e horas de estudo durante esse curso.

À minha namorada Marielen Brandão, pelo companheirismo, respeito, paciência, apoio e ajudas durante a realização desse trabalho.

Aos meus pais, pela confiança e apoio em todas as escolhas e etapas da minha vida.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho.

"Se cheguei até aqui, foi porque me apoiei no ombro dos gigantes."

Isaac Newton

RESUMO

ALVES, P. H. **Decisões silviculturais para produção de árvores de eucalipto de grande porte.** 2016. 70p. (Dissertação – Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a influência do desbaste e da fertilização pós-desbaste no crescimento de árvores de um povoamento clonal de eucalipto e comparar a idade técnica de desbaste (ITD), obtida através do Método dos Ingressos Percentuais, com a idade técnica de corte (ITC) de dois povoamentos de clones de eucalipto. Para o primeiro objetivo, os dados foram coletados em 30 parcelas permanentes, sendo 16 convencionais e 14 gêmeas, em que foi analisado o efeito do desbaste (parcela convencional) e da fertilização (parcela gêmea) sobre o crescimento das árvores. O desbaste foi realizado aos 81 meses, com intensidade de 20%, 35% e 50% de área basal presente, eliminando os piores indivíduos, e a fertilização aplicada aos 99 meses. As variáveis analisadas resultantes da totalização dos dados das parcelas foram área basal (*B*), diâmetro médio (*q*), altura total média (*Ht*) e volume total com casca (*Vcc*). A análise dos dados constituiu-se na comparação do efeito de variáveis em relação à idade por meio de modelo de regressão, e foi realizada aos 99 meses após o desbaste e aos 81 meses após a fertilização. Para atender ao segundo objetivo, os dados foram coletados em 34 parcelas permanentes, instaladas em povoamentos com espaçamento de 3,0 x 2,5 metros, em dois sítios diferentes. Essas parcelas foram medidas aos 24, 36, 48, 60 e 72 meses, durante o Inventário Florestal Continuo (IFC). O Método dos Ingressos Percentuais foi empregado para determinar a época de realização do primeiro desbaste. Para projetar as distribuições diamétricas, para idades superiores à última medição, utilizou-se um modelo de distribuição diamétrica, que consiste na recuperação dos parâmetros de uma função de densidade de probabilidade (*f.d.p*) ao longo dos anos. Neste trabalho, adotou-se a função Weibull, que foi ajustada pelo método de máxima verossimilhança. A partir das informações de número de indivíduos e valores estimados para os parâmetros da função Weibull, β e γ, de ambas as distribuições diamétricas analisadas, calculou-se o ingresso percentual (IP) de árvores em classes de diâmetro sucessivas ao longo do tempo. Para determinar a ITD, foi ajustado um modelo exponencial justaposto a um modelo linear simples. A ITC foi definida como o momento em que o incremento corrente é igual ao incremento médio, sendo a produtividade volumétrica, ao longo do tempo, estimada pelo modelo de Clutter. O desbaste apresentou influência para as variáveis área basal, volume total com casca e diâmetro médio, porém não influenciou a altura total média. A fertilização

realizada após o desbaste não influenciou a produção das variáveis analisadas. A idade técnica de desbaste de um povoamento de eucalipto localizado em um sítio de maior capacidade produtiva ocorre antes, comparado com a idade de desbaste de um povoamento em um local de produtividade inferior. Esse mesmo comportamento ocorre para a idade técnica de corte. Para um mesmo sítio, a idade técnica de desbaste ocorre após a idade técnica de corte.

ABSTRACT

ALVES, P. H. **Silvicultural decisions for the production of large eucalypt trees.** 2016. 70p. (Dissertation – Master in Forest Science) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016.

The objectives of this work were to evaluate the influence of thinning and post-thinning fertilization on tree growth of a clonal eucalypt stand, and compare the thinning technical age (ITD), obtained by the Percentages Ingress Method, with the harvest technical age (ITC) of two clonal eucalypt stands. For the first objective, the data were collected in 30 permanent plots, 16 conventional and 14 twins, in which were analyzed the effect of thinning (conventional plot) and fertilization (twin plot) on tree growth. The thinning was carried out at 81 months, with intensity of 20%, 35% and 50% of present basal area, eliminating the worst individuals, and the fertilization applied at 99 months. The analyzed variables resulting from the summation of data from plots were basal area (B), quadratic diameter (q), mean total height (Ht) and total volume with bark (Vcc). The data analysis consisted in the comparison of variable effects, in relation to age, through regression model, and was held at 99 months after the thinning and 81 months after fertilization. To attend the second objective, the data were collected in 34 permanent plots, installed in stands with spacing of 3.0 x 2.5 meters, in two different sites. These plots were measured at 24, 36, 48, 60 and 72 months, during the Continuous Forest Inventory (IFC). The Percentages Ingress Method was employed to determine the epoch of realization of the first thinning. To project the diameter distributions for older ages after the last measurement, there was used a diameter distribution model, which consists in recovering the parameters of a probability density function (*f.d.p*) along the years. In this work, it was adopted the Weibull function, which was adjusted by the maximum likelihood method. From the information of number of individuals and estimated values for the parameters of the Weibull function, β and γ, from both analyzed diameter distributions, it was calculated the percentage ingress (IP) of trees in successive diameter classes along the time. To determine the ITD it was adjusted an exponential model juxtaposed to a simple linear model. The ITC was defined as the moment that the current increment is equal to the average increment, in which the volumetric productivity along the time was estimated by Clutter model. The thinning presented influence for the variables basal area, total volume with bark and quadratic diameter, however did not affect the mean total height. The fertilization performed after thinning did not influence the

production of the analyzed variables. The thinning technical age of an eucalypt stand located in a higher productive capacity site occurs earlier compared to the thinning age of a stand in a lower productivity site. This same behavior occurs for the harvest technical age. For the same site, the thinning technical age occurs after the harvest technical age.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL 13

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17

CAPÍTULO 1 - DESBASTE E FERTILIZAÇÃO EM POVOAMENTO CLONAL DE EUCALIPTO 19

RESUMO 19

ABSTRACT 21

1 INTRODUÇÃO 23

2 MATERIAIS E MÉTODOS 25

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 29

3.1 Efeito do desbaste no povoamento de eucalipto 30

3.2 Efeito da fertilização pós-desbaste no povoamento de eucalipto 35

4 CONCLUSÕES 39

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 41

CAPÍTULO 2 – COMPARAÇÃO ENTRE A IDADE TÉCNICA DE DESBASTE E A IDADE TÉCNICA DE CORTE DE POVOAMENTOS CLONAIS DE EUCALIPTO 45

RESUMO 45

ABSTRACT 47

1 INTRODUÇÃO 49

2 MATERIAIS E MÉTODOS 51

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 55

3.1 Determinação da idade técnica de desbaste 55

3.2 Determinação da idade técnica de corte 58

4 CONCLUSÕES 61

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....63
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....67
ANEXO.....69

INTRODUÇÃO GERAL

As plantações de eucalipto, no Brasil, têm sido destinadas principalmente para a produção de celulose e papel (71,2%), carvão vegetal, que é matéria prima nas indústrias siderúrgicas (18,4%), e painéis de madeira (6,8%). A demanda de madeira para serraria é atendida, principalmente, pela colheita de florestas nativas (NOGUEIRA et al., 2015). A produção de madeira de maior diâmetro em florestas equiâneas é uma interessante alternativa para o fornecimento de matéria prima às indústrias que trabalham com esse tipo de madeira.

Na década de 90, pesquisas na área de tecnologia da madeira comprovaram o potencial da madeira de eucalipto para serraria, o que despertou o interesse do setor moveleiro por árvores de grande porte provenientes de plantios deste gênero. De acordo com Dobner JR. (2012), para produzir madeira de valor agregado a partir de eucalipto é necessário mudar a forma de produção florestal, que foi padronizada com rotações de sete anos. Rocha (2000) afirma que é necessário adotar técnicas de silvicultura e manejo para se produzir madeira de eucalipto a ser utilizada em serrarias; Dias (2005) entende que o caminho é a utilização de rotações maiores associadas à aplicação de desbaste; Glufke et al. (1997) afirmam que, por meio de desbastes, até certo ponto, pode-se obter árvores de maior diâmetro, devido ao espaço vital e à maior disponibilidade de luz e de nutrientes. De acordo com Schneider et al. (1991), o uso de desbastes tem o propósito primordial de elevar a produtividade comercial dos sortimentos com o aumento das dimensões das toras; Nogueira et al. (2001) informam que, dos tratamentos silviculturais existentes, o desbaste é o mais indicado para a produção de árvores de grande porte e com qualidade desejável.

Segundo Campos e Leite (2013), desbaste é a remoção de uma quantidade de árvores num povoamento florestal, objetivando oferecer mais espaço de crescimento às árvores remanescentes, aumentando a produção de madeira utilizável durante o ciclo de corte do povoamento. Diversos pesquisadores, como Simões et al. (1981), Garrido et al. (1984), Vale et al. (1984), Campos e Leite (2013), caracterizam os diferentes tipos, sistemas e métodos de desbaste.

No desbaste seletivo, as árvores são removidas em função da sua qualidade. Na maioria das vezes, são removidas as árvores dominadas, abrindo-se espaço para o crescimento das melhores árvores e, consequentemente, tornando o povoamento mais uniforme.

O desbaste sistemático consiste na remoção de árvores de acordo com um sistema pré-determinado, não levando em consideração a qualidade das árvores abatidas, assim como das

remanescentes. O efeito do desbaste sistemático pode ser menos significativo, comparado com o efeito do desbaste seletivo, pois pode ocorrer a remoção de árvores tecnicamente adequadas e manter árvores inadequadas. Em contrapartida, esse tipo de desbaste é mais barato e mais fácil de ser realizado, comparado com o seletivo.

O desbaste misto, de sistemático e seletivo, é uma alternativa para tornar o processo mais barato, comparado com o desbaste seletivo, e com efeitos mais significativos que o desbaste sistemático. Isso porque o desbaste misto reúne as vantagens dos dois tipos de desbaste, uma vez que a remoção de uma parte das árvores obedecerá a um sistema pré-determinado, que é a forma mais barata de realizar desbaste. A outra parte será removida a partir de escolhas, que é uma prática onerosa, porém garante que as árvores remanescentes sejam todas de qualidade satisfatória.

Depois de decidir pela realização do desbaste, assim como o tipo de desbaste, é necessário determinar a idade de realizar a primeira retirada de árvores, conhecida como idade técnica de desbaste (ITD), assim como o ciclo de desbastes subsequentes e a intensidade de cada um. Nessas decisões, deve-se levar em consideração os objetivos do proprietário, o mercado e o custo de execução (CAMPOS e LEITE, 2013).

No Brasil, a determinação da época de realização do primeiro e dos subsequentes desbastes ocorre de forma empírica, dependendo da experiência de cada engenheiro florestal (NOGUEIRA et al., 2001). Até os dias de hoje, muitas vezes, o momento de realizar essa prática continua sendo definido de forma empírica, pois o desbaste não tem sido uma prática comum entre as empresas brasileiras, uma vez que estas não priorizam a produção de árvores de grande porte a partir florestas de eucalipto (NOGUEIRA et al., 2015). Garcia e Leite (1999) propuseram uma metodologia eficiente para determinar a idade técnica do primeiro desbaste em povoamentos de eucalipto, assim como o intervalo de tempo entre os desbastes sucessivos. Essa metodologia é chamada Método dos Ingressos Percentuais (MIP), por considerar a dinâmica de crescimento do povoamento com base no ingresso das árvores em sucessivas classes de diâmetro. A idade técnica de desbaste, determinada pelo MIP, refere-se à idade em que o ingresso de árvores em novas classes de diâmetro passa a ser não significativo.

Após determinar a época de realização do desbaste, precisa-se definir a intensidade do mesmo, ou seja, a produção removida ao aplicar essa prática de manejo. Segundo Campo e Leite (2013), a intensidade do desbaste é bem controlada, determinando a quantidade a ser removida através das unidade de volume (m^3) ou área basal (% ou m^2). Os mesmos autores afirmam que, para cada espécie e capacidade produtiva, ocorre um espaço ideal entre árvores,

assim como adequado regime de desbaste que proporcione melhores taxas de crescimento. Sendo assim, não existe uma forma fácil de definir um regime ótimo de desbaste, porém uma boa aproximação pode ser obtida, utilizando-se parcelas permanentes.

Trabalhos confirmam que o desbaste provoca um substancial incremento em diâmetro; por outro lado, a altura não está diretamente relacionada com a densidade do povoamento. Há pesquisas informando que o aumento em produção volumétrica de madeira por árvore, em muitos casos, não é resultante da adoção de desbaste drástico, pois as árvores possuem uma capacidade limitada de utilizar todo o espaço que lhes é oferecido. Com isso, os trabalhos a respeito dos efeitos do desbaste e sobre as intensidades de desbastes são de suma importância para que o manejador possa embasar durante a sua tomada de decisão.

Vários pesquisadores afirmam que a resposta ao desbaste ocorre de forma mais significativa quando o povoamento encontra-se em sítios de melhor qualidade, o que estimula as pesquisas sobre fertilização pós-desbaste, tendo afirmações que a resposta ao desbaste pode aumentar com a aplicação de fertilizantes. Mas também há pesquisas informando que a fertilização pós-desbaste não afeta a produção do povoamento de forma significativa, principalmente quando o desbaste e a fertilização ocorrem em idade avançada da floresta.

Assim como para a idade técnica de desbaste, é de suma importância definir de forma adequada a idade técnica de corte (ITC) de um povoamento de eucalipto. Uma das possibilidades de determinação da rotação é através do máximo incremento médio. Nesse caso, é estabelecida a rotação técnica, com a maximização da produção volumétrica, sem levar em consideração os aspectos como custos e taxas de juros. Se o objetivo do proprietário é maximizar o volume produzido, o uso de qualquer outra idade de corte pode resultar numa menor taxa de produção anual (SCOLFORO e HOSOKAWA, 1992). Do ponto de vista econômico, é possível utilizar vários critérios para determinar a idade de corte, porém, conforme em Clutter (1983), o mais comum é a maximização do valor presente líquido. Dessa forma, o corte deve ser realizado na idade em que se obtém o fluxo de caixa com o máximo valor líquido.

Nesse sentido, esse estudo foi elaborado com o propósito de contribuir com o fim da subjetividade quanto ao momento ideal de se realizar o desbaste, pois mostra como determinar, de forma eficiente, a idade técnica de desbaste em um povoamento de eucalipto, o que facilita o trabalho do manejador da floresta. Além disso, o trabalho contribui com informações a respeito da influência do desbaste e da fertilização no processo de produção de madeira de

grande porte, fatos estes que colaboram com a tomada de decisão do manejador e do empreendedor, que pretendem trabalhar com madeira para atender a serrarias.

Para o desenvolvimento desse trabalho, que possui dois capítulos, foram utilizados duas bases de dados, pertencentes a duas empresas do setor florestal brasileiro. Os dados utilizados no primeiro capítulo foram obtidos em um experimento de desbaste instalado numa empresa situada em Martinho Campo, Minas Gerais. Para comparação entre a idade técnica de corte e idade técnica de desbaste, que é o objetivo do segundo capítulo, foram utilizados dados de povoamentos florestais pertencentes à outra empresa, que está situada na região central de Minas Gerais. Não foi possível atender ao objetivo do segundo capítulo utilizando os mesmos dados analisados no primeiro, pois esses dados apresentam uma limitação para o estudo proposto no segundo capítulo. Por isso, os dados utilizados nos dois capítulos não são os mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas.** 4. ed. Atual. Ampl. - Viçosa, MG: Editora UFV, 605p., 2013.

CLUTTER, J. L. et al. **Timber management: A quantitative approach**. New York: John Wiley & Sons, 333p., 1983.

DIAS, A. N. **Um modelo para gerenciamento de plantações de eucalipto submetidas a desbaste**. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

DOBNER Jr., M. et al. Determinação da idade e intensidade ótima para realização do primeiro desbaste em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta.** Curitiba, PR. V.42, n.3, p.485 – 494, jul/set. 2012.

GARCIA, S. L. R.; LEITE, H. G. Uso do ingresso percentual para determinação da idade de desbaste em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, 1999.

GARRIDO, M. A. O. et al. Confronto entre métodos de desbaste. **Boletim técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, 38(1): 13-33, 1984.

GLUFKE, C.; FINGER, C.A.G.; SHENEIDER, P.R. Crescimento de *Pinus elliotti* sob diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.7, n.1, p.11-26, 1997.

NOGUEIRA, G. S. et al. Determinação da idade técnica de desbaste em plantações de eucalipto utilizando o método dos ingressos percentuais. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 51-59, 2001.

NOGUEIRA, G. S. et al. Thinning Intensity and Pruning Impacts on Eucalyptus Plantations in Brazil. **International Journal of Forestry Research**, p. 10, 2015.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias**. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

SCHNEIDER, P.R., FINGER, C.A.G., COZER, E. et al. Efeito da intensidade de desbaste sobre o crescimento e produção de povoamentos de *Pinus elliottii* E. In: SIMPÓSIO DEMANEJO DE FLORESTAS PLANTADAS, set. 1991, Santa Maria. **Anais...** Esteio: UFSM, 1991. p.150-167.

SCOLFORO, R. S.; HOSOKAWA, R. T. Avaliação da rotação econômica para *Pínus caribaes* var. *hondurensis* sujeito à desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.16, p.43-58, 1992.

SIMÕES, J.W. et al. **Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento**. Brasília, IBDF, 131 p., 1981.

VALE, A.B. et al. Desbastes florestais. **Brasil florestal**, Brasília, (59): 45-57, 1984.

DESBASTE E FERTILIZAÇÃO EM POVOAMENTO CLONAL DE EUCALIPTO

RESUMO

O desbaste é um tratamento silvicultural indicado para a produção de árvores de grande porte, e o efeito da fertilização pós-desbaste é uma das questões a serem consideradas nas pesquisas sobre a produção de eucalipto. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do desbaste e da fertilização pós-desbaste no crescimento de árvores de um povoamento clonal de eucalipto. O experimento constitui-se de três níveis de intensidade de desbaste e dois níveis de fertilização. Os dados foram coletados em 30 parcelas permanentes, sendo 16 convencionais e 14 gêmeas, em que foi analisado o efeito do desbaste e da fertilização sobre o crescimento das árvores. O desbaste foi realizado aos 81 meses, com intensidade de 20%, 35% e 50% de área basal presente, eliminando os piores indivíduos, e a fertilização aplicada aos 99 meses. As variáveis analisadas resultantes da totalização dos dados das parcelas foram área basal (*B*), diâmetro médio (*q*), altura total média (*Ht*) e volume total com casca (*Vcc*). A análise dos dados constituiu-se na comparação do efeito de variáveis, em relação à idade, por meio de modelo de regressão, e foi realizada aos 99 meses após o desbaste e 81 meses após a fertilização. O desbaste apresentou influência para as variáveis área basal, volume total com casca e diâmetro médio, porém não influenciou a altura total média. A fertilização realizada após o desbaste não influenciou a produção das variáveis analisadas.

Palavras-chave: desbaste; fertilização; teste de identidade de modelo.

ABSTRACT

Thinning is a silvicultural treatment indicated for the production of large-sized trees, and the effect of post-thinning fertilization is one of the issues to be considered in research on eucalyptus production. The aim of this study was to evaluate the influence of thinning and post-thinning fertilization on the growth of trees of a clonal eucalypt stand. The experiment consisted of three intensity levels of thinning and two levels of fertilization. The data were collected on 30 permanent plots, 16 conventional and 14 twins, in which were analyzed the effect of thinning and fertilization on the growth of trees. The thinning was done at 81 months, with the intensity of 20%, 35% and 50% of the present basal area, eliminating the worst individuals, and the fertilization applied at 99 months. The analyzed variables resulting from the aggregation of the data from the plots were basal area (*B*), quadratic diameter (*q*), total height average (*Ht*) and total volume with bark (*Vcc*). The data analysis consisted of comparison of the variables' effect in relation to age, through regression model, and was performed at 99 months after the thinning and 81 months after the fertilization. The thinning presented influence to the variables basal area, total volume with bark and quadratic diameter, however did not influence the total height average. The fertilization performed after thinning didn't affect the production of the analyzed variables.

Keywords: thinning; fertilization; model identity test.

1 INTRODUÇÃO

Utilizar madeiras provenientes de florestas plantadas é uma alternativa interessante para as indústrias que trabalham com árvores de maior diâmetro, possibilitando, assim, mais opções na aquisição de matéria prima, além de contribuir com a redução do consumo de florestas nativas. Porém essa alternativa se esbarra na dificuldade em produzir esse tipo de árvore em florestas equiâneas, sem que a terra seja subutilizada. Segundo Nogueira et al. (2001), dos tratamentos silviculturais existentes, o desbaste é o mais indicado para a produção de árvores de grande porte.

O desbaste possibilita que o potencial de crescimento do povoamento seja redistribuído num determinado número de árvores remanescentes, exercendo influências qualitativas e econômicas na formação do povoamento (VALE et al., 1984). Vários pesquisadores, entre eles Aguiar et al. (1995), Munõz et al. (2005, 2008), Forrester e Baker (2012); Silva et al. (2012), confirmam que o desbaste provoca incremento em diâmetro; por outro lado, a altura não está diretamente relacionada com a densidade do povoamento. Os aumentos em produção volumétrica de madeira por árvore, em muitos casos, não são resultantes da adoção de desbastes drásticos, pois as árvores possuem uma capacidade limitada de utilizar todo o espaço que lhes é oferecido no interior do povoamento (FISHWICK, 1974). Desbastes realizados na intensidade adequada e no momento certo permitem melhorar a qualidade da madeira, tornar os sortimentos mais homogêneos e aumentar a dimensão das árvores, sem levar a perdas significativas de volume por área (SCHNEIDER et al., 1998). A decisão sobre a prática de manejo deve ser baseada em considerações econômicas, levando-se em conta a produção de árvores de maior valor individual (CAMPOS e LEITE, 2013).

A fertilização em áreas desbastadas tem mostrado efeito significativo sobre o crescimento das variáveis dendrométricas de um povoamento (HARRINGTON e DEVINE, 2011). A resposta à fertilização torna-se bastante provável após o desbaste, pois este tende a reverter o estágio de desenvolvimento do povoamento para o estágio anterior ao de fechamento de copa (CHAVES et al., 2007). A copa é a parte da planta mais rica em nutrientes. Sua expansão aumenta a demanda nutricional, o que pode causar deficiências (SILVA, 1999). Por outro lado, Miller (1995) afirma que, logo após o período de fechamento das copas no povoamento florestal, a demanda nutricional passa a ser suprida pela translocação de nutrientes via queda e decomposição do *litter*. Brockley (2005) e Forrester et al. (2012) verificaram que o desbaste e a fertilização proporcionaram ganhos às árvores remanescentes do povoamento,

porém o desbaste provoca um efeito mais significativo no crescimento. Silva et al. (2012), estudando efeito do desbaste e fertilização nesse mesmo povoamento, concluíram que a fertilização pós-desbaste não afeta a produção do povoamento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do desbaste e da fertilização pós-desbaste no crescimento de árvores de um povoamento clonal de eucalipto.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado em um povoamento clonal de eucalipto, espaçamento 3 x 2 metros, de propriedade de uma empresa florestal situada em Martinho Campos, Minas Gerais e constitui-se de três níveis de intensidade de desbaste e dois níveis de fertilização, aplicados em parcelas gêmeas, além da testemunha. Os dados foram coletados em 30 parcelas permanentes, sendo 16 convencionais e 14 gêmeas, em que foi analisado o efeito do desbaste (parcela convencional) e da fertilização (parcela gêmea) sobre o crescimento das árvores. As parcelas permanentes possuem formas retangulares com tamanho médio de 2.600 m² e foram implantadas no povoamento aos 27 meses de idade. As parcelas foram medidas aos 27; 38; 51; 63; 75; 80; 81; 104; 112; 124; 136; 148; 163 e 180 meses. Em cada medição e em cada parcela, obteve-se a circunferência a 1,30 m (*CAP*) de todas as árvores, a altura total (*Ht*) das 15 primeiras árvores e a altura total de cinco árvores dominantes.

O desbaste foi realizado aos 81 meses, em Julho de 2007, eliminando os piores indivíduos na intensidade de 20%, 35% e 50% de área basal presente, e a fertilização foi realizada aos 99 meses.

Foram empregados os seguintes níveis de fertilização: F0 sem fertilizantes e F1 com fertilizantes. Os procedimentos de campo para a fertilização, a quantidade e o tipo de fertilizantes (kg de macro por ha) foram definidos com base no sistema do balanço nutricional (BARROS et al., 1995). Para isso, foram colhidas 16 árvores-amostra, sendo cada árvore com o valor do diâmetro médio da parcela, em que cada parcela representava um tratamento de desbaste.

Na definição da fertilização pelo sistema de balanço nutricional, quando a diferença estimada no balanço nutricional for positiva (requerimento maior que suprimento), realiza-se a aplicação de fertilizante; quando negativa ou nula (requerimento inferior ou igual ao suprimento), não se realiza a fertilização. A aplicação do fertilizante foi realizada pelos técnicos da empresa, na projeção da copa próxima ao tronco, sobre a camada de folhas, aos 18 meses após o desbaste. A quantidade e o fertilizante aplicado estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Fertilização aplicada nas parcelas gêmeas aos 99 meses

Desbaste	NPK 06:30:12 + 1% B + 1% Zn + 0,7 % Cu	KCl (54% K2O + 1% B)
	g/planta	
Testemunha	0	0
20%	55	0
35%	111	78
50%	202	267

Os tratamentos foram definidos da seguinte forma:

T1 = Testemunha (sem desbaste e sem fertilização);

T2 = 20% de desbaste em área basal presente, eliminando os piores indivíduos (com e sem fertilização);

T3 = 35% de desbaste em área basal presente, eliminando os piores indivíduos (com e sem fertilização);

T4 = 50% de desbaste em área basal presente, eliminando os piores indivíduos (com e sem fertilização).

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados empregando-se os dados obtidos até aos 180 meses, sendo 99 meses após o desbaste e 81 meses após a fertilização.

As variáveis analisadas resultantes da totalização dos dados das parcelas foram área basal (*B*), diâmetro médio (*q*), altura total média (*Ht*) e volume total com casca (*Vcc*). Para determinar as alturas das árvores que não foram medidas, utilizou-se o modelo de Curtis, que foi ajustado para cada parcela, e o volume foi estimado utilizando o modelo de Schumacher e Hall, em sua forma linearizada, conforme demostrado abaixo:

$$Ln(Ht) = \beta_0 + \frac{\beta_1}{DAP} + \varepsilon$$

$$Ln(v) = \beta_0 + \beta_1 Ln(DAP) + \beta_2 Ln(Ht) + \varepsilon$$

A análise dos dados constituiu-se na comparação do efeito de variáveis em relação à idade por meio de modelo de regressão. Os ajustes das variáveis ao longo do tempo, a partir do desbaste, foram verificados utilizando o modelo de Schumacher, em sua forma linearizada:

$$Ln(y) = \beta_0 + \frac{\beta_1}{I} + \varepsilon$$

Em que: y é a variável dependente (variáveis analisadas); I é a idade (meses); β_0 e β_1 são os parâmetros.

A fim de comparar as equações geradas para cada variável em cada intensidade de desbaste e para cada variável com fertilização e sem fertilização, submetida a uma mesma intensidade de desbaste, foram realizados testes de identidade de modelo.

O teste Identidade de Modelo, descrito por Regazzi (1999), foi aplicado ao modelo ajustado aos dados, e as hipóteses a serem consideradas foram: H_0: $\beta_{01} = \beta_{02} = ... = \beta_{0H}$ (as n equações são idênticas), vs. H_a: $\beta_i \neq \beta_j$ para pelo menos um $i \neq j$ (as n equações não são idênticas).

A regra de decisão do teste é: Se $F_{\text{calculado}} \geq F_{\text{tabelado}}$, rejeita-se H_0, ao nível de probabilidade α pré-estabelecido, caso contrário, não se rejeita H_0. A não rejeição da hipótese H_0 permite concluir que a uma significância α, as n equações não diferem significativamente entre si. Assim a equação ajustada com as estimativas dos parâmetros comuns pode ser usada como uma estimativa das n equações envolvidas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações ajustadas para cada variável, a partir do modelo de Schumacher, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Equações ajustadas para as variáveis analisadas

Tratamento	Situação	Variável	Equação	R^2
1	SF	*B*	$Ln(B) = 3{,}6918-4{,}8471/I$	0,96
		q	$Ln(q) = 2{,}9008-2{,}6165/I$	0,97
		Ht	$Ln(Ht) = 3{,}6138-3{,}9907/I$	0,84
		Vcc	$Ln(Vcc) = 6{,}5543-9{,}2660/I$	0,93
2	SF	*B*	$Ln(B) = 3{,}5886-5{,}7399/I$	0,96
		q	$Ln(q) = 3{,}0104-2{,}9408/I$	0,94
		Ht	$Ln(Ht) = 3{,}6524-4{,}1774/I$	0,88
		Vcc	$Ln(Vcc) = 6{,}4862-1{,}0371/I$	0,95
3	SF	*B*	$Ln(B) = 3{,}4432-6{,}3641/I$	0,87
		q	$Ln(q) = 3{,}0662-3{,}3017/I$	0,92
		Ht	$Ln(Ht) = 3{,}6287-3{,}9880/I$	0,76
		Vcc	$Ln(Vcc) = 6{,}3537-1{,}1160/I$	0,85
4	SF	*B*	$Ln(B) = 3{,}2506-6{,}9469/I$	0,99
		q	$Ln(q) = 3{,}1080-3{,}5092/I$	0,98
		Ht	$Ln(Ht) = 3{,}5919-3{,}6553/I$	0,87
		Vcc	$Ln(Vcc) = 6{,}0952-1{,}1103/I$	0,98
2	CF	*B*	$Ln(B) = 3{,}6096-5{,}6065/I$	0,96
		q	$Ln(q) = 3{,}0145-3{,}11311/I$	0,86
		Ht	$Ln(Ht) = 3{,}6526-4{,}1030/I$	0,78
		Vcc	$Ln(Vcc) = 6{,}3890-8{,}5496/I$	0,84
3	CF	*B*	$Ln(B) = 3{,}4468-6{,}1764/I$	0,91
		q	$Ln(q) = 3{,}0739-3{,}2357/I$	0,85
		Ht	$Ln(Ht) = 3{,}6248-3{,}6395/I$	0,71
		Vcc	$Ln(Vcc) = 6{,}3307-1{,}0428/I$	0,84
4	CF	*B*	$Ln(B) = 3{,}2664-6{,}9933/I$	0,91
		q	$Ln(q) = 3{,}1092-3{,}51171/I$	0,90
		Ht	$Ln(Ht) = 3{,}5687-3{,}2587/I$	0,74
		Vcc	$Ln(Vcc) = 6{,}0992-1{,}0863/I$	0,86

Em que: SF = Sem fertilização; CF = Com fertilização; *B* = área basal (m^2/ha); *q* = diâmetro médio (cm); *Ht* = altura total média (m); *Vcc* = volume total com casca (m^3) e *I* = Idade.

3.1 Efeito do desbaste no povoamento de eucalipto

O modelo de Schumacher foi submetido ao teste de Identidade de Modelo Linear, com o propósito de verificar se o crescimento de cada variável é coincidente para dois ou mais tratamentos analisados.

O resumo dos resultados dos testes de identidade de modelo linear, referentes às hipóteses de nulidade dos modelos completos (Ω), para os pares de tratamentos sem fertilização, assim como os valores calculados e tabelados, referentes à estatística F ($F_{cal.}$ e F_{tab}.), são apresentados na Tabela 3. A hipótese H_0 foi rejeitada a 5% de probabilidade para todas as variáveis analisadas, entre todos os tratamentos, exceto para a variável *Ht*. Para esta variável, o teste não rejeitou a hipótese H_0 a 5% de probabilidade. Isso indica que uma única equação pode ser utilizada para os quatro tratamentos. Já as equações geradas para as variáveis *B*, *q* e *Vcc*, em cada intensidade de desbaste, são diferentes, o que impede que uma única equação seja utilizada para mais de um tratamento. Sendo assim, das variáveis analisadas, somente a *Ht* não é influenciada pelo desbaste.

Tabela 3: Resultados dos testes de identidade de modelo linear para os pares de tratamentos sem fertilização, a 5% de probabilidade

Var.	Trat.	Hipóteses H_0 (Ω)	Fcal.	Ftab.
B	T1xT2	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	189,32	2,74
	T1xT3	$\beta_{01}=\beta_{03}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{13}$ $(=\beta_1)$	302,64	2,74
	T1xT4	$\beta_{01}=\beta_{04}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{14}$ $(=\beta_1)$	3.236,03	2,74
	T2xT3	$\beta_{02}=\beta_{03}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{12}=\beta_{13}$ $(=\beta_1)$	64,94	2,76
	T2xT4	$\beta_{02}=\beta_{04}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{12}=\beta_{14}$ $(=\beta_1)$	1.151,71	2,76
	T3xT4	$\beta_{03}=\beta_{04}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{13}=\beta_{14}$ $(=\beta_1)$	104,80	2,76
q	T1xT2	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	1.751,13	2,74
	T1xT3	$\beta_{01}=\beta_{03}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{13}$ $(=\beta_1)$	132,40	2,74
	T1xT4	$\beta_{01}=\beta_{04}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{14}$ $(=\beta_1)$	506,75	2,74
	T2xT3	$\beta_{02}=\beta_{03}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{12}=\beta_{13}$ $(=\beta_1)$	528,50	2,76
	T2xT4	$\beta_{02}=\beta_{04}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{12}=\beta_{14}$ $(=\beta_1)$	682,28	2,76
	T3xT4	$\beta_{03}=\beta_{04}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{13}=\beta_{14}$ $(=\beta_1)$	5,93	2,76
Ht	T1xT2	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	1,42	2,74
	T1xT3	$\beta_{01}=\beta_{03}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{13}$ $(=\beta_1)$	0,33	2,74
	T1xT4	$\beta_{01}=\beta_{04}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{14}$ $(=\beta_1)$	0,15	2,74
	T2xT3	$\beta_{02}=\beta_{03}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{12}=\beta_{13}$ $(=\beta_1)$	0,15	2,76
	T2xT4	$\beta_{02}=\beta_{04}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{12}=\beta_{14}$ $(=\beta_1)$	1,14	2,76
	T3xT4	$\beta_{03}=\beta_{04}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{13}=\beta_{14}$ $(=\beta_1)$	0,20	2,76
Vcc	T1xT2	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	31,91	2,74
	T1xT3	$\beta_{01}=\beta_{03}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{13}$ $(=\beta_1)$	73,80	2,74
	T1xT4	$\beta_{01}=\beta_{04}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{14}$ $(=\beta_1)$	587,03	2,74
	T2xT3	$\beta_{02}=\beta_{03}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{12}=\beta_{13}$ $(=\beta_1)$	20,37	2,76
	T2xT4	$\beta_{02}=\beta_{04}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{12}=\beta_{14}$ $(=\beta_1)$	346,28	2,76
	T3xT4	$\beta_{03}=\beta_{04}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{13}=\beta_{14}$ $(=\beta_1)$	33,56	2,76

Onde: Var. = Variáveis; Trat. = Tratamento; *F cal*. e *F tab*. = valores calculados e tabelados da estatística do teste *F*; $(\beta_n) = \beta$ do modelo completo (Ω).

Os comportamentos dos ajustes de cada variável, ao longo do tempo, para os quatro tratamentos sem fertilização, são apresentados na Figura 1.

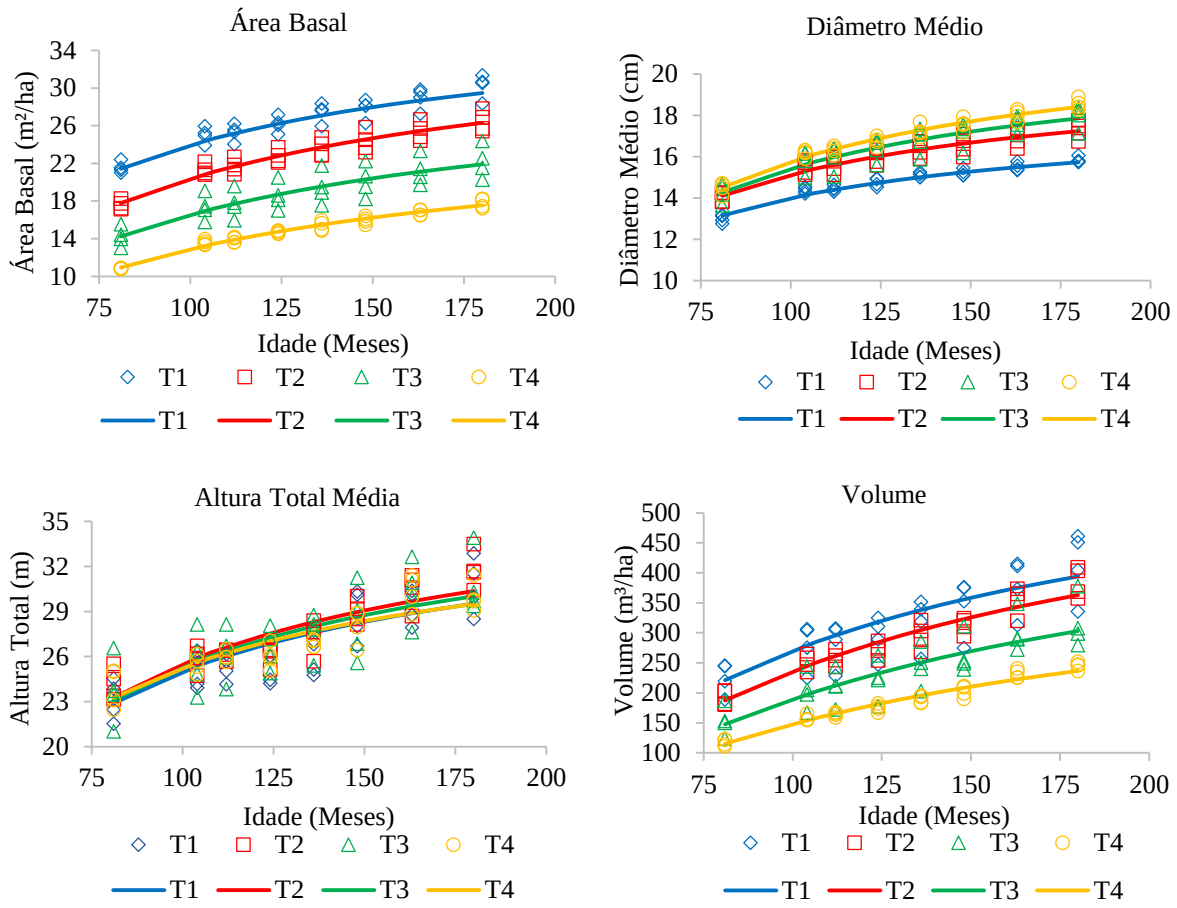


Figura 1: Variáveis de povoamento analisadas, ao longo do tempo, para cada tratamento sem fertilização.

Como pode ser observado, as curvas referentes à área basal apresentam variações para cada tratamento, comprovando os resultados apresentados pelo teste de identidade de modelo. Essa diferença está relacionada com o grau do desbaste, uma vez que os tratamentos com menor intensidade de desbaste apresentaram maiores valores de área basal comparados aos tratamentos de maior grau. O crescimento da área total ocupada por madeira pelas árvores remanescentes não foi suficiente para suprir o valor retirado em cada tratamento. Stoneman et al. (1996) afirmaram que tratamentos com menor densidade de *Eucaliptus marginata* resultaram em menores valores de área basal. Forrester e Baker (2012) constataram, em um estudo de desbaste em eucalipto, que a área basal, por área, era maior quanto mais denso o tratamento, porém o incremento dessa variável foi maior para os tratamento com maior grau de desbaste. Resultados semelhantes foram encontrados anteriomente por Makinen e Isomaki (2004) e, mais tarde, por Nogueira et al. (2015).

Para a variável diâmetro médio, cada tratamento apresentou um ajuste diferente dos demais, não podendo ser usada a mesma equação para todos os tratamentos. O crescimento em diâmetro foi proporcional ao grau de desbaste. Resultados como este foram observados por Aguiar et al. (1995), Makinen e Isomaki (2004), Dias et al. (2005), Munõz et al. (2005, 2008), Monte et al. (2009), Forrester e Baker (2012), Ramos et al. (2014), cujos desbastes mais intensos proporcionaram maiores crescimentos em diâmetro. Schneider e Finger (1994) também encontraram resultados semelhantes ao estudarem a influência da intensidade de desbaste em um povoamento de *Pinus*, uma vez que o desbaste mais intenso promoveu maior crescimento em diâmetro. Analisando esse mesmo povoamento, porém com quatro medições a menos, Silva et al. (2012) concluíram que o desbaste influenciou significativamente o diâmetro médio. A redução no número de plantas diminui a competição entre os indivíduos remanescentes, favorecendo a retomada no crescimento em diâmetro. Esse crescimento tende a ser maior quanto maior a intensidade de desbaste até o momento em que o espaço oferecido aos indivíduos remanescentes torne a área subutilizada. Após a concretização de um estudo com *Eucalyptus citriodora*, Aguiar et al. (1995) afirmaram que desbaste com intensidade superior a 60% é desnecessário e reduziria muito a quantidade de árvores no povoamento sem beneficiar o crescimento em diâmetro. De forma parecida ao apresentado na Figura 1, Bertoloti et al. (1983) mostraram que, em um povoamento de eucalipto submetido ao desbaste, os tratamentos referentes a 30, 40 e 50% formaram um grupo com diâmetros de valores próximos, estando esse grupo com valores significativamente maiores que o diâmetro médio do tratamento não desbastado.

O teste de identidade de modelo informa que não existe diferença entre as alturas totais médias dos tratamentos estudados e, consequentemente, uma única equação pode ser utilizada para todos os tratamentos. Ou seja, essa variável não é afetada pelo desbaste. Silva et al. (2012) constataram que o efeito do desbaste não foi significativo para altura total desse mesmo povoamento, comprovando que os desbastes não afetam o crescimento em altura. Os resultados encontrados estão de acordo com estudos realizados por Makinen e Isomaki (2004), Monte et al. (2009), Forrester e Baker (2012), nos quais foi verificado que a altura não é afetada pelo desbaste. O fato de a altura não ser afetada pelo desbaste, mas o diâmetro sendo maior quanto mais intenso for essa prática, implica uma produção volumétrica para serraria diretamente proporcional à intensidade de desbaste, conforme se pode constatar em Scolforo et al. (1991). Isso porque essa prática de manejo possibilita que o potencial de crescimento do povoamento

seja redistribuído num determinado número de árvores remanescentes, exercendo influências qualitativas e econômicas na formação do povoamento (VALE et al., 1984).

Quanto menor o grau de desbaste, maior o volume total com casca por área, o que impede a utilização de uma única equação para todos os tratamentos. Isso ocorreu porque o crescimento em diâmetro médio das árvores remanescentes não foi suficiente para suprir o volume referente às árvores retiradas, uma vez que a variável altura total média não foi influenciada pelo desbaste, e o volume é em função do diâmetro e da altura total da árvore. Silva et al. (2012) observaram, nesse mesmo povoamento, que as maiores produções ocorreram nos tratamentos com maior número de árvores remanescentes. Forrester e Baker (2012) verificaram que o volume por área era menor quanto maior o grau de desbaste e que todos os tratamentos desbastados apresentaram menores valores para essa mesma variável, comparado aos tratamentos não desbastados. Sanqueta et al. (2004), Trevisan (2010), Cassidy et al. (2012), Nogueira et al. (2015) afirmaram que menores intensidades de desbaste resultam em maiores médias volumétricas. Esses resultados estão de acordo com a constatação de Assmann (1970), em que as áreas manejadas com desbastes mais intensos produzem menores volumes comparados com as de desbastes leves, mesmo quando desbastes pesados proporcionam maior crescimento em área basal. Essa relação entre desbaste e volume por área não representa um problema para empresas que trabalham com madeiras de grande porte, uma vez que essas empresas objetivam obter árvores com maior valor agregado e com maior qualidade, e não maior volume por área. Stoneman et al. (1996) verificaram que tratamentos com menor densidade de *Eucalyptus marginata* resultaram em menores valores de volume por hectare, porém o volume individual das árvores remanescentes foi maior nesses tratamentos, assim como Cassidy et al. (2012), ao realizar pesquisa sobre intensidades de desbastes em *Eucalyptus pilularis*. Munõz et al. (2008) relataram que tratamentos com maior quantidade de indivíduos de eucalipto apresentaram valores significativamente menores para o crescimento de árvores individuais, além de reduzir a qualidade da madeira para utilização em serraria, comparado a tratamentos com menor quantidade de árvores remanescentes.

Ao realizar o desbaste, aumenta-se a disponibilidade de água, luz e nutrientes para os indivíduos remanescentes (GLUFKER et al, 1997). De acordo com Epstein e Bloom (2006), aumentando o suprimento destes fatores tende-se a elevar a produção de uma floresta. Isso significa continuidade de crescimento para os indivíduos remanescentes no povoamento e, consequentemente, mais opções de uso dessas árvores, sobretudo no mercado de madeira serrada. Para isso, o material genético precisa apresentar boa reação às condições que estão

sendo oferecidas após o desbaste. A capacidade de absorção, transporte e utilização dos nutrientes pela planta podem ser afetadas pela constituição genética de um indivíduo e pela interação genótipo-ambiente (STEENBJERG e JAKOBSEN, 1963).

3.2 Efeito da fertilização pós-desbaste no povoamento de eucalipto

No teste de identidade de modelo realizado para cada variável com fertilização e sem fertilização, submetida a uma mesma intensidade de desbaste, a hipótese H_0 foi rejeitada a 5% de probabilidade apenas para a variável Área Basal do tratamento 2. Isso indica que as equações geradas para cada uma das demais variáveis, submetida a uma intensidade de desbaste, podem ser utilizadas em comum para os tratamentos fertilizados e os não fertilizados.

O resumo dos resultados dos testes de identidade de modelo linear, referentes às hipóteses de nulidade dos modelos completos (Ω) para os testes entre as situações fertilizadas e não fertilizadas de cada tratamento, assim como os valores calculados e tabelados, referentes à estatística *F* ($F_{cal.}$ e $F_{tab.}$), são apresentados na Tabela 4.

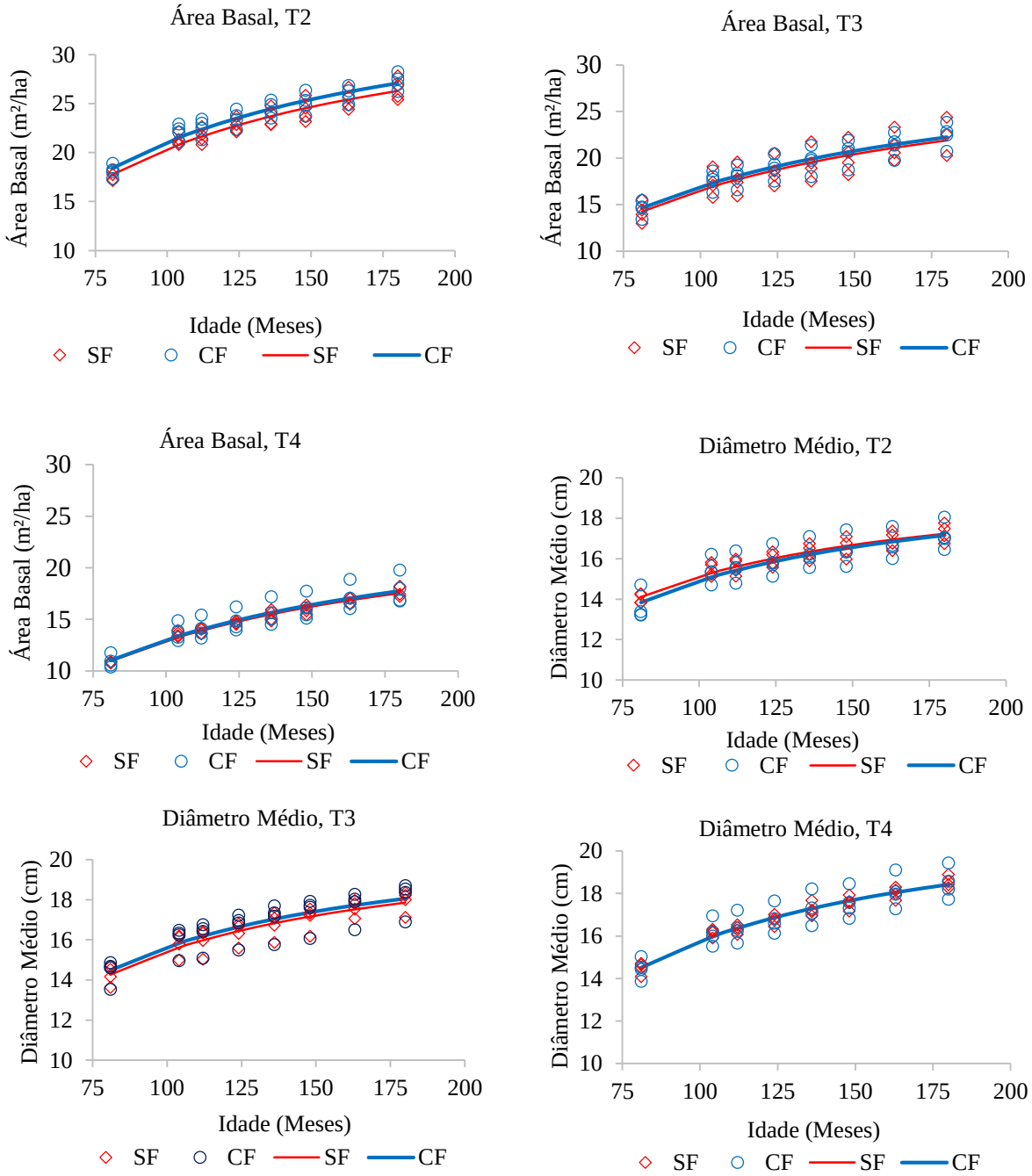
Tabela 4: Resultados dos testes de identidade de modelo linear para as situações não fertilizadas (SF) e fertilizadas (CF) de todos os tratamentos, a 5% de probabilidade

Var.	Trat.	Situação	Hipóteses H_0 (Ω)	Fcal.	Ftab.
	T2	SFxCF	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	4,38	2,76
B	T3	SFxCF	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	0,50	2,76
	T4	SFxCF	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	0,27	2,76
	T2	SFxCF	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	0,67	2,76
q	T3	SFxCF	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	0,62	2,76
	T4	SFxCF	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	0,00	2,76
	T2	SFxCF	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	0,25	2,76
Ht	T3	SFxCF	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	0,68	2,76
	T4	SFxCF	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	0,17	2,76
	T2	SFxCF	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	2,47	2,76
Vcc	T3	SFxCF	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	0,53	2,76
	T4	SFxCF	$\beta_{01}=\beta_{02}$ $(=\beta_0)$; $\beta_{11}=\beta_{12}$ $(=\beta_1)$	0,18	2,76

Em que: Var. = Variáveis; Trat. = Tratamento; *F cal*. e *F tab*. = valores calculados e tabelados da estatística do teste *F*; $(\beta_n) = \beta$ do modelo completo (Ω).

O teste de identidade de modelo informa que não há diferença significativa para uma mesma variável, comparando o povoamento fertilizado e o não fertilizado, exceto para a área basal do tratamento 2. Para essa variável, o $F_{calculado}$ foi maior que o $F_{tabelado}$ ao nível de

probabilidade estabelecido, o que rejeita a hipótese H_0 e, consequentemente, determina diferença entre as equações. Sendo assim, uma mesma equação não pode ser utilizada para estimar essa variável, no tratamento 2 fertilizado e não fertilizado. Embora haja essa diferença indicada pelo teste, os gráficos da Figura 2 mostram que o comportamento dessa variável é muito parecido para as situações fertilizada e não fertilizada em todos os tratamentos, assim como para as demais variáveis analisadas. Portanto a fertilização não gerou ganhos para as variáveis analisadas, sendo que, na prática, as situações fertilizadas e não fertilizadas podem ser consideradas iguais.



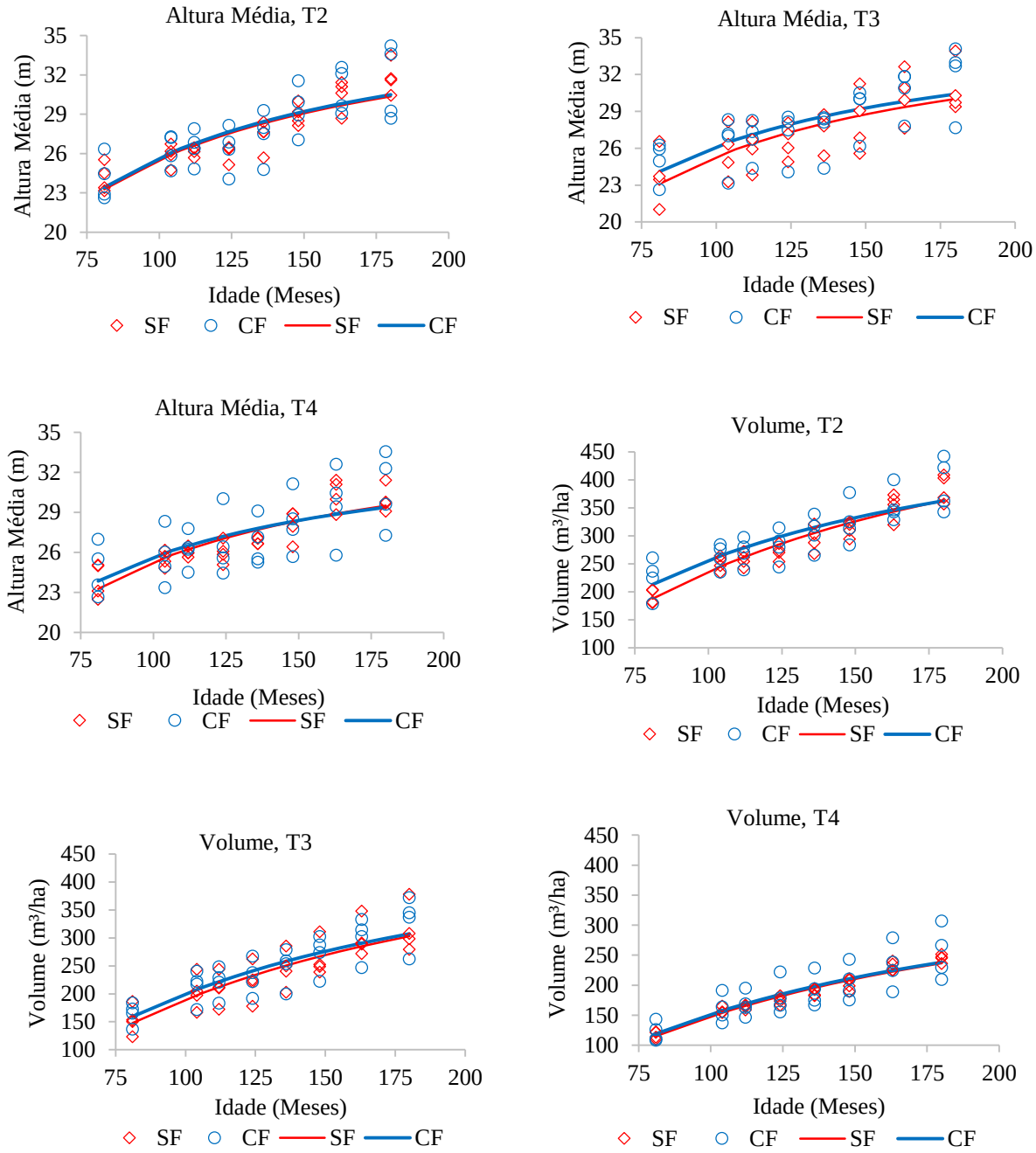


Figura 2: Variáveis de povoamento ao longo do tempo, para cada tratamento fertilizado (CF) e não fertilizado (SF).

Em um experimento conduzido nesse mesmo povoamento, porém com quatro medições a menos, Silva et al. (2012) observaram que o efeito da fertilização não foi significativo para as variáveis analisadas. Sendo assim, o crescimento e a produção das variáveis não foram afetados pela fertilização. A falta de influência da fertilização pós-desbaste, nas variáveis, pode ser explicada pelo fato de a fertilização ter sido realizada em idades avançadas do povoamento quando a ciclagem de nutrientes predomina. A demanda nutricional da floresta passa a ser

suprida de forma predominante pela ciclagem de nutrientes após o fechamento das copas (MILLER, 1995). Ainda mais quando ocorre remoção de indivíduos do povoamento, como afirma Qiu et al. (2012), ao estudarem nutrição em povoamento desbastado de eucalipto na Austrália. Com este estudo, os autores afirmaram que, ao eliminar indivíduos de um povoamento, aumenta-se a disponibilidade de nutrientes no local, uma vez que, antes de serem removidas, as árvores devolveram ao solo grande quantidade de nutriente, e, após o desbaste, elas não estarão presentes para absorver novamente estes nutrientes. Sendo assim, os indivíduos remanescentes terão mais nutrientes à disposição, o que não requer adubação após o desbaste.

Em uma pesquisa sobre o efeito do desbaste, da poda e da adubação nitrogenada em povoamento de eucalipto na Austrália, Forrester et al. (2012) verificaram que o desbaste seguido da fertilização, aos 3,2 anos de idade do povoamento, afetou significativamente o crescimento dos indivíduos remanescentes, mas o desbaste proporcionou um efeito mais forte comparado com a fertilização. Os mesmos autores constataram que a fertilização influenciou no crescimento dos indivíduos até os 4,4 anos de idade do povoamento, porém com valores pouco significativos e, aos 8 anos de idade, não foram registradas influências da fertilização sobre o crescimento dos indivíduos remanescentes. Resultados parecidos foram encontrados por Brockley (2005), em estudo sobre desbaste e fertilização em *Pinus contorta*. Forrester et al. (2013) concluíram que o acréscimo em volume de madeira de um povoamento de eucalipto submetido ao desbaste e à fertilização aumentou significativamente nos primeiros períodos de avaliação. Os autores afirmaram que, na idade de 8 anos do povoamento, o efeito do desbaste se mantinha significativo para o crescimento dos indivíduos remanescentes. Já o efeito da fertilização deixava de influenciar. Stoneman et al. (1996) verificaram que o desbaste e a fertilização aumentaram a taxa de crescimento das árvores remanescentes de *Eucalyptus marginata*, porém o efeito da fertilização foi muito inferior ao efeito do desbaste. Os mesmos autores afirmaram que a fertilização aumenta a eficiência do crescimento quando aplicada em um povoamento inserido em solos com deficiências de nutrientes e/ou para espécies que requerem um alto estado nutricional.

4 CONCLUSÕES

Maiores intensidades de desbaste resultaram em menores valores de área basal e volume total com casca.

Ocorreu relação diretamente proporcional entre a intensidade de desbaste e o crescimento em diâmetro médio dos indivíduos remanescentes.

A altura total média não foi influenciada pelo desbaste.

A fertilização após o desbaste não apresentou influência na produção das variáveis de povoamento analisadas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, I. B. et al. Efeito de intensidades de desbaste sobre o crescimento em altura e diâmetro de *Eucalyptus citriodora* Hook.. **IPEF**, Piracicaba, n. 48/49, p. 1-7, 1995.

ASSMANN, E. **Principles of forest yield study**. New York: Pergamon Press, 1970. 506p.

BERTOLOTI, G. et al. Efeitos de diferentes métodos e intensidades de desbaste na produtividade de *Pinus caribaea* var. hondurensis Barr. et Golf. **IPEF**, Piracicaba, (24): 47-54, 1983.

BROCKLEY, R. P. Effects of post-thinning density and repeated fertilization on the growth and development of young lodgepole pine. **Can J For Res** 35:1952–1964, 2005.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas.** 4. ed. Atual. Ampl. - Viçosa, MG: Editora UFV, 605p., 2013.

CASSIDY, M. et al. Stocking and intensity of thinning affect log size and value in *Eucalyptus pilularis*. **Forest Ecology and Management**. 264, 220-227, 2012.

CHAVES, R. A. et al. Dinâmica de cobertura de dossel de povoamentos de clone de Eucalyptus grandis W. Hill ex-Malden submetidos a desrama artificial e desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.6, p.989-998, 2007.

DIAS, A. N. et al. Avaliação financeira de plantações de eucalipto submetidas a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.419-429, 2005.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. Londrina, Editora Planta, 2006. 402p.

FISHWICK, R. W**. Estudos de espaçamento e desbaste em plantações brasileiras.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2. Anais.Curitiba, FIEP, p. 202-205, 1974.

FORRESTER, D. I. et al. Interactive effects of simultaneously applied thinning, pruning and fertiliser application treatments on growth, biomass production and crown architecture in a young *Eucalyptus nitens* plantation. **Forest Ecology and Management**. 267, 104-116, 2012.

FORRESTER, D.; BAKER, T. Growth responses to thinning and pruning in *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens* and *Eucalyptus grandis* plantations in southeastern Australia. **Can. J. For. Res.** Vol.42, 2012.

FORRESTER, D. I. et al. Effect of thinning, pruning and nitrogen fertiliser application on light interception and light-use efficiency in a young *Eucalyptus nitens* plantation. **Forest Ecology and Management**. 288, 21-30, 2013.

GLUFKE, C.; FINGER, C.A.G.; SHENEIDER, P.R. Crescimento de *Pinus elliotti* sob diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.7, n.1, p.11-26, 1997.

HARRINGTON, C. A.; DEVINE, W. D. Stand development following precommercial thinning and fertilization treatments in a Western redcedar (*Thuja plicata*) dominated forest. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 41, p. 151-164, 2011.

MAKINEN, H.; ISOMAKI, A. Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. **Forestry**, vol. 77, 2004.

MILLER, H. G. The influence of stand development on nutrient demand, growth and allocation. **Plant and Soil**, v. 168-169, p. 225-232, 1995.

MONTE, M. A. et al. Crescimento de um clone de eucalipto submetido a desrama e desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 5, p. 777-787, 2009.

MUNÕZ, F et al. Características del crecimiento em diámetro, altura y volumen de una plantación de *Eucalyptus nitens* sometida a tratamientos silvícolas de poda y raleo. **Bosque**. 26, 93-99, 2005.

MUNÕZ, F. et al. The effect of pruning and thinning on above ground aerial biomass of *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden. **Forest Ecology and Management**. 255, 365-373. Concepción, Chile. 2008.

NOGUEIRA, G. S. et al. Determinação da idade técnica de desbaste em plantações de eucalipto utilizando o método dos ingressos percentuais. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 51-59, 2001.

NOGUEIRA, G. S. et al. Thinning Intensity and Pruning Impacts on Eucalyptus Plantations in Brazil. **International Journal of Forestry Research**, p. 10, 2015.

RAMOS, D. C. et al. Thinning effect on plant growth of prouned eucalypt clone. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.3, p.495-503, 2014.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de parâmetros no caso de dados de delineamento experimental. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 46, n. 266, p. 383-409, 1999.

QIU, S. et al. Estimating nutrient budgets for prescribed thinning in a regrowth eucalyptus forest in south-west Australia. **Forestry,** Vol. 85, No. 1, 2012.

SANQUETTA, C, R. et al. Produção de madeira para celulose em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a diferentes densidades de plantio e regimes de desbaste: abordagem experimental. **Cerne**, v. 10, n. 2, p. 154-166, 2004.

SCHNEIDER, P. R. et al. Produção de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, v. 8, n. 1, p. 129-140, 1998.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Determinação de regimes de desbaste para povoamentos de *Pinus elliottii* do planalto ocidental no Estado de Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 43-59, 1994.

SCOLFORO, J. R. S. Curvas de índice de sítio para plantações de *Pínus caribaea* va. *hondurensis.* Piracicaba, **IPEF**, 1991. 20p.

SILVA, J. V. et al. Produção e acúmulo de nutrientes em povoamentos de eucalipto em consequência da intensidade de desbaste e da fertilização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.11, nov.2012.

SILVA, L. F. **Necessidade de adubação pós-desbaste, baseada no balanço nutricional de povoamentos de eucalipto**. Viçosa: UFV, 1999. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

STEENBJERG, F.; JAKOBSEN, S. T. Plant nutrition and yield curves. **Soil Science**, v. 95, p. 69-88, 1963.

STONEMAN, G. L. et al. Growth and water relations of *Eucalyptus marginata* (jarrah) stands in response to thinning and fertilization. **Tree Physiology**, 16, 267-274. Victoria, Canada. 1996.

TREVISAN, R. **Efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos e na qualidade da madeira *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.** 2010. 174 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

VALE, A.B. et al. Desbastes florestais. **Brasil florestal**, Brasília, (59): 45-57, 1984.

COMPARAÇÃO ENTRE A IDADE TÉCNICA DE DESBASTE E A IDADE TÉCNICA DE CORTE DE POVOAMENTOS CLONAIS DE EUCALIPTO

RESUMO

Para que o desbaste gere resultados significativos na produção de árvores de grande porte, é fundamental determinar, de forma eficiente, a idade de realização dessa técnica de manejo. O objetivo desse trabalho foi comparar a idade técnica de desbaste (ITD), obtida por meio do Método dos Ingressos Percentuais, com a idade técnica de corte (ITC) de dois povoamentos de clones de eucalipto. Os dados foram coletados em 34 parcelas permanentes, instaladas em povoamentos com espaçamento de 3,0 x 2,5 metros, em dois sítios diferentes. O Método dos Ingressos Percentuais foi empregado para determinar a época de realização do primeiro desbaste. Para projetar as distribuições diamétricas, para idades superiores à última medição, utilizou-se um modelo de distribuição diamétrica, que consiste na recuperação dos parâmetros de uma função de densidade de probabilidade (*f.d.p*) ao longo dos anos. Neste trabalho, adotou-se a função Weibull, que foi ajustada pelo método de máxima verossimilhança. Calculou-se o ingresso percentual (IP) de árvores em classes de diâmetro sucessivas ao longo do tempo. Para determinar a ITD, foi ajustado um modelo exponencial justaposto a um modelo linear simples. A ITC foi definida como o momento em que o incremento corrente é igual ao incremento médio, sendo a produtividade volumétrica, ao longo do tempo, estimada pelo modelo de Clutter. A idade técnica de desbaste de um povoamento de eucalipto localizado em um sítio de maior capacidade produtiva ocorre antes, comparado com a idade de desbaste de um povoamento em um local de produtividade inferior. Esse mesmo comportamento ocorre para a idade técnica de corte. Para um mesmo sítio, a idade técnica de desbaste ocorre após a idade técnica de corte.

Palavras-chave: idade técnica de desbaste; distribuição diamétrica; ingresso percentual; idade técnica de corte.

ABSTRACT

For thinning generate significant results in large trees production, it is essential to determine efficiently the age of realization of this management technique. The objective of this work was to compare the thinning technical age (ITD), obtained by the Percentages Ingress Method, with the harvest technical age (ITC) of two clonal eucalypt stands. The data were collected in 34 permanent plots, installed in stands with spacing of 3.0 x 2.5 meters, in two different sites. The Percentages Ingress Method was employed to determine the epoch of realization of the first thinning. To project the diameter distributions for older ages after the last measurement, there was used a diameter distribution model, which consists in recovering the parameters of a probability density function (*f.d.p*) along the years. In this work, it was adopted the Weibull function, which was adjusted by the maximum likelihood method. Calculated the percentage ingress (IP) of trees in successive diameter classes along the time. To determine the ITD, it was adjusted an exponential model juxtaposed to a simple linear model. The ITC was defined as the moment that the current increment is equal to the average increment, in which the volumetric productivity along the time was estimated by Clutter model. The thinning technical age of an eucalypt stand located in a higher productive capacity site occurs earlier compared to the thinning age of a stand in a lower productivity site. This same behavior occurs for the harvest technical age. For the same site, the thinning technical age occurs after the harvest technical age.

Keywords: thinning technical age; diameter distribution; percentage ingress; harvest technical age.

1 INTRODUÇÃO

Produzir madeira de grande porte em florestas equiâneas é uma interessante opção para o fornecimento de matéria prima às indústrias que trabalham com madeira de maior diâmetro e que atendem a suas demandas através da colheita de florestas nativas.

Segundo Dobner Jr. (2012), é necessário mudar a forma de produção florestal, padronizada com rotações de sete anos, para que seja possível utilizar madeira de *Eucalyptus* na confecção de produtos sólidos. Nessa mesma linha, Dias (2005) afirmou que o manejo tradicional, com rotação em torno de sete anos, precisava ser substituído por rotações maiores com aplicação de desbaste. Rocha (2000) concluiu que é necessário adotar técnicas de silvicultura e manejo para destinar povoamentos de *Eucalyptus* à produção de madeira serrada. Segundo Nogueira et al. (2001), dos tratamentos silviculturais existentes, o desbaste é o mais indicado para a produção de árvores de grande porte.

Ao aplicar o desbaste, o potencial produtivo de um local passa a ser direcionado às árvores remanescente do povoamento, proporcionando a retomada do crescimento das mesmas. Essa retomada do crescimento resulta em um aumento significativo do diâmetro das árvores remanescentes, levando-as a ingressarem em classes de diâmetro superiores (BURGER, 1980). Segundo Nutto e Vázquez (2004), sistemas de manejo que visem à obtenção de árvores de maiores dimensões devem estimular o incremento potencial em diâmetro das árvores de *Eucalyptus.* Vários pesquisadores, entre eles Aguiar et al. (1995), Munõz et al. (2005, 2008), Forrester e Baker (2012), Silva et al. (2012), confirmam que o desbaste provoca um substancial incremento em diâmetro. De acordo com Santos (2008), para que o desbaste proporcione os resultados esperados, é necessário determinar, de forma eficiente, quando e quanto desbastar, assim como a forma de realização dessa técnica de manejo.

Decisões sobre tipos e intensidades de desbaste podem ser subsidiadas por tecnologias disponíveis. Porém, em relação ao ciclo de desbaste, que corresponde ao momento de realização do primeiro desbaste e do intervalo de tempo entre os sucessivos desbastes, existem questões a serem respondidas que podem comprometer os benefícios dessa técnica (NOGUEIRA et al., 2001). Os mesmos autores afirmam que, no Brasil, a decisão da época de realização do primeiro e dos subsequentes desbastes é adotada de forma empírica, tendo os resultados dependentes da experiência de cada engenheiro florestal. Muitas vezes, isso se estende até os dias de hoje, pois o desbaste não tem sido uma prática comum entre as empresas brasileiras, uma vez que estas não priorizam a produção de árvores de grande porte a partir florestas de eucalipto

(NOGUEIRA et al., 2015). Schönau e Coetzee (1989) e Nolan et al. (2005) recomendam que os primeiros desbastes em povoamentos de *Eucalyptus* sejam precoces, a fim de eliminar árvores dominadas e de forma ruim. Dobner Jr. (2012), estudando a idade e a intensidade ótima para realizar o primeiro desbaste em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*, em Santa Catarina, conclui que o silvicultor deve estar atento ao desenvolvimento em área basal do povoamento de eucalipto e prescrever um desbaste tão logo a mesma ultrapasse os 20 m²/ha. Segundo Veiga (1962), através da área basal, assim como do diâmetro médio, percebe-se a época em que ocorre o início da competição entre as árvores por luz, umidade e nutrientes. Com isso, estas variáveis podem ser embasamentos na decisão sobre o momento ideal de realizar o desbaste. De acordo com Nogueira et al. (2001), utilizar a área basal e o diâmetro médio para esse fim tem o inconveniente de a área basal não considerar, de forma eficiente, o porte das árvores, e o diâmetro médio ser dependente da frequência de árvores por hectare.

Garcia e Leite (1999) propuseram uma nova metodologia para determinar a época de realizar o primeiro desbaste em povoamentos de eucalipto, assim como o intervalo de tempo entre os desbastes sucessivos. Essa metodologia, chamada Método dos Ingressos Percentuais (MIP) por considerar a dinâmica de crescimento do povoamento com base no ingresso das árvores em sucessivas classes de diâmetro, foi avaliada e refinada por Nogueira et al. (2001), para uso em plantações de eucalipto. Os autores concluíram que o MIP é consistente e permite determinar a época de realização do primeiro desbaste, assim como dos desbastes sucessivos, e que essa época pode ser determinada utilizando apenas as três primeiras medições anuais de parcelas permanentes, quando se inclui um modelo de distribuição de diâmetro ao método.

Diante desse contexto, o objetivo do trabalho foi comparar a idade técnica de desbaste (ITD), obtida através do Método dos Ingressos Percentuais, com a idade técnica de corte (ITC) de dois povoamentos de clones de eucalipto.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos em povoamentos de eucaliptos pertencentes a uma empresa florestal localizada na região central do estado de Minas Gerais. Os dados foram coletados em 34 parcelas permanentes, instaladas em povoamentos com espaçamento de 3,0 x 2,5 metros, em dois locais diferentes. Essas parcelas foram medidas aos 24, 36, 48, 60 e 72 meses, durante o Inventário Florestal Contínuo (IFC) realizado pela própria empresa.

A classificação da capacidade produtiva, para os dois locais, foi realizada pelo método da curva guia, utilizando o modelo de regressão de Schumacher em sua forma linearizada. A forma matemática desse modelo é:

$$Ln(Hd) = \beta_0 + \frac{\beta_1}{I} + \varepsilon$$

Em que:

Hd = Altura dominante (m);

I = Idade (Meses).

Conforme pode ser verificado em Davis e Johnson (1987), a classificação da capacidade produtiva é essencial para o manejo de povoamentos equiâneos.

O Método dos Ingressos Percentuais foi utilizado para determinar a época de realização do primeiro desbaste em cada sítio. Para projetar as distribuições diamétricas para idades superiores à última medição, utilizou-se um modelo de distribuição diamétrica, proposto por Nogueira (2003), que consiste na recuperação dos parâmetros de uma função de densidade de probabilidade (*f.d.p*) ao longo dos anos. Esse modelo é composto por um sistema de equações, conforme demonstrado abaixo:

$$dmin_2 = dmin_1 e^{-\theta_1\left({I_2}^{\theta_2} - {I_1}^{\theta_2}\right)}.\varepsilon$$

$$Lny_2 = Lny_1 e^{-\theta_3\left({I_2}^{\theta_4} - {I_1}^{\theta_4}\right)}.\varepsilon$$

$$dmax_2 = dmax_1\left(\frac{I_1}{I_2}\right) + \theta_5\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right)\beta_1 + \varepsilon$$

$$\beta_2 = \beta_1\left(\frac{I_1}{I_2}\right) + \theta_6\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right)dmax_2 + \varepsilon$$

$$N_2 = N_1 e^{-\theta_7\left({I_2}^{\theta_8} - {I_1}^{\theta_8}\right)}.\varepsilon$$

Em que:

I_1= idade atual, em meses;

I_2 = idade futura, em meses;

β_1 e β_2 = parâmetros de escala da função Weibull em I_1 e I_2;

γ_1 e γ_2 = parâmetros de forma da função Weibull em I_1 e I_2;

$dmin_1$e $dmin_2$ = diâmetro mínimo em I_1 e I_2;

$dmax_1$ e $dmax_2$ = diâmetro máximo em I_1 e I_2;

N_1 e N_2 = número de árvores por hectare em I_1 e I_2.

Binoti et al. (2015) afirmam que os modelos de distribuição diamétrica oferecem conhecimentos detalhados a respeito da estrutura diamétrica do povoamento e consequentemente, permitem realizar simulações de desbaste para o mesmo. Segundo Araújo Jr. (2010), o potencial de utilização de povoamentos florestais pode ser indicado pela caracterização da distribuição diamétrica.

O emprego de uma *f.d.p* permite descrever o comportamento atual e futuro da distribuição dos diâmetros em classes de amplitudes previamente determinadas (ARAÚJO JR. et al., 2013). Neste trabalho, adotou-se a função Weibull, que recebe o nome de seu idealizador Weibull (1951), por ser uma das mais utilizadas em modelagem de distribuição diamétrica. A preferência por essa função pode provir de características como sua flexibilidade em expressar diversas tendências de distribuição, facilidade de ajuste e correlação dos parâmetros com o povoamento (BAILEY e DELL, 1973). Araújo Jr. et al. (2010) concluíram que a função de densidade de probabilidade Weibull é adequada para descrever a distribuição diamétrica de povoamentos equiâneos de eucalipto, independente da amplitude de classe considerada. Nesse trabalho foi utilizado uma amplitude de classe diamétrica de 2 centímetros.

O ajuste da função Weibull foi feito pelo método de máxima verossimilhança, que busca determinar a distribuição que apresenta maior possibilidade de ter gerado a amostra em estudo, dentre todas as distribuições possíveis. As equações do modelo de distribuição diamétrica foram ajustadas utilizando os dados das cinco medições de todas as parcelas permanentes, resultando em um único sistema de equações para os dois locais com capacidades produtivas diferentes.

O ingresso de árvores em novas classes diamétricas é considerado a partir do Diâmetro Diferenciador, sendo este o diâmetro em que a estimativa da função de uma idade se iguala à função da idade subsequente (Figura 1).

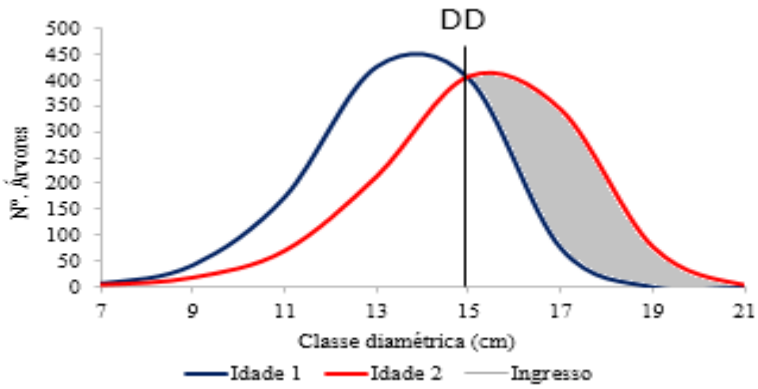


Figura1: Diâmetro diferenciado (DD), ingresso de árvores em novas classes de diâmetro, estimativa da função Weibull em duas idades diferentes.

A fim de calcular o ingresso percentual (IP) de árvores em classes de diâmetro sucessivas ao longo do tempo, utilizou-se um aplicativo específico, desenvolvido por Garcia e Leite (1999), que recebe como variáveis de entrada informações de número de indivíduos e valores estimados para os parâmetros da função Weibull, β e γ, de ambas as distribuições diamétricas analisadas. Em contrapartida, o aplicativo informa os ingressos percentuais entre as distribuições.

Para determinar a idade em que os ingressos percentuais em novas classes de diâmetro deixassem de ser significativos, foi ajustado um modelo exponencial justaposto a um modelo linear simples, sendo a variável dependente o ingresso percentual, e a variável independente a idade. A forma matemática do modelo expolinear (GOUDRIAAN, 1994) é:

$$IP = \left(\frac{\beta_1}{\beta_2}\right) Ln\left[1 + e^{\beta_2(I-\beta_3)}\right] + \varepsilon$$

Em que:

IP = ingresso percentual;

I = Idade em meses;

β_1 = parâmetro que indica o crescimento máximo absoluto do ingresso percentual de árvores na fase linear da curva;

β_2 = parâmetro que indica o crescimento máximo relativo do ingresso percentual de árvores na fase exponencial da curva;

β_3 = parâmetro que indica a mudança da fase linear para a fase exponencial, indicando o momento do desbaste;

ε = Erro aleatório.

A máxima produtividade volumétrica é determinada pela idade em que o incremento médio se iguala ao incremento corrente (OSMASTON, 1968). De acordo com Rodrigues et al. (1997), do ponto de vista volumétrico, a idade técnica de corte é a mesma que resulta no maior volume médio ao longo da rotação. Os mesmos autores afirmam que, matematicamente, essa idade técnica de corte deve ocorrer quando o incremento corrente é igual ao incremento médio, assim como em Scolforo e Hosokawa (1992) e em Campos e Leite (2013). Dessa forma, foi definida a Idade Técnica de Corte para este trabalho, sendo a produtividade volumétrica, ao longo do tempo, estimada pelo modelo proposto por Clutter (1963). Dentre os modelos de crescimento e produção, o de Clutter é um dos mais difundidos nas empresas florestais brasileiras até o momento (CAMPOS e LEITE, 2013). Esse modelo permite projetar a produção por unidade de área, não podendo fazer nenhuma dedução para classe diamétrica ou para árvores individuais (CLUTTER et al., 1983). O modelo de Clutter é dado da seguinte forma:

$$Ln(B_2) = LnB_1\left(\frac{I_1}{I_2}\right) + \alpha_0\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right) + \alpha_1\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right)S_1 + Ln\varepsilon$$

$$Ln(Y_2) = \beta_0 + \beta_1\left(\frac{1}{I_2}\right) + \beta_2 S_1 + \beta_3 LnB_2 + Ln\varepsilon$$

Neste modelo, a produção é expressa em função das idades atual e futura, sendo especificada como I_1 e I_2, respectivamente, do índice de local na idade atual (S_1) e das áreas basais atual e futura, B_1 e B_2 (CAMPOS e LEITE, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação da idade técnica de desbaste

Na classificação da capacidade produtiva, os dois locais apresentaram potenciais diferentes, sendo um de maior produtividade e o outro de produtividade inferior. A Figura 2 representa as curvas de índice de local para os dois sítios, adotando a idade índice de 72 meses.

A equação resultante e que representa a curva média de índice de local, é:

$$Ln(Hd) = 3{,}6913 - \frac{24{,}7099}{I} \qquad R^2 = 0{,}9075.$$

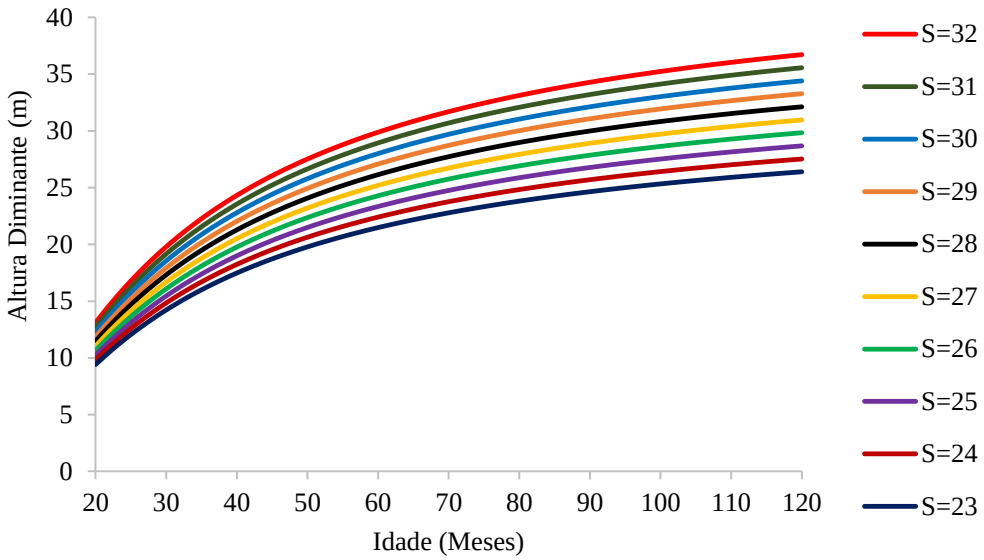


Figura 2: Curvas de índice de local para dois sítios diferentes, com idade índice de 72 meses.

As equações do modelo de distribuição de diâmetro utilizado para projetar distribuições diamétricas futuras, a partir da estimativa dos parâmetros da função Weibull, do diâmetro mínimo (Dmin), do diâmetro máximo (Dmax) e do número de árvores por hectare (N_2), assim como os respectivos coeficiente de correlação (r_{xy}), foram:

$$dmin_2 = dmin_1 e\left(-(20{,}7949)\left(I_2^{-1{,}2667} - I_1^{-1{,}2667}\right)\right) \qquad r_{xy} = 0{,}9827$$

$$Ln\gamma_2 = Ln\gamma_1 e\left(-(0{,}0037)\left(I_2^{0{,}7154} - I_1^{0{,}7154}\right)\right) \qquad r_{xy} = 0{,}8096$$

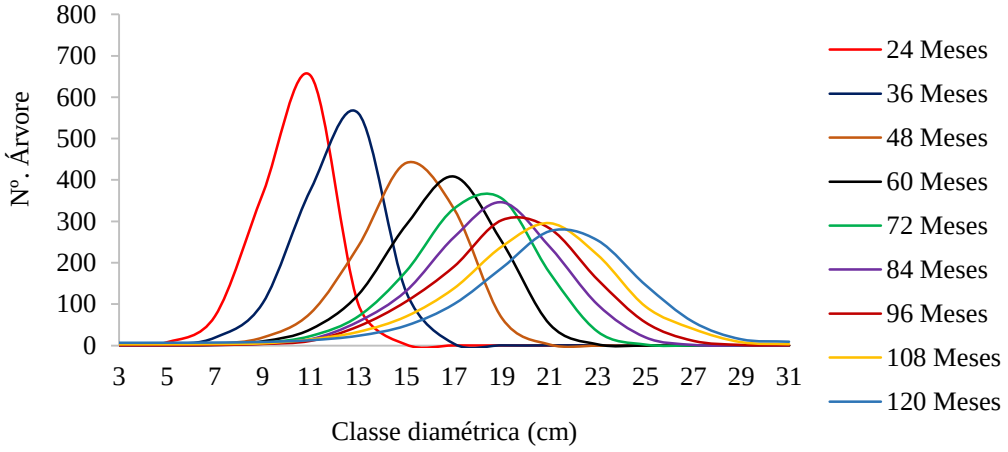
$$dmax_2 = dmax_1\left(\frac{I_1}{I_2}\right) + 1{,}7513\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right)\beta_1 \qquad r_{xy} = 0{,}8789$$

$$\beta_2 = \beta_1\left(\frac{I_1}{I_2}\right) + 1{,}1659\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right)dmax_2 \qquad r_{xy} = 0{,}9481$$

$$N_2 = N_1 e\left(-(269{,}9907)\left(I_2{}^{0{,}000033} - I_1{}^{0{,}000033}\right)\right) \qquad r_{xy} = 0{,}9916$$

Projetou-se a distribuição diamétrica de cada parcela até a idade de 120 meses. A Figura 3 apresenta as projeções médias, separando os locais com maior e menor capacidade produtiva.

a)



b)

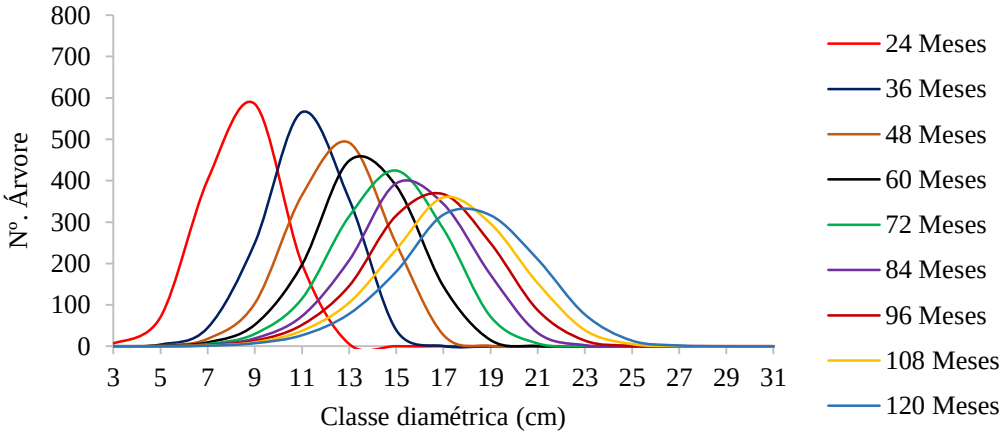


Figura 3: Distribuição diamétrica projetada entre as idades de 24 e 120 meses, para os locais de maior (a) e menor (b) capacidade produtiva.

Observando a Figura 3, percebe-se que o modelo de distribuição diamétrica interpretou a diferença de capacidade produtiva para os dois povoamentos, uma vez que os comportamentos das curvas de distribuição diamétrica projetadas para as idades futuras são distintos entre os dois sítios. Comparando as curvas de mesma idade, verifica-se que o local de maior produtividade (a) apresenta maior quantidade de indivíduos em classes diamétricas superiores às classes com maior quantidade de árvores do local de baixa produtividade (b). A evolução da

distribuição diamétrica evidencia o comportamento natural de povoamentos equiâneos, uma vez que as curvas se achatam, deslocam-se para a direita, e as áreas correspondentes aos ingressos diminuem com o passar do tempo, assim como verificado por Lopes (2007). A partir de um determinado momento, esse ingresso não é mais significativo, indicando que o espaço disponível não é mais suficiente para o crescimento significativo das árvores (NOGUEIRA, 2003).

Os comportamentos dos ingressos percentuais de árvores em novas classes diamétricas, ao longo do tempo, para os dois sítios, são apresentados na Figura 4, onde é possível observar a redução desse ingresso. Essa redução, a cada ano, permite identificar a idade técnica de desbaste.

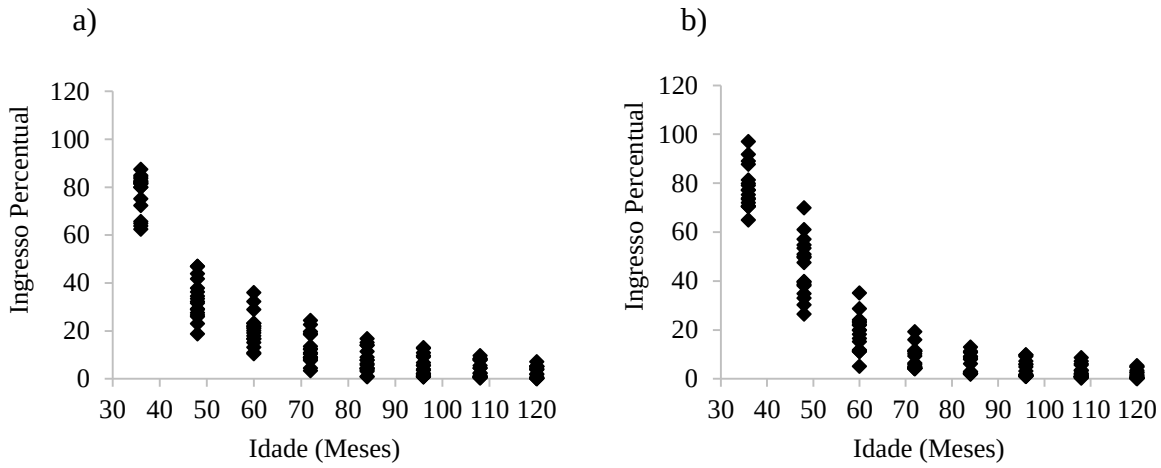


Figura 4: Ingresso percentual em função da idade para o local de maior (a) e menor (b) capacidade produtiva.

As equações que determinam a idade em que os ingressos percentuais em novas classes de diâmetro são não-significativos e que foram obtidas para os locais de maior e menor capacidade produtiva, respectivamente, são:

$$IP = \left(\frac{-3800{,}0000}{-0{,}0587}\right) Ln\left[1 + e^{-0{,}0587(I-(-78{,}9241))}\right] \qquad r_{xy} = 0{,}9538$$

$$IP = \left(\frac{-3977{,}3500}{-0{,}0558}\right) Ln\left[1 + e^{-0{,}0558(I-(-85{,}5860))}\right] \qquad r_{xy} = 0{,}9518$$

A estimativa do parâmetro β_3 da equação expolinear, em módulo, informa o momento que o ingresso percentual passa a ser não-significativo, ou seja, a idade técnica de desbaste (ITD). Sendo assim, a ITD para o local de maior capacidade produtiva foi de 78,9 meses. Já para o local de menor capacidade produtiva, esta idade foi de 85,5 meses, conforme ilustrado na Figura 5.

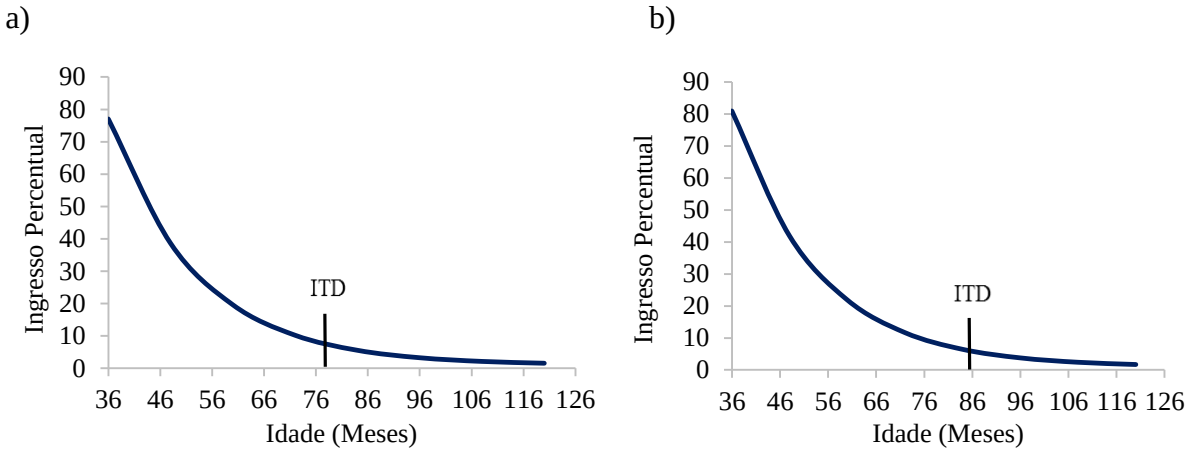


Figura 5: Curvas de ingresso percentual indicando a idade técnica de desbaste para os locais de maior (a) e menor (b) capacidade produtiva.

Ao estudar sobre desbaste em um povoamento clonal de eucalipto, localizado no centro-oeste do estado de Minas Gerais, Silva (2012) também seguiu o proposto em Nogueira et al. (2001) e incluiu um modelo de distribuição de diâmetro no método dos ingressos percentuais, a fim de projetar distribuições diamétricas futuras e determinar a idade técnica de desbaste. O autor encontrou uma ITD menor para o sítio superior, comparado com essa idade para o sítio inferior, assim como os resultados apresentados neste trabalho. Nogueira (2003), estudando sobre modelagem e desbaste em povoamentos de *Eucalyptus* sp. e *Tectona grandis*, concluiu que o método dos ingressos percentuais é adequado para determinar a idade técnica de desbaste para os dois gêneros.

3.2 Determinação da idade técnica de corte

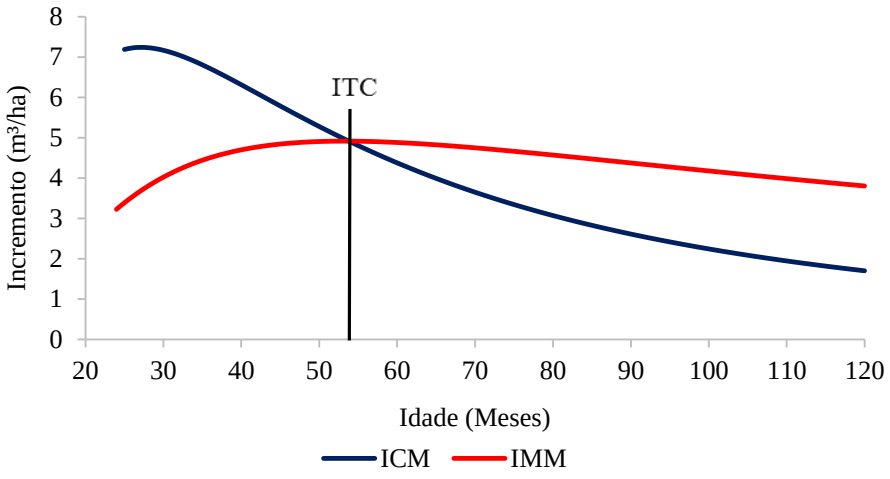
As produtividades volumétricas de idades futuras foram estimadas por meio do modelo de Clutter, conforme o sistema de equações abaixo.

$$Ln(B_2) = LnB_1\left(\frac{I_1}{I_2}\right) + 3{,}1593\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right) + 0{,}0168\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right)S_1 \qquad R^2 = 0{,}9105$$

$$Ln(V_2) = 1{,}9243 - 19{,}1349\left(\frac{1}{I_2}\right) + 0{,}0291S_1 + 1{,}0177LnB_2 \qquad R^2 = 0{,}9867$$

A idade em que ocorre a interseção entre a curva de incremento médio (IM) e incremento corrente (IC) é determinada como a idade ideal para o corte raso do povoamento, quando se considera apenas a maior eficiência na produção em volume (CAMPOS e LEITE, 2013). Essa idade, para cada local, pode ser verificada na Figura 6.

a)



b)

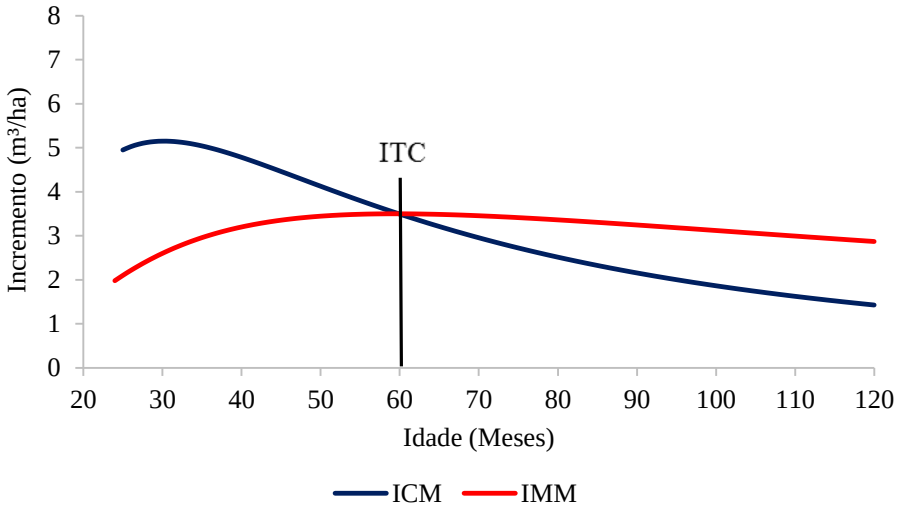


Figura 6: Curvas de incrementos correntes mensais (ICM) e incrementos médios mensais (IMM) para os locais de maior (a) e menor (b) capacidade produtiva.

Como pode ser observado na Figura 6, a idade técnica de corte do local de maior capacidade produtiva é menor, 54 meses, comparada com o local inferior, que apresenta ITC de 60 meses. Campos et al. (1996), utilizando um modelo de produção em que a variável índice de local atua de modo interativo com a idade, encontrou uma ITC de 69 e 91 meses para locais de maior e menor capacidade produtiva, respectivamente, evidenciando o efeito da capacidade produtiva do local, além da idade. Utilizando o modelo de Clutter, os mesmo autores encontraram uma ITC de 73 meses para o local com produtividade superior, e de 83 meses para o local de menor capacidade produtiva. Dias et al. (2005), avaliando a eficiência do modelo de Clutter para predizer o crescimento e a produção em volume e área basal em povoamentos de

eucalipto submetidos a desbaste, observaram que a ITC de povoamentos não desbastados diminuiu, à medida que se aumentou o índice de local, uma vez que, para o índice de local 25, a ITC foi de 43 meses, enquanto para o índice de local 21 foi de 44 meses e para índice 17, essa idade foi de 46 meses. Os autores verificaram essa mesma tendência para povoamentos desbastados. Estes resultados são semelhantes aos encontrados neste trabalho, assim como em Clutter et al. (1983), Soares (1998), Resende et al. (2004) e Dermolinari et al. (2007), e confirmam a teoria de que o local de melhor capacidade produtiva tende a proporcionar menor idade de estagnação do crescimento do povoamento.

Atendendo ao objetivo desse trabalho, ao comparar a idade técnica de desbaste com a idade técnica de corte, para um mesmo sítio, percebe-se que a ITD ocorre após a ITC. Uma vez que, para o local de maior produtividade a idade de desbaste, determinada pelo Método dos Ingressos Percentuais, foi de 78,9 meses, e a idade de corte foi de 54 meses. Já para o local inferior, essas idades foram de 85,5 e 60 meses, respectivamente. Quando o crescimento médio de um povoamento está se estagnando e, consequentemente, definindo a idade técnica de corte, o incremento de árvores superiores em novas classes diamétricas continua ocorrendo, uma vez que essas árvores se sobressaem perante as demais. Esses indivíduos que estão dominando e continuando o crescimento são os que interessam para a produção de madeira de grande porte.

4 CONCLUSÕES

A idade técnica de desbaste de um povoamento de eucalipto localizado em um sítio de maior capacidade produtiva ocorre antes, comparado com a idade de desbaste de um povoamento em um local de produtividade inferior.

A idade técnica de corte de um povoamento de eucalipto localizado em um sítio de maior produtividade é menor, comparado com essa idade para um local de produtividade inferior.

Para um mesmo sítio, a idade técnica de desbaste ocorre após a idade técnica de corte.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, I. B. et al. Efeito de intensidades de desbaste sobre o crescimento em altura e diâmetro de *Eucalyptus citriodora* Hook.. **IPEF**, Piracicaba, n. 48/49, p. 1-7, 1995.

ARAÚJO JR., C. A. et al. Modelagem da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto utilizando a função Gama. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 307-314, abr/jun. 2013.

ARAÚJO JR., C. A. et al. Projeção da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto em diferentes amplitudes de classe. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 45, n.11, p.1275-1281, nov. 2010.

BAILEY, R. L.; DELL, T. R.; Quantifying diameter distributions with the Weibull function. **Forest Science**, v. 19, n. 2, p. 97–104. 1973.

BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G. Modelagem da distribuição diamétrica de povoamentos equiâneos de eucalipto utilizando a função logística generalizada. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.4, p.707-711, 2015.

BURGER, D. **Ordenamento florestal I – A produção florestal.** Curitiba, PR: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 124p. 1980.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas.** 4. ed. Atual. Ampl. - Viçosa, MG: Editora UFV, 605p., 2013.

CAMPOS, J. C. C.; ROSAS, M. P.; LEITE, H. G. Comparação de alternativas de determinação da idade técnica de corte em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.20, nº.1, p.37-49, 1996.

CLUTTER, J. L. Compatible growth and yield models for loblolly pine. **Forest Science**, v. 9, n. 3, p 354-371, 1963.

CLUTTER, J. L. et al. **Timber management: A quantitative approach**. New York: John Wiley & Sons, 1983. 333p.

DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.M. **Forest management**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1987. 790p.

DEMOLINARE, R. A. et al. Crescimento de plantios clonais de eucaliptos não desbastados na região de Monte Dourado (PA). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.31, n.3, p.503-512, 2007.

DIAS, A. N. **Um modelo para gerenciamento de plantações de eucalipto submetidas a desbaste**. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

DIAS, A. N. et al. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamentos desbastados de eucalipto. **Revista Árvore,** Viçosa, Mg, v.29, n.5, p.731-739, 2005.

DOBNER JR., M. et al. Determinação da idade e intensidade ótima para realização do primeiro desbaste em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta.** Curitiba, PR. V.42, n.3, p.485 – 494, jul/set. 2012.

FORRESTER, D.; BAKER, T. Growth responses to thinning and pruning in *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens* and *Eucalyptus grandis* plantations in southeastern Australia. **Can. J. For. Res.** Vol.42, 2012.

GARCIA, S. L. R.; LEITE, H. G. Uso do ingresso percentual para determinação da idade de desbaste em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, 1999.

GOUDRIAAN, J. Using the expolinear growth equation to analyse resource capture. In: MONTEITH, J. L.; SCOOT, R. K.; UNSWORTH, M. H. **Resource capture by crops**. Nottingham: University Press, p. 99-110, 1994.

LOPES, P. F. Modelo de distribuição de diâmetro para clones de eucalipto em sistema agroflorestal. 2007. 32 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2007.

MUNÕZ, F et al. Características del crecimiento em diámetro, altura y volumen de una plantación de *Eucalyptus nitens* sometida a tratamientos silvícolas de poda y raleo. **Bosque**. 26, 93-99, 2005.

MUNÕZ, F. et al. The effect of pruning and thinning on above ground aerial biomass of *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden. **Forest Ecology and Management**. 255, 365-373. Concepción, Chile. 2008.

NOGUEIRA, G. S. et al. Determinação da idade técnica de desbaste em plantações de eucalipto utilizando o método dos ingressos percentuais. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 51-59, 2001.

NOGUEIRA, G. S. et al. Thinning Intensity and Pruning Impacts on Eucalyptus Plantations in Brazil. **International Journal of Forestry Research**, p. 10, 2015.

NOGUEIRA, G. S. Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de Eucalyptus sp. E de Tectona grandis submetidos a desbaste. 2003. 132 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2003.

NOLAN, G. et al. **Eucalypt plantation for solidwood products in Australia - a review**. Victoria: Australian Government, 2005.

NUTTO, L.; VÁZQUEZ, T. M. C. High Quality Eucalypt Sawlog Production. In: IUFRO CONFERENCE "EUCALYPTUS IN A CHANGING WORLD", 2004, Aveiro, Portugal. **Proceedings.** Aveiro, p.658-666, 2004.

OSMASTON, F.C. **The management of forest**. London: George Allen and WnWin, 1968. 384p.

RESENDE et al. Emprego de um modelo de crescimento e produção para determinação da rotação em povoamentos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.28, n.2, p.219-225, 2004.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias.** 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

RODRIGUEZ, L. C. E.; BUENO, A. R.; RODRIGUES, F. Rotações de eucaliptos mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia Forestalis**. N. 51, p. 15-28, jun. 1997.

SANTOS, F. L. **Regulação da produção de florestas de eucalipto submetida a desbaste e destinada a multiprodutos.** 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2008.

SCHÖNAU, A. P. G.; COETZEE, J. Initial spacing, stand density and thinning in eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 29, p. 245 - 266, 1989.

SCOLFORO, R. S.; HOSOKAWA, R. T. Avaliação da rotação econômica para *Pínus caribaes* var. *hondurensis* sujeito à desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.16, p.43-58, 1992.

SILVA, J. V. **Influência do desbaste e da fertilização na produção de um povoamento de eucalipto.** 2012. 69p. (Dissertação – Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

SILVA, J. V. et al. Produção e acúmulo de nutrientes em povoamentos de eucalipto em consequência da intensidade de desbaste e da fertilização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.11, nov. 2012.

SOARES, C. P. B. **Um modelo para o gerenciamento da produção de madeira em plantios comerciais de eucalipto.** 1998. 72f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

VEIGA, A. A. Desbaste de eucaliptos em função da área basal: método de determinação dessa área. **Silvicultura em São Paulo**, V.1, n.1, p.169-180, 1962.

WEIBULL, W. A statistical distribution function of wide applicability. **Journal of Applied Mechanics**, v. 18, p. 293-297. 1951.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intensidade ideal de desbaste é uma particularidade de cada povoamento. Neste estudo, todos os tratamentos com desbaste apresentaram crescimento individual das árvores remanescentes maior que o tratamento não desbastado, porém retirar 50% de área basal presente mostrou proporcionar maior intensidade desse crescimento.

O estudo informou que o desbaste não apresenta influência para a altura total média do povoamento e que não é necessário realizar adubação após o desbaste.

Para cada povoamento, é necessário determinar a idade de realização do desbaste. No entanto esta técnica silvicultural deve ser realizada após a idade técnica de corte definida para o povoamento.

Local com melhor produtividade proporciona idade técnica de desbaste menor, comparado com um local inferior. Esse mesmo comportamento ocorre para a idade técnica corte.

ANEXO

Tabela 1A: Valor mínimo, médio e máximo para cada variável e número de árvores nas idades de 80 meses (última medição antes do desbaste) e 180 meses (última medição após o desbaste), para os tratamentos sem fertilização

Tratamento	Variáveis	Idade (Meses)	Mínimo	Médio	Máximo	Nº Árvore/ha
1 (0%)	*B*	80	18,78	21,00	22,40	1580
		180	24,64	29,30	30,68	1566
	q	80	12,76	13,00	13,18	1580
		180	15,74	15,85	16,06	1566
	Ht	80	21,53	22,93	23,95	1580
		180	28,51	29,30	32,87	1566
	Vcc	80	188,61	222,11	243,51	1580
		180	335,66	412,82	460,85	1566
2 (20%)	*B*	80	21,43	22,01	22,84	1580
		180	25,42	26,46	27,81	1120
	q	80	13,08	13,29	13,58	1580
		180	16,74	17,28	17,77	1120
	Ht	80	22,09	23,50	24,06	1580
		180	30,43	31,81	33,49	1120
	Vcc	80	219,97	237,50	251,40	1580
		180	357,05	384,41	408,98	1120
3 (35%)	*B*	80	20,19	21,91	23,86	1580
		180	20,27	22,17	24,38	879
	q	80	12,78	13,24	13,52	1580
		180	17,13	17,92	18,37	879
	Ht	80	20,44	22,91	23,11	1580
		180	29,38	30,83	33,92	879
	Vcc	80	189,24	231,28	275,70	1580
		180	279,26	315,83	377,83	879
4 (50%)	*B*	80	21,54	21,68	21,78	1580
		180	17,22	17,75	18,21	657
	q	80	12,84	13,19	13,42	1580
		180	18,27	18,54	18,89	657
	Ht	80	21,75	22,78	23,67	1580
		180	29,09	30,00	31,42	657
	Vcc	80	217,64	226,47	233,68	1580
		180	236,31	245,06	251,55	657

Em que: *B* = área basal (m^2/ha); *q* = diâmetro médio (cm); *Ht* = altura total média (m); *Vcc* = volume total com casca (m^3).

Tabela 2A: Valor mínimo, médio e máximo para cada variável e número de árvores nas idades de 80 meses (última medição antes do desbaste) e 180 meses (última medição após o desbaste), para os tratamentos com fertilização

Tratamento	Variáveis	Idade (Meses)	Mínimo	Médio	Máximo	Nº Árvore/ha
2 (20%)	*B*	81	17,33	18,12	18,89	1187
		180	26,25	27,25	28,26	1184
	q	81	13,25	13,64	14,70	1187
		180	16,46	17,14	18,05	1184
	Ht	81	22,62	24,08	26,33	1187
		180	28,69	31,44	34,21	1184
	Vcc	81	178,98	225,29	260,86	1187
		180	342,76	392,37	442,58	1184
3 (35%)	*B*	81	13,40	14,55	15,43	890
		180	20,73	22,48	23,84	882
	q	81	13,54	14,43	14,88	890
		180	16,91	18,13	18,70	882
	Ht	81	22,65	24,97	26,28	890
		180	27,69	31,87	34,09	882
	Vcc	81	136,80	164,69	183,68	890
		180	262,45	329,08	372,08	882
4 (50%)	*B*	81	10,37	10,91	11,76	674
		180	16,79	17,86	19,78	666
	q	81	13,87	14,47	15,03	674
		180	17,73	18,49	19,44	666
	Ht	81	22,66	24,68	26,99	674
		180	27,29	30,69	33,55	666
	Vcc	81	108,56	122,29	143,54	674
		180	29,84	253,27	307,14	666

Em que: *B* = área basal (m^2/ha); *q* = diâmetro médio (cm); *Ht* = altura total média (m); *Vcc* = volume total com casca (m^3).